



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

**“ Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada, como
promoción de productos de la empresa “Disfaluid” usando la
metodología de desarrollo Mobile-D ”**



AUTOR: Gabriela Maribel Rojas Benavides
DIRECTOR: MSc. Fausto Alberto Salazar Fierro, PhD

Ibarra – Ecuador

2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

| DATOS DE CONTACTO | | | |
|----------------------|----------------------------------|--------------|------------|
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1003310560 | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES: | GABRIELA MARIBEL ROJAS BENAVIDES | | |
| DIRECCIÓN: | NELSON LÓPEZ OBANDO #LOTE 4 | | |
| EMAIL: | GMROJASB@UTN.EDU.EC | | |
| TELF. FIJO: | 000000 | TELF. MÓVIL: | 0997229860 |

| DATOS DE LA OBRA | |
|-------------------------|---|
| TÍTULO: | Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada, como promoción de productos de la empresa "Disfaluid" usando la metodología de desarrollo Mobile-D |
| AUTOR(ES): | GABRIELA MARIBEL ROJAS BENAVIDES |
| FECHA: | 03/03/2026 |
| CARRERA/PROGRAMA: | PREGRADO |
| TÍTULO POR EL QUE OPTA: | INGENIERA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN |
| DIRECTOR: | MSC. FAUSTO ALBERTO SALAZAR FIERRO, PHD |

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Gabriela Maribel Rojas Benavides , con cédula de identidad Nro. 1003310560 , en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 03 días del mes de marzo de 2026

EL AUTOR:

Firma

Nombre Gabriela Maribel Rojas Benavides

CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días del mes de marzo de 2026

EL AUTOR:

Firma

Nombre Gabriela Maribel Rojas Benavides

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 03 días del mes de marzo de 2026

MSc. Fausto Alberto Salazar Fierro, PhD

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

MSc. Fausto Alberto Salazar Fierro, PhD

C.C: 1002172631

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “ Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada, como promoción de productos de la empresa “Disfalavid” usando la metodología de desarrollo Mobile-D ” elaborado por Gabriela Maribel Rojas Benavides , previo a la obtención del título del INGENIERA EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN , aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

MSc. Fausto Alberto Salazar Fierro, PhD

C.C: 1002172631

MSc. Carpio Agapito Pineda Manosalvas

C.C: 1001585783

DEDICATORIA

Mi trabajo de grado lo dedico a Dios, por darme la vida, la fuerza y la luz de la sabiduría en cada etapa del camino. A mi padre, que desde el cielo me acompaña. A mi abuelita, Zoila Benavides, quien me acompañó desde mis primeros pasos y me enseñó, con amor y carácter, a luchar por mis metas. A mi mamá, por ese amor que no necesita palabras para sentirse y ser un pilar fundamental en mi vida.

A mis hijos Gabriel y Axel, por ser la razón más sincera de seguir y llenarme de momentos que me recordaron que cada esfuerzo vale la pena. A mis hermanos y a mi primo Jimmy, que, con cada ocurrencia, aun sin saberlo, me han ayudado a continuar; este logro también es para ellos.

A mi esposo, que aunque a veces caminamos a ritmos distintos, seguimos avanzando juntos. A mi fiel amigo, que siempre estuvo conmigo en cada desvelo, cada caos y cada duda, sosteniéndome con paciencia y palabras de ánimo que siempre llegaron a tiempo.

Sobre todo, a la Gabyss R, que empezó sin saber ni encender la computadora. Conceptos como Ctrl+C o Ctrl+V le sonaban a un lenguaje extraterrestre, y hasta el simple movimiento del scroll era un misterio por descifrar. Porque cada tarea era un reto para sí mismo, aunque costara el doble de trabajo, aun así se atrevió. Por ser fuerte, valiente y terca, ya que sin ella nada de esto habría sido posible.

Ella es la prueba viviente de que los comienzos no definen los finales.

Gabriela Maribel Rojas Benavides

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, elevo mi más sincero agradecimiento a Dios por guiarme con sabiduría y darme claridad en los momentos de cansancio y permitirme llegar al culmen de este trabajo con firmeza.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar este logro académico.

Mi gratitud a mi director PhD. Fausto Salazar, a mi asesor MSc. Carpio Pineda, por su orientación, su confianza y su paciencia, por creer en mis capacidades incluso en los momentos en que yo misma dudaba.

A la empresa Disfaluid, por permitirme desarrollar este proyecto en su entorno, por facilitarme el acceso necesario a la información real.

A mis compañeros, por el apoyo mutuo y la colaboración que hicieron más llevadero este camino. A mi familia, cimiento inquebrantable de mi existencia, por su amor incondicional, por su fe en mí y por ser mi sustento en los días más complejos, su compañía ha marcado la diferencia en este recorrido.

Agradezco a todas las personas que estuvieron conmigo en este camino, con una palabra de apoyo, un consejo; cada una dejó huella en este logro.

Finalmente, me concedo un reconocimiento personal por la resiliencia, la entrega y la convicción que puse en este proceso. Inicié esta etapa con grandes incertidumbres, y cada avance incluso el más pequeño representaba una batalla ganada con mucho esfuerzo. Hoy con humildad y orgullo, confirmo que la perseverancia y el compromiso conmigo misma hicieron posible llegar al culmen de esta meta.

Gabriela Maribel Rojas Benavides

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----|
| DEDICATORIA | II |
| AGRADECIMIENTO | III |
| ÍNDICE DE FIGURAS | X |
| ÍNDICE DE TABLAS | XII |
| RESUMEN | XV |
| ABSTRACT | 1 |
| CAPÍTULO I | |
| 1.1 Planteamiento del Problema | 2 |
| 1.2 Objetivos | 4 |
| 1.2.1 Objetivo General | 4 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 4 |
| 1.3 Alcance y delimitación | 4 |
| 1.4 Justificación | 5 |
| CAPÍTULO II | |
| 2.1 Realidad Aumentada | 7 |
| 2.1.1 Definición y conceptos básicos de la RA | 7 |
| 2.1.2 Fundamentos de la RA | 8 |
| 2.1.3 Cómo se aplica la RA | 9 |
| 2.2 Tipos de marcadores | 9 |
| 2.2.1 Marcadores basados en imágenes | 9 |
| 2.2.2 Marcadores con códigos QR | 10 |
| 2.2.3 Marcadores basados en objetos 3D | 11 |
| 2.2.4 RA sin marcadores | 12 |
| 2.3 Tipos de desarrollo de aplicaciones móviles | 14 |
| 2.3.1 Arquitecturas móviles | 17 |
| 2.3.2 Plataformas de distribución | 18 |
| 2.3.3 Lenguajes de programación | 19 |
| 2.3.4 Frameworks y librerías para el desarrollo de RA | 20 |
| 2.3.5 Integración de la RA en dispositivos móviles | 21 |
| 2.3.6 Metodología Mobile-D: origen y fundamentos | 21 |
| 2.4 Fases del Mobile-D | 23 |
| 2.5 Evaluación de Usabilidad de Sistemas Informáticos | 24 |

| | | |
|---------------------|---|----|
| 2.5.1 | Importancia de la evaluación de usabilidad | 24 |
| 2.5.2 | Métodos de evaluación de usabilidad | 25 |
| 2.5.3 | El Cuestionario de Usabilidad del Sistema Informático (CSUQ)..... | 26 |
| 2.5.4 | Aplicación del CSUQ en el presente estudio | 27 |
| 2.6 | El Impacto de la RA en el Marketing y la Experiencia del Consumidor | 27 |
| 2.6.1 | La RA en sectores productivos | 28 |
| 2.6.2 | Limitaciones actuales del uso de RA en las PYMES | 29 |
| 2.6.3 | Visión académica y comercial..... | 29 |
| 2.7 | Trabajos relacionados | 29 |
| CAPÍTULO III | | |
| 3.1 | Planificación del proyecto | 32 |
| 3.1.1 | Introducción a las historias de usuario | 32 |
| 3.1.2 | Análisis de Puntos de Función (FPA) | 37 |
| 3.1.3 | Priorización de historias de usuario (método MoSCoW) | 38 |
| 3.1.4 | MoSCoW aplicado en las HU de la App..... | 39 |
| 3.1.5 | Roles y responsabilidades | 39 |
| 3.1.6 | Plan de iteraciones con Mobile-D | 40 |
| 3.1.7 | Matriz de trazabilidad | 41 |
| 3.1.8 | Requerimientos Funcionales (FR)..... | 42 |
| 3.1.9 | Criterios de aceptación | 44 |
| 3.1.10 | Requerimientos No Funcionales (NFR) | 44 |
| 3.2 | Diseño..... | 46 |

| | | |
|--------|----------------------------------|----|
| 3.2.1 | Arquitectura del sistema | 46 |
| 3.2.2 | Componentes principales | 46 |
| 3.2.3 | Descripción general | 47 |
| 3.2.4 | Actores | 47 |
| 3.2.5 | Casos de uso | 49 |
| 3.2.6 | Diagramas de secuencia | 59 |
| 3.2.7 | Diagrama de clases | 63 |
| 3.2.8 | Patrón de diseño | 64 |
| 3.2.9 | Diseño de la base de datos | 64 |
| 3.2.10 | Enfoque NoSQL | 65 |
| 3.2.11 | Colecciones definidas | 65 |
| 3.2.12 | Diseño tecnológico del Módulo RA | 66 |
| 3.2.13 | Características principales | 66 |
| 3.2.14 | Optimización | 67 |
| 3.3 | Desarrollo | 68 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.3.1 | Diseño de la interfaz de usuario | 68 |
| 3.3.2 | Flujo de interacción..... | 68 |
| 3.3.3 | Requerimientos de sistema de hardware y software | 68 |
| 3.3.4 | Hardware | 68 |
| 3.3.5 | Software y servicios | 69 |
| 3.3.6 | Metodología de desarrollo de software: Mobile-D | 70 |
| 3.3.7 | Justificación de la metodología Mobile-D | 70 |
| 3.3.8 | Fases de Mobile-D | 70 |
| 3.3.9 | Fase 1: Exploración..... | 70 |
| 3.3.10 | Fase 2: Inicialización..... | 71 |
| 3.3.11 | Fase 3: Producción | 72 |
| 3.3.12 | Fase 4: Estabilización | 73 |
| 3.3.13 | Fase 5: Entrega del sistema..... | 74 |
| 3.3.14 | Integración del módulo de Realidad Aumentada | 76 |
| 3.3.15 | Implementación de la interfaz de usuario | 76 |
| 3.3.16 | Integración con Firebase | 77 |
| 3.3.17 | Ciclos del desarrollo | 81 |
| 3.4 | Pruebas | 82 |
| 3.5 | Diseño experimental de pruebas | 82 |
| 3.5.1 | Plan de pruebas funcionales | 82 |
| 3.5.2 | Plan de pruebas no funcionales..... | 84 |
| 3.5.3 | Reglas de seguridad..... | 85 |
| 3.5.4 | Métricas de evaluación | 85 |
| 3.5.5 | Gestión de riesgos y mitigación | 86 |
| 3.6 | Tipo de investigación | 87 |
| 3.6.1 | Enfoque cuantitativo | 87 |
| 3.7 | Población y muestra | 87 |
| 3.8 | Instrumentos de recolección de datos | 88 |
| 3.9 | Procedimiento | 88 |
| 3.10 | Análisis de datos | 89 |
| 3.11 | Consideraciones éticas | 89 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|---------|--|-----|
| 4.1 | Cumplimiento de las subcaracterísticas de usabilidad de la norma ISO/IEC | 91 |
| 4.1.1 | Población y muestra | 91 |
| 4.1.2 | Análisis general de la aplicación del instrumento | 96 |
| 4.1.3 | Evaluación de la usabilidad del sistema, conforme a las subcaracterísticas definidas por la norma ISO/IEC 25010..... | 99 |
| 4.1.4 | Inteligibilidad | 99 |
| 4.1.5 | Aprendizaje | 101 |
| 4.1.6 | Operabilidad | 103 |
| 4.1.7 | Protección ante errores de usuario | 107 |
| 4.1.8 | Estética de la interfaz de usuario | 109 |
| 4.1.9 | Accesibilidad | 111 |
| 4.1.10 | Test de Normalidad | 115 |
| 4.1.11 | Correlación de variables | 117 |
| 4.1.12 | Análisis de correlación entre subcaracterísticas de usabilidad | 119 |
| 4.1.13 | Correlación de variables | 120 |
| 4.2 | Análisis de impactos | 128 |
| 4.2.1 | Impacto económico | 129 |
| 4.2.2 | Análisis | 130 |
| 4.2.2.1 | Impacto social | 130 |
| 4.2.3 | Análisis | 131 |
| 4.2.4 | Impacto tecnológico | 131 |
| 4.2.5 | Análisis | 132 |
| 4.2.6 | Impacto general | 132 |
| 4.2.7 | Análisis | 133 |
| | CONCLUSIONES..... | 134 |
| | RECOMENDACIONES | 135 |
| 4.3 | Glosario de términos | 135 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 137 |
| | ANEXOS | 145 |

| | | |
|-------|---------------------------------------|-----|
| 4.3.1 | Cuestionario de Usabilidad CSUQ | 145 |
| 4.3.2 | Respuestas del cuestionario..... | 146 |
| 4.4 | Vista general de aplicación web | 149 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Árbol de Problemas | 3 |
| Figura 2 | Sword of Damocles: primer visor montado en la cabeza | 7 |
| Figura 3 | Esquema de Realidad Virtual | 8 |
| Figura 4 | RA basada en imágenes | 10 |
| Figura 5 | Código QR | 11 |
| Figura 6 | RA basada en imágenes 3D | 12 |
| Figura 7 | RA sin marcador | 13 |
| Figura 8 | Representación de aplicaciones móviles nativas | 15 |
| Figura 9 | Representación de aplicaciones web y móviles | 16 |
| Figura 10 | Representación de aplicaciones híbridas | 17 |
| Figura 11 | Arquitectura MVVM | 18 |
| Figura 12 | Arquitectura del sistema | 47 |
| Figura 13 | Autenticación de usuario | 49 |
| Figura 14 | Visualización de Catálogo de Productos | 51 |
| Figura 15 | Visualización 3D | 52 |
| Figura 16 | Gestión de productos | 54 |
| Figura 17 | Generación de proforma | 55 |
| Figura 18 | Calificación y Comentarios | 57 |
| Figura 19 | Generación y envío de Proforma | 58 |
| Figura 20 | Autenticación de usuario | 60 |
| Figura 21 | Catálogo de productos | 61 |
| Figura 22 | Visualización 3D | 61 |
| Figura 23 | Gestión de productos - CRUD | 62 |
| Figura 24 | Generación de proforma PDF | 62 |
| Figura 25 | Calificación y comentarios | 63 |
| Figura 26 | Diagrama de clase | 63 |
| Figura 27 | Patrón del Diseño | 64 |
| Figura 28 | Diseño de la Base de Datos | 65 |
| Figura 29 | Diseño del módulo de RA | 67 |
| Figura 30 | Flujo 3D | 68 |
| Figura 31 | Fase 1: Exploración | 71 |
| Figura 32 | Fase 2: Inicialización | 72 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| Figura 33 | Fase 3: Producción | 73 |
| Figura 34 | Fase 4: Estabilización | 74 |
| Figura 35 | Fase 5: Entrega | 75 |
| Figura 36 | Integración de Firebase | 77 |
| Figura 37 | Base de datos con colecciones | 78 |
| Figura 38 | Firestore Storage | 78 |
| Figura 39 | Archivo con credenciales secretas | 79 |
| Figura 40 | Pantalla principal del catálogo | 79 |
| Figura 41 | Modelo 3D | 80 |
| Figura 42 | Vitrina en el entorno real | 80 |
| Figura 43 | Panel de administración | 81 |
| Figura 44 | Diagrama de barras de los resultados de frecuencias | 97 |
| Figura 45 | Promedios por ítem del cuestionario CSUQ | 98 |
| Figura 46 | Histograma de frecuencias | 99 |
| Figura 47 | Gráfico de barras de la pregunta 1: En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar este sistema. | 100 |
| Figura 48 | Distribución de respuestas para la pregunta 2: Fue sencillo usar este sistema. | 101 |
| Figura 49 | Distribución de respuestas para la pregunta 5: Fue fácil aprender a usar este sistema. | 102 |
| Figura 50 | Distribución de respuestas para la pregunta 6: Creo que podría ser productivo rápidamente usando este sistema. | 103 |
| Figura 51 | Distribución de respuestas para la pregunta 3: Pude completar mi trabajo rápidamente usando este sistema. | 104 |
| Figura 52 | Distribución de respuestas para la pregunta 4: Me sentí cómodo usando este sistema. | 105 |
| Figura 53 | Distribución de respuestas para la pregunta 15: Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga. | 106 |
| Figura 54 | Gráfico de barras de la pregunta 16: En general, estoy satisfecho con este sistema. | 107 |
| Figura 55 | Distribución de respuestas para la pregunta 7: El sistema dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas. | 108 |
| Figura 56 | Distribución de respuestas para la pregunta 8: Cada vez que cometía un error al utilizar el sistema, podía recuperarme fácil y rápidamente. | 109 |
| Figura 57 | Distribución de respuestas para la pregunta 13: La interfaz de este sistema fue agradable. | 110 |
| Figura 58 | Distribución de respuestas para la pregunta 14: Me gustó usar la interfaz de este sistema. | 111 |

| | | |
|-----------|---|-----|
| Figura 59 | Distribución de respuestas para la pregunta 9: La información provista con este sistema era clara. | 112 |
| Figura 60 | Distribución de respuestas para la pregunta 10: Fue fácil encontrar la información que necesitaba. | 113 |
| Figura 61 | Distribución de respuestas para la pregunta 11: La información provista por el sistema fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo. | 114 |
| Figura 62 | Distribución de respuestas para la pregunta 12: La organización de la información en las pantallas del sistema fue clara. | 115 |
| Figura 63 | Test de normalidad | 116 |
| Figura 64 | Mapa de calor | 119 |
| Figura 65 | Inteligibilidad y Aprendizaje | 121 |
| Figura 66 | Operabilidad y Protección ante errores | 122 |
| Figura 67 | Operabilidad y Accesibilidad | 123 |
| Figura 68 | Protección ante errores y Accesibilidad | 124 |
| Figura 69 | Estética y Protección de errores | 125 |
| Figura 70 | Estética y Accesibilidad | 125 |
| Figura 71 | Interpretación del puntaje SUS obtenido (79.4) | 126 |
| Figura 72 | Porcentaje de valoración por ítem del cuestionario SUS (n=50) | 127 |
| Figura 73 | Pantalla principal del catalogo web | 149 |
| Figura 74 | Productos del catálogo | 150 |
| Figura 75 | Detalle del producto específico | 150 |
| Figura 76 | Modelo tridimensional | 151 |
| Figura 77 | Panel de administración de productos y administradores | 151 |
| Figura 78 | Pantalla principal del catalogo web | 152 |
| Figura 79 | Proforma automática del sistema | 152 |
| Figura 80 | Carta de Auspicio | 153 |
| Figura 81 | Entrega de la Aplicación Móvil | 154 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------|---|----|
| Tabla I | Comparación de tipos de marcadores en aplicaciones RA | 14 |
| Tabla II | Comparación de lenguajes para el desarrollo de aplicaciones móviles . | 20 |
| Tabla III | Frameworks y librerías para el desarrollo de aplicaciones con Realidad Aumentada | 21 |
| Tabla IV | Comparación de ventajas entre Scrum y XP en proyectos móviles | 22 |
| Tabla V | Aspectos que justifican la importancia de la evaluación de usabilidad . | 25 |
| Tabla VI | Principales métodos de evaluación de usabilidad..... | 26 |
| Tabla VII | Historia de Usuario 01 – Visualizar productos en realidad aumentada . | 32 |
| Tabla VIII | Historia de Usuario 02 – Manipulación de modelos 3D..... | 33 |
| Tabla IX | Historia de Usuario 03 – Generar proforma en PDF..... | 34 |
| Tabla X | Historia de Usuario 04 – Gestión de productos | 34 |
| Tabla XI | Historia de Usuario 05 – Calificación de productos | 35 |
| Tabla XII | Historia de Usuario 06 – Autenticación de usuarios | 36 |
| Tabla XIII | Niveles cualitativos y valor cuantitativo de esfuerzo | 37 |
| Tabla XIV | Resumen de historias de usuario y su nivel de esfuerzo | 38 |
| Tabla XV | Priorización MoSCoW aplicada a las HU con nivel de esfuerzo | 38 |
| Tabla XVI | Stakeholders y roles del proyecto..... | 39 |
| Tabla XVII | Plan de iteraciones Mobile-D | 40 |
| Tabla XVIII | Matriz de trazabilidad HU–criterios–métricas–esfuerzo–prioridad | 41 |
| Tabla XIX | Requerimientos Funcionales (FR) | 43 |
| Tabla XX | Criterios de aceptación para los requerimientos funcionales | 44 |
| Tabla XXI | Requerimientos No Funcionales (NFR) | 45 |
| Tabla XXII | Actores del sistema | 48 |
| Tabla XXIII | Caso de uso número 1: Autenticación de usuario | 50 |
| Tabla XXIV | Caso de uso número 2: Visualización del catálogo de productos | 51 |
| Tabla XXV | Caso de uso número 3: Visualización 3D y módulo de RA | 53 |
| Tabla XXVI | Caso de uso número 4: Gestión de productos (CRUD)..... | 54 |
| Tabla XXVII | Caso de uso número 5: Generación de proforma en PDF | 56 |
| Tabla XXVIII | Caso de uso número 6: Calificación y comentarios..... | 57 |
| Tabla XXIX | Caso de uso número 7: Envío de proforma por WhatsApp..... | 59 |
| Tabla XXX | Ciclos de desarrollo adaptados a la metodología Mobile-D..... | 81 |
| Tabla XXXI | Plan de Pruebas Funcionales (PF) | 83 |

| | | |
|---------------|--|-----|
| Tabla XXXII | Plan de Pruebas No Funcionales (PNF) | 84 |
| Tabla XXXIII | Métricas de evaluación del sistema..... | 86 |
| Tabla XXXIV | Interpretación del coeficiente alfa de Cronbach para el cuestionario CSUQ | 92 |
| Tabla XXXV | Ítems del cuestionario CSUQ aplicado a los usuarios | 94 |
| Tabla XXXVI | Factores evaluados por el cuestionario CSUQ | 95 |
| Tabla XXXVII | Subcaracterísticas de Usabilidad según la norma ISO/IEC 25010 y su relación con el cuestionario CSUQ..... | 95 |
| Tabla XXXVIII | Tabla de frecuencias del cuestionario CSUQ aplicado | 97 |
| Tabla XXXIX | Resultados de la prueba de normalidad Shapiro–Wilk aplicada a los puntajes del cuestionario CSUQ..... | 116 |
| Tabla XL | Matriz de correlación de Spearman entre las subcaracterísticas de usabilidad | 118 |
| Tabla XLI | Correlaciones de Spearman entre subcaracterísticas de usabilidad | 120 |
| Tabla XLII | Interpretación del puntaje SUS según Brooke (1996) adaptada a los resultados del estudio | 127 |
| Tabla XLIII | Escala de interpretación del nivel de impacto (adaptado de [54] | 129 |
| Tabla XLIV | Impacto Económico Modelo de indicadores [54] | 129 |
| Tabla XLV | Impacto Social Modelo de indicadores [54]..... | 130 |
| Tabla XLVI | Impacto Tecnológico Modelo de indicadores [54] | 131 |
| Tabla XLVII | Impacto General Modelo de indicadores [54] | 132 |
| Tabla XLVIII | Anexo B. Resultados por encuestado del Cuestionario CSUQ..... | 146 |

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad desarrollar una aplicación móvil con RA para promocionar los productos de la empresa Disfaluid, dedicada a la fabricación y comercialización de muebles en aluminio y vidrio. Esta propuesta nace, de la necesidad de modernizar los procesos de promoción y fortalecer la presencia digital de la empresa en el mercado, ofreciendo a los clientes una experiencia más interactiva y atractiva, esta aplicación permitió visualizar los productos en modelos tridimensionales mediante RA, brindando una percepción realista, que facilita la toma de decisiones de los clientes al momento de adquirir los productos.

Para el desarrollo del sistema se aplicó la metodología ágil Mobile-D, que comprende cinco fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y entrega. Cada una de las etapas se desarrolló de forma progresiva, desde la planificación, el diseño y la validación del sistema, priorizando siempre la usabilidad y la experiencia del usuario. Esta técnica permitió mantener una estructura continua y orientada a medir los resultados, optimizando el proceso en el desarrollo.

La aplicación fue evaluada mediante los cuestionarios CSUQ y SUS, alcanzando un alfa de Cronbach de 0.95, lo que demuestra una consistencia interna muy fuerte y un puntaje SUS de 79.4, que evidencia una buena acogida por parte de los usuarios. Estos resultados confirman que la aplicación es funcional, intuitiva y eficaz, ofreciendo una solución tecnológica e innovadora, que facilita la promoción de los productos. Además, se concluye que la implementación de la RA mejoró significativamente la comunicación visual de los clientes, fortaleciendo la transformación digital del proceso en la empresa Disfaluid.

Palabras clave: Realidad Aumentada, Aplicación móvil, Visualización 3D, Mobile-D, Experiencia de Usuario.

ABSTRACT

The present work aims to develop a mobile application with Augmented Reality (AR) to promote the products of Disfalavid, a company dedicated to the manufacture and commercialisation of aluminium and glass furniture. This proposal arises from the need to modernise the company's promotion processes and strengthen its digital presence in the market, offering customers a more interactive and engaging experience. The application enables users to visualise products as three-dimensional models through AR, providing a realistic perception that supports customers in their decision-making when acquiring the products.

The Mobile-D agile methodology was applied for the system's development, comprising five phases: exploration, initialisation, production, stabilisation, and delivery. Each stage progressed from planning and design to system validation, prioritising usability and user experience. This methodology ensured a continuous, results-oriented structure, optimising the development process.

The application was evaluated using the CSUQ and SUS questionnaires, achieving a Cronbach's alpha of 0.95, indicating very strong internal consistency, and a SUS score of 79.4, demonstrating positive user acceptance. These results confirm that the application is functional, intuitive, and efficient, providing an innovative technological solution that enhances product promotion. Furthermore, the findings indicate that the implementation of AR significantly improved customers' visual communication and strengthened the company's digital transformation process.

Keywords: Augmented Reality, Mobile Application, 3D Visualisation, Mobile-D, User Experience.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

El mercado comercial exige sigilosamente altos niveles de competitividad con la gran cantidad de emprendimientos o negocios que surgen constantemente. De esta forma, es que estos deben alcanzar una capacidad que les permita distinguirse y sobresalir en el mercado para su subsistencia, por aquello, es necesario que se consideren muchos factores que inciden favorablemente en el crecimiento y desarrollo de estos, no es solo el hecho de iniciar la actividad comercial, sino de gestionarla estratégicamente [1].

En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes como la Realidad Aumentada (RA) se convierte en una herramienta innovadora que potencia la experiencia del cliente, mejora la presentación de productos y fortalece la identidad empresarial. No obstante, su aplicación en el sector del aluminio y vidrio especialmente en pymes como “Disfaluid” sigue siendo limitada.

La empresa “Disfaluid” actualmente presenta sus productos mediante explicaciones verbales apoyadas en imágenes, bocetos de trazos a mano o trabajos previamente desarrollados; muchos de sus productos son comercializados a través de revistas, catálogos, redes sociales o llamadas telefónicas, métodos tradicionales para su comercialización, en los cuales el cliente no puede observar los detalles y características del producto.

De Souza Cardoso y Zorzal [2] infiere que, la cuarta revolución industrial cambia la negociación de vendedor impulsando la personalización de productos y procesos según la necesidad del consumidor. En este contexto las tecnologías de RA han demostrado su eficacia en diferentes sectores como en el área de salud, el aprendizaje, la construcción, el mercadeo digital, y procesos de ensamblaje, optimizando la experiencia del usuario. La RA y RV son cada vez más reconocidas como tecnologías que potencialmente impulsan la innovación del mercado digital de las PYME [3].

Ante esta problemática, se desarrolló una aplicación móvil para Android con RA, la cual permite a los clientes visualizar productos y modelos 3D interactivos desde sus dispositivos móviles. Esta solución brinda una experiencia inmersiva, accesible y visualmente atractiva, reduciendo la incertidumbre en el momento de decidirse por el producto.

En este contexto, el estudio planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo contribuyó la metodología Mobile-D al desarrollo de una aplicación móvil con RA para la promoción de productos de aluminio y vidrio en la empresa “Disfaluid”?

En la actualidad, la empresa “Disfaluid”, especializada en el diseño y fabricación de productos artesanales de aluminio y vidrio, como se representa en la Figura 1, enfrenta desafíos significativos en su estrategia comercial. Según lo manifestado por su propietario, Christian Mediavilla, la organización presenta dificultades para atraer clientes y una baja eficacia en sus procesos de comercialización. Esta problemática se relaciona directamente con la limitada capacidad de los consumidores para apreciar los acabados y detalles de los productos, debido a la ausencia de herramientas tecnológicas digitales, que permitan una adecuada visualización. Como consecuencia, se observa una disminución en las ventas, pérdida de oportunidades comerciales y escasa diferenciación competitiva en el mercado .

Para mejor comprensión se presenta la figura 1 en la que se presentan de forma gráfica las causas y efectos descritos previamente en el texto.

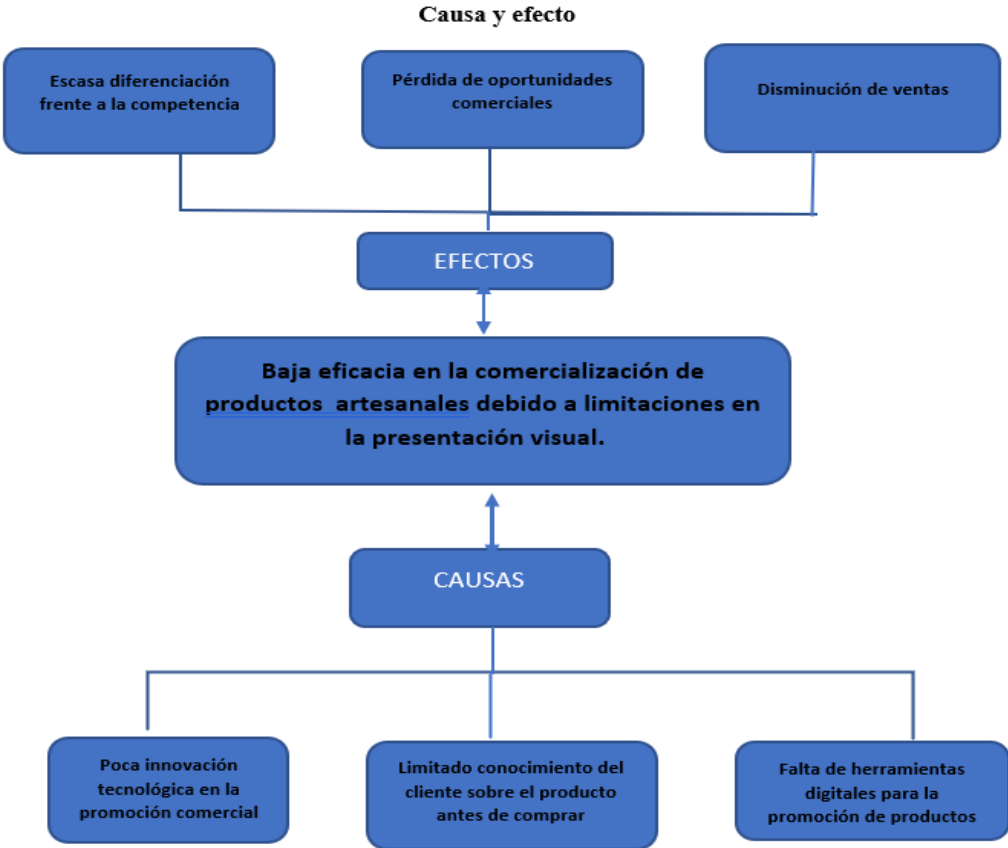


Figura. 1. Árbol de Problemas
 ,Elaborar una aplicación móvil que integre funcionalidades RA utilizando la metodología Mobile-D.

, Validar los resultados de satisfacción de usuario mediante el Cuestionario de Usabilidad del Sistema Informático (CSUQ)

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar una aplicación móvil con RA, que permita la visualización interactiva de los productos de la empresa “Disfaluid” usando la metodología de desarrollo Mobile-D.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un marco conceptual acerca de herramientas de RA para el desarrollo de aplicaciones móviles.

1.3 Alcance y delimitación

El alcance de esta investigación está enfocado en la implementación de RA para visualización de productos tridimensionales como: vitrinas mixtas, peceras, puertas, ventanas, marcos, cortinas de baño, entre otros, pertenecientes a la empresa “Disfaluid”. En este contexto, la presente tesis tiene como objetivo incorporar la digitalización en el ámbito comercial y tecnológico, brindando una alternativa innovadora donde el cliente tenga la satisfacción de ver los productos en un entorno real antes de comprarlos.

Para ello se desarrolló la aplicación móvil para Android, que integra herramientas de texturizado y modelado que permiten la visualización en RA, de los diferentes productos que la empresa ofrece para su comercialización. La presente investigación se elaboró bajo un enfoque cuantitativo con la metodología Mobile-D, la cual permite obtener y analizar datos numéricos de forma objetiva, con el fin de medir la efectividad y el nivel de interacción de los usuarios con la aplicación móvil basada en RA.

Cabe señalar que en el desarrollo del proyecto, no se incluyen funciones avanzadas de comercio electrónico, como pasarela de pago. El enfoque se centró exclusivamente en la visualización y gestión de productos en RA, sin integración con sistemas de inventario o ventas.

1.4 Justificación

El desarrollo de una aplicación móvil con RA, para la empresa “Disfaluid” representa una innovación significativa en el sector comercio artesanal, permitiendo a dicha empresa destacar sus productos de manera interactiva, accesible y tecnológica. Esta propuesta no solo mejora la experiencia de compra del consumidor, sino que también posiciona a Disfaluid como una PYME innovadora, resolviendo el problema de desinformación visual en la promoción de productos artesanales.

Hay que resaltar el hecho de que no existen muchos trabajos de RA, orientados al marketing de muebles, pero sí existen varios de ellos encaminados especialmente al turismo y a la educación [4]. Dentro del ámbito educativo Romo [5] desarrolló una aplicación con RA orientada al aprendizaje de la asignatura de Electrónica General, demostrando que esta tecnología mejora el interés y la comprensión de los estudiantes. Este antecedente evidencia el potencial de la RA para facilitar la interacción con elementos visuales complejos. Dicha capacidad puede extenderse más allá del entorno educativo, siendo útil también en contextos comerciales, como la promoción de productos artesanales, donde la visualización atractiva e interactiva influye en la experiencia del usuario.

El desarrollo de la aplicación con RA es una respuesta innovadora frente a las limitaciones de las PYMES, en el ámbito artesanal, además, este proyecto coopera al cumplimiento de los Objetivos globales definidos en las (ODS) de la Agenda 2030 de la ONU, particularmente con el Objetivo 8. Trabajo decente y crecimiento económico y el Objetivo 9. Industria, innovación e infraestructura [6].

El uso de tecnologías avanzadas, como la RA, impulsa el comercio electrónico en el sector artesanal, promoviendo la innovación y el crecimiento económico dentro de una industria tradicionalmente dependiente de ventas físicas. Impacto Investigativo: Esta propuesta también tiene un fuerte componente de investigación, ya que explorará, la viabilidad de la RA como herramienta de marketing en el ámbito de las PYMES, se llevará a cabo una evaluación de la eficacia de la misma en el contexto móvil, utilizando CSUQ para evaluar la satisfacción del usuario con la aplicación móvil, a través de un cuestionario estandarizado, el cual permitirá validar los resultados en términos de usabilidad, calidad de la información, interfaz y satisfacción general. Esto proporciona datos valiosos para futuras investigaciones sobre la implementación de RA en el comercio digital y su efectividad en el sector artesanal, específicamente en la promoción

y visualización de productos a través de dispositivos móviles. En la actualidad, los artesanos enfrentan diversos desafíos que limitan su capacidad de crecimiento y promoción, como la falta de acceso a herramientas tecnológicas adecuadas que limita la visibilidad de sus productos.

Las plataformas de comercio existentes no están diseñadas para resaltar la identidad artesanal, lo que reduce el impacto visual y la diferenciación de los productos, resultando en menos oportunidades de venta, poniendo en riesgo su legado [7]. La falta de acceso a medios digitales no solo afecta la economía de los artesanos, sino que también pone en riesgo la preservación de su legado cultural, según el Plan de Desarrollo Nacional [8]. Por lo tanto, la propuesta de una aplicación móvil con RA busca proporcionar a los artesanos una plataforma accesible directamente desde dispositivos móviles.

Aportes Teóricos y Técnicos: Este proyecto no solo plantea una solución tecnológica para el sector artesanal, sino que también aporta al campo de la ingeniería en el uso de RA, aplicada al comercio digital. Su desarrollo abre nuevas oportunidades en la investigación sobre aplicaciones móviles orientadas a empresas reales.

La integración de la aplicación móvil, permite analizar nuevas metodologías en el desarrollo de experiencias inmersivas en el campo artesanal, mientras que el cuestionario de evaluación CSUQ proporciona una estrategia estandarizada para medir la satisfacción del usuario, evaluando aspectos como la usabilidad, calidad de la información y funcionalidad del sistema en el contexto de las PYMES.

Este proyecto no solo busca resolver un problema específico relacionado con la promoción de productos artesanales, sino que también contribuye al avance tecnológico y la inclusión digital en el Ecuador. Al usar la RA para la promoción de productos de aluminio y vidrio, se refuerza el comercio electrónico y el crecimiento de los artesanos, mejorando la competitividad de los pequeños comerciantes en un mercado digital globalizado.

La presente solución es una mejora técnica que contribuye a la preservación cultural, el desarrollo económico y el fortalecimiento del ámbito educativo en el país.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Realidad Aumentada

2.1.1 Definición y conceptos básicos de la RA

En la actualidad, las herramientas de RA permiten la interacción entre elementos digitales con el mundo real [9]. Según Kumar et al. [10], afirma que esta tecnología logra una fusión de los elementos tanto digitales como físicos que generan beneficios significativos y contribuyen en la toma de decisiones, aportando seguridad y confianza a los consumidores al mantener la confianza en los compradores. Además, manifiesta que la RA ya está fusionada en todas las plataformas, causando que el comercio digital sea el más beneficiado por este crecimiento tecnológico.

La figura 2 presenta uno de los primeros elementos para crear una experiencia inmersiva, este dispositivo conocido como Sword of Damocles, el mismo que fue desarrollado en 1968 por Ivan Sutherland y es reconocido como el primer prototipo de visor montado en la cabeza (Head-Mounted Display, HMD). El funcionamiento permitía superponer gráficos generados por computadora en el entorno visual del usuario, sentando así las bases de tecnologías de la RA y Realidad Virtual (RV). A pesar de su diseño considerablemente grande y rudimentario, representó un gran avance para su época al introducir una nueva forma de interacción entre el mundo físico y elementos digitales mediante una interfaz visual directa.



Figura. 2. Sword of Damocles: primer visor montado en la cabeza

Fuente: Fuente: Adaptado de [11]

2.1.2 Fundamentos de la RA

“El término RA fue acuñado en 1992 por el investigador de Boeing, Thomas Preston Caudell, quien desarrolló una aplicación de RA para uso industrial que permitía visualizar diagramas de ensamblaje” [11].

La RA superpone los elementos usando la tecnología que permite la visión de objetos 3D en el espacio real, generando una experiencia realista. Esta es una técnica que se está implementando en diferentes puntos de la industria, ya que dentro de algunos años este tipo de uso será económico y eficiente [12].

En este contexto, Fabio A. et al. [11], menciona que los estudios identifican cuatro tipos de entorno, dependiendo del grado de integración entre el mundo real y los elementos digitales, como punto de partida tenemos el AR, como se puede observar en la figura 3 de manera gráfica.

- El Ambiente Real (AR): corresponde al entorno físico natural donde vivimos las personas, establecido por leyes físicas y naturales.
- La RA combina los elementos del mundo real con los componentes virtuales, dando paso a una experiencia mixta para los usuarios.
- Virtualidad Aumentada (VA): esta consiste en espacios virtuales, los cuales integran componentes reales.
- La RV: representa un entorno totalmente sintético en el que la persona se sumerge por completo, aislándose del mundo físico.

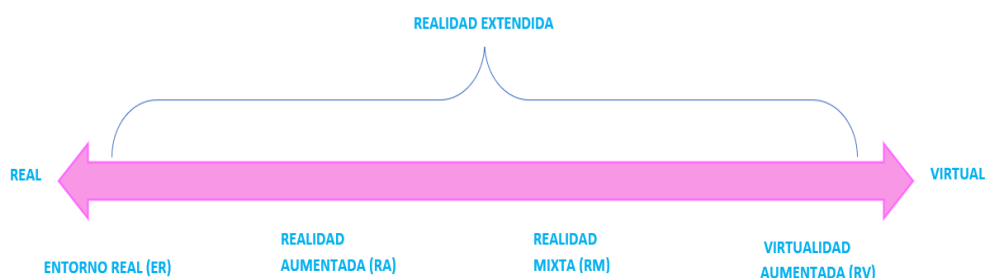


Figura. 3. Esquema de Realidad Virtual

Fuente: Adaptado de [13]

2.1.3 Cómo se aplica la RA

El uso de aplicaciones con RA se ha vuelto cada vez más común, sobre todo en áreas como la educación, la accesibilidad y el entretenimiento. Por ejemplo, Merge Cube, dice que esta implementación permite aprender de manera más dinámica y visual sin necesidad de dispositivos caros, lo que su uso es ideal para estudiantes, incluso en espacios como hospitales o aulas con pocos recursos [14].

También se están desarrollando herramientas auditivas inclusivas para personas con discapacidad, por ejemplo, los reproductores de video en 360° que ya incorporan subtítulos, lenguaje de señas y control por voz con el objetivo de mejorar la experiencia de usuarios con limitaciones auditivas. Además, se está explorando un enfoque innovador con la RA auditiva, dirigida a brindar apoyo tanto en entornos educativos, como en el acompañamiento de personas con discapacidad visual [15].

Por otro lado, gracias al avance de las redes móviles como el 5G y el futuro 6G, estas aplicaciones podrán ofrecer experiencias más rápidas, inmersivas y con mejor calidad gráfica y sonora sin depender tanto del dispositivo en sí, como se describe en Cardoso et al. en [16]. Todo esto demuestra que la RA ya no es solo una tecnología para juegos, sino una herramienta con potencial real para incluir, enseñar y conectar mejor con las personas.

2.2 Tipos de marcadores

La RA permite la visualización de objetos digitales dentro del entorno real; para lograr esta visión de integración, se usan diferentes tipos de marcadores, los que permiten que los elementos se superpongan en el espacio físico; estos se clasifican en diversas categorías dependiendo de las propias recomendaciones tecnológicas especificadas para el reconocimiento.

2.2.1 Marcadores basados en imágenes

Este tipo de marcadores necesita una imagen específica registrada al crear la aplicación. Puede imprimirse en una tarjeta, hoja o cuaderno, o también mostrarse en pantalla, como en un teléfono o computador, para que funcione el reconocimiento de imágenes [11].

En la figura 4, se ilustra un ejemplo de RA basada en imágenes. Este modelo requiere que el usuario apunte su dispositivo hacia el sitio donde se encuentra la imagen previamente registrada, para que se active la visualización del contenido digital correspondiente.

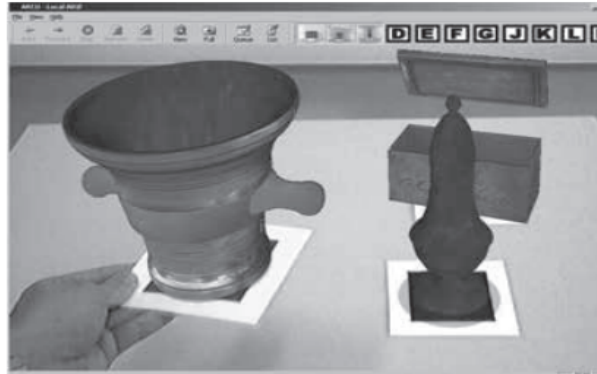


Figura. 4. RA basada en imágenes

Fuente: Adaptado de [17]

2.2.2 Marcadores con códigos QR

Uno de los avances en el sistema de RA requiere de marcadores para reconocer y localizar objetos, con la incorporación de códigos QR, como una alternativa a los marcadores regulares. Estos códigos nos permiten identificar el contenido virtual y personalizarlo según la necesidad y el tipo de usuarios.

En algunos estudios se ha empleado el código QR, como marcador visual, aprovechando la ventaja de la integración de contenido digital mejorando la versatilidad del sistema. Lin, en este artículo, señala que se han desarrollado métodos para ocultar información dentro del QR, mediante técnicas de esteganografía, permitiendo mostrar distintos contenidos según la necesidad del usuario, todo sin alterar la apariencia del código a simple vista [18].

Además, tiene la ventaja de que los marcadores están vinculados a un solo objeto. En este tipo de códigos también es posible integrar autenticación, lo que aumenta la seguridad y la versatilidad. Este entorno ha sido implementado en catálogos electrónicos empresariales y en material educativo, demostrando que se puede aplicar en entornos reales [19].

La Figura 5 presenta un código QR, en el que se ha incorporado un mensaje oculto mediante técnicas de esteganografía.



Figura. 5. Código QR

2.2.3 Marcadores basados en objetos 3D

En este contexto, una de las categorías relevantes son los marcadores que se basan en objetos tridimensionales o 3D, los mismos que reconocen objetos de forma física en el entorno. Este sistema usa visión de computadora para identificar el objeto desde los ángulos, permitiendo la interacción directa con elementos reales, al no depender de una imagen plana o código. Estas tecnologías son útiles en aplicaciones donde se requiere un alto grado de precisión, especialmente en la medicina donde se requiere exactitud del registro de lo real y lo virtual.

Esta precisión se logra a partir del objeto y asignando marcadores de función de características tridimensionales; al no necesitar marcadores impresos, mejora la experiencia en entornos complejos con naturalidad y usabilidad [20].

En la figura 6, se puede observar cómo funciona un sistema de realidad aumentada basado en objetos tridimensionales. A diferencia de los marcadores tradicionales, este tipo de tecnología permite reconocer directamente objetos físicos del entorno, sin necesidad de usar una imagen impresa. Esto hace que la experiencia sea más natural y precisa, especialmente en contextos donde se necesita una alta exactitud, como en medicina o en entornos complejos.



Figura. 6. RA basada en imágenes 3D

Fuente: Adaptado de [21]

2.2.4 RA sin marcadores

La RA, que no requiere marcadores físicos, se basa en sensores integrados en los dispositivos móviles, para detectar sobre superficies planas y ubicar elementos virtuales en espacios vacíos del entorno. Esta tecnología, conocida como RA sin marcador o basada en geolocalización, permite al usuario interactuar con objetos digitales, aprovechando las capacidades nativas del hardware como la brújula digital, el GPS, el velocímetro y el acelerómetro. Este tipo de aplicaciones se usan para búsqueda de direcciones, rutas de interés turístico o de georreferenciación en mapas [11].

En la Figura 7, se puede observar la RA sin marcador, la cual permite al usuario interactuar con los objetos virtuales, modificando su tamaño.



Figura. 7. RA sin marcador

Fuente: Adaptado de [22]

Gracias a este tipo de RA, los objetos virtuales pueden ser visualizados en cualquier lugar vacío donde se apunte la cámara, brindando una experiencia libre, de fácil uso y efectividad en entornos educativos y técnicos, aprovechando la compatibilidad con múltiples dispositivos en la que los usuarios pueden interactuar con los modelos 3D de forma inmediata sin marcadores o imágenes, logrando una aceptación de 82,4 % en términos de usabilidad [23].

A continuación, en la Tabla I, se resumen los principales tipos de marcadores utilizados en aplicaciones de RA, junto con sus características distintivas. Esta clasificación facilita la comprensión de las diferencias entre los métodos de reconocimiento y visualización, desde los marcadores tradicionales impresos hasta las tecnologías más avanzadas basadas en objetos tridimensionales o en sensores del dispositivo.

Tabla I.
COMPARACIÓN DE TIPOS DE MARCADORES EN APLICACIONES RA

| | Tipo de Marcador | ¿Requiere marcador físico? | ¿Qué detecta? | Ventajas | Limitaciones |
|--|------------------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| | Basado en imágenes | Sí | Imágenes 2D (logotipos, ilustraciones) | Fácil implementación, buena precisión visual | Requiere buena iluminación y enfoque de cámara |
| | Basado en objetos 3D | Sí | Objetos físicos tridimensionales | Permite interacción con productos reales | Requiere escaneo previo y más procesamiento |
| | Código QR | Sí | Patrón codificado en 2D | Contiene enlaces o datos, fácil de generar | No es ideal para mostrar contenido superpuesto |
| | Sin marcadores (marker-less) | No | Superficies planas o ubicación GPS | Libre posicionamiento, experiencia más flexible | Requiere sensores precisos y buen hardware |

Fuente: Basada en documentación técnica de [23].

2.3 Tipos de desarrollo de aplicaciones móviles

En la actualidad, el desarrollo de aplicaciones móviles ha experimentado una evolución acelerada, convirtiéndose en un campo de crecimiento constante que aporta significativamente al sector económico y tecnológico. Este avance ha generado diversos retos, especialmente por la coexistencia de múltiples plataformas como Android, iOS y Windows. Actualmente existen millones de aplicaciones disponibles de diferentes tiendas virtuales tanto gratuitas como de pago.

Las aplicaciones móviles tienen tres enfoques principales: nativas, web e híbridas. Según el autor Ahmad et al. [24] estas son:

- Aplicaciones móviles nativas: se desarrollan para un sistema operativo en específico utilizando lenguajes como Kotlin o Java para Android o Swift para iOS. Estas aplicaciones originarias aprovechan al máximo las funciones propias del dispositivo, como la cámara, el GPS o el acelerómetro, generando mayor rendimiento. A pesar de su efectividad, la inversión de tiempo de desarrollo es mayor ya que es necesario desarrollar una versión diferente para cada sistema operativo [24].

La figura 8 muestra una representación de las aplicaciones móviles nativas, desarrolladas para un sistema operativo específico, como Android o iOS.



Figura. 8. Representación de aplicaciones móviles nativas

Fuente: Adaptado de [24]

- Aplicaciones Web móviles: Funcionan a través de navegadores web, tanto en dispositivos móviles como en computadoras y no necesitan de instalación desde una tienda de aplicaciones, su desarrollo es más económico y flexible siendo compatibles con los diferentes dispositivos, sin embargo, limita el acceso a las funcionalidades el hardware, lo que puede restringir la experiencia de usuario [24].

La Figura ?? ilustra el funcionamiento general de las aplicaciones web móviles, las cuales se ejecutan a través del navegador y no requieren instalación directa en el dispositivo.



Figura. 9. Representación de aplicaciones web y móviles

Fuente: Adaptado de [24]

- **Aplicaciones híbridas:** Estas combinan características de las aplicaciones nativas y web, se desarrollan como aplicaciones web y son empaquetadas dentro del navegador, para su distribución a través de tiendas oficiales, para la instalación en los dispositivos móviles con un acceso parcial a las funciones del sistema y pueden acceder a las herramientas del dispositivo [24].

La Figura 10 muestra una representación de las aplicaciones híbridas, las cuales combinan elementos de aplicaciones web y nativas, permitiendo su distribución mediante tiendas oficiales y ofreciendo acceso parcial a las funciones del sistema.



Figura. 10. Representación de aplicaciones híbridas

Fuente: Adaptado de [24]

2.3.1 Arquitecturas móviles

El desarrollo de aplicaciones móviles necesita un diseño bien estructurado, el cual permita mantener la calidad, escalabilidad y mantenibilidad. Esta forma define la organización de los componentes y cómo será la interacción entre ellos, la gestión de los datos y la interfaz del usuario.

Como se propone en [25], el uso de MVVM y RESTful API mejora la eficiencia de las aplicaciones educativas en Android. Este patrón se divide en tres componentes principales.

El Modelo–Vista–Modelo de Vista (MVVM) es un patrón de la arquitectura de software que permite separar la interfaz gráfica de la parte visual, la lógica del negocio y del manejo de los datos de la aplicación. Esta separación de responsabilidades contribuye a mantener un código más limpio, ordenado y fácil de entender, lo que facilita el desarrollo y la escalabilidad del sistema.

- **Modelo:** es el componente que gestiona los datos y la parte lógica de negocio, encargándose de gestionar la información, accediendo a la base de datos o servicios web aplicando las reglas necesarias. Contiene los datos necesarios para su procesamiento, manteniendo la estructura de la información separada por completo de la interfaz de usuario.
- **Modelo de vista:** este componente actúa como intermediario entre el modelo y la vista, para gestionar el almacenamiento de los datos locales dentro del dispositivo, para esto, la aplicación usa la biblioteca Room (biblioteca de persistencia o sala de almacenamiento), la cual permite el trabajo

en SQLite (Structured Query Language Lite), simplificando el almacenamiento de datos locales, incluso sin Internet y manteniendo la información disponible[25].

- Vista: este componente es responsable de la interfaz de usuario en la aplicación. Se encarga de mostrar de forma estructurada y atractiva la visualización de los datos, por ejemplo, los archivos XML en Android, manteniéndolos separados de la lógica de negocio, evitando el cruce de información entre la lógica de presentación y la lógica del negocio, lo que facilita la interacción entre componentes y mejora la organización del código [26], del navegador para su distribución a través de tiendas oficiales para la instalación en los dispositivos móviles con un acceso parcial a las funciones del sistema y pueden acceder a las herramientas del dispositivo.

A continuación, se presenta la Figura 11, que resume y compara las características de los distintos tipos de marcadores utilizados en aplicaciones de RA. Esta clasificación resulta útil para entender cómo interactúan los elementos visuales con los componentes de la vista y el modelo en la arquitectura de desarrollo, permitiendo seleccionar el tipo de marcador más adecuado según los requerimientos de la aplicación y las capacidades del dispositivo.

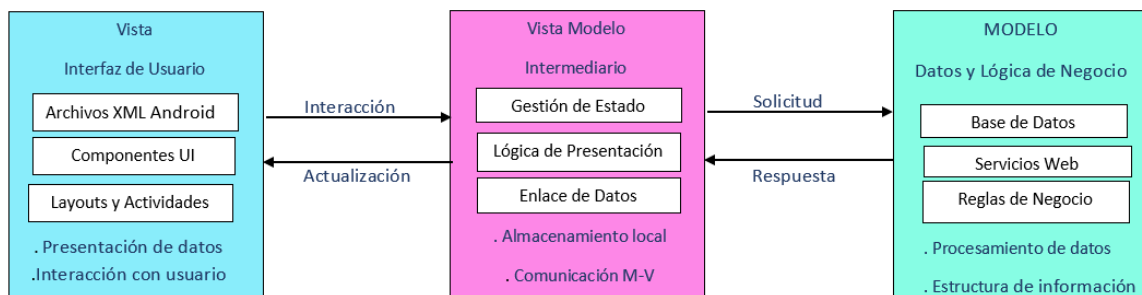


Figura. 11. Arquitectura MVVM

Fuente: Adaptado de [25], [26]

2.3.2 Plataformas de distribución

El desarrollo de aplicaciones se ha llevado a cabo usando estrategias diferentes, dependiendo del tipo de aplicación que se vaya a desarrollar, así como sus características, ventajas y limitaciones. Estas diferentes estrategias se ajustan a las plataformas disponibles y lenguajes de programación adecuados para cada caso, clasificándose en nativas, web e híbridas, las mismas que se diferencian en la forma en que se utilizan las funcionalidades del dispositivo.

Actualmente, existen diferentes plataformas para el desarrollo de aplicaciones móviles, siendo las más destacadas por su uso Android e iOS debido a su alcance global. Estas plataformas usan lenguajes de programación específicos como Kotlin, Java y Swift para iOS específicos y diferentes de cada plataforma.

Gracias a este tipo de desarrollo, es posible aprovechar de las funcionalidades del dispositivo, logrando una experiencia de usuario superior. Sin embargo, se requiere mantener bases de código separadas para cada plataforma en los tiempos de desarrollo, lo cual implica mayores costos y más tiempo de desarrollo, ya que las aplicaciones se crean de forma independiente para cada sistema operativo [27].

La forma de distribución de estas aplicaciones es: Google Play Store para Android y App Store para iOS; estas tiendas son los canales oficiales en los cuales garantizan la calidad y seguridad de estas aplicaciones, mediante procesos de revisión, permitiendo a los desarrolladores abarcar una gran parte del mercado, gracias a los estándares técnicos, de diseño y seguridad.

2.3.3 Lenguajes de programación

Los lenguajes de programación son sistemas formales de comunicación que permiten a los seres humanos transmitir instrucciones a una computadora para que realice tareas específicas. Estos lenguajes actúan como un puente entre la máquina y el usuario, facilitando la interacción y el control de los sistemas informáticos de manera sencilla y amigable con el usuario.

Gracias a estos lenguajes que se emplean en diferentes ámbitos, es posible el desarrollo de software que usamos cotidianamente, donde existe gran variedad de aplicaciones móviles, como por ejemplo de juegos, de automatización de tareas, de análisis de datos, entre otros sistemas complejos en funciones relacionadas con la tecnología.

En este contexto, de lenguajes de programación de aplicaciones móviles, es fundamental elegir de manera correcta el lenguaje y frameworks que se va a usar porque cada uno cuenta con características, ventajas propias y limitaciones. Hay opciones diseñadas para crear aplicaciones nativas, es decir, pensadas para un solo sistema operativo, y otras que permiten desarrollar apps multiplataforma, con un solo código base para Android e iOS. Conocer estas diferencias es clave para decidir la tecnología más adecuada para un proyecto según sus objetivos, el equipo de trabajo o el público al que va dirigido.

En la tabla II, se presenta una comparación de los principales lenguajes y frameworks utilizados para el desarrollo de aplicaciones móviles, tanto para desarrollo nativo como multiplataforma. Según [28], estos son algunos de los más importantes y representativos en la industria tecnológica.

Tabla II.
COMPARACIÓN DE LENGUAJES PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES

| Lenguaje | Características clave | Ventajas | Desventajas |
|--|--|---|---|
| Kotlin (Android) | Oficial y moderno, seguro contra valores nulos | Soporte directo de Google, interoperable con Java | Limitado a Android nativo |
| Java (Android) | Lenguaje clásico y maduro | Amplia comunidad y gran cantidad de bibliotecas | Sintaxis más verbosa que Kotlin |
| Swift (iOS) | Lenguaje oficial, rápido y seguro | Soporte directo de Apple, alto rendimiento | Limitado a iOS nativo |
| Objective-C (iOS) | Lenguaje legado aún soportado | Acceso a bibliotecas antiguas | Sintaxis compleja y uso reducido actualmente |
| Dart (Flutter, multiplataforma) | Lenguaje moderno con UI reactiva | Un solo código para Android e iOS | Comunidad más pequeña en comparación |
| JavaScript / TypeScript (React Native) | Código compartido con renderizado nativo | Reutilización de código multiplataforma | Dependencia de puentes nativos y menor rendimiento |
| C# (.NET MAUI, multiplataforma) | Integración con ecosistema Microsoft | Reutilización de lógica y componentes | Aplicaciones más pesadas y curva de aprendizaje mayor |

Fuente: Basado en datos de Appventurez [28].

2.3.4 Frameworks y librerías para el desarrollo de RA

Para el desarrollo de aplicaciones de RA, en dispositivos móviles existen varias plataformas y herramientas. Las más conocidas son ARCore de Google y ARKit de Apple. Estas permiten crear experiencias interactivas que mezclan el entorno físico con objetos virtuales.

Cada una tiene sus propias características, ventajas y limitaciones. Por eso es importante conocerlas antes de elegir cuál usar en un proyecto, para tomar la mejor decisión según el público y los dispositivos a los que va dirigida la aplicación.

Al momento de desarrollar aplicaciones de RA, es clave escoger bien las herramientas y frameworks que aseguren un buen funcionamiento en la plataforma de destino. Hay varias librerías y frameworks populares que ayudan con tareas como reconocer el entorno, seguir objetos y renderizar gráficos en tiempo real. Cada uno tiene sus particularidades, que dependen del sistema operativo y del lenguaje de programación.

A continuación se muestra la tabla III, con una comparación de las principales opciones para RA. En ella se resumen las plataformas compatibles, los lenguajes aceptados, sus principales ventajas y limitaciones, basándose en el análisis realizado en [29].

Tabla III.
FRAMEWORKS Y LIBRERÍAS PARA EL DESARROLLO DE APLICACIONES CON REALIDAD AUMENTADA

| Nombre | Tipo | Plataforma | Ventajas | Limitaciones |
|----------|-----------|-----------------|---|-----------------------------|
| ARCore | Librería | Android | Integración nativa y seguimiento avanzado | Solo compatible con Android |
| ARKit | Librería | iOS | Alta precisión y soporte directo de Apple | Solo compatible con iOS |
| Vuforia | Framework | Multiplataforma | Reconocimiento de imágenes sólido | Requiere licencia comercial |
| 8th Wall | Framework | WebAR | Acceso desde navegador sin app nativa | Coste elevado |

Fuente: Basado en datos de Appventurez [29].

2.3.5 Integración de la RA en dispositivos móviles

La RA permite integrar el mundo digital en el mundo real, es decir, en el propio entorno de los usuarios; en donde combinan dos mundos para la inmersión de las personas dentro de esta experiencia, a través de los dispositivos móviles como, por ejemplo, teléfonos inteligentes y tabletas, donde se congrega la RA con el entorno real, dando paso a la realidad mixta, haciendo la fusión de los dos mundos [30].

2.3.6 Metodología Mobile-D: origen y fundamentos

Mobile-D es una técnica que fue introducida por Abrahamsson et al. [31], como un método de desarrollo de software para entregas rápidas de 10 semanas y de alta calidad, basada en metodologías existentes.

Mobile-D es una metodología ágil diseñada para desarrollo específico de aplicaciones móviles en las cuales se integran prácticas ágiles de desarrollo iterativo, pruebas continuas y comunicación con el cliente se permite la entrega del desarrollo en ciclos cortos, gracias a esta combinación permite gestionar los proyectos móviles de forma flexible, mejorando la calidad y reduciendo el tiempo de entrega del producto. Como se observa en la tabla IV, Scrum y XP aportan ventajas complementarias para el desarrollo móvil, que Mobile-D busca combinar de forma estructurada.

Tabla IV.
COMPARACIÓN DE VENTAJAS ENTRE SCRUM Y XP EN PROYECTOS MÓVILES

| Criterio | Scrum | Extreme Programming (XP) |
|-----------------------|---|--|
| Adaptabilidad | Permite adaptarse a cambios constantes en los requisitos gracias a ciclos cortos llamados sprints. | Acepta cambios incluso en etapas avanzadas del desarrollo. |
| Colaboración | Promueve la comunicación diaria del equipo a través del Daily Scrum. | Fomenta la programación en pareja y la retroalimentación constante. |
| Calidad del software | Se centra en la entrega funcional del producto, dependiendo del equipo la aplicación de buenas prácticas. | Utiliza pruebas automatizadas, refactorización continua y desarrollo guiado por pruebas. |
| Entrega continua | Cada sprint entrega un incremento funcional del producto. | La integración continua permite entregas frecuentes y estables. |
| Enfoque en el cliente | El Product Owner representa los intereses del cliente durante el proceso de desarrollo. | El cliente participa directamente con el equipo durante todo el desarrollo. |
| Flexibilidad | Los roles definidos y artefactos ayudan a mantener el orden en entornos cambiantes. | Alta flexibilidad técnica para incorporar cambios con rapidez. |

Fuente: Basado en datos de [31].

2.4 Fases del Mobile-D

Esta metodología consta de cinco fases que, según [32] y [33] son las siguientes:

- Fase de Exploración: En esta fase se realiza la planificación inicial del proyecto, definiendo los requerimientos y los recursos necesarios. Además, se preparan las herramientas para el entorno del desarrollo, identificando las partes interesadas, incluyendo grupos u organizaciones relevantes, estableciendo al cliente como patrocinador del proyecto.

Por consiguiente, se define la toma de decisiones clave, estableciendo mecanismos de retroalimentación constante durante el desarrollo para garantizar la comunicación efectiva. De igual forma, se delimita y se llega a acuerdos claros sobre el alcance y las funcionalidades de la aplicación, a la vez se recogen los requisitos funcionales y no funcionales, planificando las entregas iterativas, se definen las tareas, los tiempos y recursos necesarios.

- Fase de inicialización: En esta fase se establecen los fundamentos, los objetivos principales, los requerimientos iniciales y los criterios de éxito del proyecto, analizando las necesidades del cliente como las del usuario final; se identifican los riesgos preliminares de viabilidad, los stakeholders y las expectativas en cuanto al proyecto.
- Fase de Desarrollo del Producto: en esta fase se realiza el diseño, construcción y codificación del producto, obteniendo una visión clara de las funcionalidades definidas, las cuales se revisan y validan de forma continua, para garantizar que estén alineadas con los requerimientos que el cliente espera del proyecto.
- Fase de Estabilización: Esta fase se encarga de la calidad del producto y se enfoca en realizar pruebas de aceptación y de integración del sistema para verificar que el producto cumpla con los requerimientos funcionales y no funcionales definidos inicialmente. Entre las actividades principales se incluyen la corrección de errores, la validación de soluciones, la revisión de requisitos pendientes y la generación de los reportes de calidad.
- Fase de Cierre y Pruebas Finales: Esta última fase implica la realización de las validaciones finales, para dar paso a la entrega del producto. Incluye la documentación final, la capacitación a los usuarios si es necesario y la preparación de todos los entregables, el objetivo de esta fase es completar todas las actividades pendientes, para lograr la aceptación formal del cliente, preparando el producto para su implantación o lanzamiento.

Fuente: Elaboración propia (2025).

2.5 Evaluación de Usabilidad de Sistemas Informáticos

La usabilidad (facilidad de uso) se ha convertido en un atributo fundamental que define la calidad del software y los sistemas informáticos interactivos.

Es un concepto que describe la facilidad de uso, su origen surgió en la década de 1980 como reemplazo para el término “amigable para el usuario” (user friendly). Incorporando criterios objetivos y medibles. Existen diversas definiciones de usabilidad propuestas por autores y organismos internacionales, la más popular es la ISO 9241-11:2018, que define la usabilidad como: “El grado en que un producto o sistema puede ser usado por usuarios específicos para lograr objetivos específicos con eficacia, eficiencia y satisfacción en un contexto de uso específico.

Esta definición formal establece los criterios específicos con los cuales los desarrolladores realizarán el diseño y evaluarán la interacción con el usuario, centrándose específicamente en que el sistema sea efectivo, eficiente y satisfactorio al realizar tareas reales. En el ámbito de la ingeniería de software, la usabilidad implica estudiar los elementos en la pantalla, la claridad de la información y la facilidad de la navegación. Por ello, las pruebas de usabilidad permiten evaluar la experiencia de usuario (UX) en contextos reales.

Existen diversos métodos para la evaluación de la usabilidad, los cuales se realizan mediante pruebas de usuario, evaluación heurística, seguimiento del mouse (mouse tracking) o cuestionarios estandarizados. Si bien estos métodos son detallados, como el mouse tracking, que ofrecen análisis detallados mediante mapas de calor y trayectorias de uso del cursor, la implementación de este método requiere herramientas especializadas.

2.5.1 Importancia de la evaluación de usabilidad

La evaluación de la usabilidad es una parte fundamental dentro del ciclo del desarrollo de software, ya que garantiza que las aplicaciones sean fáciles de usar para los usuarios finales. Si se cuenta con una interfaz complicada, esto puede provocar el abandono del sistema, por lo cual la usabilidad representa un factor clave para el éxito de cualquier aplicación.

Igualmente, un sistema amigable mejora la eficiencia, satisfacción, precisión y aceptación del software, posicionándolo en puestos competitivos en el mercado. Por estas razones, su evaluación se ha convertido en un campo importante dentro de la investigación en Interacción Humano-Computadora [34].

A continuación, en la tabla V, presenta un resumen de los principales aspectos que justifican su relevancia en todo el ciclo de vida del software, según Bayomi et al. [34].

Tabla V.
ASPECTOS QUE JUSTIFICAN LA IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE USABILIDAD

| Aspecto | Descripción |
|--------------------------------|---|
| Etapa crítica del SDLC | Las pruebas de usabilidad son esenciales para garantizar que el producto final cumpla con los requisitos del usuario final. |
| Facilidad de uso | Ayuda a diseñar interfaces intuitivas, reduciendo la curva de aprendizaje y mejorando la experiencia de usuario. |
| Supervivencia de la aplicación | Una interfaz difícil genera abandono. La usabilidad es indispensable para que el usuario adopte la aplicación. |
| Éxito o fracaso del software | Factor clave que impacta la calidad percibida del producto, determinando su éxito en el mercado. |
| Beneficios comprobados | Mejora la eficiencia, seguridad y precisión. Estudios demuestran su impacto positivo en el desarrollo de software. |
| Mejora del diseño | Sirve como método para optimizar el proceso de diseño centrado en el usuario. |
| Área de investigación IHC | Es una línea central en la interacción humano-computadora, fomentando métodos estructurados. |
| Aborda brechas comunes | Ayuda a resolver la falta de enfoque en la simplicidad y la ausencia de criterios claros de evaluación. |

2.5.2 Métodos de evaluación de usabilidad

La evaluación de usabilidad usada en diferentes métodos sirve para recolectar información valiosa sobre la experiencia del usuario, destacándose los métodos más comunes de consulta como cuestionarios, entrevistas y observaciones. Estos métodos permiten conocer de forma directa las opiniones, expectativas y dificultades que usuarios pudieron experimentar al interactuar con un sistema, facilitando el diseño de interfaces más intuitivas y efectivas.

Según estudios recientes, como el de Maqbool B. et al. [35], los métodos de consulta son los más empleados en evaluaciones de usabilidad, debido a su flexibilidad y eficiencia para adaptarse a distintos contextos y públicos objetivos, resaltando especialmente la importancia de los cuestionarios estandarizados y las entrevistas para obtener información detallada y confiable.

A continuación, se presentan los principales métodos utilizados en la evaluación de la usabilidad, los cuales han demostrado ser efectivos en la tabla VI en diferentes contextos, destacando la relevancia de los métodos de consulta, pruebas e inspección. Según [35] y [36].

Tabla VI.
PRINCIPALES MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE USABILIDAD

| Método | Descripción |
|--------------------|--|
| Consulta (Inquiry) | Incluye cuestionarios, entrevistas y observaciones para recoger información directa de los usuarios sobre su experiencia, preferencias y dificultades. |
| Pruebas (Testing) | Evalúa cómo los usuarios ejecutan tareas específicas, identificando problemas de interacción y aspectos críticos de usabilidad. |
| Inspección | Análisis experto de la interfaz (como evaluaciones heurísticas) para identificar posibles fallos sin la participación directa de usuarios finales. |
| Método mixto | Combinación de métodos de consulta y pruebas, que permite obtener una visión más completa y adaptada a distintos contextos de uso. |

Fuente: Adaptado de [35] y [36].

2.5.3 El Cuestionario de Usabilidad del Sistema Informático (CSUQ)

El Cuestionario de Usabilidad del Sistema Informático, Computer System Usability Questionnaire (CSUQ), es una herramienta creada por Jim Lewis, en los años ochenta en International Business Machines Corporation (IBM), con el propósito de evaluar qué tan fácil y útil resulta un sistema informático para los usuarios. Se usa generalmente al finalizar pruebas de usabilidad, ya que permite conocer la experiencia de los usuarios que interactúan con la aplicación y verificar el cumplimiento de sus necesidades [37].

Este instrumento está compuesto por 19 preguntas, en una escala de tipo Likert de 7 niveles, donde la escala más baja representa una gran desaprobación, “totalmente en desacuerdo” y la más alta en total conformidad “totalmente de acuerdo”. Esto ayuda a medir distintos aspectos importantes: la utilidad del sistema para facilitar las tareas, la calidad de la información que presenta (como mensajes o ayudas en pantalla) y la calidad de la interfaz, que se refiere a lo claro y atractivo que resulta su diseño. Además, se obtiene una puntuación general de usabilidad que resume la experiencia del usuario [37].

Un estudio reciente, en el cual se aplicó este cuestionario a estudiantes universitarios luego del uso de una herramienta tecnológica educativa llamada Build_3D, la cual se enfoca en el aprendizaje del ensamblaje de componentes de tecnología. Los resultados luego de la encuesta fueron favorables, especialmente en los factores de la calidad de la información y el diseño de la interfaz, en los cuales se puede evidenciar la utilidad del cuestionario en el campo educativo [38].

En algunos estudios, como el realizado con la aplicación Jeknyong et al. [37], este cuestionario permitió identificar un alto nivel de satisfacción global, pero también áreas con oportunidades de mejora, como la forma de presentar la información o el diseño visual. Este tipo de evaluación es muy útil porque no solo revela que funciona bien, sino que guía a los desarrolladores para mejorar el sistema, logrando que sea más fácil de usar y mejor aceptado por los usuarios finales.

2.5.4 Aplicación del CSUQ en el presente estudio

En este trabajo de tesis, se va a usar el cuestionario CSUQ como herramienta para evaluar la usabilidad de la aplicación con RA. La idea es que los usuarios que prueben el sistema, puedan dar su opinión de forma sencilla y clara sobre qué tan fácil de usar les resulta y si cumple con sus expectativas.

El plan es aplicar el cuestionario una vez que terminen de interactuar con la aplicación para poder recoger su percepción real sobre la utilidad, la calidad de la información que se muestra y la calidad de la interfaz. De esta forma, se espera identificar puntos fuertes y también aspectos que sea necesario mejorar más adelante.

Con esto se busca tener una evaluación más completa y objetiva, apoyándose en un instrumento estandarizado, que ya se ha usado en otros estudios, pero adaptado al contexto específico de esta aplicación y sus usuarios.

2.6 El Impacto de la RA en el Marketing y la Experiencia del Consumidor

Las aplicaciones móviles han experimentado un gran crecimiento dentro del comercio digital, generando interés en encontrar nuevas formas de comercializar sus productos a través de plataformas innovadoras. En este contexto, la RA se presenta como una herramienta que permite ofrecer al cliente una experiencia mejorada y un mayor conocimiento del producto que va a adquirir, reduciendo la incertidumbre al momento de la compra.

Este proyecto tiene como finalidad analizar conceptos relacionados con el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles con RA, y cómo las empresas han adoptado esta tecnología para promover sus productos comerciales. Además, se propone usar la metodología Mobile-D como una guía estructurada para el diseño y la evaluación, asegurando el desarrollo ágil y eficiente. Este tipo de metodología ha

demostrado ser efectiva en aplicaciones que han sido creadas usando este tipo de enfoque organizado y adaptado a las necesidades del desarrollo móvil, asegurando su eficiencia y agilidad[39].

2.6.1 La RA en sectores productivos

En el sector productivo, este tipo de tecnología ha tenido una gran acogida por ser una herramienta versátil, adaptable y creciente dentro de los sectores industriales que impulsa la industria 4.0, donde se realizó un análisis sistemático basado en los datos de Scopus, que identificó un aumento significativo en las publicaciones científicas de RA y RV desde el año 2010. Este avance demuestra que este progreso de la digitalización no actúa de forma aislada, sino que se combina con otras tecnologías como es la inteligencia artificial, el internet de las cosas (IoT) y la visión por computadora, ampliando un gran campo donde se aplicaron [16].

El uso de RA en el marketing, se ha consolidado como una estrategia innovadora que potencia los enfoques tradicionales, proporcionando experiencias de marca inmersivas que impactan positivamente en las respuestas del consumidor, por ejemplo, se ha demostrado que integrar herramientas de RA, en campañas publicitarias en aplicaciones móviles durante periodos festivos como la Navidad, o días de celebración, fomenta experiencias sociales compartidas y aumenta la intención de compra reduciendo la incertidumbre del cliente al ofrecerle un conocimiento detallado del producto. [39].

En contextos turísticos y de eventos, como los festivales de ciencia, la RA ha probado ser eficaz para generar experiencias nuevas en diversos campos como el educativo, estético y de entretenimiento. Estas experiencias no solo incrementan la satisfacción del visitante, sino que también dinamizan la economía desde la experiencia digital, y también propician experiencias memorables y un mayor compromiso con la actividad [40].

Desde la perspectiva de Tom Dieck et al., expertos en turismo, la RA no solo añade valor en términos de marketing, sino que también se valora por su utilidad económica y organizacional, lo cual es un impulso estratégico para la implementación turística epistémica, lo que representa un impulso estratégico para su implementación en el diseño de experiencias turísticas [41].

Además, la RA presenta un potencial disruptivo significativo en los consumidores, los cuales muestran una aceptación cuando la experiencia es inmersiva, lo que podría dejar obsoletas las herramientas de promoción tradicionales. Esta aceptación se explica por la capacidad de mostrar detalles y características del producto, altas tasas de aceptación gracias a su forma de poder visualizar los detalles y características del producto, lo cual podría transformar profundamente la gestión y comercialización de productos ofertados, siempre que se utilicen los recursos digitales disponibles [42].

El uso de RA en tiendas de comercio, turismo o tiendas físicas motiva a los consumidores por varias razones: les brinda información útil y confiable y se sienten seguros sobre el producto que van a adquirir gracias a la previa que tienen de la simulación en el entorno físico. Esto ofrece un sinnúmero de oportunidades comerciales, experimentales e inspiradoras; estos modelos ofrecen estrategias prácticas para los negocios, mejorando la persuasión y el compromiso del cliente. [41].

2.6.2 Limitaciones actuales del uso de RA en las PYMES

En la actualidad, el uso de RA dentro de las pequeñas y medianas empresas resulta escaso. La empresa DISFALUVID no cuenta con una forma interactiva para mostrar sus productos, recurriendo únicamente a fotografías de trabajos previamente realizados. La carencia de herramientas tecnológicas ha colocado en desventaja frente a la competencia del comercio digital el que tiene un crecimiento acelerado.

2.6.3 Visión académica y comercial

Según la literatura actual, Rauschnabel P. et al. indican que “La RA ha recibido cada vez más atención en los últimos años, tanto por parte de directivos como de académicos”[43]. Diversos estudios en el ámbito del marketing que abordan aspectos de la RA, analizando el impacto en las ventas o marcas, examinando modelos automatizados de la inmersión de los clientes dentro de la RA. Además, la destacan como algo novedoso, estratégico y potencial dentro del marketing; desde la llegada de internet se han optimizado los motores y herramientas de desarrollo.

Según las investigaciones realizadas por Aguirre R. et al.[31], afirman que, según los resultados de una encuesta, la mayoría de los encuestados no utilizan la tecnología de RA debido a la falta de conocimiento y la escasez de dispositivos compatibles, en los que puedan poner en práctica este tipo de tecnología digital. Los autores afirman también que los docentes deberían tener preparación oportuna, para impartir este tipo de contenidos, destacando que la tecnología y la educación deben avanzar de forma conjunta al ritmo que evoluciona la tecnología.

2.7 Trabajos relacionados

La RA ha surgido como una tecnología de gran valor debido a su capacidad de superponer los objetos digitales sobre entornos físicos, permitiendo una interacción enriquecedora de los usuarios sin perder la conexión con el mundo real. Esta característica ha logrado la implantación en diferentes sectores, especialmente en aquellos donde se requiere comprensión visual y la toma de decisiones basada en información

del entorno. Gracias a su versatilidad, el uso de RA ha crecido dentro de los campos como la educación, el entretenimiento e industria sirviendo como apoyo en procesos complejos dirigidos al usuario [17].

En el ámbito cultural, de forma particular en los museos, Ruiz Torres [17] afirma que la RA se ha usado para potenciar la experiencia del visitante mediante las vitrinas virtuales, en las cuales se ha demostrado que es posible proyectar la información adicional sobre los objetos expuestos, fomentando una relación más dinámica entre el usuario y el contenido del museo, haciendo de la visita una experiencia inmersiva y enriquecedora.

En este contexto, el uso de vitrinas para mostrar la RA, como un concepto relacionado en el comercio y marketing para la atracción del cliente, la empresa Disfaluid adapta este tipo de visualización en sus productos de aluminio y vidrio, ofreciendo una experiencia similar a la de inmersión en la RA dentro de los museos.

Las vitrinas virtuales que se ofertarán como productos, donde los clientes podrán explorar de forma digital las características, detalles específicos y requerimiento de las mismas, enriqueciendo su proceso de decisión y fortaleciendo el vínculo entre la marca y el cliente, creando una experiencia analógica a la obtenida en los museos como propone el autor a los visitantes.

Por otro lado, el diseño de interiores ha incorporado la RA como una solución eficiente para la planificación de espacio. Gracias al uso de dispositivos con tecnología de Localización y Mapeo Simultáneos (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM) y sistemas sin marcadores, es posible la manipulación de los objetos tridimensionales dentro de tiempo y espacio real. Esta herramienta permite a los clientes ajustar la orientación, tamaño y ubicación de los objetos con mucha precisión. Esta tecnología reemplaza métodos manuales tradicionales como los bocetos y permite una planificación y determinación de puntos geoespaciales para la colocación del inmobiliario [22].

Esta misma tecnología también se podría aplicar en otras áreas, como en el diseño de estructuras de vidrio y aluminio. Gracias a la RA, los usuarios podrían visualizar cómo quedarían los productos en espacios reales antes de fabricarlos, lo que ayudaría a tomar mejores decisiones y evitar errores durante la producción.

En la ciudad de Ibarra, se desarrolló una aplicación móvil con RA para georreferenciar iglesias. Para ello se usó Flutter en el desarrollo multiplataforma y Wikitude para implementar la RA, permitiendo mostrar la ubicación e información de las iglesias en un mapa interactivo; los resultados obtenidos fueron una aplicación funcional y bien recibida por los usuarios [44].

Mientras que investigadores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo crearon una solución digital para ayudar a una pequeña empresa fabricante de estructuras de aluminio y vidrio a optimizar sus procesos de corte. Para garantizar que la herramienta fuera fácil de usar, diseñaron una evaluación especial

que combinó lo mejor de dos metodologías reconocidas (SUS y CSUQ), seleccionando cuidadosamente 16 preguntas clave. Se destacó por su diseño intuitivo, capacidad para prevenir errores y adaptación a los usuarios [45].

Este caso demuestra cómo adaptar herramientas de evaluación a contextos empresariales reales puede generar soluciones tecnológicas efectivas para el sector productivo de las microempresas.

Finalmente, en la industria, especialmente en procesos complejos como la fundición de aluminio, RA ha demostrado ser una herramienta valiosa para facilitar el diagnóstico, la muestra de la información de tablas e informes técnicos, así como de los problemas reales detectados en la producción los cuales se reflejan directamente sobre el entorno real. Empresas reconocidas como Boeing y el sector automotriz ya usan dispositivos móviles con RA como recurso de la tarea de mantenimiento y control, lo que también facilita la comunicación entre el personal en campo y expertos que trabajan de forma remota [46].

Tomando en cuenta estos avances tecnológicos, aplicar la RA en Disfaluid para la visualización interactiva de sus productos de aluminio y vidrio, sería una oportunidad para mejorar la experiencia del cliente, permitiendo observar con antelación los detalles y características de los productos dentro de espacios reales antes de su elaboración, optimizando así la toma de decisiones teniendo una información más real del producto que desea adquirir y reduciendo errores en el proceso productivo y la insatisfacción del cliente.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Planificación del proyecto

3.1.1 Introducción a las historias de usuario

Historias de usuario es una herramienta que constituye un recurso esencial para describir de manera sencilla y clara los alineamientos y funciones que la aplicación debe realizar, garantizando que cada característica cumpla con el propósito definido.

Este sistema está diseñado desde el punto de vista de quien está usando la aplicación, a través de las historias usuario, se puede organizar de mejor manera las funciones que requiere tanto el administrador como el cliente, asegurando que cada parte tenga un objetivo claro y definido.

Las herramientas que ofrece Mobile-D son muy útiles ya que ayudan a planificar la iteración del proyecto sin complicarse ni tener que recurrir a una documentación extensa. En el caso de mi aplicación móvil para Disfaluid, definí seis historias de usuario que se enfocan en los puntos más relevantes; estas son: que el cliente pueda visualizar y manipular los productos de RA, generar una proforma en PDF de los productos agregados al carrito de compras, calificar los artículos y autenticarse; mientras que el administrador pueda gestionar los productos de manera sencilla y escalable.

A continuación, la Tabla VII presenta la historia de usuario número 1 donde se detallan los principales aspectos a ser tomados en consideración: ID, nombre de la historia, descripción y los criterios de validación.

Tabla VII.
HISTORIA DE USUARIO 01 – VISUALIZAR PRODUCTOS EN REALIDAD AUMENTADA

| Elemento | Descripción |
|---------------------------|---|
| ID | HU-01 |
| Usuario | Cliente |
| Nombre de historia | Visualizar productos en realidad aumentada |
| Descripción | Como cliente, quiero poder observar los productos en 3D mediante realidad aumentada para tener una idea más real de cómo se verán en mi entorno antes de decidir la compra. |

Cuadro VII– *continuación*

| Elemento | Descripción |
|-------------------|--|
| Validación | <ul style="list-style-type: none"> – El usuario puede abrir el producto en modo RA sin errores. – El modelo 3D se muestra completamente en un tiempo igual o menor a 10 segundos. – El producto se visualiza correctamente integrado en el espacio físico real del usuario. |

En la Tabla VIII presenta la historia de usuario número 2, que corresponde a la funcionalidad de los modelos 3D donde se detallan los principales aspectos a ser tomados en consideración: ID, nombre de la historia, descripción y los criterios de validación.

Tabla VIII.
HISTORIA DE USUARIO 02 – MANIPULACIÓN DE MODELOS 3D

| Elemento | Descripción |
|---------------------------|--|
| ID | HU-02 |
| Usuario | Cliente |
| Nombre de historia | Manipular modelos 3D |
| Descripción | Como cliente, quiero tener la posibilidad de mover, rotar y ajustar el tamaño de los modelos 3D dentro del entorno de realidad aumentada, para apreciar el producto de una manera más real y adaptada a mi espacio. |
| Validación | <ul style="list-style-type: none"> – El usuario puede girar el modelo con gestos táctiles. – El tamaño del modelo se puede modificar fácilmente con el gesto de pinza. – Es posible cambiar la posición del modelo en la escena de forma estable en al menos el 95 % de los intentos. |

En la Tabla IX se presenta la historia de usuario número 3, donde se detallan las funcionalidades de generación de proforma en formato PDF, en el que se describen los principales aspectos a ser tomados en consideración: ID, nombre de la historia, descripción y los criterios de validación.

Tabla IX.
HISTORIA DE USUARIO 03 – GENERAR PROFORMA EN PDF

| Elemento | Descripción |
|---------------------------|---|
| ID | HU-03 |
| Usuario | Cliente |
| Nombre de historia | Generar proforma en PDF |
| Descripción | Como cliente, quiero generar una proforma en formato PDF con los productos que agregué al carrito, para poder compartirla fácilmente por WhatsApp y conservar un registro claro de mi pedido. |
| Validación | <ul style="list-style-type: none"> – El usuario puede seleccionar los productos y añadirlos al carrito. – El sistema genera automáticamente un archivo PDF con el detalle de la proforma. – El archivo puede compartirse por medios externos como WhatsApp o correo electrónico. – Si ocurre un error al generar el PDF, el sistema muestra el mensaje: “No se pudo generar la proforma, intente nuevamente”. |

En la Tabla X se presenta la historia de usuario número 4 donde se detalla la funcionalidad de la administración del catálogo de productos, en ella se describen las acciones que puede realizar el administrador del sistema como para desempeñar su respectivo rol, tales como crear, editar, eliminar, y actualizar los productos para mantener disponibles y actualizados los productos para los clientes.

Tabla X.
HISTORIA DE USUARIO 04 – GESTIÓN DE PRODUCTOS

| Elemento | Descripción |
|---------------------------|---|
| ID | HU-04 |
| Usuario | Administrador del sistema |
| Nombre de historia | Administrar productos en el catálogo y agregar un nuevo administrador |

Cuadro X– continuación

| Elemento | Descripción |
|--------------------|--|
| Descripción | Como administrador, quiero poder agregar, editar o eliminar productos del catálogo para mantener la información actualizada y garantizar que los clientes vean datos confiables sobre cada artículo. |
| Validación | <ul style="list-style-type: none"> – El administrador puede registrar nuevos productos incluyendo nombre, descripción, imagen y precio. – Es posible modificar los datos de un producto existente y guardar los cambios. – Al eliminar un producto, el sistema solicita confirmación antes de completar la acción. – Si se intenta guardar un producto sin llenar todos los campos, el sistema muestra un aviso: “El campo nombre es obligatorio”. |

A continuación, la Tabla XI presenta la historia de usuario número 5, que corresponde a la funcionalidad de calificación de productos. Esta historia de usuario permite la retroalimentación y la mejora de los artículos adquiridos, mediante el sistema de calificación con la finalidad de conocer la experiencia y la satisfacción del usuario con el producto.

Tabla XI.
HISTORIA DE USUARIO 05 – CALIFICACIÓN DE PRODUCTOS

| Elemento | Descripción |
|---------------------------|--|
| ID | HU-05 |
| Usuario | Cliente |
| Nombre de historia | Calificar productos con estrellas |
| Descripción | Como cliente, quiero calificar los productos una vez que los haya usado, para compartir mi experiencia y ayudar a otros usuarios a elegir mejor al momento de realizar una compra. |

Cuadro XI– *continuación*

| Elemento | Descripción |
|-------------------|---|
| Validación | <ul style="list-style-type: none"> – El usuario puede asignar una calificación entre 1 y 5 estrellas. – El sistema guarda la valoración y actualiza el promedio en menos de 2 segundos. – El nuevo promedio se muestra de forma visible en la interfaz del producto. |

A continuación, la Tabla XII presenta la historia de usuario número 6, donde se detalla la funcionalidad de autenticación de los usuarios mediante el registro en Firebase, con esta historia se contempla el acceso seguro a los clientes.

Tabla XII.
HISTORIA DE USUARIO 06 – AUTENTICACIÓN DE USUARIOS

| Elemento | Descripción |
|---------------------------|--|
| ID | HU-06 |
| Usuario | Usuario registrado |
| Nombre de historia | Autenticación en la aplicación |
| Descripción | Como usuario registrado, quiero poder iniciar sesión en la aplicación para acceder a mis compras, calificaciones y configuraciones personalizadas de manera segura. |
| Validación | <ul style="list-style-type: none"> – El usuario puede registrarse con su correo electrónico y una contraseña válida. – Al iniciar sesión, se muestra correctamente la información del perfil. – El sistema verifica las credenciales mediante Firebase Auth en un tiempo igual o menor a 3 segundos. – Si las credenciales son incorrectas, se muestra un mensaje claro de error y se permite intentar nuevamente. |

En consiguiente, las historias de usuario me han permitido organizar de manera práctica y efectiva lo que debe ofrecer mi aplicación. Gracias a las historias de usuario puede identificar de manera clara lo que necesitan los clientes y también lo que el administrador requiere para poder mantener el sistema

actualizado. Además, se pudo constatar con cada historia de usuario la función e implementación del proyecto, estableciendo una base sólida que guía el desarrollo de la solución tecnológica propuesta para la empresa Disfaluid, asegurando que responda a las necesidades de la organización y aporte valor a la promoción de sus productos.

3.1.2 Análisis de Puntos de Función (FPA)

El FPA dimensiona el tamaño funcional del software a partir de entradas, salidas, consultas y asigna a cada función una complejidad baja, media o alta. Cada función se evalúa mediante dos conteos elementales: los DET (Data Element Type), que representan la cantidad de elementos de datos procesados, y los RET/FTR, que corresponden a los grupos lógicos de datos utilizados o referencia. Esto respalda el uso de la escala cualitativa la que se representa en escalas Baja/Media/Alta adoptada en esta tesis como lo explica [47] en su escrito.

Con el fin de sintetizar las principales características de las historias de usuario que ya se encuentran definidas en el proyecto, se presenta en resumen el esfuerzo general asociado, luego de realizar algunos tipos de historia donde el usuario se ve involucrado esto incluye ID, nombre de la historia y el nivel de esfuerzo estimado en cada acción, logrando de esta manera tener una visión organizada y clara de las funcionalidades más relevantes, así como la complejidad relativa de la aplicación desarrollada.

A continuación en la Tabla XIII se puede observar el nivel de complejidad asignado a cada HU, donde los valores corresponden a un valor de categorización cuantitativa expresada en: media baja o alta, asignando un valor numérico al nivel de esfuerzo estimado.

Tabla XIII.
NIVELES CUALITATIVOS Y VALOR CUANTITATIVO DE ESFUERZO

| Nivel cualitativo | Valor cuantitativo |
|-------------------|--------------------|
| Baja | 1 |
| Media | 2 |
| Alta | 3 |

Fuente: Adaptado de [47].

Esta clasificación permite identificar de manera general el esfuerzo requerido en la implantación de cada función, facilitando la priorización, planificación y desarrollo del proyecto, como se puede observar en la Tabla XIV a continuación.

Tabla XIV.
RESUMEN DE HISTORIAS DE USUARIO Y SU NIVEL DE ESFUERZO

| ID | Nombre de la historia | Usuario | Esfuerzo |
|-----------|------------------------------|--------------------|-----------------|
| HU-01 | Visualizar productos en RA | Cliente | Alto |
| HU-02 | Manipular modelo 3D | Cliente | Alto |
| HU-03 | Generar proforma en PDF | Cliente | Medio |
| HU-04 | Gestión de productos | Administrador | Medio |
| HU-05 | Calificación de productos | Cliente | Bajo |
| HU-06 | Autenticación de usuarios | Usuario registrado | Medio |

3.1.3 Priorización de historias de usuario (método MoSCoW)

Aunque el proyecto es unipersonal y no se aplica Scrum y se ha optado por la metodología Mobile-D, la cual es también una metodología ágil de forma directa con entregas periódicas de desarrollos cortos, se adopta la técnica MoSCoW para priorizar las historias de usuario según su valor y relevancia. MoSCoW clasifica las funciones como Must have (imprescindibles), Should have (importantes), Could have (deseables) y Won't have (fuera de alcance de esta versión). Esta priorización permite enfocar el desarrollo en lo esencial y planificar entregas incrementales basadas en la integración del sistema [48].

La Tabla XV a continuación se observa en el método de priorización MoSCoW con la categorización de su significado y los términos de valor según la jerarquía.

Tabla XV.
PRIORIZACIÓN MOSCOW APLICADA A LAS HU CON NIVEL DE ESFUERZO

| ID | Nombre de la historia | MoSCoW | Esfuerzo |
|-----------|--|---------------|-----------------|
| HU-01 | Visualizar productos en RA | Must | Alta |
| HU-02 | Manipular modelo 3D (rotar, escalar, reposicionar) | Must | Alta |
| HU-03 | Generar proforma en PDF desde el carrito | Must | Media |
| HU-04 | Gestión de productos (CRUD) | Should | Media |
| HU-05 | Calificación de productos y promedio | Could | Baja |
| HU-06 | Autenticación de usuarios | Should | Media |

Cuadro XV– continuación

| ID | Nombre de la historia | MoSCoW | Esfuerzo |
|-----------|---|----------------------|-----------------|
| – | Pasarela de pago (no requerida en esta tesis) | Won't (esta versión) | – |

Nota. El nivel de esfuerzo sigue la escala cualitativa adoptada (Baja/Media/Alta); véase Tabla XIII.

3.1.4 MoSCoW aplicado en las HU de la App

Con definición a la Tabla XV, anterior y aplicando el método MoSCoW en las historias de usuario se justifica la prioridad según el grado de dificultad, tanto para el cliente como el administrador dependiendo de la urgencia y complejidad de la técnica, sus funciones y el esfuerzo cualitativo asociado.

3.1.5 Roles y responsabilidades

En este apartado de roles, se define a los involucrados en el presente proyecto y las responsabilidades principales que corresponden, según los cargos que desempeñan, decidiendo quién ejecuta cada actividad, mientras que las mismas están asignadas según el rol desempeñado, cayendo varias funciones operativas sobre la autora: el tutor aporta la guía metodológica mientras que el cliente verifica los requerimientos y aprueba los entregables.

En la siguiente Tabla XVI se muestra el rol de cada actor.

Tabla XVI.
STAKEHOLDERS Y ROLES DEL PROYECTO

| Rol | Actor | Responsabilidades |
|---------------------------------|--------------------------|--|
| Cliente / Stakeholder principal | Sr. Christian Mediavilla | Define las necesidades del sistema, valida los requerimientos, supervisa los avances del proyecto y aprueba los entregables finales, asegurando que la solución cumpla con las expectativas de la empresa. |
| Tutor académico | MSc. Fausto Salazar | Proporciona orientación metodológica y técnica durante el desarrollo de la investigación, revisa los avances del documento y garantiza el cumplimiento de los lineamientos académicos establecidos por la universidad. |

Cuadro XVI– continuación

| Rol | Actor | Responsabilidades |
|--------------------------------|-----------------------|--|
| Responsable técnico / Autor | Sra. Gabriela Rojas | Diseña y desarrolla la aplicación, integra las tecnologías seleccionadas, documenta el proceso técnico y realiza las pruebas funcionales y de usabilidad para validar el correcto desempeño del sistema. |
| Usuarios finales | Clientes de Disfaluid | Interactúan con la aplicación móvil para explorar los productos en realidad aumentada, generando retroalimentación que contribuye a optimizar la experiencia de usuario. |
| Administradores internos | Personal de Disfaluid | Se encargan de la gestión del catálogo de productos, actualización de la información y validación de las operaciones realizadas dentro del módulo CRUD. |

3.1.6 Plan de iteraciones con Mobile-D

Establecida la priorización, se organiza iteraciones breves de los objetivos con entregables claros. En la siguiente Tabla XVII se asignan historias y se indica cada interacción e indicando los criterios de aceptación junto con las métricas de desempeño.

Tabla XVII.
PLAN DE ITERACIONES MOBILE-D

| Iteración | HU / Entregables | Criterios y métricas |
|------------------|---|--|
| Iteración 1 | HU-01, HU-02: visualización y manipulación de productos en realidad aumentada | El modelo 3D debe cargarse en un tiempo entre 3 y 6 segundos; los gestos de rotación o escala deben responder en menos de 0,10 segundos; el porcentaje de éxito esperado es del 95 % o superior. |
| Iteración 2 | HU-03: generación de proforma en formato PDF | El archivo PDF debe generarse en un máximo de 2 segundos, poder compartirse correctamente por medios externos y alcanzar una tasa de éxito mayor o igual al 95 %. |

Cuadro XVII– *continuación*

| Iteración | HU / Entregables | Criterios y métricas |
|------------------|--|---|
| Iteración 3 | HU-04: módulo CRUD de productos | La carga o actualización de datos no debe superar 1,5 segundos; se deben validar correctamente los campos obligatorios y el éxito de la operación debe ser al menos del 99 %. |
| Iteración 4 | HU-06 y HU-05: autenticación y calificación de productos | El inicio de sesión debe completarse en un máximo de 3 segundos; las calificaciones deben registrarse en menos de 2 segundos y el sistema debe manejar los errores de forma adecuada. |

En este contexto, la combinación de la estimación del esfuerzo, la priorización y el plan de iteraciones nos permite alinear el desarrollo con valor para el usuario, limitando el riesgo por ciclo y verificando las entregas mediante métricas de desempeño en segundos asegurando de esta manera la calidad.

3.1.7 Matriz de trazabilidad

En este punto, la matriz de trazabilidad permite asegurar, de forma práctica y verificada, los requisitos validados para cada HU, con los criterios de aceptación, métricas de desempeño, prioridad y las iteraciones de cada entrega. Con estos pasos facilitamos y detectamos el impacto frente a cada cambio, demostrando lo que corresponde a cada rol frente a lo solicitado, implementado y lo validado.

En el análisis de la Tabla XVIII se evidencian las historias de usuario con mayor impacto funcional y técnico en contraste a las funciones complementarias que reflejan el nivel de esfuerzo.

Tabla XVIII.

MATRIZ DE TRAZABILIDAD HU–CRITERIOS–MÉTRICAS–ESFUERZO–PRIORIDAD

| HU | Criterio de aceptación | Métrica (objetivo) | Esfuerzo | MoSCoW |
|-----------|---|---|-----------------|---------------|
| HU-01 | El modelo 3D se carga correctamente y se muestra sin errores en la vista de realidad aumentada. | Tiempo de carga entre 3 y 6 segundos; éxito igual o superior al 95 %. | Alta | Must |

Cuadro XVIII– *continuación*

| HU | Criterio de aceptación | Métrica (objetivo) | Esfuerzo | MoSCoW |
|-----------|---|---|-----------------|---------------|
| HU-02 | Los gestos táctiles de rotación y escala funcionan de forma fluida y estable. | Latencia igual o menor a 0,10 segundos. | Alta | Must |
| HU-03 | El sistema genera el archivo PDF de la proforma y permite compartirlo sin inconvenientes. | Tiempo de generación máximo de 2 segundos; éxito mayor o igual al 95 %. | Media | Must |
| HU-04 | Las operaciones de creación, edición o eliminación de productos se completan correctamente. | Respuesta menor o igual a 1,5 segundos; éxito del 99 %. | Media | Should |
| HU-05 | El promedio de calificación del producto se actualiza después de registrar una valoración. | Actualización en un máximo de 2 segundos; precisión del 99 %. | Baja | Could |
| HU-06 | El usuario inicia sesión con éxito y puede acceder a su perfil personal. | Tiempo de validación menor o igual a 3 segundos; éxito del 99 %. | Media | Should |

Esta matriz de trazabilidad está constituida como herramienta esencial que garantiza el control y verificación, durante el desarrollo, permitiendo la coherencia con lo solicitado y lo implementado, contribuyendo a que el desarrollo sea eficiente y confiable.

3.1.8 Requerimientos Funcionales (FR)

FR = Functional Requirement (Requerimiento Funcional). Los requerimientos funcionales definen las acciones específicas que el sistema debe realizar para cumplir los objetivos establecidos, en los cuales se describen las funciones para el usuario y las operaciones que garantizan el correcto funcionamiento de la aplicación, como son: el correcto funcionamiento de la aplicación, la autenticación, la gestión de productos, la visualización de los modelos 3D y la generación de proforma.

En la siguiente Tabla XIX se describen las funciones principales que el sistema debe cumplir para alcanzar los objetivos del proyecto.

Tabla XIX.
REQUERIMIENTOS FUNCIONALES (FR)

| Código | Descripción |
|---------------|---|
| FR-01 | El sistema debe permitir el registro de nuevos usuarios, el inicio y el cierre de sesión mediante el servicio Firebase Auth, garantizando un acceso seguro. |
| FR-02 | El sistema debe ofrecer un módulo de gestión de productos (CRUD) que permita crear, consultar, modificar y eliminar registros. Además, el administrador podrá asignar nuevos usuarios con rol de administrador. |
| FR-03 | La aplicación debe mostrar un catálogo con los productos disponibles, incluyendo su imagen, descripción y precio correspondiente. |
| FR-04 | El sistema debe permitir la visualización de los productos en 3D a través de un visor compatible con archivos .glb, sin necesidad de activar la función de realidad aumentada. |
| FR-05 | El módulo de realidad aumentada debe permitir detectar planos y posicionar los modelos 3D en el entorno real, brindando opciones para rotarlos y ajustar su escala. |
| FR-06 | El sistema debe contar con un carrito de compras simulado que permita agregar o eliminar productos, conservando temporalmente la selección del usuario durante la sesión. |
| FR-07 | Los usuarios podrán dejar comentarios y calificar los productos utilizando una escala de 1 a 5 estrellas. El sistema debe actualizar automáticamente el promedio de calificación mostrado. |
| FR-08 | El sistema debe mantener sincronizados los datos de productos y usuarios en tiempo real, reflejando los cambios inmediatamente en todas las interfaces conectadas. |
| FR-09 | Las secciones administrativas deben estar protegidas mediante control de roles, de modo que solo los administradores puedan acceder a las opciones de gestión. |

Cuadro XIX– *continuación*

| Código | Descripción |
|---------------|---|
| FR-10 | El sistema debe integrar un mapa de ubicación de Disfaluid mediante un fragmento de Google Maps embebido dentro de la aplicación. |

3.1.9 Criterios de aceptación

Los criterios de aceptación permiten validar que se cumplan los requisitos funcionales definidos, asegurando que cada historia de usuario cumpla con los objetivos esperados y las métricas de desempeño establecidas, las mismas que sirven como base para las pruebas de aceptación, garantizando que el flujo del sistema sea coherente, medible y verificable.

La Tabla XX criterios de aceptación muestra las condiciones que se deben cumplir para considerar que un requisito funcional ha sido implementado.

Tabla XX.
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA LOS REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

| Código | Criterio de aceptación |
|---------------|--|
| FR-05 | El usuario debe poder colocar el modelo en un tiempo igual o menor a 10 segundos, con la posibilidad de rotarlo mediante gestos táctiles, escalarlo con el gesto de pinza y reubicarlo correctamente en al menos el 95 % de los intentos (máximo dos intentos fallidos). |
| FR-07 | El sistema debe guardar la calificación ingresada por el usuario y actualizar el promedio visible en un tiempo máximo de 2 segundos. |

3.1.10 Requerimientos No Funcionales (NFR)

Los requerimientos no funcionales establecen las condiciones de calidad y desempeño que la aplicación debe cumplir, asegurando la compatibilidad y usabilidad. Estos parámetros no describen las funciones específicas, sino las características que determinan la experiencia del usuario, el cumplimiento de estándares técnicos y de compatibilidad.

La Tabla XXI de requerimientos no funcionales presenta parámetros de calidad y rendimiento que debe garantizar el sistema; en ella se incluyen aspectos como la compatibilidad con dispositivos, el rendimiento del módulo RA, la seguridad de manejo de datos y la accesibilidad visual de los usuarios.

Tabla XXI.
REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES (NFR)

| Código | Descripción |
|---------------|--|
| NFR-01 | La aplicación debe ser compatible con dispositivos Android 8.0 o superiores. El módulo de realidad aumentada funcionará únicamente en equipos que cuenten con soporte para ARCore. |
| NFR-02 | El sistema debe mantener un rendimiento estable durante la ejecución del módulo RA, alcanzando al menos 20 FPS sostenidos y un mínimo de 15 FPS en el 95 % del tiempo de uso. |
| NFR-03 | El tiempo de carga del primer modelo 3D (TTFM) no debe superar los 3 segundos en conexión Wi-Fi ni los 6 segundos en red 4G. El cambio entre modelos debe realizarse en menos de 2 segundos en Wi-Fi. |
| NFR-04 | El consumo de memoria en las escenas de realidad aumentada no debe exceder los 350 MB en dispositivos de gama media. |
| NFR-05 | El tamaño total del archivo de instalación (APK) debe mantenerse igual o inferior a 100 MB, optimizando recursos y dependencias. |
| NFR-06 | El sistema debe demostrar una confiabilidad del 99 %, manteniendo sesiones libres de fallos en al menos 50 ejecuciones consecutivas. |
| NFR-07 | Se deben aplicar medidas de seguridad que incluyan reglas de Firestore y Storage configuradas por roles, transmisión de datos cifrada mediante TLS y almacenamiento de contraseñas con hash en Firebase. |
| NFR-08 | La aplicación debe obtener una puntuación promedio igual o superior a 4 sobre 5 en las pruebas de usabilidad relacionadas con facilidad de uso y satisfacción general. |
| NFR-09 | La interfaz debe garantizar una adecuada accesibilidad visual, asegurando un contraste mínimo de 4.5:1 en los textos principales y un diseño responsivo adaptable a distintas resoluciones de pantalla. |

Estos requerimientos constituyen una parte esencial del desarrollo del sistema, asegurando que cada proceso responda a las necesidades reales del usuario proporcionando una base sólida para el diseño, la validación y la mejora continua.

3.2 Diseño

3.2.1 Arquitectura del sistema

Cuando ya se tienen identificados y definidos los requisitos funcionales, las historias de usuario y la matriz de trazabilidad, se procede a estructurar la arquitectura del sistema la cual da soporte al desarrollo, permitiendo establecer de manera organizada y lógica los componentes tecnológicos, así como las interacciones entre los distintos módulos que conforman la solución.

3.2.2 Componentes principales

- Frontend: desarrollado en Flutter (Dart), encargado de la UI y lógica de presentación.
- Backend: elaborado en Flask (Python), responsable de la lógica del negocio, gestión de usuarios, productos y enrutamiento de solicitudes.
- Base de datos en la nube: Firebase Firestore (NoSQL), que gestiona productos y usuarios en tiempo real cargando los datos desde el cloud.
- Almacenamiento: Firebase Storage, destinado a imágenes y modelos 3D de productos en formato .glb.
- Modelado 3D: para trabajo tridimensional se utilizó Blender, un software libre el que fue empleado para la creación, texturizado y optimización de los modelos para luego su exportación al archivo .glb.
- Módulo de RA: integrado para el cliente mediante ARCore + Sceneform para la visualización de modelos en entorno real por medio del dispositivo móvil.
- Servidor: Heroku usado para el despliegue del backend, asegurando accesibilidad y escalabilidad de la plataforma.

En la Figura 12, a continuación, se puede observar que la arquitectura se divide en diferentes etapas, la interacción cliente servidor con integración en la nube en la cual se guardan los modelos 3D, los componentes principales, con los que se conformó la solución de la aplicación móvil, el backend para guardar la base de datos y el módulo de RA.

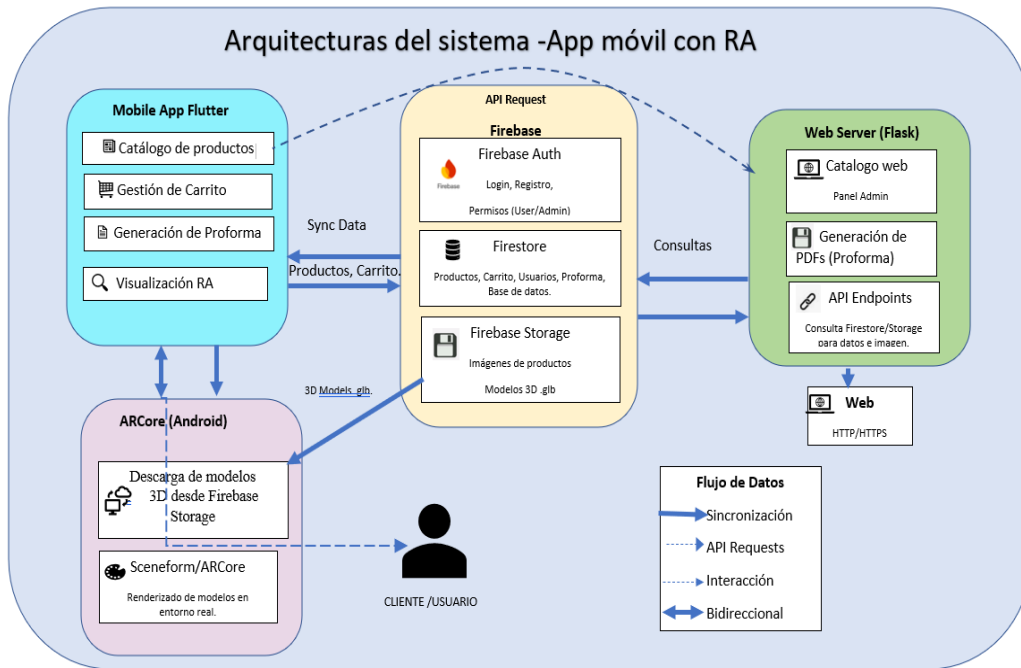


Fig. 12. Arquitectura del sistema

3.2.3 Descripción general

La arquitectura se fundamenta en un modelo cliente servidor con integración en la nube, el proyecto combina una aplicación móvil desarrollada en Flutter con servicios web implementados en Flask, desplegados en Heroku, y el uso de servicios en la nube de Firebase.

3.2.4 Actores

En esta sección se representan a las personas, componentes con los que el sistema actúa de forma directa o indirecta, en cada una de las secciones cada usuario cumple un rol específico que permite la correcta ejecución del proceso desde el acceso del usuario, hasta la administración de los productos y la generación de proforma.

En este contexto, los actores los vamos a clasificar en humanos y no humanos, los actores humanos se refieren al usuario y el administrador, mientras que los no humanos hacen referencia a las tecnologías que soportan el módulo del sistema como Firebase y el módulo generador de PDF.

La Tabla XXII presenta a detalle a los actores definidos, una breve descripción y la responsabilidad que cumplirán para el correcto flujo de la App.

Tabla XXII.
ACTORES DEL SISTEMA

| Actor | Descripción |
|---------------------------------|--|
| Usuario | Es el actor principal del sistema. Representa al cliente que utiliza la aplicación para explorar el catálogo de productos, visualizar los modelos 3D en realidad aumentada, agregar artículos al carrito, generar la proforma y compartirla por WhatsApp u otros medios de comunicación. |
| Administrador | Corresponde al encargado de la gestión interna del sistema. Tiene permisos para agregar, modificar o eliminar productos del catálogo, crear nuevos administradores y revisar las proformas generadas, asegurando que toda la información se mantenga actualizada y disponible para los clientes. |
| Sistema | Actor secundario que representa los procesos automatizados de la aplicación. Se encarga de procesar las solicitudes del usuario, generar proformas, administrar los datos en Firebase y coordinar la comunicación entre la aplicación móvil y la plataforma web. |
| Firestore Authentication | Servicio en la nube responsable de la autenticación de usuarios. Permite el registro, inicio y cierre de sesión mediante credenciales seguras encriptadas, garantizando la protección y privacidad de los datos personales. |
| Firestore | Base de datos en la nube donde se almacenan los registros de productos, usuarios y proformas. Facilita operaciones CRUD y mantiene la sincronización de datos en tiempo real entre los distintos módulos del sistema. |
| Storage | Servicio destinado al almacenamiento de archivos multimedia, como imágenes y modelos 3D en formato .glb, asegurando su disponibilidad para la visualización dentro de la aplicación. |
| WhatsApp | Plataforma de mensajería externa que permite el envío directo de las proformas generadas, favoreciendo una comunicación rápida y personalizada entre la empresa y el cliente. |

Cuadro XXII– continuación

| Actor | Descripción |
|---------------------------------|---|
| Generador de PDF (Flask) | Módulo del sistema que procesa los datos del carrito de compras y genera la proforma en formato PDF, lista para su revisión y posterior envío al cliente. |

3.2.5 Casos de uso

En este apartado de los casos de uso se describen las interacciones más importantes del sistema y la aplicación móvil.

Para describir mejor el proceso, se usan diagramas UML en los que se describen las diferentes actividades realizadas por los actores que se presentaron en la tabla XXII para tener claro el funcionamiento del sistema y cómo se conecta con los diferentes componentes.

El propósito de este caso de uso es garantizar el acceso controlado permitiendo la autenticación de forma segura mediante credenciales almacenadas y encriptadas en Firebase Authentication de esta forma se asegura que solo los usuarios validados puedan acceder a funcionalidades específicas de la aplicación.

En la Figura 13 se describe el proceso mediante el cual el usuario puede ingresar a registrarse e iniciar sesión dentro del sistema.

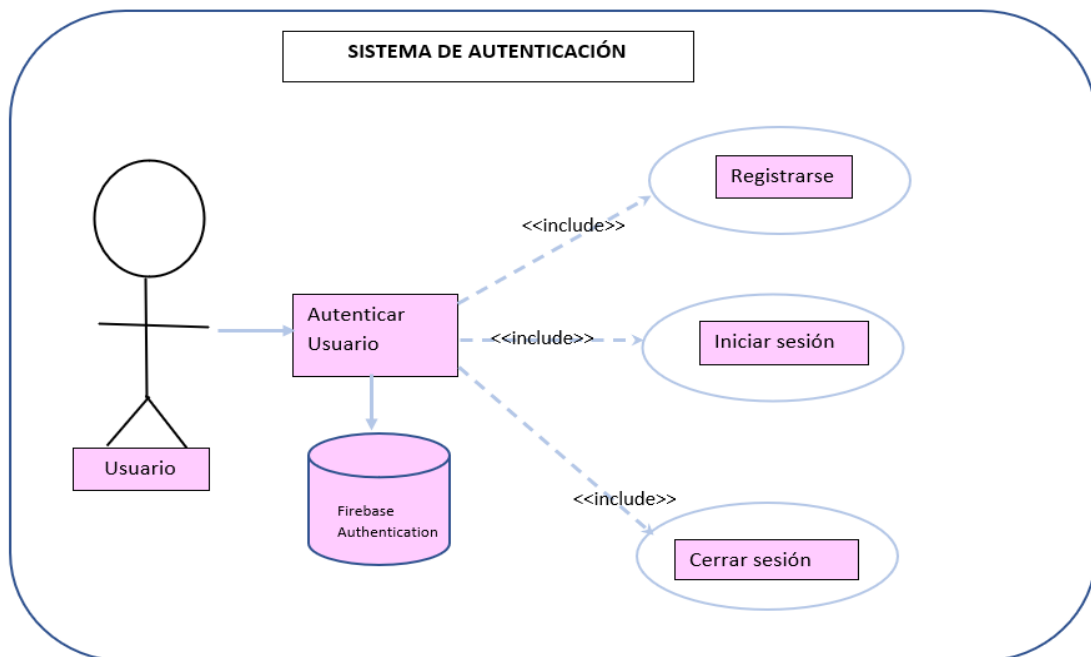


Figura. 13. Autenticación de usuario

En la Tabla XXIII describe el proceso mediante el cual los usuarios y administradores acceden al sistema de forma segura y los pasos que el sistema necesita para validar la información.

Tabla XXIII.
CASO DE USO NÚMERO 1: AUTENTICACIÓN DE USUARIO

| Elemento | Descripción |
|--------------------------|---|
| Nombre | Autenticación de usuario |
| Descripción | Este caso de uso permite al usuario registrarse, iniciar sesión y cerrar sesión en la aplicación mediante Firebase Authentication. El sistema asegura un acceso confiable, protegiendo las credenciales y asignando los permisos correspondientes según el rol del usuario (cliente o administrador). |
| Actor | Usuario / Administrador |
| Precondiciones | <ul style="list-style-type: none"> – El usuario debe disponer de conexión a internet. – El sistema debe encontrarse operativo. – El usuario debe estar previamente registrado en la base de datos. |
| Flujo normal | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario accede a la pantalla de inicio de sesión. 2. Ingresas sus credenciales (correo electrónico y contraseña). 3. El sistema valida la información mediante Firebase Authentication. 4. Si las credenciales son correctas, el sistema redirige a la pantalla principal correspondiente al rol asignado. |
| Flujo alternativo | <ol style="list-style-type: none"> 3.A. Si las credenciales son incorrectas, el sistema muestra un mensaje de error e invita al usuario a reintentarlo. 3.B. Si no hay conexión a internet, el sistema informa que no es posible completar el inicio de sesión y sugiere verificar la conexión. |
| Postcondiciones | <ul style="list-style-type: none"> – El usuario inicia sesión correctamente y accede según su rol. – Si ocurre un error, el sistema permanece en la pantalla de inicio de sesión hasta que se ingresen datos válidos. |
| Excepciones | <ul style="list-style-type: none"> – Si el servicio de Firebase Authentication no responde, el sistema muestra un mensaje de no disponibilidad temporal. |

En la Figura 14 se representa el caso de uso en el que el usuario accede al catálogo, su objetivo es facilitar la exploración de la gama de productos que se ofrece, presentando información relevante como imágenes, descripciones, precios, visualización de modelos en 3D y RA, contribuyendo a una compra más interactiva y moderna.

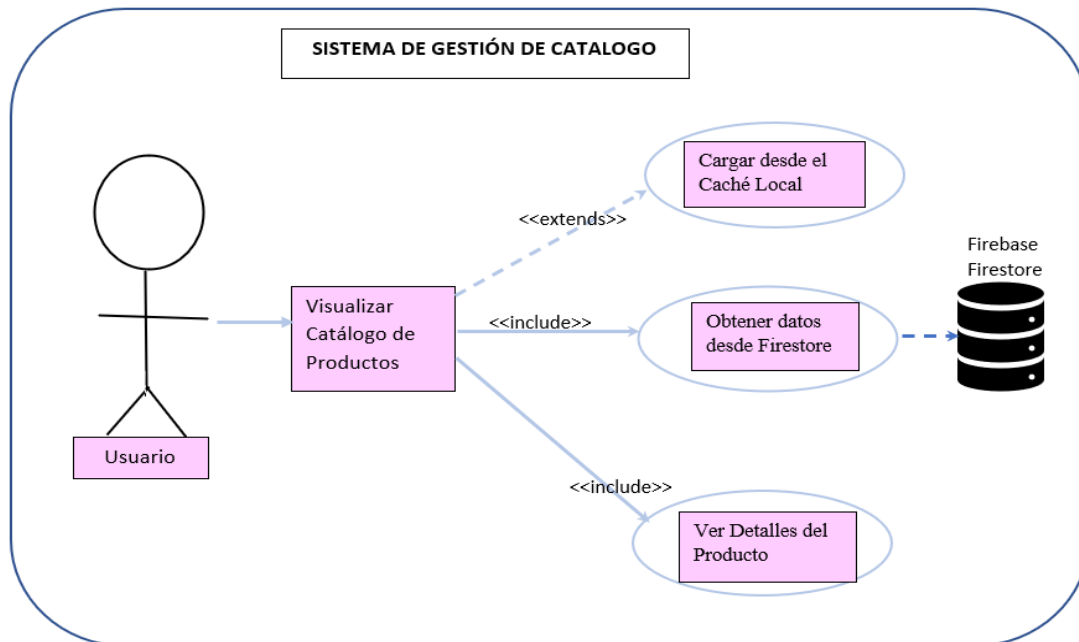


Figura. 14. Visualización de Catálogo de Productos

La Tabla XXIV describe la interacción mediante la cual los usuarios acceden al listado completo de productos y permite la navegación dinámica y actualizada, obteniendo la información desde la nube.

Tabla XXIV.
CASO DE USO NÚMERO 2: VISUALIZACIÓN DEL CATÁLOGO DE PRODUCTOS

| Elemento | Descripción |
|-----------------------|--|
| Nombre | Visualización del catálogo de productos |
| Descripción | Este caso de uso permite al usuario visualizar el catálogo completo de productos registrados en el sistema, mostrando para cada uno su imagen, nombre, descripción y precio correspondiente. |
| Actor | Usuario / Administrador |
| Precondiciones | – El usuario debe haber iniciado sesión en la aplicación. |

Cuadro XXIV– continuación

| Elemento | Descripción |
|------------------------|---|
| Flujo normal | <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema consulta los datos del catálogo almacenados en Firebase Firestore. 2. Se muestran los productos con su respectiva imagen, nombre, descripción y precio. 3. El usuario puede seleccionar un producto para visualizar su información detallada. |
| Postcondiciones | – El catálogo se visualiza correctamente y refleja la información más reciente registrada en el sistema. |
| Excepciones | – Si no hay conexión a internet, el sistema notifica al usuario y, si existen datos en caché, los carga en modo local. |

La Figura 15, se muestra el caso que permite al usuario interactuar con los modelos 3D y RA, a través de este módulo se busca ofrecer una visión realista de los productos permitiendo rotar, escalar y mostrarlos en entorno real mediante ARCore y Sceneform.

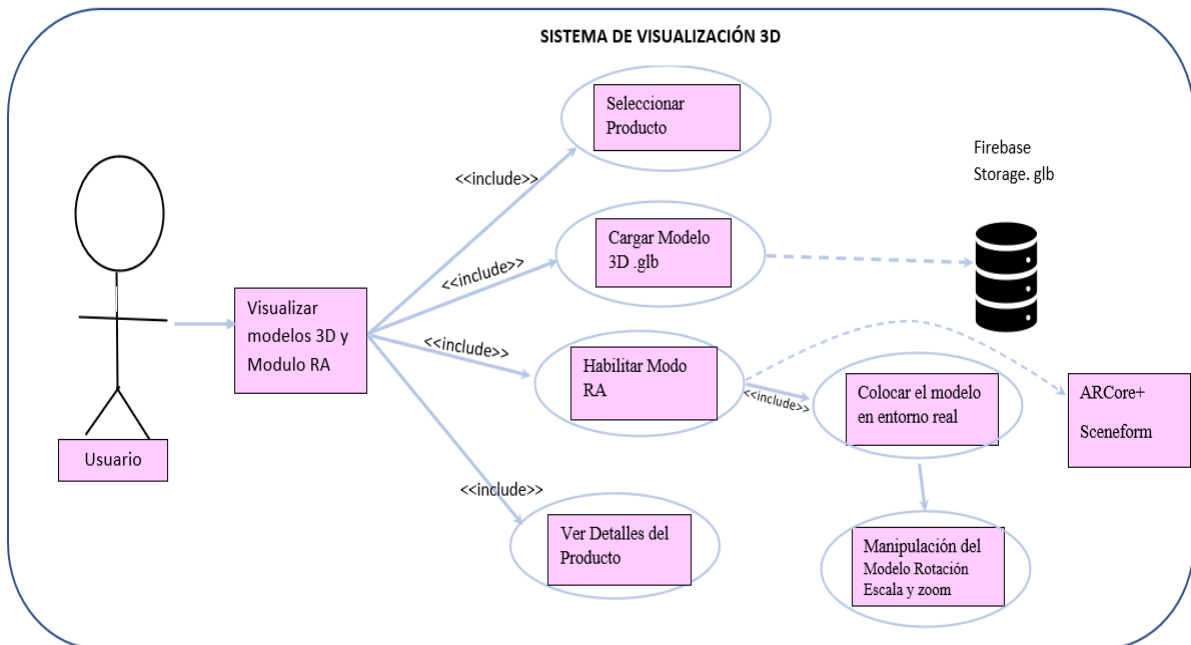


Figura. 15. Visualización 3D

En el caso de uso 3 la Tabla XXV describe el proceso que permite al usuario interactuar con los modelos de RA, ofreciendo una experiencia inmersiva y cercana a la visualización física del producto.

Tabla XXV.
CASO DE USO NÚMERO 3: VISUALIZACIÓN 3D Y MÓDULO DE RA

| Elemento | Descripción |
|------------------------|---|
| Nombre | Visualización 3D y módulo de RA |
| Descripción | Este caso de uso permite al usuario visualizar el modelo tridimensional de un producto y proyectar en su espacio real utilizando las tecnologías ARCore y Sceneform, con el fin de apreciar su tamaño y aspecto en contexto. |
| Actor | Usuario |
| Precondiciones | – El dispositivo debe contar con soporte para ARCore y disponer de conexión a internet estable. |
| Flujo normal | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un producto desde el catálogo. 2. El sistema carga el modelo 3D (.glb) desde Firebase Storage. 3. Se habilita el modo de realidad aumentada (RA). 4. El usuario puede colocar el modelo en el entorno real y manipularlo mediante gestos táctiles (rotar, escalar o mover). |
| Postcondiciones | – El modelo se visualiza correctamente en el espacio físico y responde a los gestos realizados por el usuario. |
| Excepciones | – Si el dispositivo no es compatible con RA, el sistema muestra únicamente el modelo 3D en un visor estático para su visualización básica. |

La Figura 16 representa el caso que corresponde a la administración de productos, en la que el administrador realiza la gestión de crear, editar, eliminar, actualizar los productos dentro del catálogo, garantizando que la información se mantenga actualizada y sincronizada en Firebase y Firestore y Storage.

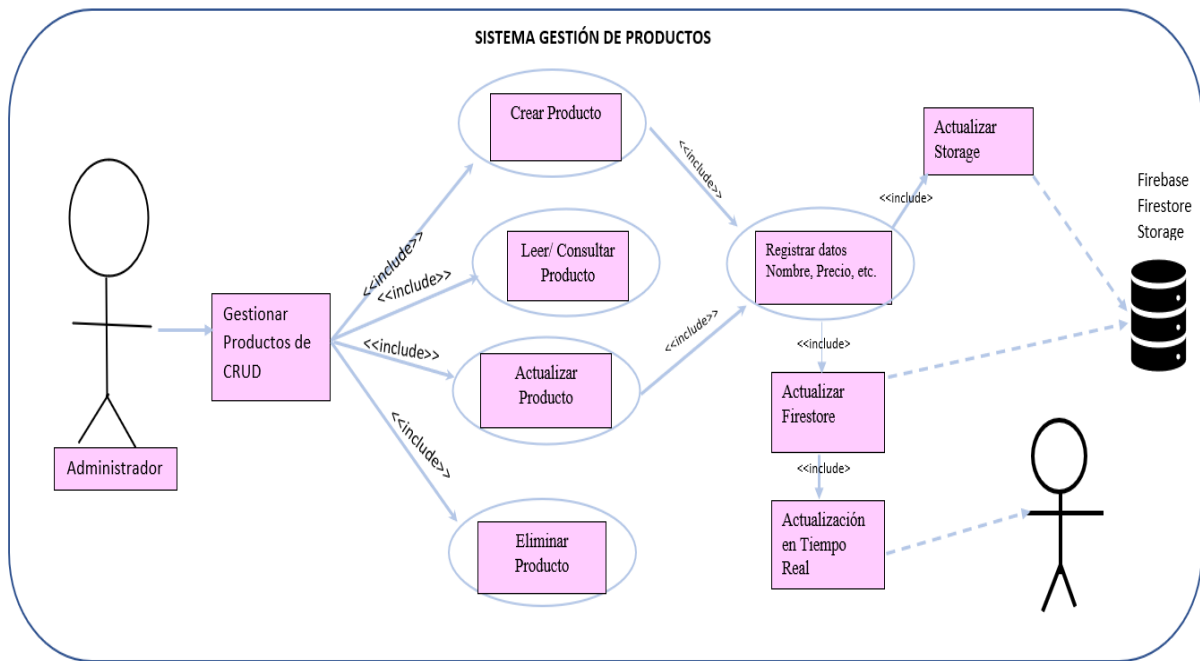


Fig. 16. Gestión de productos

En la Tabla XXVI, se definen las operaciones que realiza el administrador para mantener actualizado el catálogo dentro del sistema, desempeñando las funciones de crear, editar, eliminar y actualizar los productos. Su propósito es asegurar la integridad, escalabilidad y consistencia de los datos mostrados a los usuarios finales.

Tabla XXVI.
CASO DE USO NÚMERO 4: GESTIÓN DE PRODUCTOS (CRUD)

| Elemento | Descripción |
|-----------------------|--|
| Nombre | Gestión de productos (CRUD) |
| Descripción | Este caso de uso permite al administrador crear, editar, eliminar y actualizar los productos dentro del catálogo, asegurando una administración eficiente del inventario y manteniendo la información siempre actualizada. |
| Actor | Administrador |
| Precondiciones | – El administrador debe haber iniciado sesión correctamente en el sistema. |

Cuadro XXVI– continuación

| Elemento | Descripción |
|------------------------|---|
| Flujo normal | <ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador ingresa al panel de gestión de productos. 2. Registra o modifica los datos del producto, incluyendo nombre, descripción, precio, imagen y modelo 3D. 3. El sistema guarda los cambios y actualiza la información en Fire-base Firestore y Firebase Storage. |
| Postcondiciones | – El catálogo se actualiza automáticamente y los cambios se reflejan en tiempo real para todos los usuarios conectados. |
| Excepciones | – Si el archivo del modelo o la imagen supera el tamaño permitido, el sistema muestra un mensaje de advertencia e impide que se complete la carga. |

La Figura 17 representa el caso de uso donde los usuarios pueden generar la proforma en formato PDF, recopilando la información de los datos desde el carrito de compras y permite compartir la proforma de manera directa a través de los diferentes canales de envío.

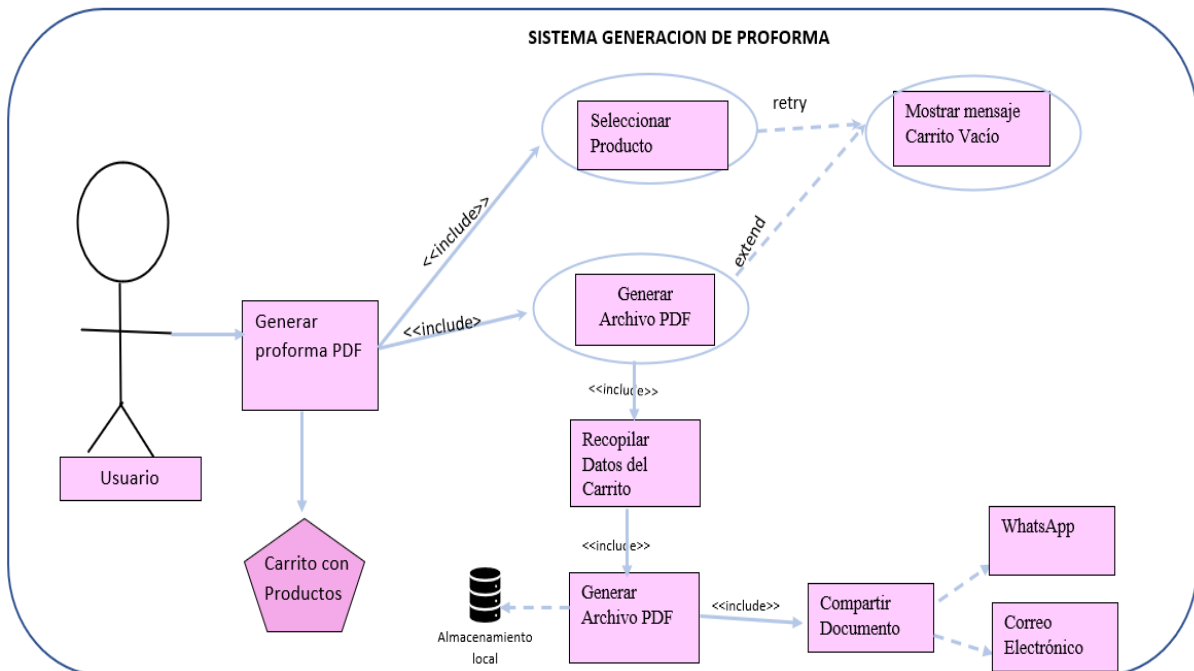


Figura. 17. Generación de proforma

En la Tabla XXVII se describe el proceso mediante el cual el usuario o el administrador puede generar un documento en formato PDF, con los productos del carrito previamente seleccionados, con el objetivo de compartir las cotizaciones de manera inmediata, aportando formalidad al proceso.

Tabla XXVII.
CASO DE USO NÚMERO 5: GENERACIÓN DE PROFORMA EN PDF

| Elemento | Descripción |
|------------------------|--|
| Nombre | Generación de proforma en PDF |
| Descripción | Este caso de uso permite generar una proforma en formato PDF con los productos seleccionados en el carrito de compras, lista para ser compartida fácilmente por WhatsApp o correo electrónico, facilitando la comunicación entre el cliente y la empresa. |
| Actor | Usuario / Administrador |
| Precondiciones | – El usuario debe haber agregado al menos un producto al carrito de compras. |
| Flujo normal | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción “Generar proforma”. 2. El sistema recopila los datos del carrito, incluyendo nombre del producto, cantidad, precio unitario y total. 3. Se genera automáticamente un archivo PDF en el dispositivo. 4. El usuario puede compartir el documento directamente desde la aplicación mediante las opciones disponibles. |
| Postcondiciones | – El archivo PDF se crea correctamente y queda disponible para su revisión o envío. |
| Excepciones | – Si el carrito está vacío, el sistema muestra un mensaje informando que no se puede generar la proforma hasta que se agreguen productos. |

La Figura 18 muestra la sección donde el usuario puede calificar y dejar comentarios sobre los productos, fomentando la retroalimentación del cliente, pudiendo mejorar la calidad de la oferta.

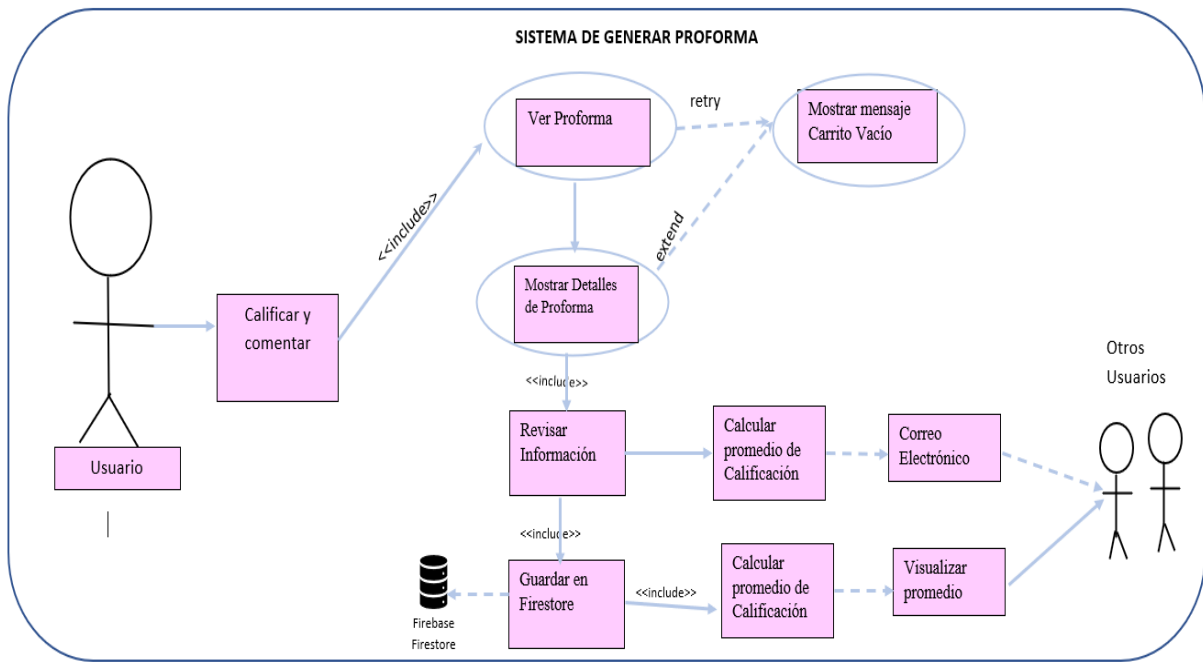


Figura. 18. Calificación y Comentarios

La Tabla XXVIII permite a los usuarios expresar su experiencia sobre los productos o servicios mediante una puntuación y un comentario.

Tabla XXVIII.
CASO DE USO NÚMERO 6: CALIFICACIÓN Y COMENTARIOS

| Elemento | Descripción |
|-----------------------|--|
| Nombre | Calificación y comentarios |
| Descripción | Este caso de uso permite al usuario dejar una calificación y escribir un comentario sobre un producto o su experiencia general en la aplicación, contribuyendo a mejorar la visibilidad y la retroalimentación dentro del sistema. |
| Actor | Usuario |
| Precondiciones | – El usuario debe haber iniciado sesión previamente en la aplicación. |

Cuadro XXVIII– continuación

| Elemento | Descripción |
|------------------------|---|
| Flujo normal | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un producto y asigna una puntuación entre 1 y 5 estrellas. 2. De manera opcional, escribe un comentario sobre su experiencia. 3. El sistema guarda la información en Firebase Firestore. 4. El promedio de calificaciones se actualiza de forma automática. |
| Postcondiciones | – Las calificaciones y comentarios quedan almacenados y son visibles para otros usuarios dentro del catálogo. |
| Excepciones | – Si no existe conexión a internet, la calificación y el comentario se guardan temporalmente y se sincronizan una vez que se restablezca la conexión. |

La Figura 19 representa el caso de uso que permite enviar la proforma generada a través de los canales de envío, su propósito es optimizar la comunicación entre la empresa y el cliente brindando una vía rápida y efectiva para un intercambio de información comercial.

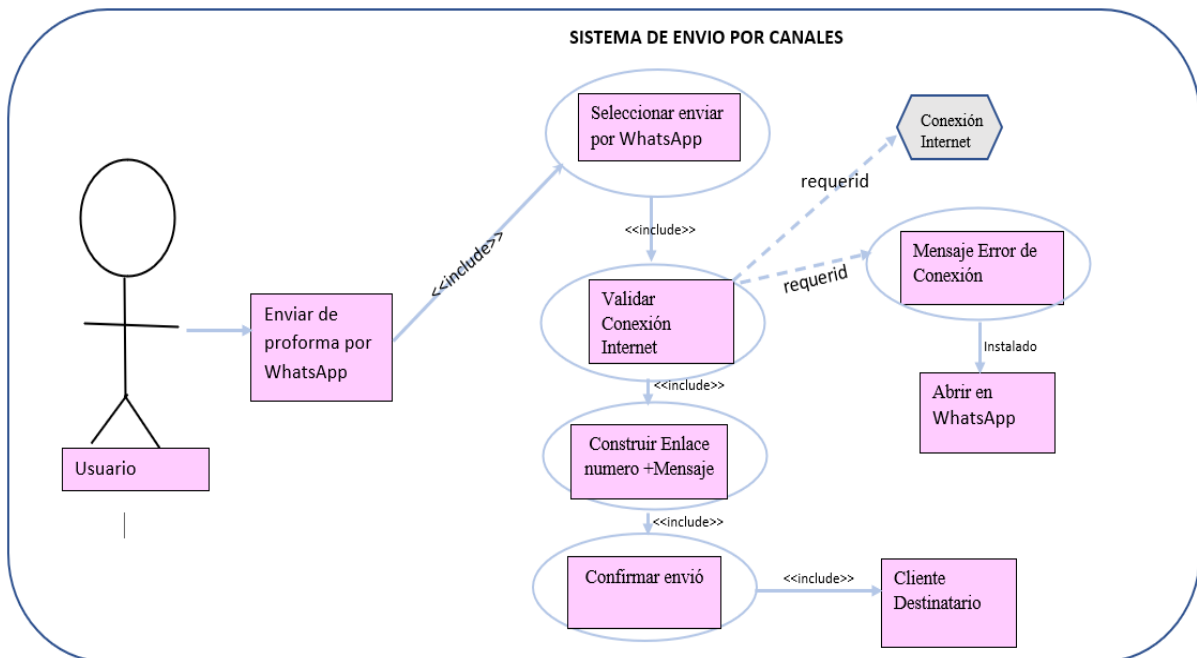


Figura. 19. Generación y envío de Proforma

En la siguiente Tabla XXIX se da a conocer la forma de envío de la proforma la misma que puede ser compartida por los diferentes medios de mensajería.

Tabla XXIX.
CASO DE USO NÚMERO 7: ENVÍO DE PROFORMA POR WHATSAPP

| Elemento | Descripción |
|------------------------|---|
| Nombre | Envío de proforma por WhatsApp |
| Descripción | Este caso de uso permite al usuario o al administrador compartir la proforma generada en formato PDF directamente por medio de WhatsApp, agilizando el proceso de cotización y mejorando la comunicación entre la empresa y el cliente. |
| Actor | Usuario / Administrador |
| Precondiciones | – Debe existir una proforma generada previamente y almacenada en formato PDF. |
| Flujo normal | <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la opción “Enviar por WhatsApp” dentro de la aplicación. 2. El sistema genera el enlace con el número de contacto y el mensaje predefinido. 3. Se abre automáticamente la interfaz de WhatsApp con la proforma lista para enviar. 4. El usuario confirma el envío. 5. El sistema muestra una notificación indicando que la acción se completó correctamente. |
| Postcondiciones | – La proforma se envía exitosamente a través de WhatsApp, permitiendo que el cliente visualice la cotización de inmediato. |
| Excepciones | <ul style="list-style-type: none"> – Si el dispositivo no cuenta con conexión a internet, el sistema muestra un mensaje de error y sugiere reintentar el envío. – Si WhatsApp no está instalado o disponible, el sistema redirige al navegador utilizando el enlace api.whatsapp.com/send para completar el proceso. |

3.2.6 Diagramas de secuencia

Los diagramas de secuencias representan la interacción dinámica entre los objetos dentro de la aplicación y cómo se va estructurando el proceso; el objetivo principal es mostrar cómo está formado el

proceso en el orden en que suceden y cómo los actores y componentes actúan dentro del proceso. A través de los diagramas a continuación se puede observar de manera detallada la comunicación entre el usuario, el sistema y cada uno de los componentes durante las diferentes partes del sistema y contribuye a la comprensión clara del funcionamiento y la arquitectura empleada.

Diagrama de secuencia - Autenticación de usuario

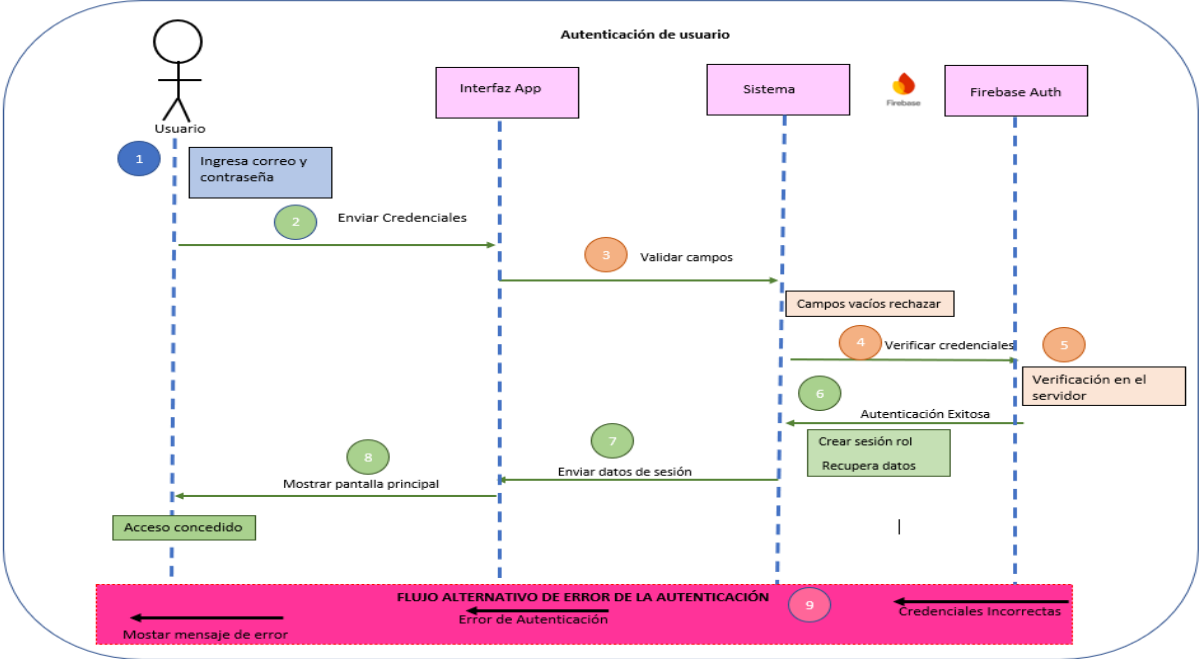


Figura. 20. Autenticación de usuario

Diagrama de secuencia - Catálogo de productos

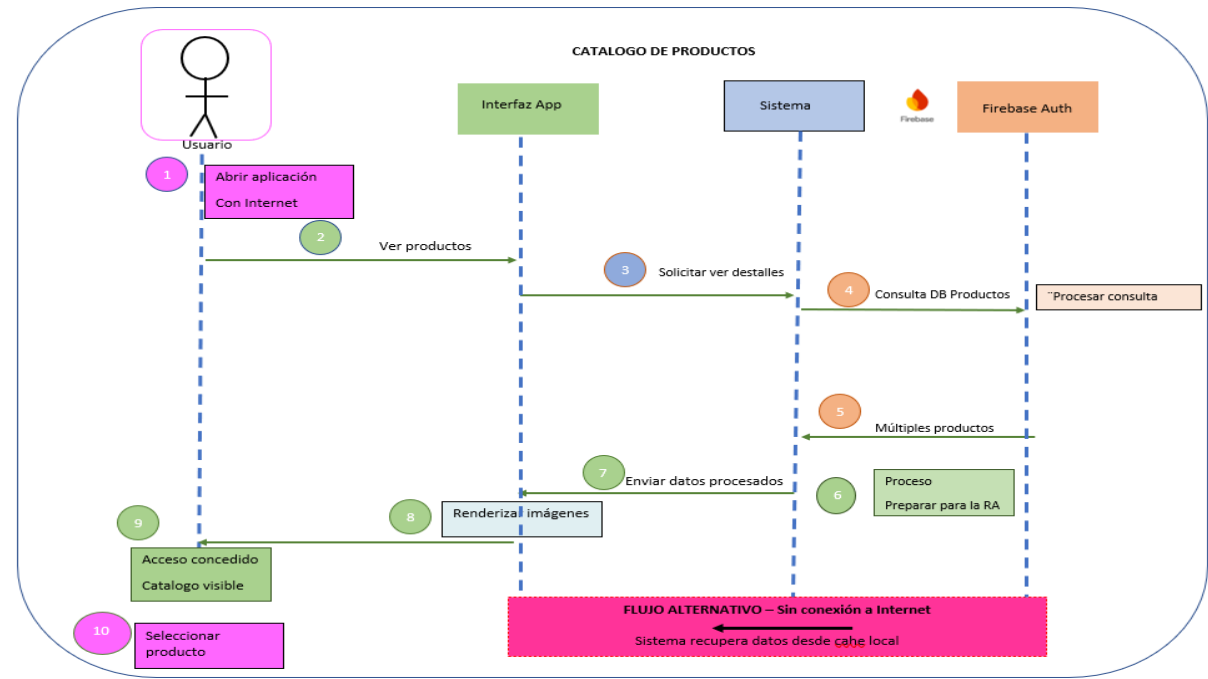


Figura. 21. Catálogo de productos

Diagrama de secuencia - Visualización 3D

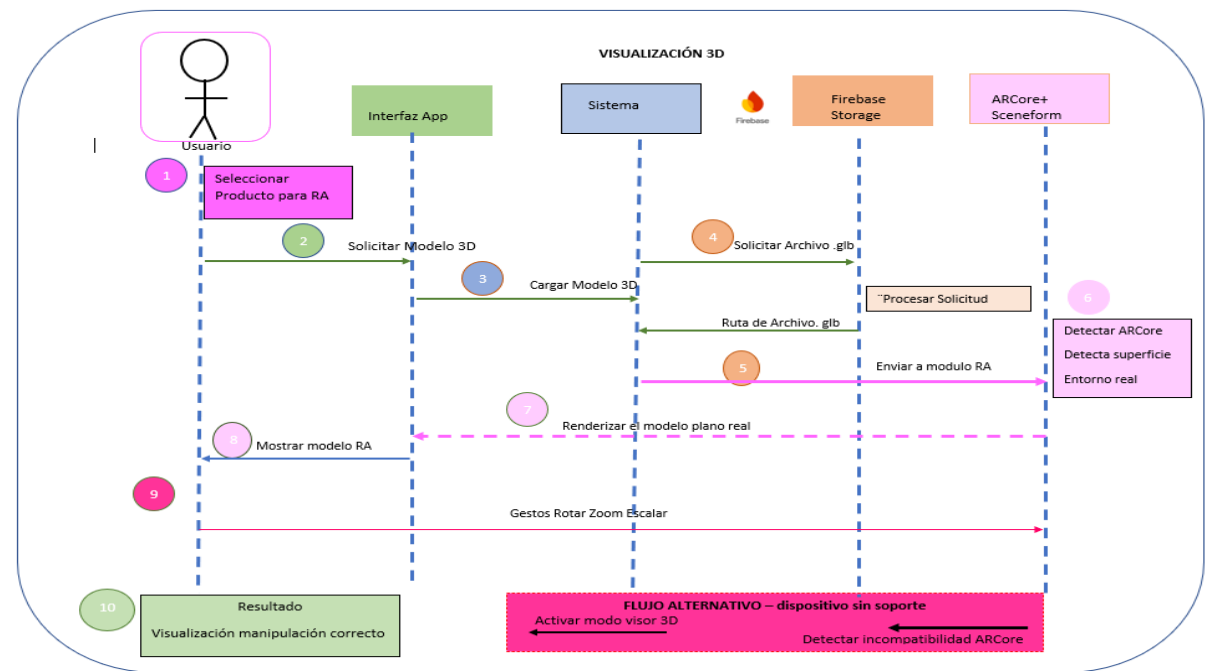


Figura. 22. Visualización 3D

Diagrama de secuencia - Gestión de productos - CRUD

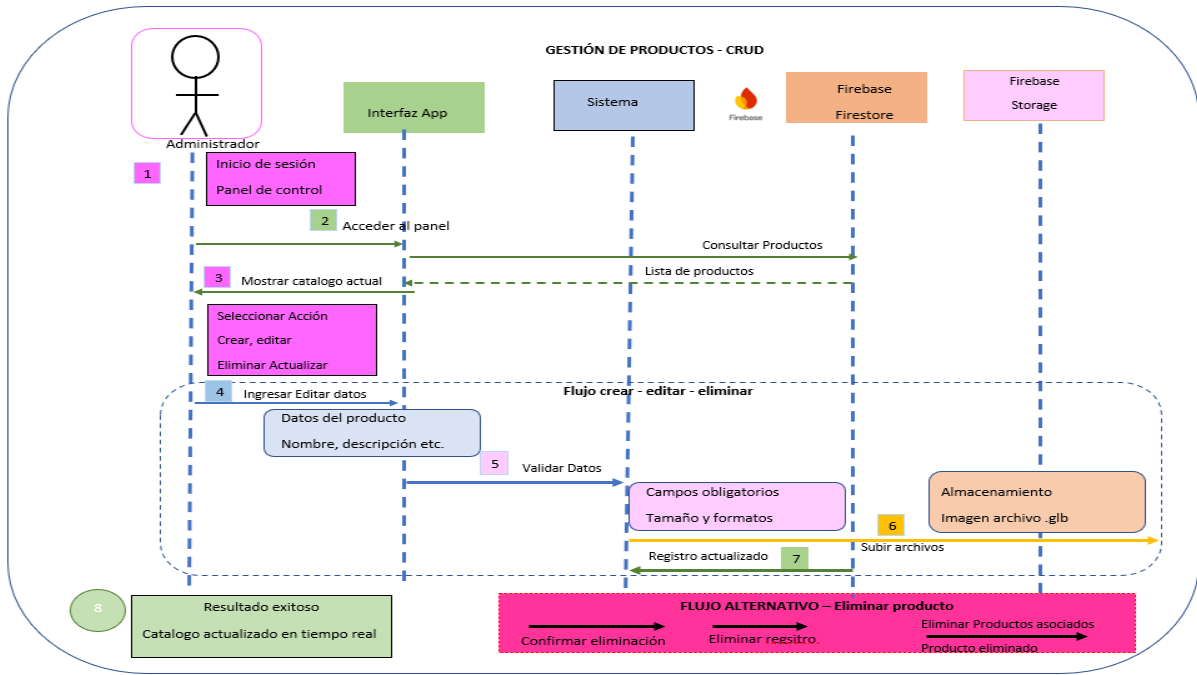


Figura. 23. Gestión de productos - CRUD

Diagrama de secuencia - Generación de proforma PDF

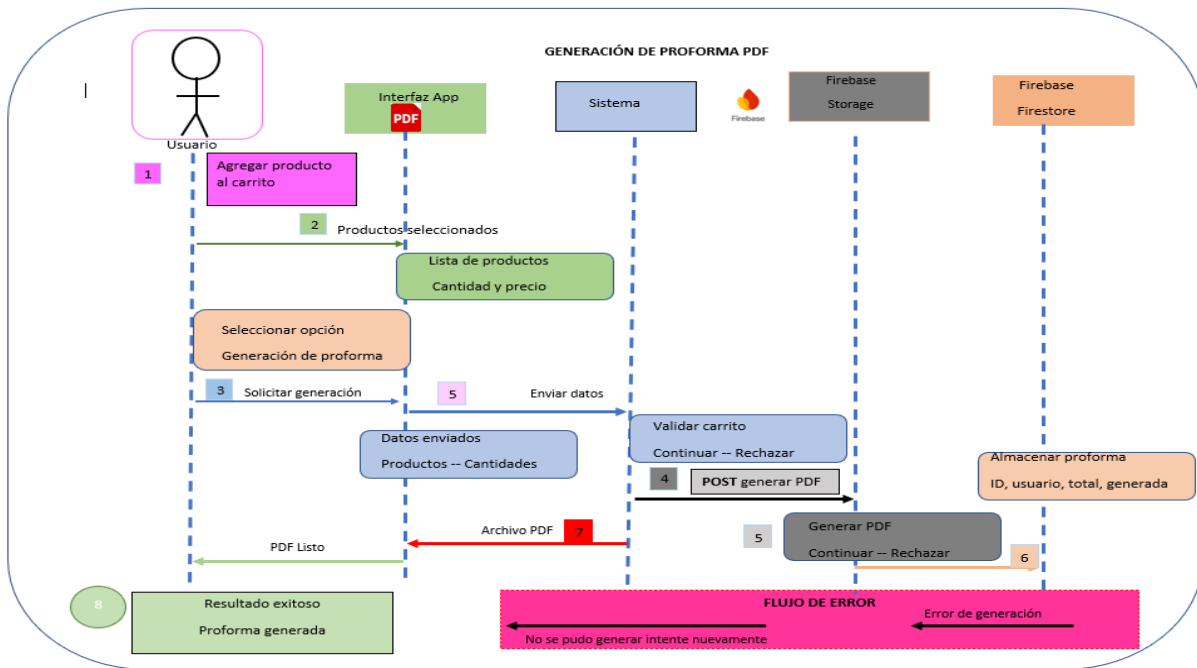


Figura. 24. Generación de proforma PDF

Diagrama de secuencia - Calificación y comentarios

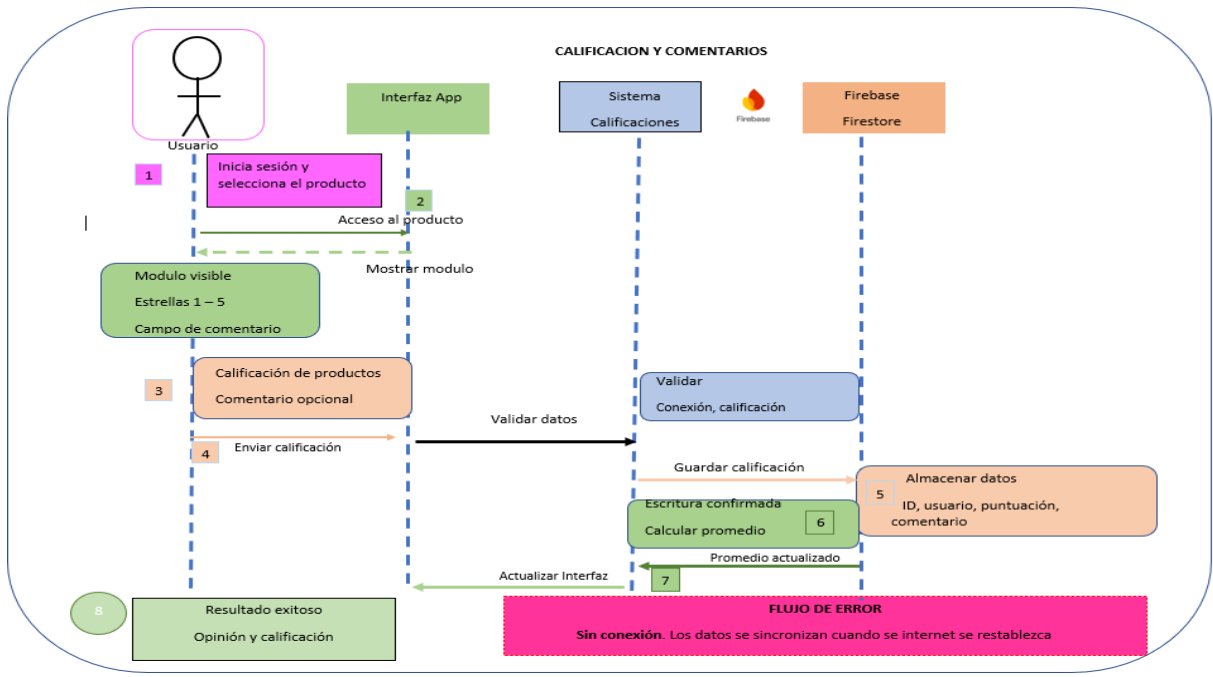


Figura. 25. Calificación y comentarios

3.2.7 Diagrama de clases

La Figura 26 muestra cómo responde la estructura lógica de la aplicación, muestra sus atributos, métodos y la integración que existe entre todo el sistema en el que se incluyen todos los módulos.

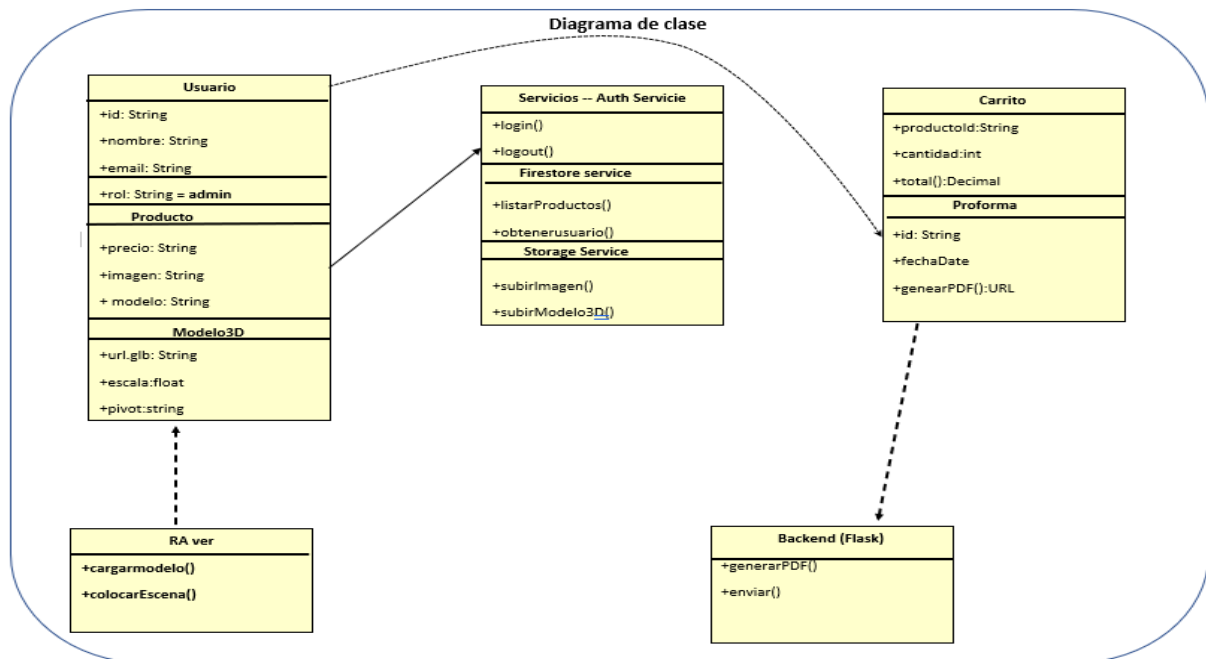


Figura. 26. Diagrama de clase

3.2.8 Patrón de diseño

La organización lógica del sistema se implementó bajo el patrón MVC, el cual es una de las arquitecturas más utilizadas para el desarrollo de aplicaciones modernas, gracias a ella se separa la lógica de la aplicación en tres componentes definidos y estructurados, favoreciendo la organización de código la reutilización de los módulos y facilita el mantenimiento y actualización del sistema.

En la siguiente Figura 27 se puede observar el patrón del diseño establecido para el presente proyecto.

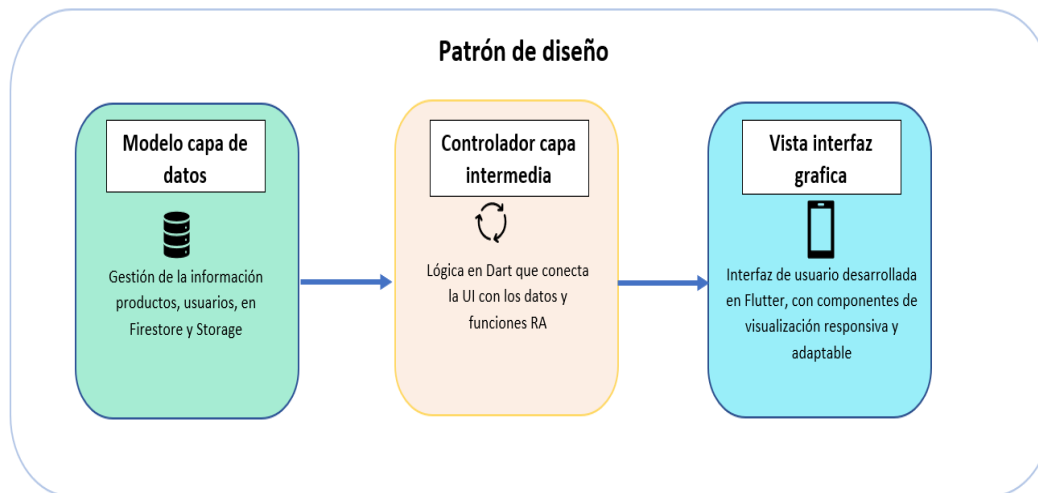


Figura. 27. Patrón del Diseño

3.2.9 Diseño de la base de datos

El diseño de la base de datos, este se constituyó como parte esencial dentro de la arquitectura del sistema, define la estructura y organización de la información que se está gestionando en el App móvil y en el backend.

En este trabajo se optó por usar el servicio de Firebase Firestore debido a su naturaleza NoSQL, por la capacidad de integración que tiene en tiempo real y la integración con Firebase Authentication y Firebase Storage.

Gracias a esta elección nos permitió manejar de manera ágil los datos, garantizando de esta forma la escalabilidad del sistema de forma inmediata y la actualización de la información en tiempo real, gestionando el catálogo de productos, el acceso administrativo y la generación de proforma en PDF.

El diseño de la base de datos es uno de los principales componentes dentro del desarrollo en ella se define la estructura lógica de la gestión del sistema, la misma que fue diseñada con un enfoque no relacional usando Firebase Firestore, como se puede observar en la siguiente representacional de la Figura 28.

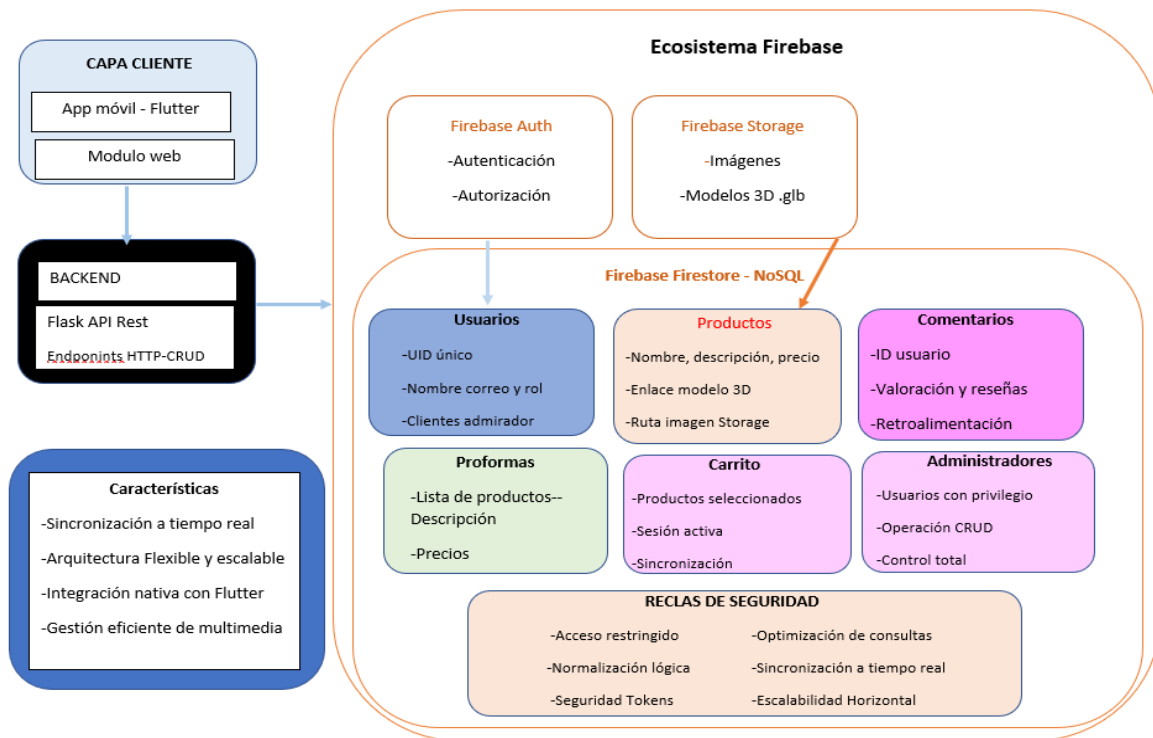


Figura. 28. Diseño de la Base de Datos

3.2.10 Enfoque NoSQL

La base de datos se implementó en Firebase Firestore, orientada a documentos, donde los datos están almacenados y estructurados en formato JSON. Este modelo flexible permite a cada documento tener un conjunto dinámico de campos y sus colecciones, adaptándose a la evolución del sistema.

3.2.11 Colecciones definidas

Las colecciones fueron diseñadas en función de las necesidades y requerimientos principales del sistema. Cada colección almacena información, para garantizar la correcta interacción de los módulos del sistema.

- **Usuarios:** almacena la información de autenticación y los roles asignados a cada usuario (administrador o cliente). Incluye campos como uid, nombre, correo, rol y fecha de registro.
- **Productos:** contiene los datos del catálogo de productos ofrecidos por la empresa Disfaluid. Cada documento incluye campos como nombre, descripción, precio, imagen URL y modelo 3D URL, lo que permite su visualización tanto en el catálogo como en el módulo de RA.

- **Carrito:** registra los productos seleccionados temporalmente por el usuario durante la simulación de compra. Cada documento está asociado al identificador único del usuario (uid) e incluye los productos añadidos, la cantidad y el total estimado de la proforma.
- **Proforma:** almacena las proforma generadas automáticamente a partir de los productos almacenados dentro del carrito de compras. Cada documento contiene los campos idProforma, idUsuario, productos, total, fecha generación y estado. Esta colección se utiliza para generar el archivo PDF que el usuario puede descargar o enviar.
- **Comentarios:** guarda las opiniones y calificaciones otorgadas por los usuarios a los productos visualizados. Incluye los campos idUsuario, idProducto, comentario, calificación, permite medir la satisfacción y retroalimentación de los clientes.

En conjunto, estas colecciones permiten mantener la coherencia de los datos, optimizar las consultas en tiempo real y facilitar la integración con los demás servicios de Firebase, como Authentication y Storage.

3.2.12 Diseño tecnológico del Módulo RA

El módulo RA constituye la parte innovadora que diferencia el sistema se desarrolló integrando ARCore y Sceneform en Flutter, con el propósito de ofrecer una experiencia inmersiva y fluida en dispositivos de gama media y alta brindando una experiencia interactiva mejorando la percepción del cliente acerca del producto apoyando la decisión de la compra.

En este punto principal se implementó usando el kit de desarrollo ARCore y la librería Sceneform para dispositivos móviles, todas estas herramientas permiten el reconocimiento del entorno para la visualización de los modelos tridimensionales, en el entorno real, las que son captadas por la cámara del dispositivo.

Este módulo tiene como objetivo ofrecer la visualización realista de los productos que la empresa comercializa, potencializando la experiencia del usuario bajando la incertidumbre al momento de la compra.

Los archivos de los modelos 3D fueron creados y elaborados en Blender y optimizados para reducir el peso aliviando la carga y ayudando al rendimiento de los modelos, reduciendo el tiempo de carga.

3.2.13 Características principales

- **Compatibilidad:** modelos tridimensionales fueron creados y optimizados en Blender para luego ser exportados en formato .glb.

- Renderizado en tiempo real: para el renderizado se usó ARCore, para la visualización en el entorno físico a través de la cámara del dispositivo manteniendo proporciones realistas y estables.
- Interacciones disponibles: el usuario puede rotar, zoom, escalar y reubicar modelos en el espacio real.
- Estabilidad: se alcanzó un rendimiento promedio de 20 FPS, asegurando fluidez en dispositivos Android compatibles con soporte ARCore.

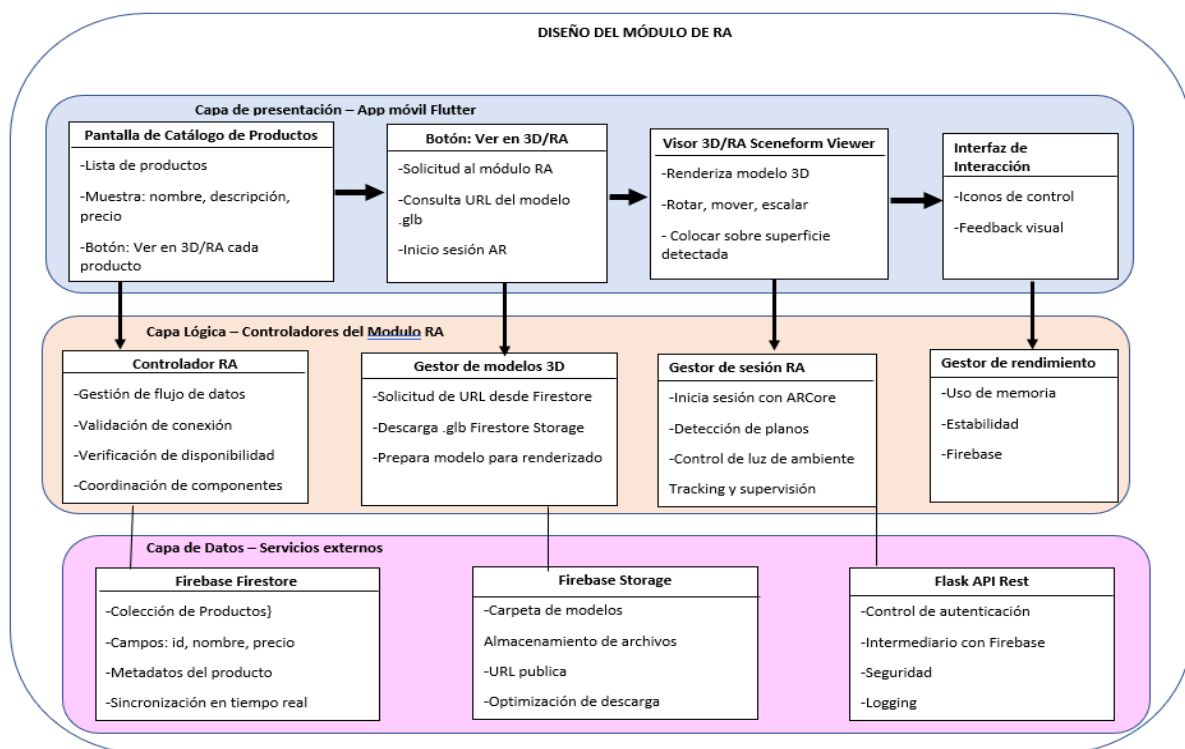


Figura. 29. Diseño del módulo de RA

3.2.14 Optimización

Para mantener el equilibrio en la calidad visual se aplicaron técnicas de compresión glTF y reducción de polígonos para equilibrar el rendimiento del dispositivo. De esta forma, la aplicación mantiene ligereza, funcionalidad y accesibilidad.

3.3 Desarrollo

3.3.1 Diseño de la interfaz de usuario

La interfaz se desarrolló y construyó en Flutter, priorizando la usabilidad y un diseño minimalista, responsivo y adaptado a dispositivos Android de diferentes tamaños de pantalla.

Las pantallas fueron diseñadas para que los usuarios puedan navegar de manera intuitiva, a través de las funcionalidades del sistema, este diseño está basado en principios de simplicidad, contraste visual jerarquía de la información, usando una paleta de colores en armonía con la identidad visual de la empresa.

3.3.2 Flujo de interacción

El proceso de interacción con el usuario se desarrolla siguiendo las etapas que podemos observar en la siguiente Figura 30

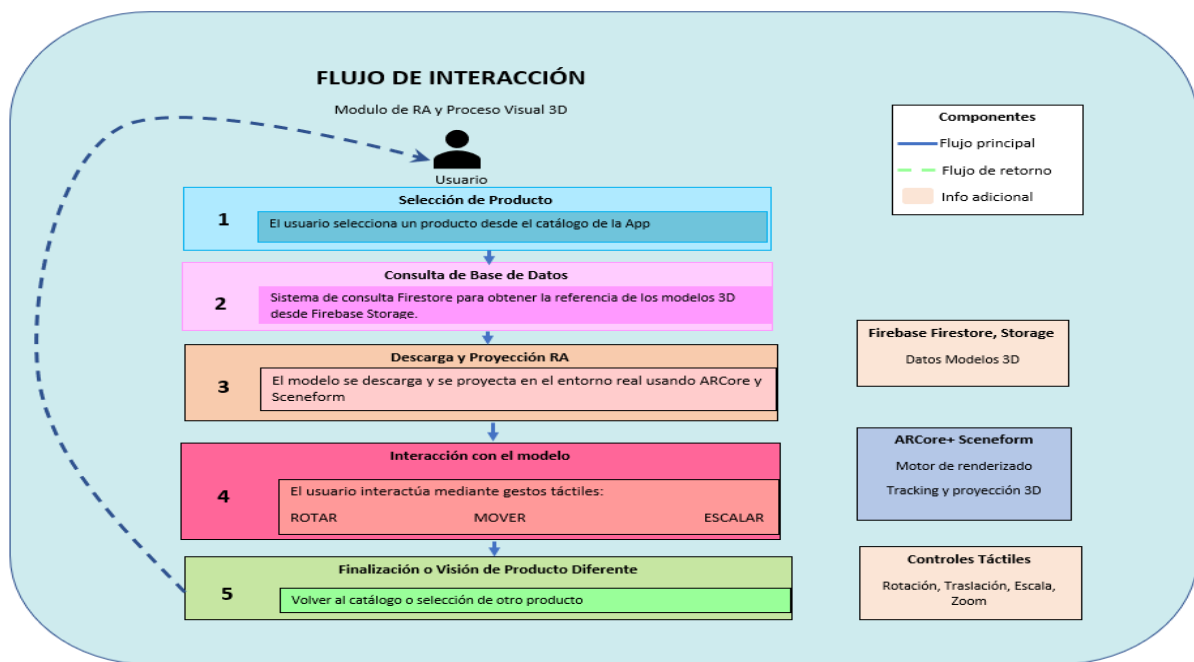


Figura. 30. Flujo 3D

3.3.3 Requerimientos de sistema de hardware y software

3.3.4 Hardware

- Computador portátil: equipo utilizado para desarrollo, modelado y pruebas.

- Dispositivo móvil: con sistema operativo Android, soporte ARCore y compatibilidad con experiencias WebView para pruebas de RA.
- Cámara con soporte RA.
- Conectividad: conexión a internet estable, la misma que es indispensable para la carga de los modelos y el despliegue verificando tiempos de carga y pruebas en entorno real juntamente con la comunicación con la nube.

3.3.5 Software y servicios

- Lenguajes de programación: Dart y Python aplicados en desarrollo del backend y el frontend.
- Frontend móvil: Para esta sección se utilizó Flutter para construir la interfaz de usuario y de esta forma obtener un diseño responsivo y la experiencia fluida.
- Backend web/API: Flask (Python), con despliegue en la nube mediante Heroku gestionando la lógica del servidor, la comunicación con la base de datos y la generación de la proforma en modo PDF y el despliegue en la nube por medio de Heroku.
- Base de datos: para el almacenamiento de usuarios y productos se usó Firebase Firestore (NoSQL).
- Almacenamiento: se gestionó en Firebase Storage, para la carga y gestión de modelos en formato .glb e imágenes de productos.
- Autenticación: Firebase Authentication, soporte de inicio de sesión por correo electrónico con encriptación de contraseñas.
- Modelado 3D: para el modelado se utilizó Blender, con modelos exportados en formato .glb, optimizados para dispositivos móviles.
- Módulo de RA: para la integración Ra en Android se usó ARCore + Sceneform para Android, encargado de la detección de planos y renderizado de modelos en tiempo real.
- Control de versiones: GitHub, se usó para la gestión y el respaldo del código fuente.
- Entornos de desarrollo: Android Studio y Visual Studio Code en estas herramientas se realizaron la codificación, depuración y ejecución de la APP.
- Servidor de despliegue: en Heroku, se realizó el lanzamiento para la ejecución del backend en la nube y el acceso remoto.

La integración de todos estos recursos nos permitió implementar el desarrollo ágil estableciendo una buena conexión entre los diferentes componentes tecnológicos, logrando de esta forma un sistema funcional, adaptable y compatible con los diferentes dispositivos.

3.3.6 Metodología de desarrollo de software: Mobile-D

3.3.7 Justificación de la metodología Mobile-D

Se eligió la metodología Mobile-D, debido a su enfoque ágil, diseñado específicamente para el desarrollo de aplicaciones móviles. Esta metodología se centra en la entrega iterativa, la calidad técnica y la adaptabilidad, lo que permite ajustar el alcance del proyecto sin perder el control, gracias a ciclos cortos de desarrollo.

A continuación, se explican las diferentes fases y cómo fueron aplicadas dentro del proyecto.

3.3.8 Fases de Mobile-D

La metodología contempla cinco fases principales: Exploración, Inicialización, Producción, Estabilización y Entrega del sistema. Cada una de las fases asegura que la aplicación cumpla con una estructura eficiente y adaptable, estableciendo metas claras y medibles.

3.3.9 Fase 1: Exploración

La fase de exploración comprende la parte inicial de la metodología Mobile-D. Su propósito principal es comprender el problema, definir el alcance y establecer los objetivos y requerimientos pues está diseñada para el desarrollo de aplicaciones móviles, su principal objetivo se centra en entender el problema, definiendo los alcances del proyecto y estableciendo los diferentes objetivos y requerimientos, en este sentido plantea una ruta clara y realista para el desarrollo de la App con RA, cuyo objetivo de potenciar el marketing como estrategia de venta y promoción de productos.

- Propósito: comprender el problema, definir el alcance y establecer objetivos y requerimientos.
- Caso de aplicación: se identificó la necesidad de promocionar productos de aluminio y vidrio de manera dinámica y en contexto real, superando las limitaciones de los catálogos tradicionales.
- Tecnologías evaluadas: Flask (backend), Firebase (Auth/Firestore/Storage), Flutter (cliente), ARCore + Sceneform (RA) y Blender (modelado 3D).
- Entregables: al finalizar se entregará el documento de visión, lista preliminar de requisitos, mapa de riesgos (Compatibilidad ARCore, peso de modelos).

En la Figura 31 la representación gráfica de esta fase, es importante destacar que la imagen muestra las actividades correspondientes a esta sección identificando etapas claves como son el análisis del problema y la definición de los objetivos.

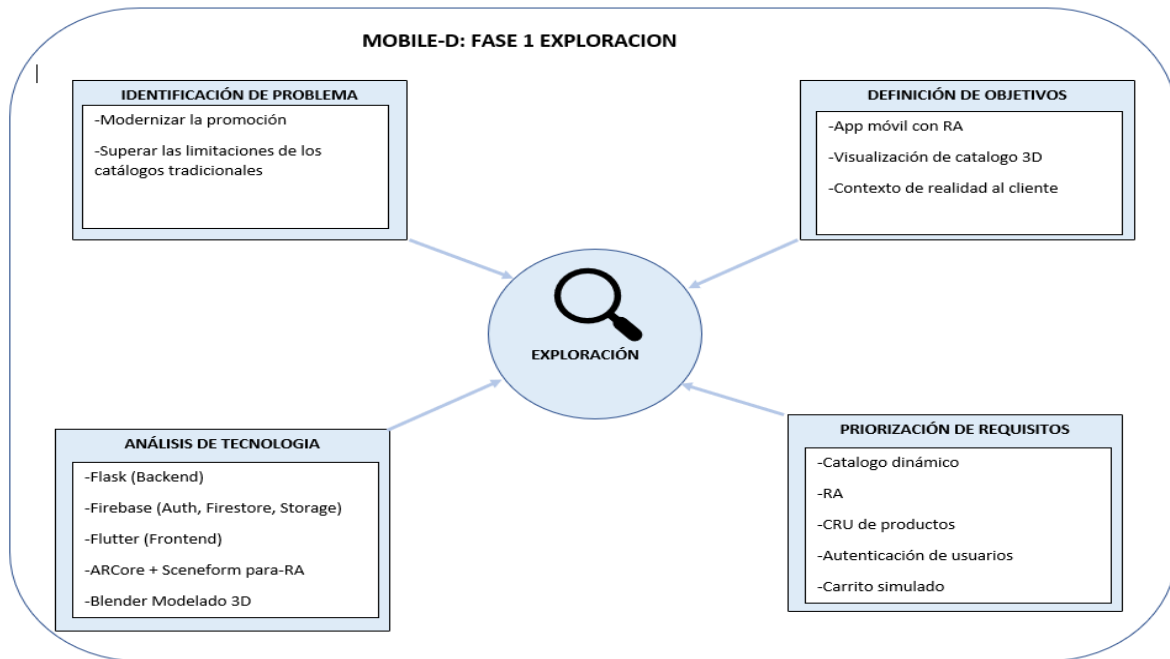


Figura. 31. Fase 1: Exploración

Este esquema proporciona una visión clara de la fase inicial de la metodología Mobile-D.

3.3.10 Fase 2: Inicialización

En esta etapa se construye el sistema inicial y se definen las herramientas de desarrollo que se emplearán en el proyecto, estableciendo roles, el flujo de trabajo y la estructura técnica para el desarrollo interactivo.

- Actividades:
 - Diseño de arquitectura preliminar (cliente-servidor con integración en la nube).
 - Elaboración UI de pantallas clave (catálogo, ficha de producto, módulo RA, CRUD).
 - Definición de requerimientos funcionales y no funcionales.
 - Configuración del entorno de desarrollo y software.
- Entregables: diagramas de arquitectura, prototipos iniciales de pantallas y conexión en la nube.
- Criterios de salida: build base corriendo y validación de riesgos técnicos.

La representación visual de la Figura 32 ilustra la estructura del flujo de trabajo, definiendo como se establecen los componentes técnicos y se construye el sistema inicial.

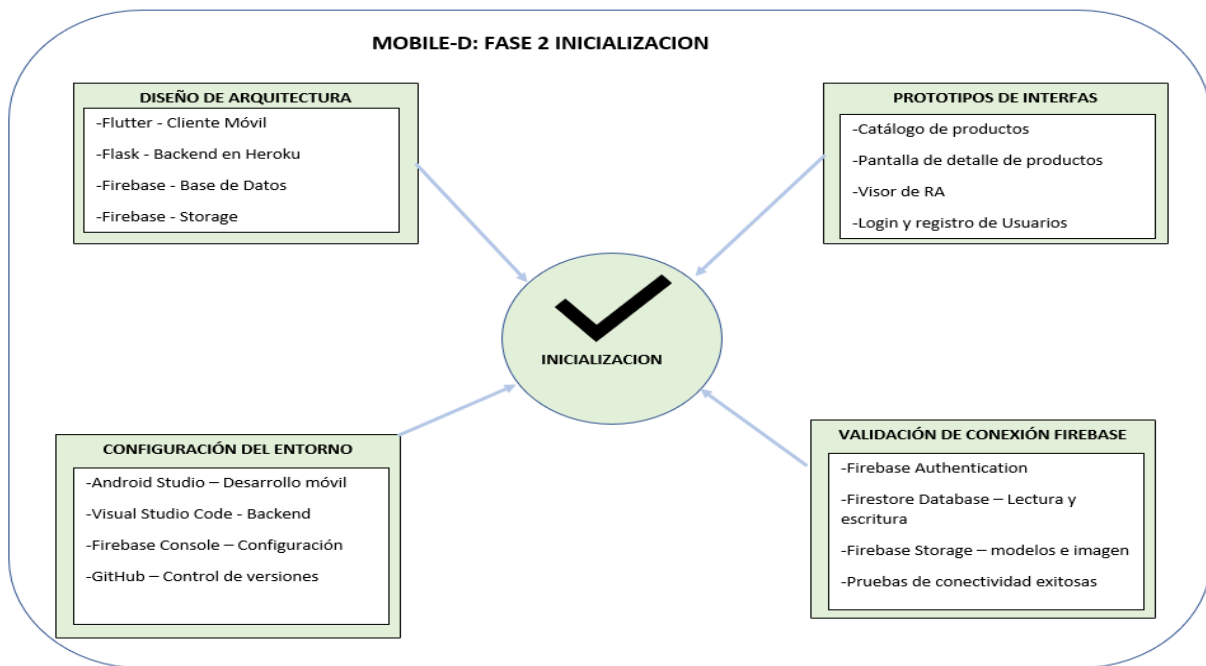


Figura. 32. Fase 2: Inicialización

Este esquema otorga una visión general del entorno de desarrollo y la organización técnica con la que se están realizando las fases.

3.3.11 Fase 3: Producción

Fase de producción, esta fase se centra en la implementación de las principales funciones del sistema, que están basadas en las historias de usuario, aplicando las buenas prácticas de programación como el control de versiones. El desarrollo del trabajo se realizó en iteraciones cortas priorizando la entrega continua, la revisión y funcionalidad de la misma antes de pasar a la siguiente sección.

- Actividades (iterativas):
 - Desarrollo de módulos: autenticación, catálogo, CRUD administrador, comentarios/calificaciones, carrito simulado.
 - Integración del visor 3D y módulo RA (ARCore + Sceneform).
 - Implementación de servicios de carga y lectura en Firebase/Storage y endpoints en Flask.
 - Pruebas unitarias, revisión de código y control de versiones en GitHub.

- Entregables: versiones funcionales incrementales.
- Criterios de salida: cobertura funcional $\geq 90\%$ de FR y estabilidad general.

La representación visual de la Figura 33 muestra el proceso interactivo del desarrollo del sistema, el mismo que ya incorpora las funciones planificadas.

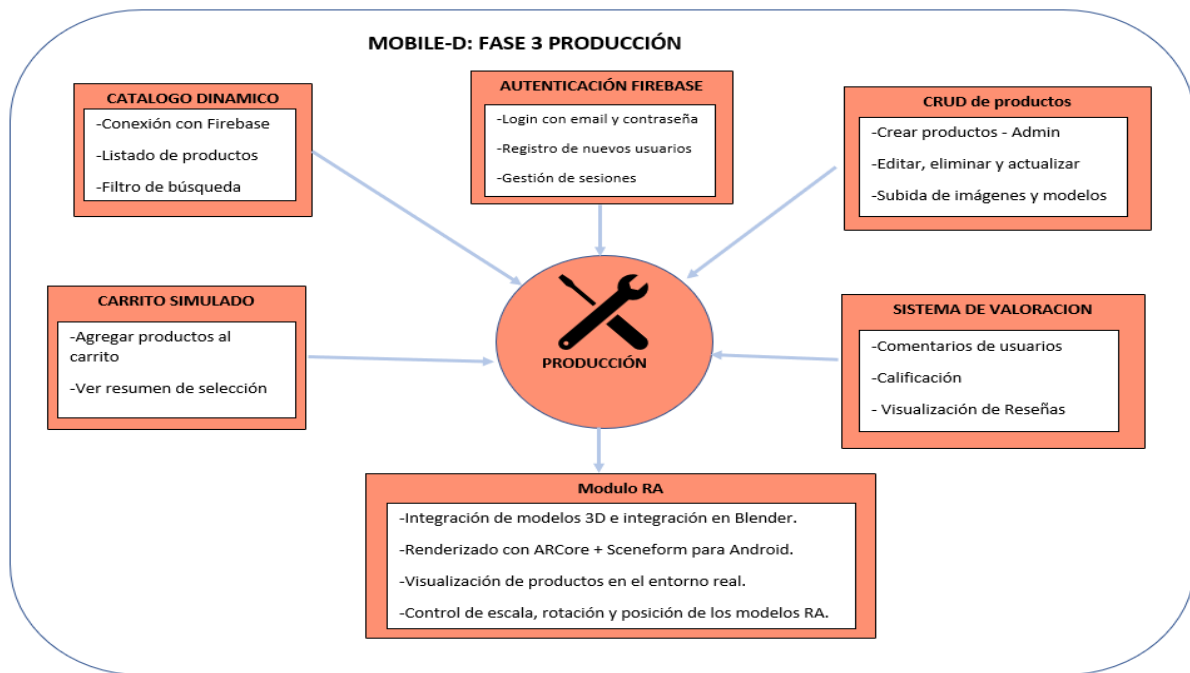


Figura. 33. Fase 3: Producción

Este esquema permite visualizar la dinámica del trabajo desarrollado, donde cada iteración contribuye en lo funcional y lo técnico de la aplicación de RA.

3.3.12 Fase 4: Estabilización

En esta etapa se llevó a cabo la validación de todas las funciones desarrolladas, de esta forma se aseguró la estabilidad, el rendimiento y la usabilidad de la App, además se ejecutaron las pruebas funcionales y no funcionales para verificar de esta forma que cada uno de los módulos responda de manera correcta ya en condiciones de uso real.

Dentro de esta fase se llevaron a cabo pruebas, en aspectos de tiempos de carga de los modelos 3D, la compatibilidad de los dispositivos Android con soporte ARCore, así como la generación de la proforma en PDF. Estas pruebas permitieron realizar los primeros ajustes al sistema, para optimizar la UI.

- Actividades:
 - Pruebas en múltiples dispositivos Android.

- Corrección de errores y mejoras de UI responsiva.
- Entregables: informe de pruebas y APK optimizada.
- Criterios de salida: cumplimiento de NFR (rendimiento, estabilidad y usabilidad).

La siguiente representación visual de la Figura 34, sintetiza el proceso de validación y optimización del sistema, en esta fase se sintetiza el proceso de validación de las pruebas funcionales y no funcionales que garantizan el perfecto funcionamiento.

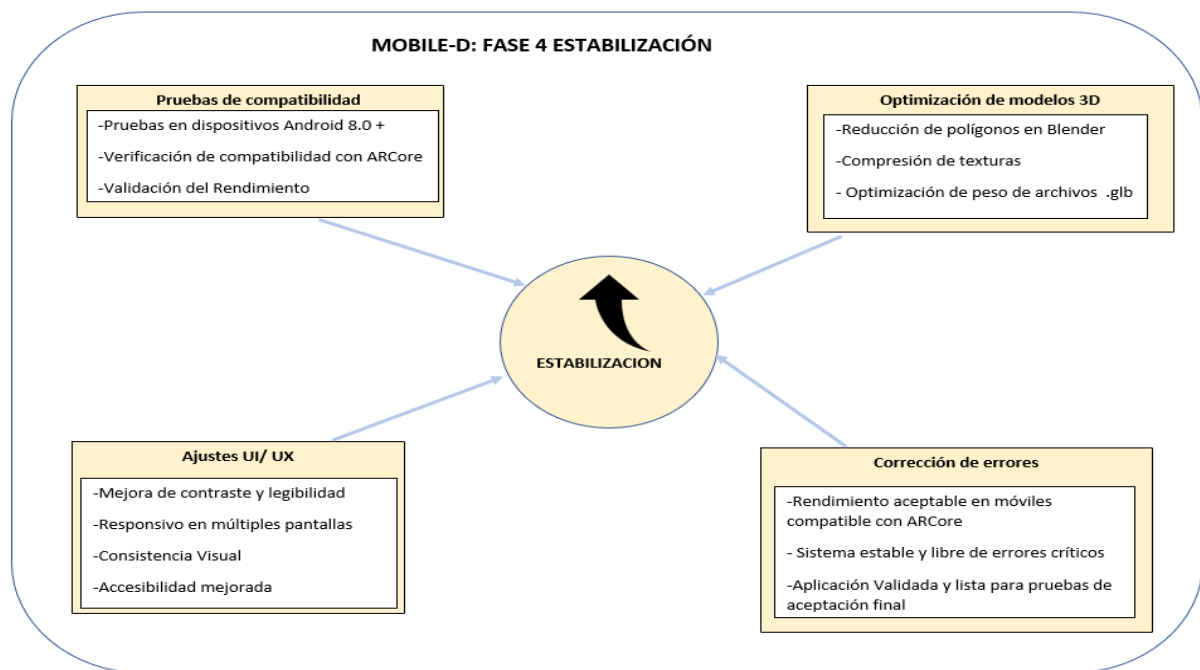


Figura. 34. Fase 4: Estabilización

Este esquema permite observar las actividades asignadas para asegurar la estabilidad y rendimiento de la App antes de su liberación.

3.3.13 Fase 5: Entrega del sistema

Esta última fase corresponde a la entrega y despliegue completo del sistema, el mismo que ya se encuentra funcional, así mismo se incluye la respectiva documentación técnica, el despliegue del backend en Heroku y la publicación del APK final en los dispositivos de prueba. Del mismo modo, también se realizó la capacitación del usuario final y el administrador en el uso de la aplicación y sus funcionalidades.

- Actividades:
 - Generación del APK final con nota de versión.

- Documentación técnica (arquitectura, dependencias, reglas de seguridad).
- Criterios de salida: instalación y uso exitoso por parte de los usuarios finales.

La Figura 35 a continuación muestra el proceso del despliegue y puesta en funcionamiento de la App con RA, en la cual se puede observar la RA en entorno real.

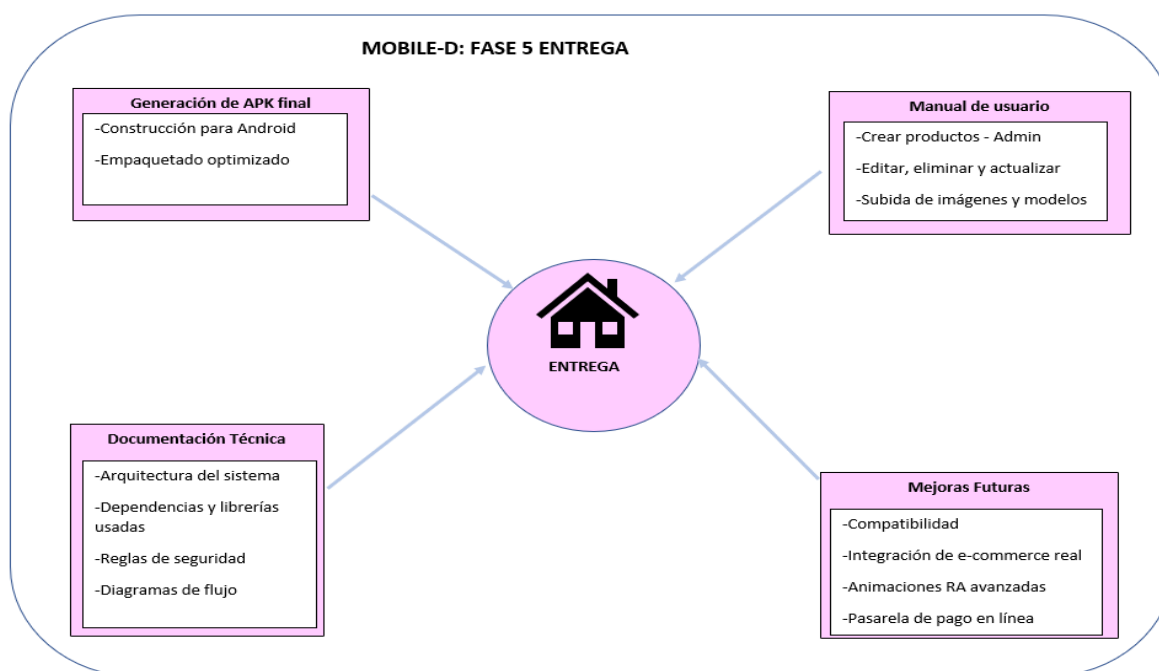


Figura. 35. Fase 5: Entrega

El siguiente diagrama refleja las actividades realizadas por el usuario y el administrador según el rol que desempeñen. El administrador puede operar el sistema de catálogo mientras que el usuario ingresa de manera eficiente y segura a ver los productos.

De esta manera se consolida el cumplimiento de los objetivos planteados y se finaliza el ciclo de desarrollo mediante las fases de la metodología Mobile-D

El enfoque y la metodología aplicada en este proyecto son de tipo cuantitativo, dado que se basa en datos de recolección medibles y se relacionan con el rendimiento, tiempos de carga, estabilidad y satisfacción del usuario, el objetivo principal fue desarrollar una aplicación móvil RA, describiendo etapas y procesos aplicando técnicas de desarrollo ágil siguiendo la metodología Mobile-D.

Este enfoque permitió obtener resultados verificables, garantizados y validados de desarrollo tecnológico.

3.3.14 Integración del módulo de Realidad Aumentada

Una vez consolidada la base de datos y la interfaz, se integró el módulo de RA dentro de la aplicación. Este constituye una de las características más innovadoras del sistema, ya que permite que los usuarios visualicen los productos en su entorno real, mediante la cámara del dispositivo móvil.

- **Modelado 3D:** los productos se modelaron en Blender y se exportaron en formato .glb garantizando la compatibilidad en ARCore + Sceneform.
- **Visualización:** se implementó la detección de la RA con la integración de ARCore + Sceneform que es compatible con Android, que permite colocar modelos tridimensionales sobre superficies en el entorno real, mediante la cámara del dispositivo, visualizar el producto.
- **Interactividad:** el usuario puede rotar, escalar y reposicionar los modelos libremente.
- **Optimización:** los modelos fueron optimizados en tamaño sin sacrificar calidad visual, garantizando fluidez con un rendimiento estable (≥ 20 FPS) incluso en dispositivos de gama media.

La RA permite a los usuarios experimentar los productos de manera realista; esta funcionalidad apoya el proceso de marketing y la toma de decisiones en la compra.

3.3.15 Implementación de la interfaz de usuario

Para la implementación se usaron componentes reutilizables, como las tarjetas de los productos, botones flotantes, menús de navegación, cuadros de diálogo, optimizando así la mantenibilidad del código y la coherencia estética.

Las pantallas principales fueron:

- **Catálogo dinámico:** muestra el listado de productos con imagen y descripción, conectado en tiempo real a Firebase permitiendo que cualquier actualización se refleje de forma instantánea en la aplicación del usuario.
- **Pantallas de autenticación:** estas pantallas incluyen el registro e inicio de sesión mediante Firebase Auth, asegurando la validación de las credenciales guardadas en la nube.
- **Carrito simulado:** espacio donde el usuario selecciona productos de interés y genera una proforma sin transacciones en línea. Esta funcionalidad representa un paso previo a la compra y se puede compartir a través de los diferentes medios electrónicos de mensajería.

- Módulo de administración: esta sección está habilitada únicamente para el rol de administrador, el cual permite la gestión completa del catálogo, como el CRUD de productos y la gestión de nuevos administradores.

3.3.16 Integración con Firebase

La integración de la base de datos se manejó mediante los servicios de Firebase, usando el SDK tanto para el cliente móvil en Flutter, como en el backend que se implementó en Flask, esta integración permite la comunicación y sincronización en tiempo real con los diferentes componentes del sistema actualizando de forma inmediata los datos dentro de todas las interfaces de la aplicación.

En el cliente móvil se emplearon los paquetes de Cloud-Firestore y Firestore-Storage, para gestionar las operaciones de lectura y escritura de los datos, así como la carga y lectura de las imágenes y modelos en formato .glb, además, la autenticación de los usuarios se gestionó mediante Firebase-Auth, garantizando de esta manera el acceso seguro mediante credenciales verificadas en el cloud.

En el backend desarrollado en flask, se estableció la integración, mediante el servicio de serviceAccountKey.json, a través de este archivo se permitió realizar la consulta con la base de datos, validando a los usuarios y generar la proforma en PDF de manera automática; este proceso asegura que los cambios realizados por el administrador se reflejen de manera inmediata en la aplicación como se observa en la siguiente Figura 43. | Figura 36.

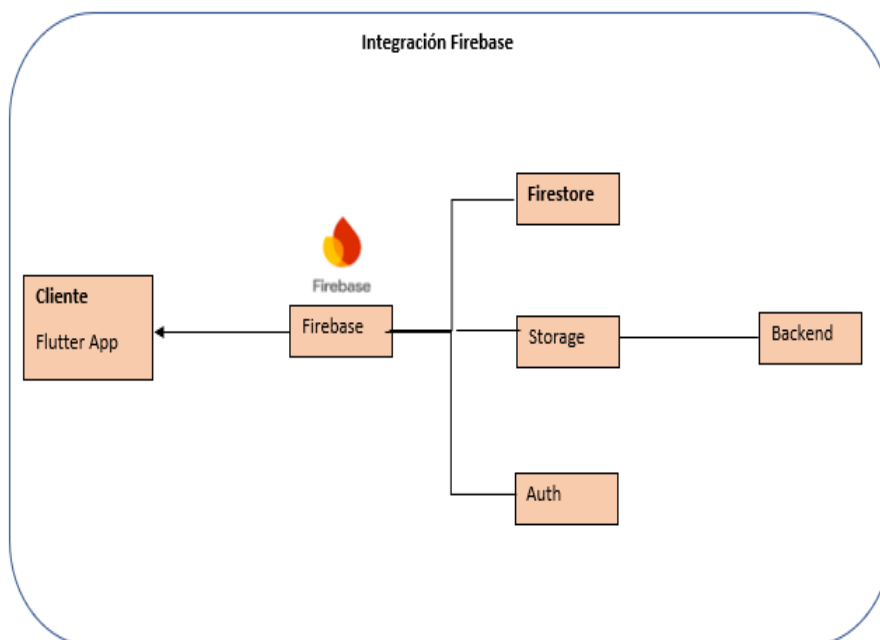


Figura. 36. Integración de Firebase

Gracias a esta gestión de integración de la experiencia, el usuario mantiene la coherencia de la información entre dispositivos, optimizando la experiencia de uso garantizando la consistencia de los datos en toda la arquitectura.

Una vez implementado el backend, se procedió a la creación de la base de datos en Firebase para el almacenamiento de las diferentes colecciones de usuario y producto como se muestra en la Figura 37. dentro de Firestore Database

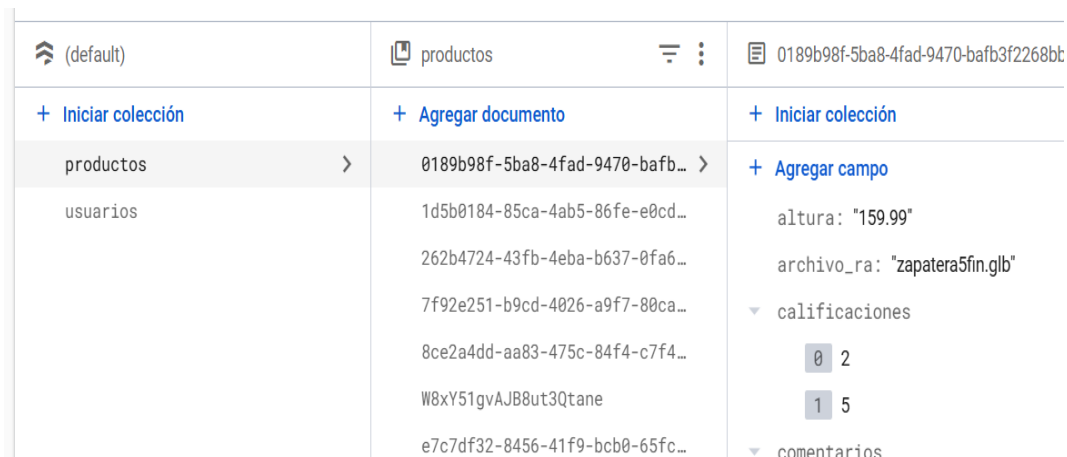


Figura. 37. Base de datos con colecciones

Dentro del contexto de alojar los datos se utilizó el almacenamiento dentro del mismo servidor en Firestore Storage para guardar el contenido de las imágenes y los archivos .glb para mostrar la RA.

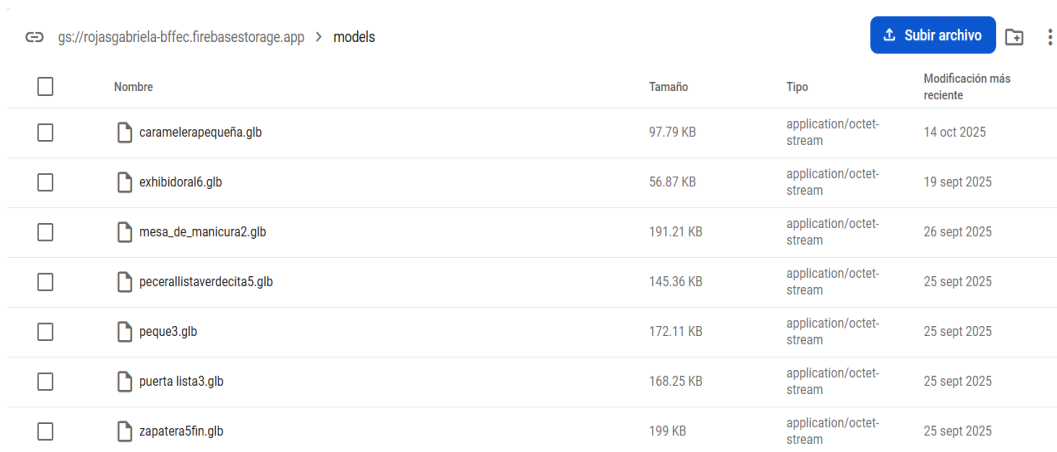


Figura. 38. Firebase Storage

Completas las colecciones necesarias, se procedió a establecer la conexión directa con la base de datos, a través de un archivo JSON, que contiene las credenciales generadas por Firebase para la autenticación de usuarios y acceso seguro al servicio de Firestore desde la aplicación.

```
templates > <> gaby.html
1 {
2   "type": "service_account",
3   "project_id": "nombre-del-proyecto",
4   "private_key_id": "*****",
5   "private_key": "-----BEGIN PRIVATE KEY-----*****-----END PRIVATE KEY-----",
6   "client_email": "*****@*****.gserviceaccount.com"
7 }
8
```

Figura. 39. Archivo con credenciales secretas

Por consiguiente, se continuó con el desarrollo del módulo web, el que realiza la función de gestión de visualización de productos, implementando un mensaje informativo así como se muestra en el sistema de navegación que permite ingresar a las diferentes funciones como se observa en la Figura 37. Cada pantalla se diseñó con un enfoque responsivo, asegurando la correcta visualización en los dispositivos Android compatibles. En la siguiente Figura 40, se puede observar la pantalla principal del catálogo, desde donde el usuario puede acceder y visualizar los productos en RA.



Figura. 40. Pantalla principal del catálogo

A continuación se desarrolló el módulo de RA con los modelos .glb de los productos, para lo cual se implementó la librería Model-Viewer con la tecnología ARCore, la cual brinda al usuario una experiencia inmersiva dentro de la RA. En la Figura 41, a continuación, el usuario observa el modelo en 3D del producto, una representación a escala del producto.



Figura. 41. Modelo 3D

En la Figura 42 a continuación, se muestra el modelo a través de la cámara del dispositivo móvil garantizando la rotación, escala y zoom del producto.



Figura. 42. Vitrina en el entorno real

En la siguiente Figura 43, se observa desde el lugar donde se gestionan los productos, donde solo los que tengan un rol de desempeño de administrador podrán gestionar las diferentes acciones de administrador.

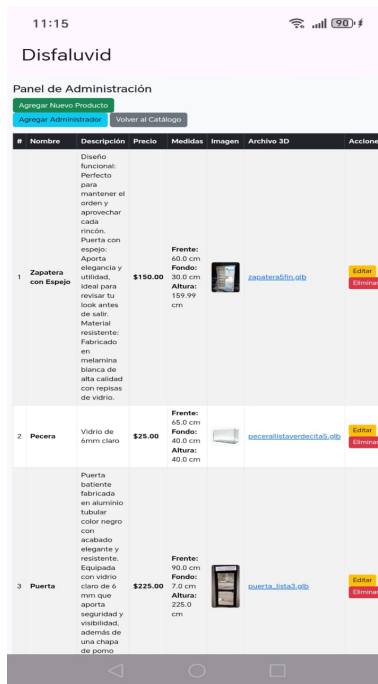


Figura. 43. Panel de administración

Finalmente, se implementó la función de generación automática de proforma en formato PDF en la que se incluyen los productos seleccionados por el cliente dentro del carrito de compras; este archivo es generado desde el servidor flask y puede ser compartido por los diferentes medios de envío garantizando una comunicación ágil entre el sistema y el usuario.

3.3.17 Ciclos del desarrollo

El proceso del presente trabajo se desarrolló mediante iteraciones de ciclo adaptadas en el enfoque ágil para el desarrollo, cada entrega representa la entrega funcional del sistema, enfocada a cumplir con las fases de la metodología propuesta, permitiendo planificar construir y probar los módulos del sistema de manera progresiva, con lo cual se aseguró la calidad de la aplicación y sus componentes Durante el proceso de desarrollo se integraron los diferentes módulos como se detalla en la siguiente Tabla XXX.

Tabla XXX.
CICLOS DE DESARROLLO ADAPTADOS A LA METODOLOGÍA MOBILE-D

| Ciclo de desarrollo | Actividades realizadas |
|---|---|
| Definición del alcance y requerimientos | Revisión y análisis del problema, definición de objetivos, recopilación de requerimientos y acciones de los actores involucrados. |

Cuadro XXX– *continuación*

| Ciclo de desarrollo | Actividades realizadas |
|---|---|
| Diseño de la arquitectura y base de datos | Elaboración de diagramas, diseño de la base de datos y configuración de la conexión inicial con Firebase. |
| Desarrollo del módulo de catálogo y autenticación | Implementación de registro, inicio de sesión y visualización del catálogo de productos con datos dinámicos y representativos de la empresa. |
| Integración del visor 3D y módulo de realidad aumentada | Carga de modelos en formato ‘.glb’, integración con AR-Core y pruebas de rendimiento del sistema. |
| Diseño e implementación del panel administrativo web | Creación de la interfaz web para el administrador, con funciones CRUD y sincronización con Firestore. |
| Generación de proforma en PDF y comunicación con WhatsApp | Desarrollo de la función para generar automáticamente la proforma y compartirla mediante enlace de WhatsApp o los canales de envío. |
| Evaluación de usabilidad y ajustes finales | Aplicación del cuestionario CSUQ, corrección de errores y optimización de la versión final del sistema. |

3.4 Pruebas

3.5 Diseño experimental de pruebas

Esta sección tiene como propósito verificar el funcionamiento correcto y adecuado del desempeño de la aplicación móvil; su objetivo es evaluar la estabilidad del sistema, la funcionalidad de los componentes, la calidad y satisfacción de la experiencia del usuario. Para ello aplicaron pruebas funcionales y no funcionales con el fin de verificar que cada uno de los módulos cumpla con los requerimientos definidos durante el proceso de desarrollo.

3.5.1 Plan de pruebas funcionales

Las pruebas funcionales se enfocan en verificar que cada uno de los requerimientos funcionales se cumpla y garantizar que las funciones principales operen según lo esperado. En la siguiente Tabla XXXI se puede observar cada uno de los criterios evaluados, asegurando la coherencia de los datos y la navegación entre interfaces y la ejecución sin errores de las principales funciones.

Tabla XXXI.
PLAN DE PRUEBAS FUNCIONALES (PF)

| Código | Descripción de la prueba | Resultado esperado |
|---------------|---|--|
| PF-01 | Autenticación: verificar registro, inicio y cierre de sesión con Firebase Auth. | El sistema debe permitir autenticación exitosa y mostrar mensajes de error claros en caso de credenciales inválidas. |
| PF-02 | Catálogo: carga de lista de productos con imagen, descripción y precio. | La lista de productos se despliega en menos de 3 segundos y permite acceder al detalle de cada producto. |
| PF-03 | CRUD Administrador: creación, edición, eliminación y actualización de productos. | Los cambios deben reflejarse en Firebase en tiempo real y estar restringidos permitiendo el paso solo a usuarios con rol administrador. |
| PF-04 | Visor 3D: apertura de modelos .glb, con opciones de rotación, zoom y escala. | El modelo se renderiza correctamente en el visor 3D sin errores de carga ni distorsión del modelo. |
| PF-05 | RA: detección de planos, colocación, rotación, escala y reposicionamiento de modelos. | El modelo se coloca en el plano y responde correctamente a gestos táctiles (rotación, zoom y movimiento). |
| PF-06 | Carrito simulado: agregar y quitar productos de la selección del usuario. | Los productos seleccionados permanecen en el carrito durante la sesión activa y pueden eliminarse o agregarse correctamente dependiendo de la necesidad del cliente. |
| PF-07 | Comentarios y calificaciones: envío de opiniones y puntuaciones. | El comentario se guarda en Firestore y el promedio de calificaciones se actualiza en \leq 2 segundos. |
| PF-08 | Generación de proforma en PDF: creación automática del archivo con los productos del carrito. | El sistema genera un archivo PDF con los datos correctos (producto, cantidad, precio) y permite su descarga o envío por WhatsApp. |
| PF-09 | Navegación general: acceso entre las pantallas (inicio, catálogo, RA, administrador). | Todas las rutas funcionan sin errores y la aplicación mantiene coherencia visual entre secciones. |

Cuadro XXXI– *continuación*

| Código | Descripción de la prueba | Resultado esperado |
|---------------|--|--|
| PF-10 | Seguridad de acceso: validación de permisos de usuario y administrador. | Los usuarios sin privilegios administrativos no pueden acceder al panel de gestión ni modificar productos. |
| PF-11 | Sincronización con Firebase: actualización en tiempo real de datos entre dispositivos. | Los cambios realizados por el administrador se reflejan automáticamente en el catálogo sin recargar la aplicación. |

3.5.2 Plan de pruebas no funcionales

Las pruebas no funcionales se realizaron con la intención de evaluar el rendimiento, la estabilidad y la calidad que encuentra el cliente al usar la App. A diferencia de las pruebas funcionales que validan el cumplimiento de los requerimientos específicos, las pruebas no funcionales se centran en la función y operación del sistema, midiendo los aspectos de desempeño, usabilidad, eficiencia y calidad, permitiendo identificar las limitaciones relacionadas con el tiempo de carga, fluidez y renderizado de la RA y la respuesta dada en los diferentes entornos.

En la siguiente Tabla XXXII se muestran los resultados obtenidos, asegurando el equilibrio adecuado de la calidad visual, estabilidad y accesibilidad para los usuarios finales.

Tabla XXXII.
PLAN DE PRUEBAS NO FUNCIONALES (PNF)

| Código | Descripción de la prueba | Criterio de aceptación |
|---------------|--|--|
| PNF-01 | Fluidez percibida: medir FPS durante la ejecución del módulo RA en dispositivos compatibles. | Promedio ≥ 20 FPS y mínimo ≥ 15 FPS en el 95 % del tiempo. |
| PNF-02 | Tamaño del APK: validar el peso del archivo instalable. | Archivo APK ≤ 100 MB. |
| PNF-03 | Confiabilidad: ejecutar la aplicación múltiples veces para identificar caídas. | ≥ 99 % de sesiones libres de fallos en 50 ejecuciones. |
| PNF-04 | Usabilidad: aplicar cuestionario Likert (1–7) a los usuarios tras la prueba. | Puntuación promedio $\geq 4/5$ en facilidad de uso y satisfacción. |

Los valores registrados en las métricas evaluadas confirman que la App cumple con los estándares mínimos de rendimiento establecidos garantizando una experiencia fluida en los dispositivos Android compatibles.

3.5.3 Reglas de seguridad

Las reglas de seguridad se implementaron con el objetivo de garantizar la integridad y confidencialidad de los datos, proporcionando la seguridad de la información que se gestiona en el sistema, las mismas que definen los permisos de lectura, escritura y autenticación dentro de Firestore, asegurando que solo los usuarios autenticados accedan a la información que les corresponde dependiendo del rol.

Al igual que se aplicaron métodos de encriptado y validación de credenciales, reforzando la seguridad en el proceso de inicio de sesión, almacenamiento de datos y la comunicación entre las diferentes interfases del sistema.

- Acceso de CRUD completo en productos y creación de nuevos administradores limitado únicamente al rol administrador.
- Comentarios y calificaciones disponibles únicamente para usuarios autenticados.
- Firebase Storage: escritura permitida solo a administradores; lectura pública de imágenes y modelos del catálogo.

3.5.4 Métricas de evaluación

Las métricas de evaluación; se definieron con la finalidad de medir el desempeño técnico y la calidad del sistema desarrollado, estas métricas permiten cuantificar aspectos fundamentales como la usabilidad, la estabilidad y la satisfacción del usuario final brindando evidencia objetiva del cumplimiento de los requisitos del sistema, las mismas métricas facilitan la validación técnica del sistema respaldando la calidad del producto final, asegurando que la APP proporcione una experiencia estable y satisfactoria a sus usuarios.

Tabla XXXIII.
MÉTRICAS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA

| Métrica | Definición | Criterio de aceptación |
|----------------------|--|--|
| FPS (RA) | Número de cuadros por segundo durante la ejecución del módulo de Realidad Aumentada (RA). | Promedio \geq 20 FPS; mínimo \geq 15 FPS en el 95 % del tiempo de ejecución. |
| Crash-free sessions | Porcentaje de sesiones sin cierres inesperados o errores críticos. | \geq 99 % en un total de 50 ejecuciones consecutivas. |
| Éxito por tarea | Porcentaje de tareas completadas exitosamente respecto al total de intentos realizados por los usuarios. | \geq 95 % de éxito en pruebas funcionales. |
| Usabilidad percibida | Promedio obtenido en la escala Likert (1–7) sobre facilidad de uso, claridad, utilidad y satisfacción del usuario. | Promedio \geq 4/5. |

- Éxito por tarea: número de tareas completadas / número de intentos.
- Usabilidad percibida: promedio en escala Likert (1–7) para dimensiones de facilidad de uso, claridad, utilidad percibida y satisfacción.

3.5.5 Gestión de riesgos y mitigación

La mitigación permite identificar, analizar y controlar los posibles eventos que podrían afectar el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto.

Para cada riesgo se establecieron estrategias de mitigación dirigidas a reducir el impacto y la probabilidad de ocurrencia garantizando de esta forma la estabilidad y continuidad del proceso.

Este enfoque de prevención permitió mantener el control sobre la calidad del producto final asegurando una entrega confiable.

- Compatibilidad ARCore: validación de dispositivos antes de pruebas; opción de visor 3D sin RA como alternativa.
- Peso de modelos: optimización mediante reducción de triángulos, compresión glTF y pruebas de carga.
- Conectividad: uso de caché liviano de imágenes y mensajes claros en caso de baja red.

- Seguridad: aplicación de reglas estrictas por rol y validaciones tanto en cliente como en servidor.

3.6 Tipo de investigación

3.6.1 Enfoque cuantitativo

El presente trabajo se enmarca dentro de una investigación cuantitativa, aplicada, no experimental, con un alcance descriptivo y de desarrollo tecnológico.

Se considera aplicada porque busca ofrecer una solución tecnológica aplicada real a la empresa, mediante la implementación de una aplicación con RA la cual contribuye a la promoción de sus productos. Este proyecto es no experimental pues no se manipulan las variables independientes si no que se observa y se analiza el comportamiento del sistema, además; se puede decir que es descriptivo, dado que se detallan las etapas del proceso del desarrollo, las tecnologías empleadas y los resultados obtenidos, basándose en mediciones objetivas como son el rendimiento de FPS, la satisfacción del usuario y está enmarcada en un enfoque cuantitativo que permite la evaluación de manera medible y verificable de la propuesta de solución.

3.7 Población y muestra

Población objetivo: clientes y potenciales clientes de la empresa Disfaluid, además del propietario, quien es el encargado de gestionar el catálogo. Esta población fue seleccionada debido a su relación directa con la promoción de los productos, lo que permitió obtener datos reales sobre la utilidad, usabilidad y aceptación del sistema.

Los participantes representan a todas las personas que van a usar la aplicación tanto de forma interna como externa, garantizando el manejo interno y externo de la aplicación, recogiendo la experiencia de uso de todos los encargados del sistema y las experiencia desde el punto de vista de los usuarios

Criterios de inclusión: usuarios con dispositivos Android 8.0 o superior, con familiaridad básica con aplicaciones móviles y disposición para participar en las pruebas del sistema.

Criterios de exclusión: dispositivos que no cuenten con soporte de ARCore para realizar las pruebas de RA; estos dispositivos solo realizarán pruebas con el modelo 3D, pero no en RA en entorno real debido a la incompatibilidad técnica.

3.8 Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se elaboró mediante instrumentos diseñados para evaluar aspectos técnicos como el rendimiento, usabilidad y satisfacción del usuario, permitiendo obtener la información sobre la usabilidad de la aplicación para así elaborar la validación de los resultados.

- Guía de pruebas de tareas: evalúa la colocación, rotación y escala de los diferentes modelos 3D, la consulta de fichas de información, así como la agregación y carga al carrito de compras y la generación del documento proforma.
- Cuestionario de usabilidad: este cuestionario consta de ítems tipo Likert de 1 a 7 distribuidos en dimensiones como facilidad de uso, claridad de visualización de modelos, utilidad percibida y satisfacción general del usuario.
- Lista de cotejo de requisitos: permite verificar si se cumplen o no los RF y los NFR que fueron establecidos durante el desarrollo del proyecto.

Estos instrumentos en conjunto permitieron almacenar evidencias objetivas del comportamiento del sistema y la implementación práctica de la aplicación desarrollada para dar una solución tecnológica validando su efectividad.

3.9 Procedimiento

El procedimiento como paso seguido de la investigación garantizó el desarrollo ordenado y confiable del sistema, desde la construcción inicial hasta la aplicación de pruebas técnicas y de usabilidad; este proceso se construyó en varias etapas consecutivas, alineadas con la metodología mobile-D asegurando la integración gradual de los componentes logrando así los resultados verificables de cada fase del desarrollo. El proceso de desarrollo bajo las siguientes etapas

- Sesión breve de inducción: se realizó la explicación inicial a los participantes indicando las tareas a cumplir.
- Ejecución de pruebas de tareas: se efectuaron pruebas de usabilidad guiadas, con tareas como:
 - T1: navegación por el catálogo,
 - T2: visualización de modelos 3D,
 - T3: colocación rotación y ajuste de los modelos de RA,
 - T4: visualización de detalles,

- T5: agregar producto al carrito simulado.
- Cuestionario de usabilidad: al finalizar el uso de la aplicación, los participantes completaron el cuestionario CSUQ, proporcionando sus niveles de satisfacción en dimensiones como facilidad de uso, claridad y utilidad percibida.
- Consolidación: para finalizar, se recopilaron todas las métricas, resultados y observaciones cuantitativas, los cuales fueron analizados para evaluar el desempeño técnico, la experiencia del usuario y la eficacia en general del sistema.

3.10 Análisis de datos

Este análisis se realizó con el fin de interpretar los resultados obtenidos de las PF, NF y de usabilidad con el fin de validar el desempeño, estabilidad y aceptación del sistema desarrollado.

En el tratamiento de la información se aplicó un análisis cuantitativo en el cual se organizaron y procesaron los datos obtenidos con los instrumentos aplicados, dando los resultados porcentuales y promedios, lo que permitió la identificación de tendencias relacionadas con el rendimiento técnico y la usabilidad percibida por los participantes. A través de los resultados obtenidos y los criterios de aceptación previamente definidos se verificó el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales.

3.11 Consideraciones éticas

La presente investigación, se desarrolló respetando los principios éticos fundamentales que rigen el trabajo científico y tecnológico garantizando la confidencialidad el consentimiento informado, que se llevarían a cabo a los participantes, cabe recalcar que todos participantes involucrados fueron informados acerca del objetivo de estudio, la naturaleza de las actividades y el uso posterior de los datos obtenidos, asegurando de esta forma su participación voluntaria y anónima

Durante la aplicación de los instrumentos, como el cuestionario de usabilidad CSUQ y la guía de pruebas de tareas, se garantizó la protección de identidad y privacidad de los participantes, evitando de esta forma el registro de datos personales sensibles. Los resultados finales fueron usados exclusivamente para fines académicos de validación del sistema, en estricto cumplimiento de los principios de honestidad, transparencia y responsabilidad profesional.

De igual forma se procuró que el desarrollo de aplicación con RA no vulnerara los derechos de autor ni las políticas del uso de las herramientas y plataformas usadas, asegurando que el trabajo se enmarca dentro del contexto ético, responsable y siguiendo las buenas prácticas de investigación tecnológica,

- Participación voluntaria con consentimiento informado.
- Datos anónimos, sin recolección de información sensible.
- Uso de imágenes y modelos únicamente con autorización de la empresa propietaria.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Cumplimiento de las subcaracterísticas de usabilidad de la norma ISO/IEC

4.1.1 Población y muestra

La población objeto de estudio estuvo conformada por los clientes y potenciales clientes de la empresa Disfaluid, así como por usuarios pertenecientes a la comunidad universitaria de la Universidad Técnica del Norte, quienes representan el público meta al que está dirigida la aplicación. En total, la población estuvo compuesta por 78 personas que participaron en las pruebas iniciales del sistema.

Sin embargo, con el fin de obtener resultados más representativos, se excluyeron los 10 primeros registros de respuesta, ya que fueron considerados dentro del margen de error, al corresponder a pruebas preliminares realizadas antes del ajuste final del sistema.

Por tanto, la muestra definitiva estuvo conformada por 68 participantes, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a la facilidad de acceso a los usuarios y su relación directa con el uso y evaluación del sistema desarrollado.

El tamaño de la muestra se determinó aplicando la fórmula estadística para poblaciones finitas:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2(N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Ecuación 1. Cálculo del tamaño de la muestra para poblaciones finitas [49].

Donde:

- $N = 78$ (tamaño de la población)
- $Z = 1,96$ (nivel de confianza del 95 %)
- $p = 0,5$ (probabilidad de éxito)
- $q = 0,5$ (probabilidad de fracaso)
- $e = 0,05$ (margen de error del 5 %)

Reemplazando los valores:

$$n = \frac{78(1,96)^2(0,5)(0,5)}{(0,05)^2(78 - 1) + (1,96)^2(0,5)(0,5)} = 68$$

Por lo tanto, la muestra representativa quedó establecida en 68 personas.

Estas personas participaron en la aplicación de los instrumentos de validación, los cuales permitieron evaluar la usabilidad, satisfacción y eficiencia del sistema desarrollado, a través de cuestionarios tipo encuesta con Likert 7 basados en el modelo CSUQ y las pruebas de tareas ya definidas en el capítulo anterior.

La aplicación de cuestionario CSUQ se realizó a la totalidad de los participantes que realizaron las pruebas de usabilidad, para posteriormente responder el cuestionario con el cual se evaluó la facilidad de uso, la comprensión de las diferentes funciones, además de evaluar el nivel de satisfacción general del usuario con la aplicación.

La elección de esta población permitió obtener resultados confiables, ya que incluyó usuarios con diferentes niveles de conocimiento tecnológico y experiencia en el manejo de herramientas digitales, dando así un resultado completo sobre la usabilidad y funcionalidad obteniendo una visión realista sobre el uso y aceptación de la aplicación desarrollada.

Para el análisis se utilizó el Cuestionario CSUQ en su tercera versión; este instrumento fue seleccionado debido a su alta confiabilidad, evidenciada por el valor del alfa de Cronbach [50]; además, se asociaron los ítems para alcanzar la correspondencia directa de los conceptos, características y subcaracterísticas como comprensión, facilidad de aprendizaje, operabilidad y satisfacción [51].

En la Tabla XXXIV se presentan los rangos de interpretación establecidos para este coeficiente de interpretación del Alfa de Cronbach, de acuerdo a la escala de confiabilidad propuesta para los instrumentos de validación, junto con el valor obtenido en la investigación del presente trabajo.

Tabla XXXIV.
INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE ALFA DE CRONBACH PARA EL CUESTIONARIO CSUQ

| Parámetro (α) | Rango de confiabilidad | Interpretación |
|--|-------------------------------|--|
| 0.0 – 0.2 | Muy baja | El instrumento carece de consistencia interna. |
| 0.2 – 0.4 | Baja | Las preguntas muestran poca coherencia entre sí. |

Cuadro XXXIV– *continuación*

| Parámetro (α) | Rango de confiabilidad | Interpretación |
|---|------------------------|--|
| 0.4 – 0.6 | Moderada | El instrumento presenta cierta consistencia, pero podría mejorarse. |
| 0.6 – 0.8 | Buena | Existe una relación adecuada entre los ítems. |
| 0.8 – 1.0 | Alta | Excelente consistencia interna; el instrumento es altamente confiable. |
| Coefficiente obtenido: $\alpha = 0,95$ (Alta confiabilidad) | | |

Esta coeficiencia indica la homogeneidad de las respuestas, es decir, las preguntas se miden de forma coherente dando valores α cercanos a 1 que reflejan alta confiabilidad, mientras que los valores bajos indican dispersión o la falta de consistencia entre los ítems presentados.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right) \quad (4.1)$$

Donde:

- $k = 16$ corresponde al número total de ítems del cuestionario CSUQ.
- $\sum V_i = 24,37$ representa la suma de las varianzas individuales de cada ítem.
- $V_t = 230,18$ es la varianza total del instrumento.

Sustituyendo los valores obtenidos en esta investigación:

$$\alpha = \frac{16}{15} \left(1 - \frac{24,37}{230,18} \right) = 0,95$$

Este valor indica un nivel de confiabilidad **alto**, lo que demuestra que los ítems del cuestionario presentan coherencia interna y el instrumento es adecuado para evaluar la usabilidad de la aplicación desarrollada.

El valor obtenido del coeficiente del Alfa Cronbach es de $\alpha=95$ lo que muestra una excelente consistencia interna en el cuestionario aplicado.

A continuación, en la Tabla XXXV se presenta las preguntas que se usaron para realizar la el cuestionario de usabilidad, el cual consta de 16 preguntas de la tercera versión de [52]

Tabla XXXV.
ÍTEMS DEL CUESTIONARIO CSUQ APLICADO A LOS USUARIOS

| Ítem | Enunciado del cuestionario |
|-------------|--|
| a) | En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar este sistema. |
| b) | Fue sencillo usar este sistema. |
| c) | Pude completar mi trabajo rápidamente usando este sistema. |
| d) | Me sentí cómodo usando este sistema. |
| e) | Fue fácil aprender a usar este sistema. |
| f) | Creo que podría ser productivo rápidamente usando este sistema. |
| g) | El sistema dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas. |
| h) | Cada vez que cometía un error al utilizar el sistema, podía recuperarme fácil y rápidamente. |
| i) | La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla y otra documentación) provista con este sistema era clara. |
| j) | Fue fácil encontrar la información que necesitaba. |
| k) | La información provista por el sistema fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo. |
| l) | La organización de la información en las pantallas del sistema fue clara. |
| m) | La interfaz de este sistema fue agradable. |
| n) | Me gustó usar la interfaz de este sistema. |
| o) | Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga. |
| p) | En general, estoy satisfecho con este sistema. |

En los resultados obtenidos se evidencia el cumplimiento global del 92 %, de los ítems, demostrando que la aplicación es fácil de entender, cumpliendo con los estándares de usabilidad que se encuentran en la norma que se está usando.

En la presente Tabla se presentan los 3 Factores evaluados por el Cuestionario CSUQ adaptado al español por [51]. Con este instrumento medimos la percepción de la calidad a través de tres dimensiones fundamentales: calidad del sistema, calidad de la información y calidad de la interfaz permitiendo identificar fortalezas y zonas de mejora en la interfaz.

Tabla XXXVI.
FACTORES EVALUADOS POR EL CUESTIONARIO CSUQ

| Factor | Descripción |
|---|---|
| Calidad del sistema (SYSUSE) | Evalúa la percepción del usuario sobre la facilidad de uso general del sistema, su eficiencia, capacidad de aprendizaje, claridad en la ejecución de tareas y el control que se tiene sobre las funcionalidades. |
| Calidad de la información (INFOQUAL) | Analiza la claridad, precisión, relevancia, completitud y utilidad de la información que el sistema proporciona, así como su adecuación para apoyar la toma de decisiones del usuario. |
| Calidad de la interfaz (INTERQUAL) | Valora la organización, coherencia visual, estética, navegabilidad y disposición de los elementos de la interfaz, considerando su impacto en la comodidad y satisfacción del usuario al interactuar con el sistema. |

En la siguiente Tabla XXXVII se da a conocer la interpretación de los resultados obtenidos al aplicar el cuestionario, tomando en cuenta cinco factores dentro de la evaluación, estos son la inteligibilidad, aprendizaje, operabilidad, protección ante errores del usuario y estética de la interfaz.

Tabla XXXVII.
SUBCARACTERÍSTICAS DE USABILIDAD SEGÚN LA NORMA ISO/IEC 25010 Y SU RELACIÓN CON EL CUESTIONARIO CSUQ

| Subcaracterística | Descripción según ISO/IEC 25010 | Ítems CSUQ relacionados |
|--------------------------|---|--------------------------------|
| Inteligibilidad | Capacidad del sistema para que el usuario comprenda fácilmente su propósito y funcionamiento. | 1, 2 |

Continúa en la siguiente página

Cuadro XXXVII– *continuación*

| Subcaracterística | Descripción según ISO/IEC 25010 | Ítems CSUQ relacionados |
|------------------------------------|---|--------------------------------|
| Aprendizaje | Facilidad con la que los usuarios pueden aprender a utilizar el sistema. | 5, 6 |
| Operabilidad | Capacidad del sistema para permitir que el usuario controle y utilice sus funciones de manera efectiva. | 3, 4, 9, 10, 11, 12 |
| Protección ante errores de usuario | Capacidad del sistema para prevenir errores y permitir su corrección con facilidad. | 7, 8 |
| Estética de la interfaz | Grado en que la interfaz es atractiva y coherente visualmente. | 13, 14 |
| Accesibilidad | Facilidad de acceso para usuarios con diferentes niveles de habilidad o dispositivos. | Observación cualitativa |

4.1.2 Análisis general de la aplicación del instrumento

Para obtener los resultados del cuestionario, se utilizó la escala de tipo Likert valorada en 7 puntos, donde 1 es totalmente de acuerdo y 7 es totalmente en desacuerdo, esta escala nos permitió medir el grado de acuerdo o desacuerdo por parte de los participantes, con respecto a cada uno de los ítems en las preguntas realizadas.

Se eligió este instrumento porque permite representar de forma numérica la manera como perciben los participantes la usabilidad del sistema, convirtiendo las respuestas en valores cuantificables dando valor a cada pregunta; en las respuestas de las preguntas se refleja la percepción en la facilidad de uso, aprendizaje y satisfacción de los usuarios con el sistema, mientras los valores bajos son aspectos que se podrían mejorar.

A continuación, se presenta la Tabla XXXVIII de frecuencia donde se muestran los resultados obtenidos luego de la aplicación del cuestionario el mismo que fue aplicado a las 78 participantes.

Tabla XXXVIII.

TABLA DE FRECUENCIAS DEL CUESTIONARIO CSUQ APLICADO

| Opciones | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Totalmente de acuerdo | 29 | 34 | 24 | 29 | 37 | 26 | 22 | 21 | 24 | 27 | 23 | 33 | 25 | 27 | 23 | 24 |
| Bastante de acuerdo | 18 | 15 | 18 | 15 | 14 | 21 | 7 | 17 | 18 | 19 | 14 | 14 | 14 | 17 | 13 | 22 |
| De acuerdo | 16 | 16 | 13 | 13 | 14 | 13 | 14 | 14 | 21 | 16 | 22 | 17 | 14 | 10 | 16 | 10 |
| Neutral | 5 | 2 | 8 | 7 | 2 | 4 | 17 | 11 | 2 | 4 | 9 | 2 | 10 | 11 | 10 | 12 |
| En desacuerdo | 0 | 1 | 5 | 4 | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 5 | 3 | 4 | 0 |
| Bastante en desacuerdo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 |
| Totalmente en desacuerdo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 | 68 |

En la figura 44 se representa el diagrama de barras en relación a la Tabla XXXVIII en donde se muestra que la opción más votada por los usuarios es Totalmente de acuerdo dejando en evidencia una alta satisfacción con el sistema.

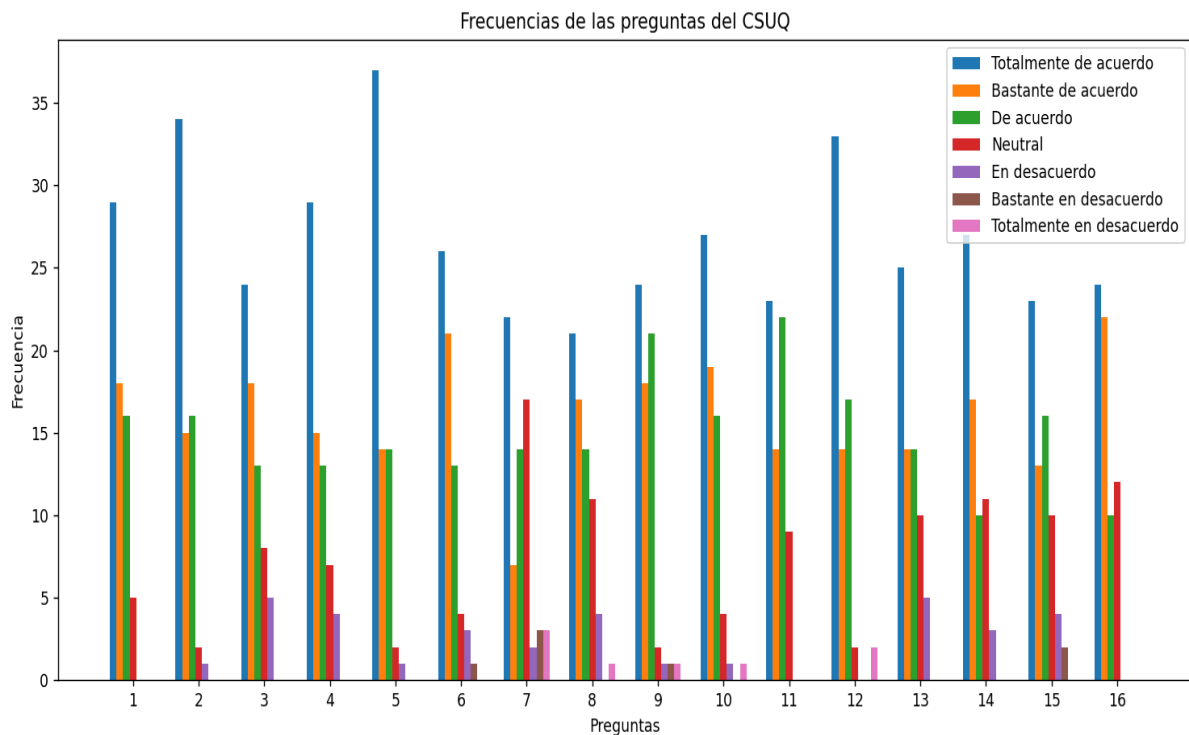


Figura. 44. Diagrama de barras de los resultados de frecuencias

En la figura 45 se presentan los promedios por ítem, para identificar las variaciones en la percepción de usabilidad por parte de los usuarios.

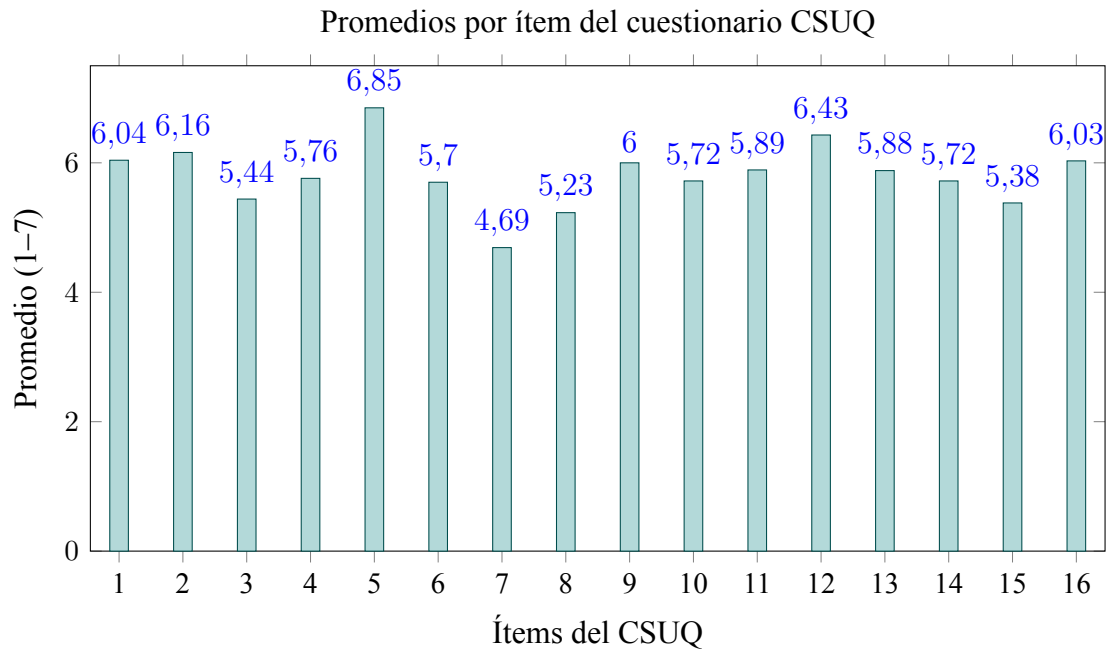


Fig. 45.
Promedios por ítem del cuestionario CSUQ

La Figura 46, este gráfico muestra las respuestas agrupadas de acuerdo a la escala de Likert usada, se realizó además el gráfico del histograma de frecuencia en base a los resultados obtenidos en la encuesta,

Por lo tanto, se puede identificar que la categoría con mayor frecuencia es Totalmente de acuerdo, con 406 respuestas, seguida de la respuesta Bastante de acuerdo con 248 respuestas, lo que se ve reflejado en un alto nivel de satisfacción, con respecto a la usabilidad de la aplicación. Por otra parte, valores en desacuerdo son 32 y totalmente en desacuerdo son 8, lo cual evidencia una baja proporción de insatisfacción, lo que refuerza el resultado de percepción positiva de todo el sistema en general.

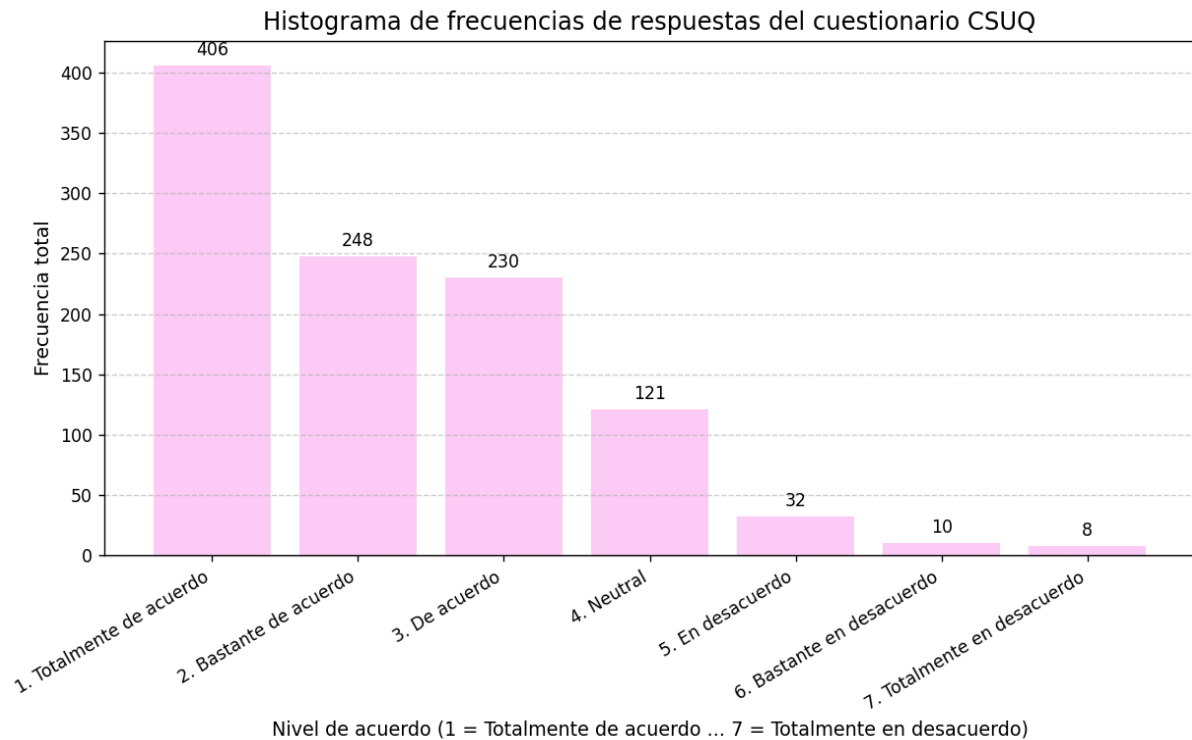


Figura. 46. Histograma de frecuencias

4.1.3 Evaluación de la usabilidad del sistema, conforme a las subcaracterísticas definidas por la norma ISO/IEC 25010.

El análisis de evaluación permitió determinar el grado en que los usuarios comprendieron, aprendieron y operaron el sistema, así como la percepción de la estética y el manejo de la plataforma. A partir de los resultados del cuestionario CSUQ, se establecieron los niveles de satisfacción con cada subcaracterística, con la finalidad de evaluar la calidad del desarrollo del software.

4.1.4 Inteligibilidad

Esta subcaracterística evalúa el grado en que los usuarios perciben el propósito del funcionamiento y el uso desde el primer momento del uso del sistema, pretermitiendo medir la claridad del diseño y la estructura de las funciones.

A continuación, se presenta el análisis de las subcaracterísticas de Usabilidad de la norma ISO/IEC 25010.

Pregunta 1: En la Figura 47 se puede observar que esta pregunta busca identificar la percepción general de los usuarios con la facilidad de uso de la aplicación.

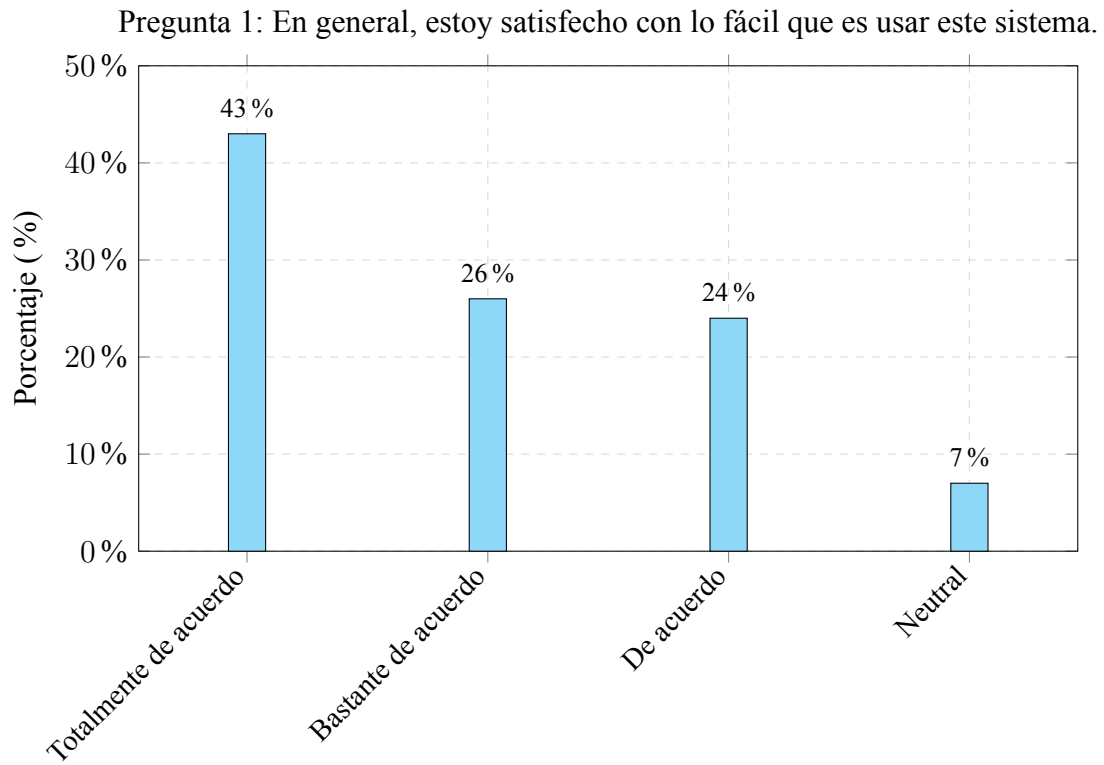


Fig. 47.

Gráfico de barras de la pregunta 1: En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar este sistema.

El 43 % de los participantes indicó estar totalmente de acuerdo, mientras que el 26, % estuvo bastante de acuerdo. Esto demuestra una alta satisfacción en general con la facilidad de uso, lo que valida un diseño intuitivo de la aplicación.

Pregunta 2: En la Figura 48, se evalúa la sencillez con la que los usuarios pudieron interactuar con el sistema sin requerimiento de esfuerzo adicional.

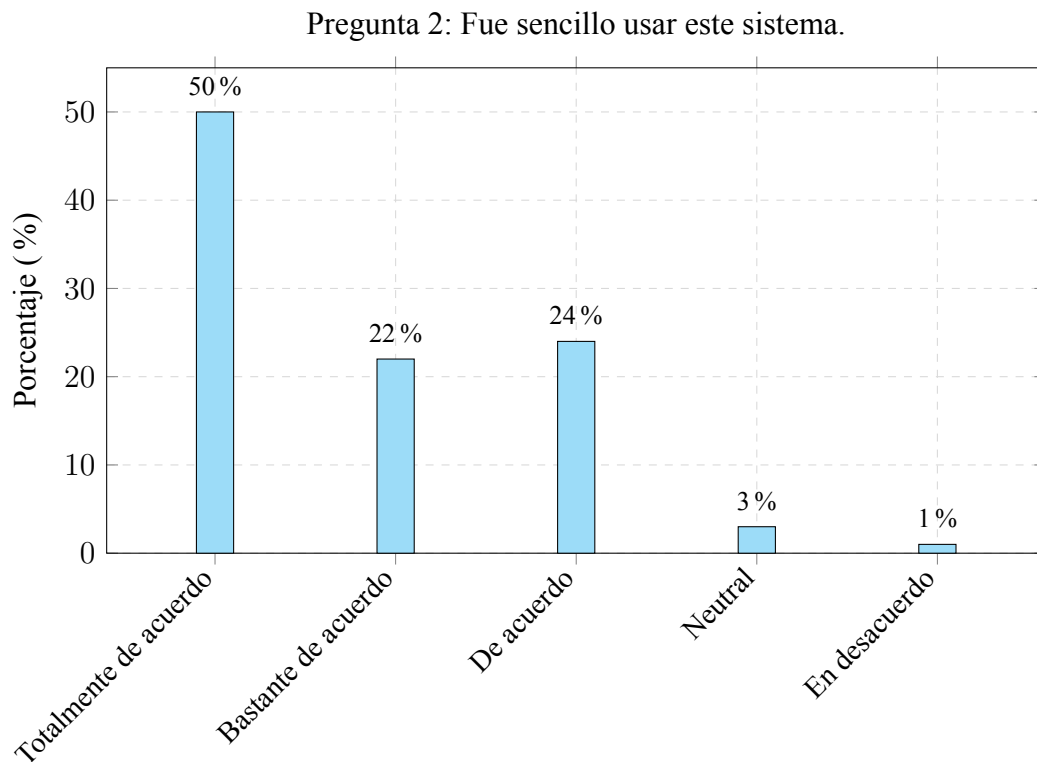


Fig. 48.

Distribución de respuestas para la pregunta 2: Fue sencillo usar este sistema.

El 50 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 24 % que escogió estar de acuerdo. Esto demuestra que la mayoría de los usuarios perciben la aplicación como sencilla de manejar y coherente en funcionalidad.

4.1.5 Aprendizaje

Pregunta 5: Esta pregunta, representada en la Figura 49 busca analizar la curva de aprendizaje con la que los usuarios manejaron la aplicación.

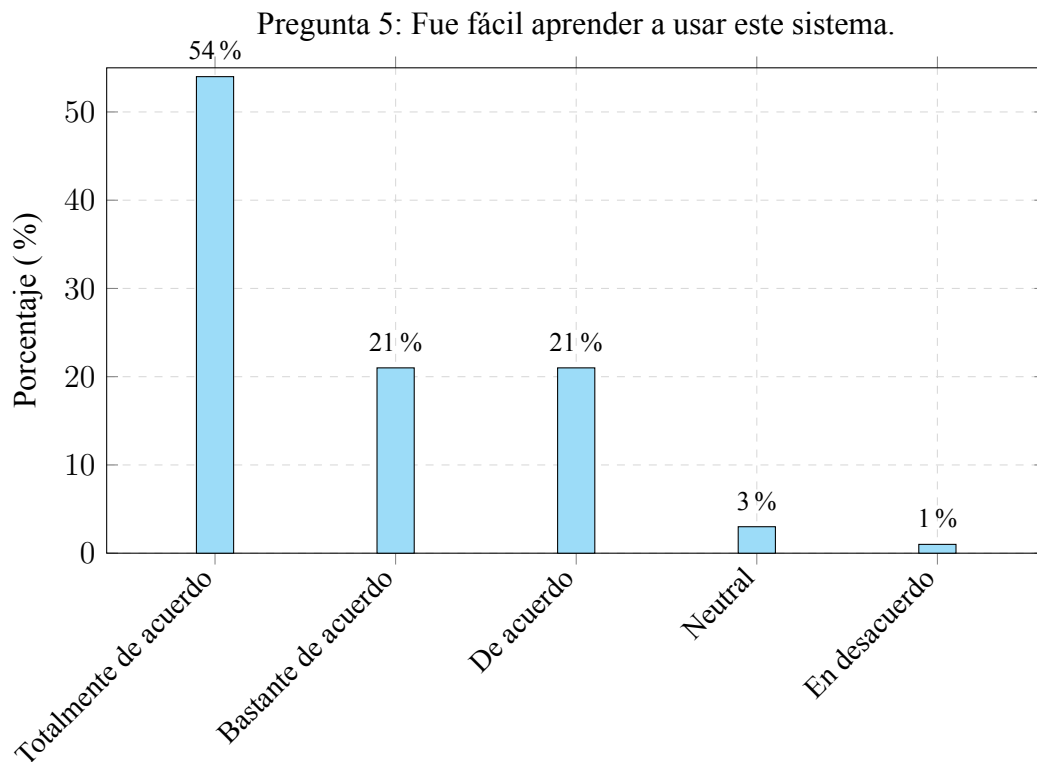


Fig. 49.

Distribución de respuestas para la pregunta 5: Fue fácil aprender a usar este sistema.

El 54% de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 21% que escogió estar bastante de acuerdo. Esto evidencia una percepción positiva hacia el sistema en términos de usabilidad, lo que se ve reflejado en la curva de aprendizaje corta y accesible.

Pregunta 6: Esta pregunta que se representa en la Figura 50 mide la capacidad con la que los usuarios usan el sistema de una forma eficiente en su primera vez.

Pregunta 6: Creo que podría ser productivo rápidamente usando este sistema.

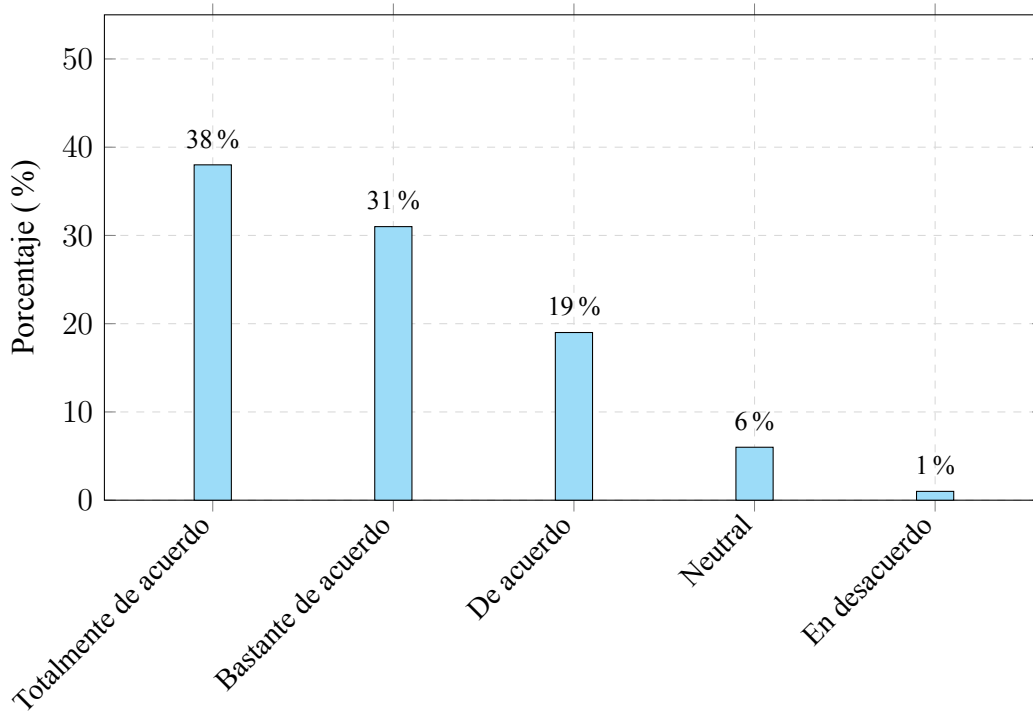


Fig. 50.

Distribución de respuestas para la pregunta 6: Creo que podría ser productivo rápidamente usando este sistema.

El 38 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 31 % que escogió estar bastante de acuerdo, reflejando que la aplicación permite adaptarse de forma rápida y productiva.

4.1.6 Operabilidad

Esta subcaracterística mide la facilidad con que los usuarios pueden controlar, ejecutar y mantener sus acciones dentro del sistema, evaluando la eficiencia y comodidad mientras la usan.

Pregunta 3: En la Figura 51 se puede analizar la percepción de la eficiencia del usuario al realizar tareas dentro de la aplicación.

Pregunta 3: Pude completar mi trabajo rápidamente usando este sistema.

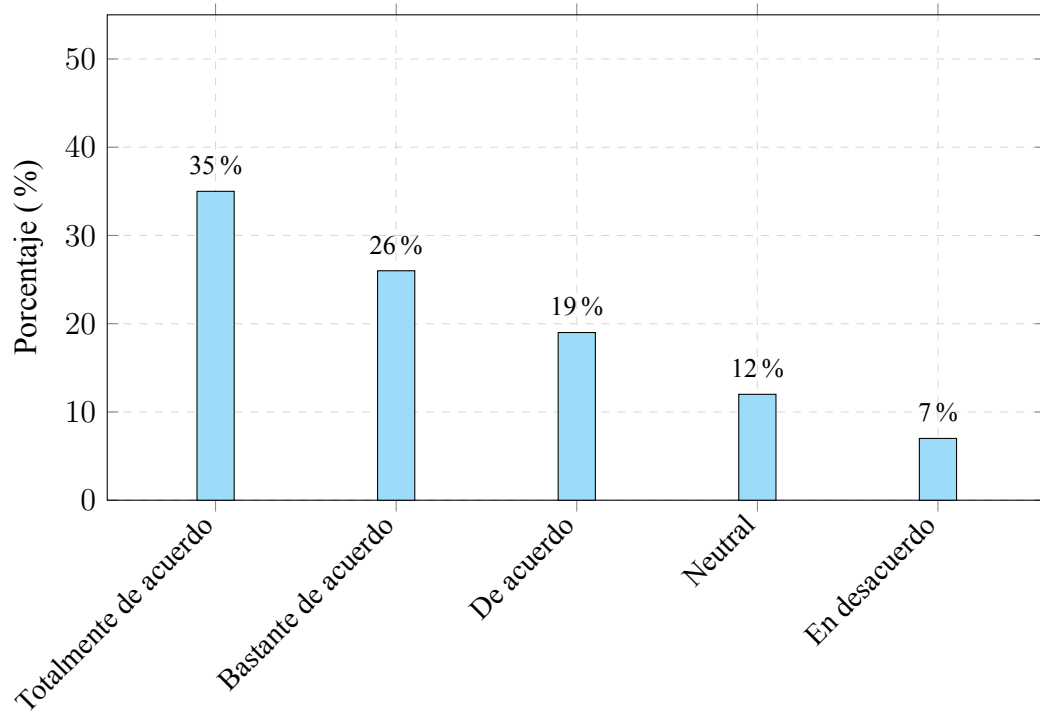


Fig. 51.

Distribución de respuestas para la pregunta 3: Pude completar mi trabajo rápidamente usando este sistema.

El 35 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 26 % que escogió estar bastante de acuerdo, lo que refleja que la aplicación facilita la ejecución de tareas de forma ágil y eficiente.

Pregunta 4: En la Figura 52 se evalúa el nivel de confort que el usuario experimenta al interactuar con la aplicación.

Pregunta 4: Me sentí cómodo usando este sistema.

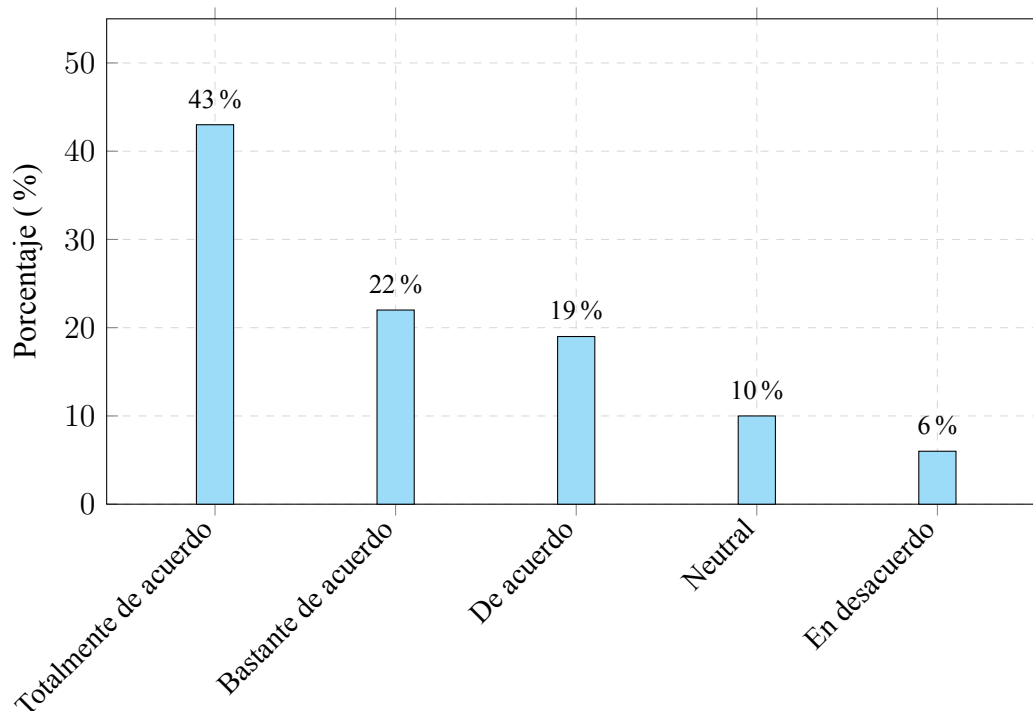


Fig. 52.

Distribución de respuestas para la pregunta 4: Me sentí cómodo usando este sistema.

El 43 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 22 % que escogió estar bastante de acuerdo, indicando que la aplicación proporciona una experiencia cómoda y agradable, lo cual contribuye a su aceptación general.

Pregunta 15: En la Figura 53 se recoge la valoración global de los usuarios frente al funcionamiento y desempeño general del sistema.

Pregunta 15: Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga.

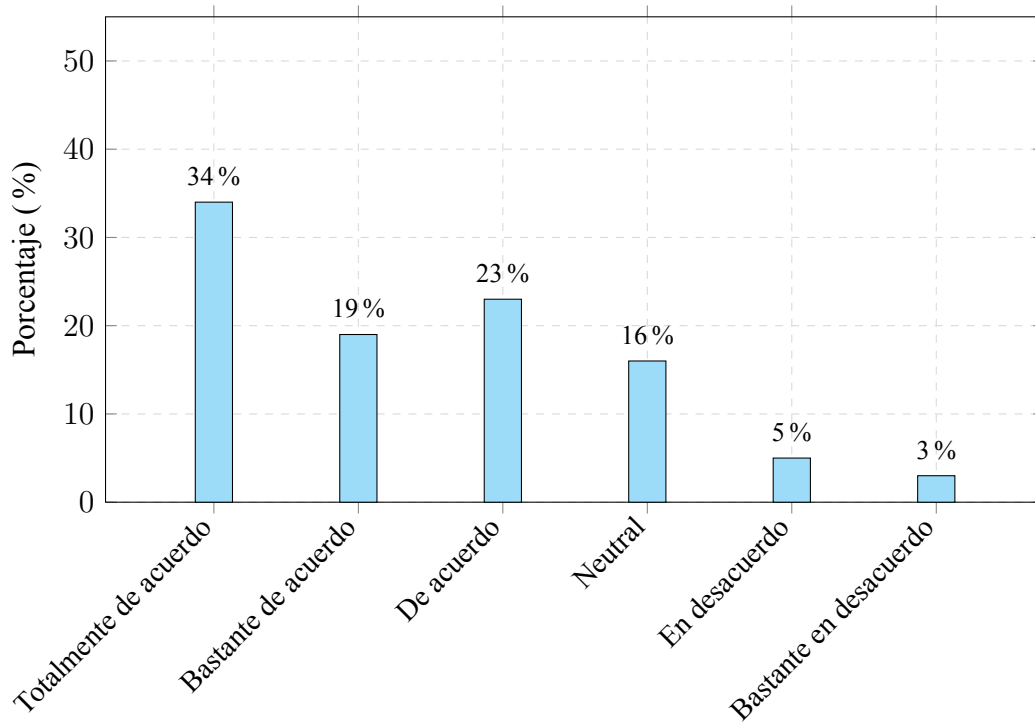


Fig. 53.

Distribución de respuestas para la pregunta 15: Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga.

El 34% de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 23% que escogió estar de acuerdo, lo que confirma que el sistema cumple con las expectativas funcionales planteadas.

Pregunta 16: En la Figura 54 se presenta a valoración de los usuarios al respecto de la valoración y satisfacción general del sistema

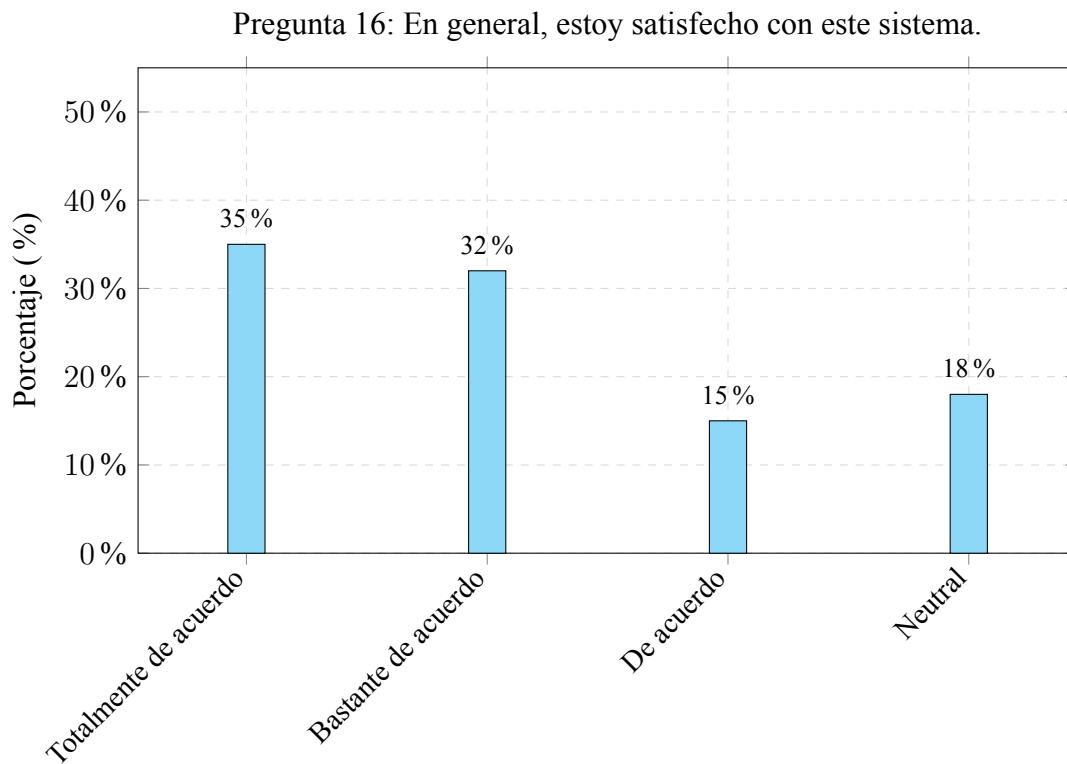


Fig. 54.

Gráfico de barras de la pregunta 16: En general, estoy satisfecho con este sistema.

El resultado muestra una tendencia. El 35 % de los encuestados respondió que está totalmente de acuerdo mientras que el 32 % seleccionó estar bastante de acuerdo. Bajo estas respuestas se refuerza el nivel de aceptación y perspectiva positiva por parte de los usuarios ante el funcionamiento global del sistema.

4.1.7 Protección ante errores de usuario

Esta subcaracterística evaluó la capacidad de la aplicación para prevenir errores y permitir la recuperación del sistema frente a errores cometidos por los usuarios, evitando la frustración de los mismos y evitando de esta forma la pérdida de información.

Pregunta 7: En la Figura 55 se mide la claridad y utilidad de los mensajes de error presentados por la aplicación.

Pregunta 7: El sistema dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas.

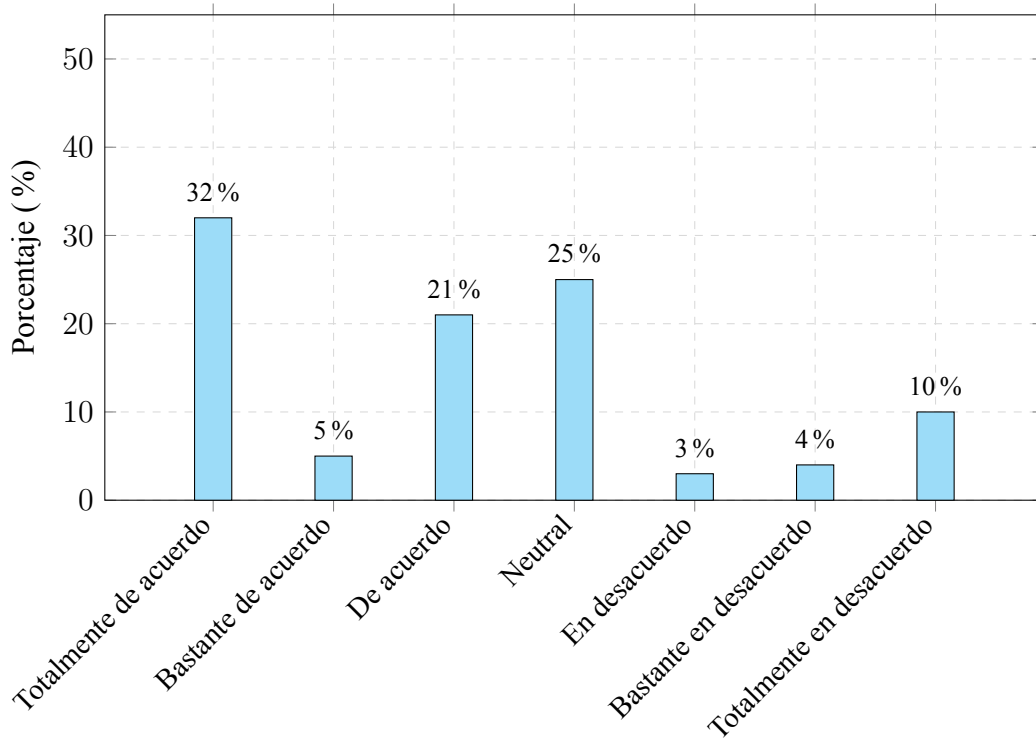


Fig. 55.

Distribución de respuestas para la pregunta 7: El sistema dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas.

El 32% de los usuarios respondió estar bastante de acuerdo, mientras que el 25% seleccionó de acuerdo; estos resultados muestran mensajes claros y comprensibles de error del sistema, permitiendo identificar y resolver de manera efectiva.

Pregunta 8: En la Figura 56 se evalúa la facilidad de recuperación del usuario ante fallos o acciones incorrectas durante la interacción.

Pregunta 8: Cada vez que cometía un error al utilizar el sistema, podía recuperarme fácil y rápidamente.

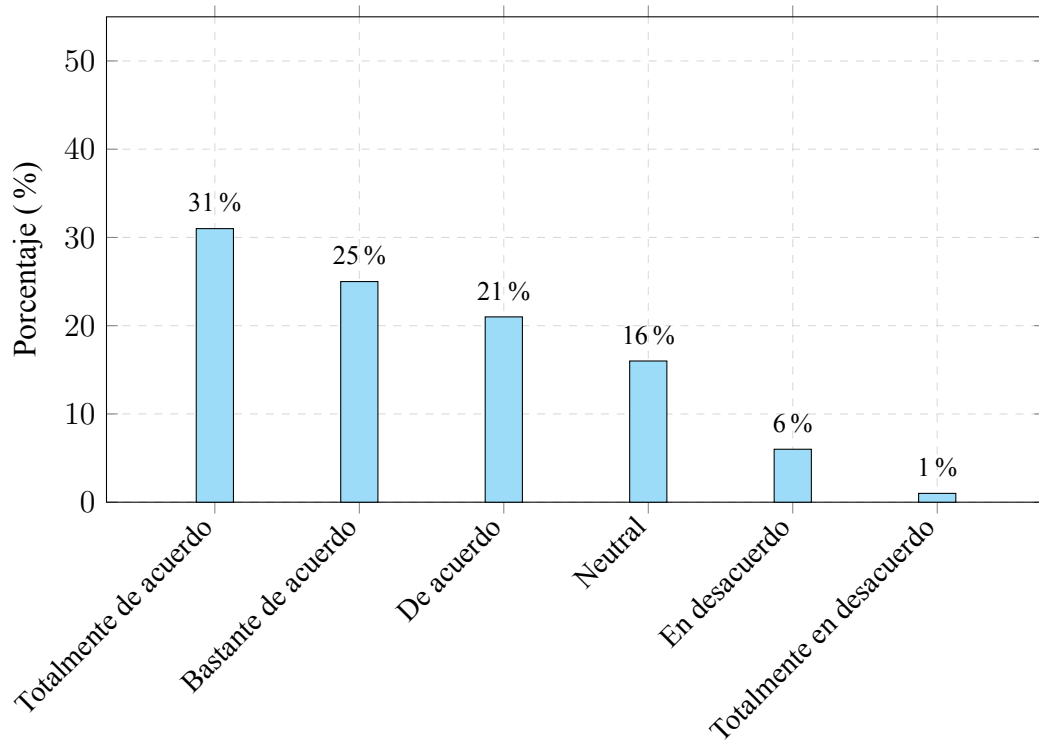


Fig. 56.

Distribución de respuestas para la pregunta 8: Cada vez que cometía un error al utilizar el sistema, podía recuperarme fácil y rápidamente.

El 31 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 25 % que escogió estar bastante de acuerdo, mostrando que la recuperación de errores es funcional, aunque existen oportunidades de mejora para una mayor fluidez.

4.1.8 Estética de la interfaz de usuario

Analiza la percepción desde el punto de vista del usuario acerca del diseño visual de la aplicación como la armonía de colores, la disposición y lo atractivo en sí de todo el entorno.

Pregunta 13: En la Figura 57 se mide la percepción del atractivo visual general de la aplicación.

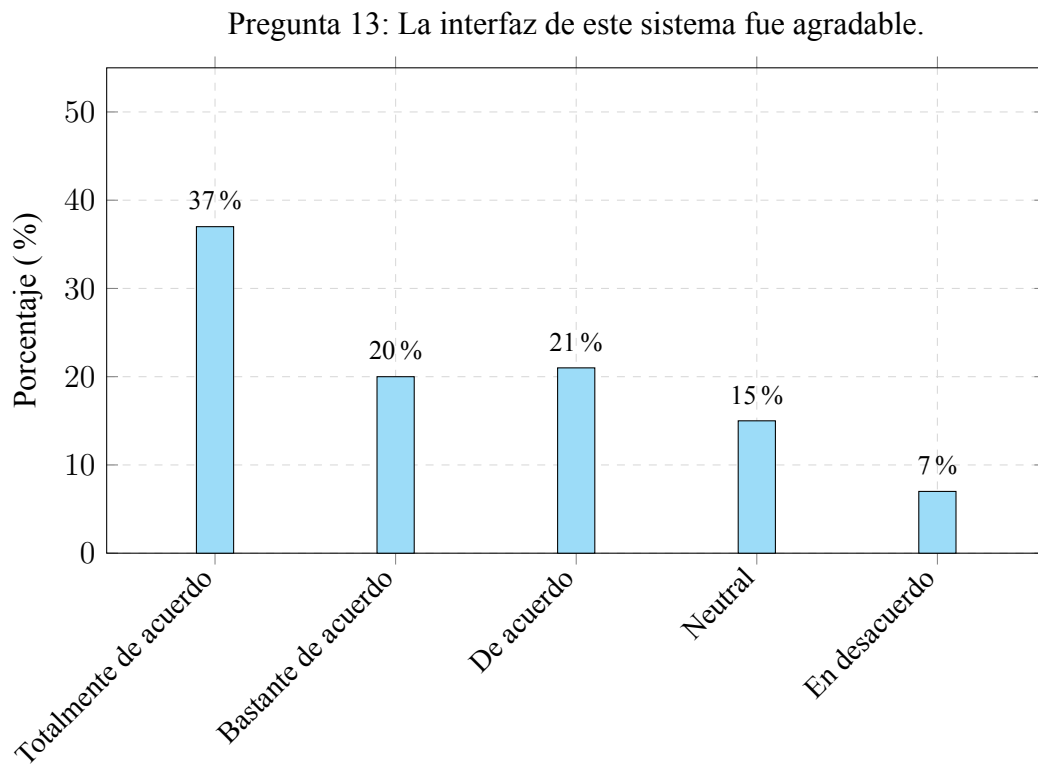


Fig. 57.

Distribución de respuestas para la pregunta 13: La interfaz de este sistema fue agradable.

El 37% de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 21% que escogió estar bastante de acuerdo, destacando la armonía visual y estética del diseño de la aplicación

Pregunta 14: En la Figura 58 se evalúa el grado de satisfacción estética y la experiencia visual del usuario.

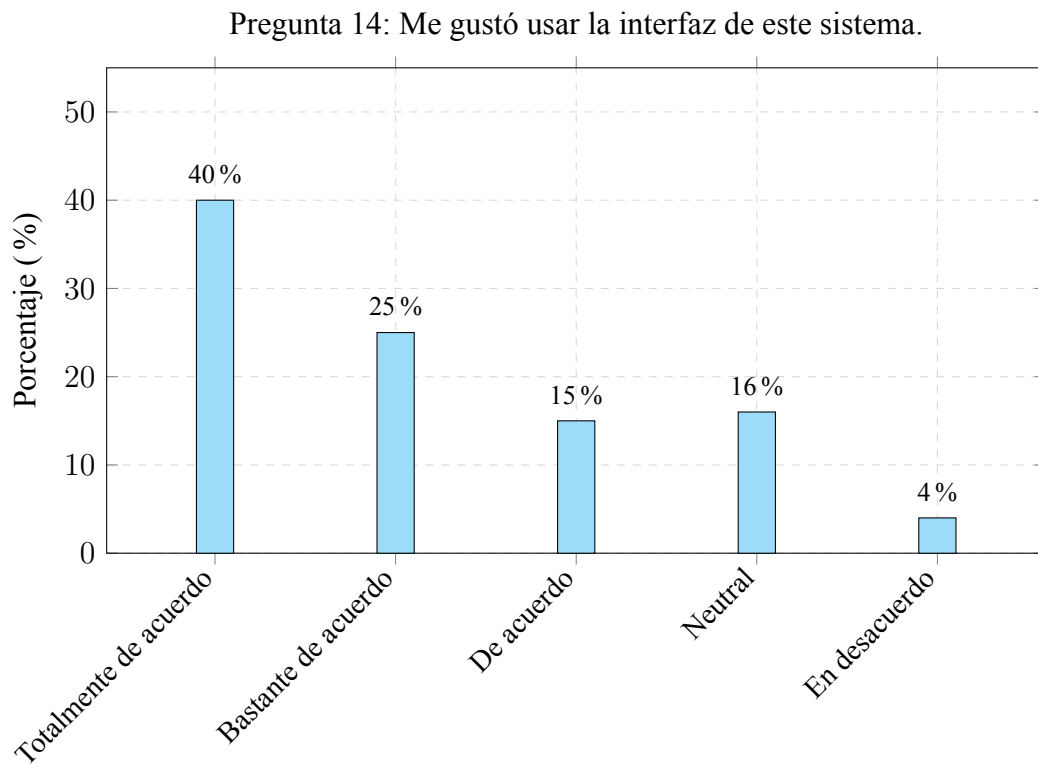


Fig. 58.

Distribución de respuestas para la pregunta 14: Me gustó usar la interfaz de este sistema.

El 40 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 25 % que escogió estar bastante de acuerdo, lo cual demuestra una experiencia positiva y atractiva al utilizar la plataforma.

4.1.9 Accesibilidad

Esta subcaracterística valúa la facilidad con que los usuarios acceden y usan la información presentada en el sistema, tomando en consideración la organización, claridad y disponibilidad del contenido.

Pregunta 9: En la Figura 59 se analiza la comprensión de la información brindada dentro de la aplicación.

Pregunta 9: La información provista con este sistema era clara.

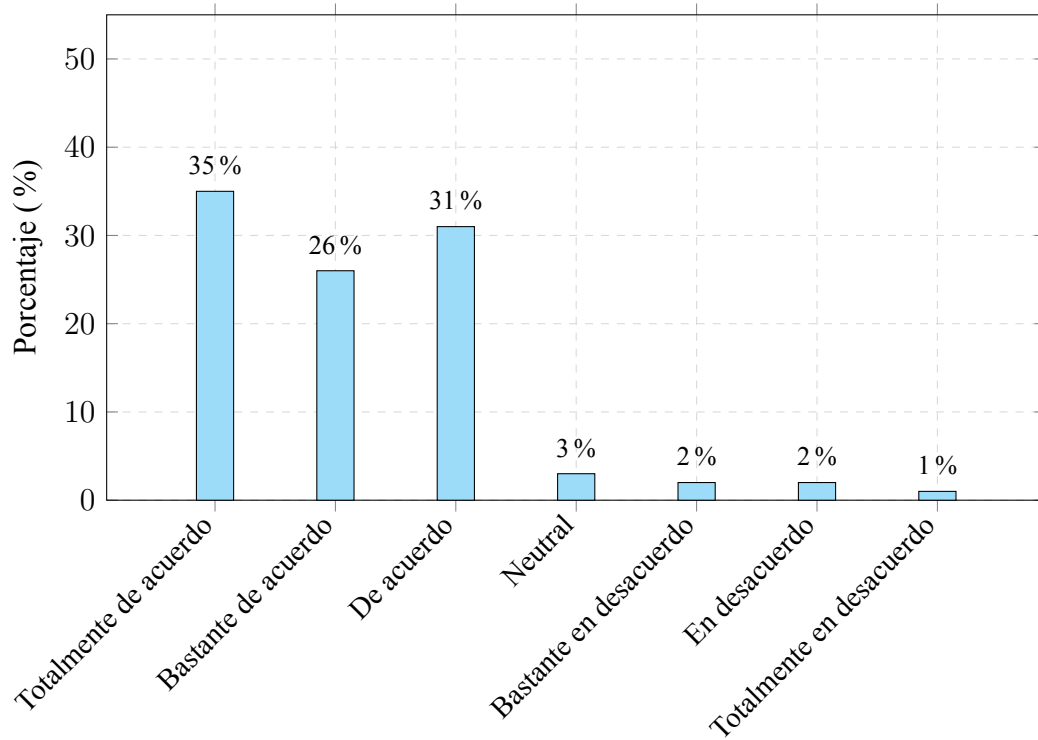


Fig. 59.

Distribución de respuestas para la pregunta 9: La información provista con este sistema era clara.

El 35 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 31 % que escogió estar de acuerdo evidenciando que la información y los mensajes del sistema son comprensibles y útiles durante la interacción.

Pregunta 10: En la Figura 60 se evalúa la organización y facilidad de búsqueda dentro de los módulos.

Pregunta 10: Fue fácil encontrar la información que necesitaba.

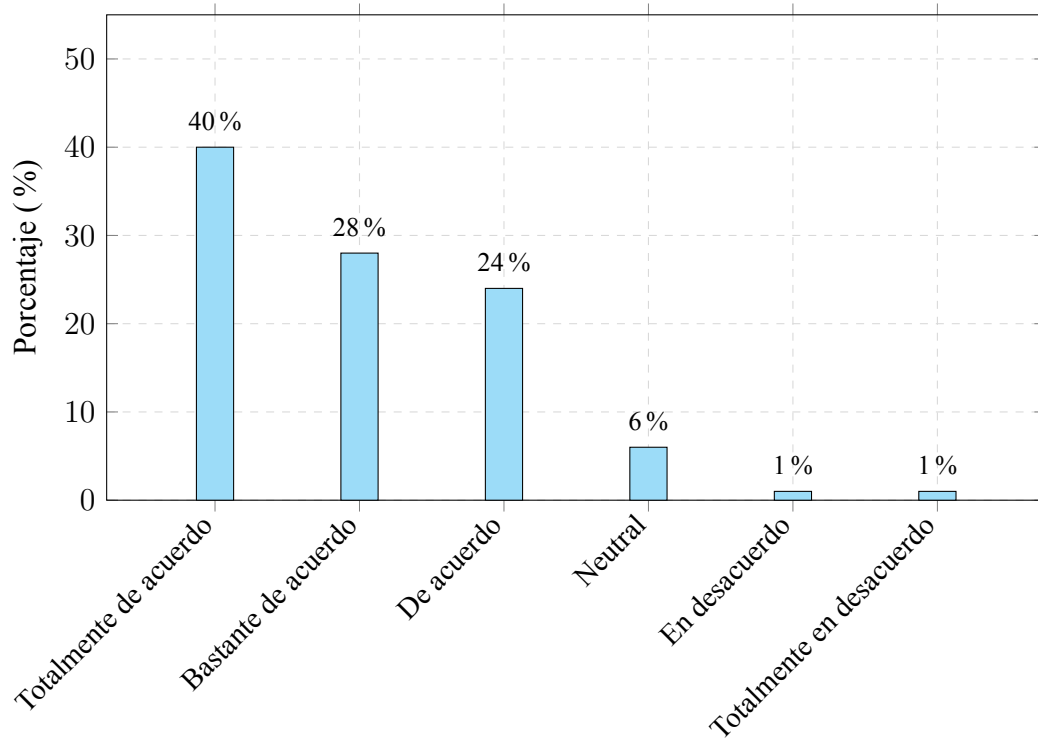


Fig. 60.

Distribución de respuestas para la pregunta 10: Fue fácil encontrar la información que necesitaba.

El 40 % de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 28 % que escogió estar bastante de acuerdo, lo que demuestra que la organización de los menús y opciones es efectiva para acceder a los datos requeridos.

Pregunta 11: En la Figura 61 se puede determinar si la información mostrada fue realmente útil para el usuario.

Pregunta 11: La información provista por el sistema fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo.

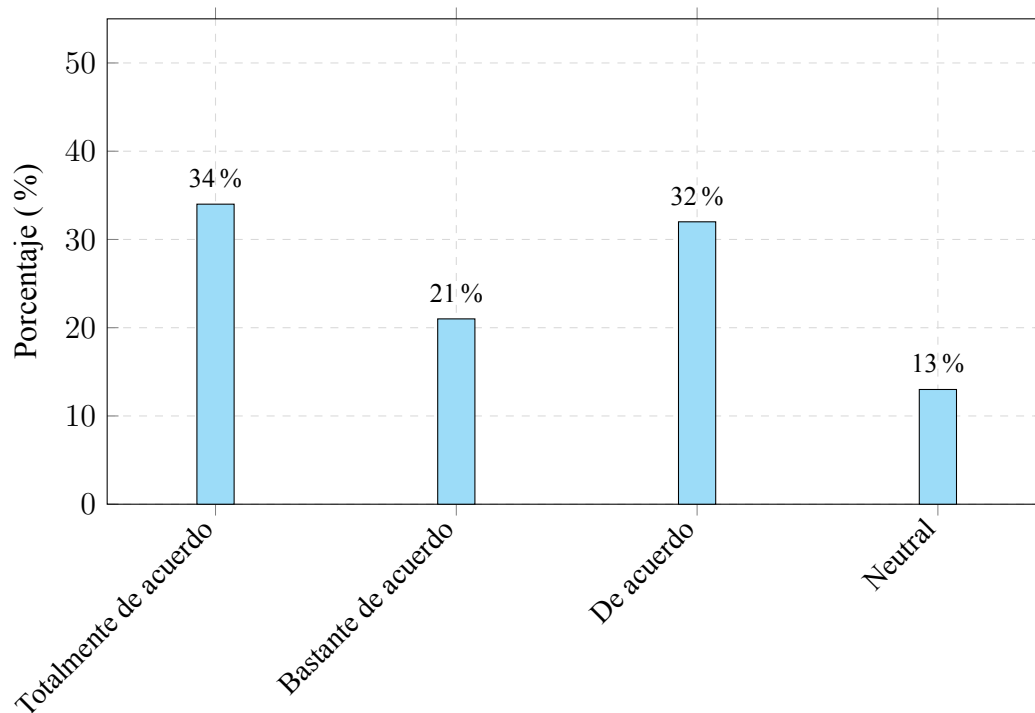


Fig. 61.

Distribución de respuestas para la pregunta 11: La información provista por el sistema fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo.

El 34% de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 32% que escogió estar de acuerdo, confirmando que la información mostrada facilita el cumplimiento de las tareas dentro de la aplicación.

Pregunta 12: En la Figura 62 se valúa la distribución, orden y coherencia visual de los elementos en la interfaz.

Pregunta 12: La organización de la información en las pantallas del sistema fue clara.

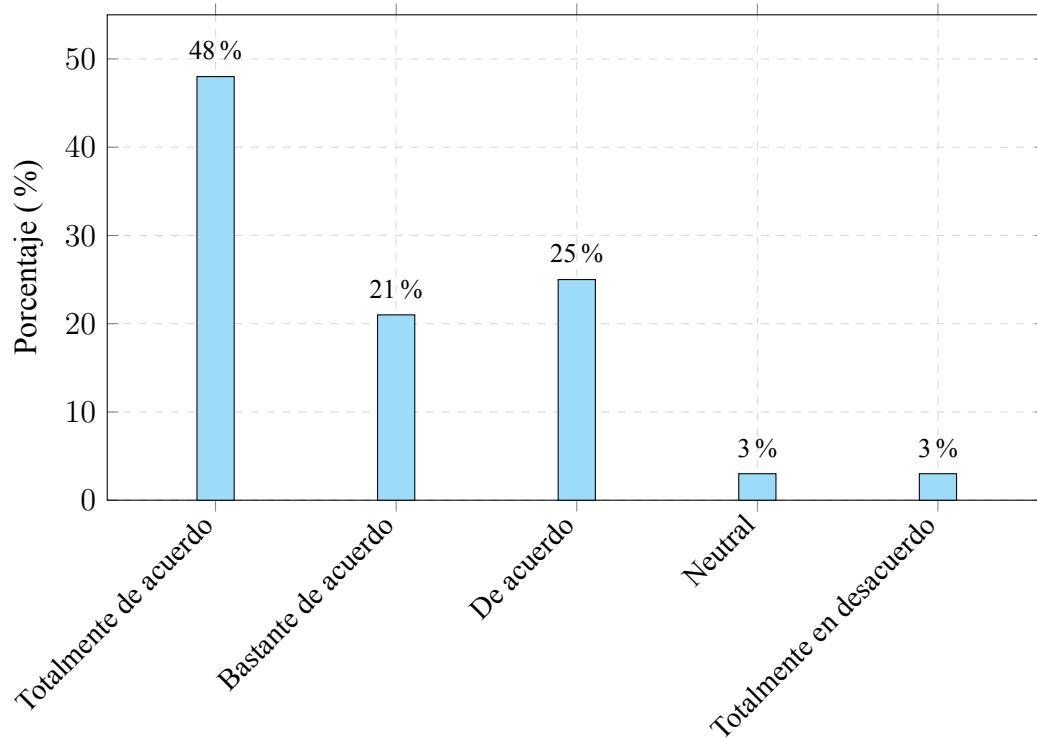


Fig. 62.

Distribución de respuestas para la pregunta 12: La organización de la información en las pantallas del sistema fue clara.

El 49% de los encuestados seleccionó totalmente de acuerdo, seguido de un 25% que escogió estar de acuerdo, lo que refleja una estructura visual coherente y bien diseñada.

4.1.10 Test de Normalidad

Con el fin de determinar si los datos del cuestionario aplicado siguen una distribución normal, se aplicó la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, el mismo permite identificar si el puntaje representa una distribución simétrica o existen sesgos hacia valores elevado o bajos

Este tipo de análisis es importante para definir el tipo de pruebas estadísticas que se van a aplicar, las mismas que pueden ser paramétricas o no paramétricas para conocer el comportamiento general de la aplicación y la percepción de los usuarios frente al proyecto desarrollado.

Tabla XXXIX.
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO–WILK APLICADA A LOS PUNTAJES DEL CUESTIONARIO CSUQ

| Variable analizada | N | Estadístico W | Valor p | Interpretación |
|--------------------|----|---------------|---------|--|
| Puntaje total CSUQ | 68 | 0.874 | 0.001 | Los datos no siguen una distribución normal, mostrando una tendencia sesgada hacia valores altos que reflejan satisfacción generalizada con la usabilidad del sistema. |

El histograma de la figura 63 muestra una concentración elevada en valores con rangos altos que se sitúan entre 100 y 112, lo que nos indica que la mayoría de usuarios dio respuestas positivas frente al sistema.

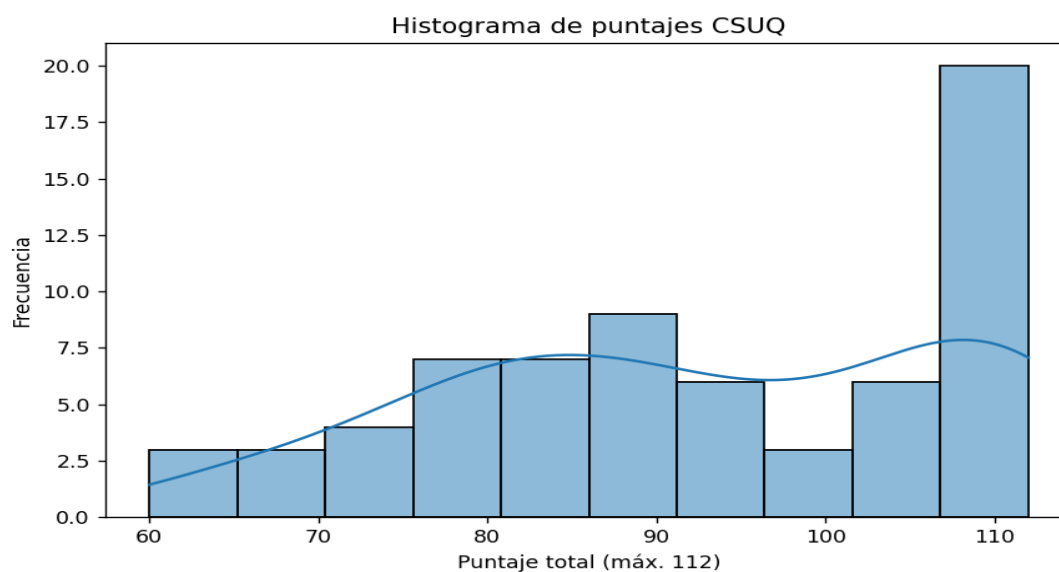


Figura. 63. Test de normalidad

Como se muestra en la Tabla XXXIX, la mayoría de los usuarios alcanzó puntajes elevados en la escala CSUQ, concentrándose principalmente entre los rangos de 100 y 112 puntos (41,17%). Este resultado refleja una percepción claramente favorable hacia la usabilidad del sistema. Solo un 4,41% de los participantes obtuvo puntajes inferiores a 70, lo que indica que los niveles de insatisfacción son prácticamente inexistentes y que la experiencia de uso general fue positiva.

En este test se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, debido a que tenemos una muestra menor a 100 la cual arrojó un valor que evidencia que los datos no siguen una distribución normal ($p < 0,05$).

El análisis evidenció que los valores no presentan una distribución normal, lo cual se refleja en el histograma, donde se observa una concentración de puntajes altos. El valor significativo obtenido fue $p = 0,001$, menor al umbral de 0,05; por lo tanto, se concluye que los datos no siguen una distribución normal.

Este comportamiento refleja una tendencia sesgada hacia valores altos, lo que evidencia una satisfacción generalizada por parte de los usuarios respecto a la facilidad de uso y la usabilidad del sistema desarrollado.

4.1.11 Correlación de variables

Para determinar la relación entre las subcaracterísticas de usabilidad establecidas por la norma ISO/IEC 25010, se aplicó la prueba de correlación de Spearman. Este análisis permite identificar si existe asociación entre las variables evaluadas en el cuestionario CSUQ, considerando que los datos no siguen distribución normal, tal como se pudo evidenciar en el test Shapiro-Wilk en la figura XXXIX, el coeficiente de correlación de Spearman permitió identificar el grado y dirección de asociación entre dos variables ordinales o de intervalo, evaluando si los cambios en una de ellas se corresponden con cambios en la otra.

En el contexto del presente estudio, esta prueba permitió determinar si las subcaracterísticas, como la inteligibilidad, facilidad de aprendizaje, operabilidad, protección ante errores, estética de la interfaz y accesibilidad, presentan relaciones significativas entre sí, lo que refleja la coherencia interna en la percepción de usabilidad del sistema por parte de los usuarios.

En la Tabla XL se presentan los valores del coeficiente de correlación de Spearman, obtenidos entre las subcaracterísticas de usabilidad evaluadas. Se observa una fuerte correlación positiva entre aprendizaje y operabilidad ($\rho = 0.84$), seguida de la relación entre inteligibilidad y aprendizaje ($\rho = 0.83$). Estos resultados reflejan que los usuarios que perciben el sistema como fácil de comprender también consideran que es sencillo de aprender y operar, demostrando consistencia en la percepción global de usabilidad.

Tabla XL.

MATRIZ DE CORRELACIÓN DE SPEARMAN ENTRE LAS SUBCARACTERÍSTICAS DE USABILIDAD

| Subcaracterística | Intelig. | Aprend. | Opera. | Prot. errores | Estética | Acces. |
|---------------------------|-----------------|----------------|---------------|----------------------|-----------------|---------------|
| Inteligibilidad | 1.000 | 0.801 | 0.783 | 0.705 | 0.729 | 0.692 |
| Aprendizaje | 0.801 | 1.000 | 0.812 | 0.752 | 0.768 | 0.724 |
| Operabilidad | 0.783 | 0.812 | 1.000 | 0.795 | 0.755 | 0.709 |
| Protección errores | 0.705 | 0.752 | 0.795 | 1.000 | 0.734 | 0.688 |
| Estética interfaz | 0.729 | 0.768 | 0.755 | 0.734 | 1.000 | 0.716 |
| Accesibilidad | 0.692 | 0.724 | 0.709 | 0.688 | 0.716 | 1.000 |

En la Figura 64 se presenta el mapa de calor de las correlaciones de Spearman entre las subcaracterísticas de usabilidad. Los resultados muestran correlaciones positivas altas ($\rho > 0.65$) entre todas las dimensiones evaluadas, evidenciando coherencia en la percepción de los usuarios sobre la facilidad de uso, comprensión y atractivo del sistema. Destaca la fuerte relación entre Inteligibilidad y Aprendizaje ($\rho = 0.88$), así como entre Operabilidad y Protección ante errores ($\rho = 0.84$), lo que sugiere que los usuarios que comprenden y aprenden fácilmente el sistema también perciben una alta capacidad operativa y un manejo seguro frente a errores.

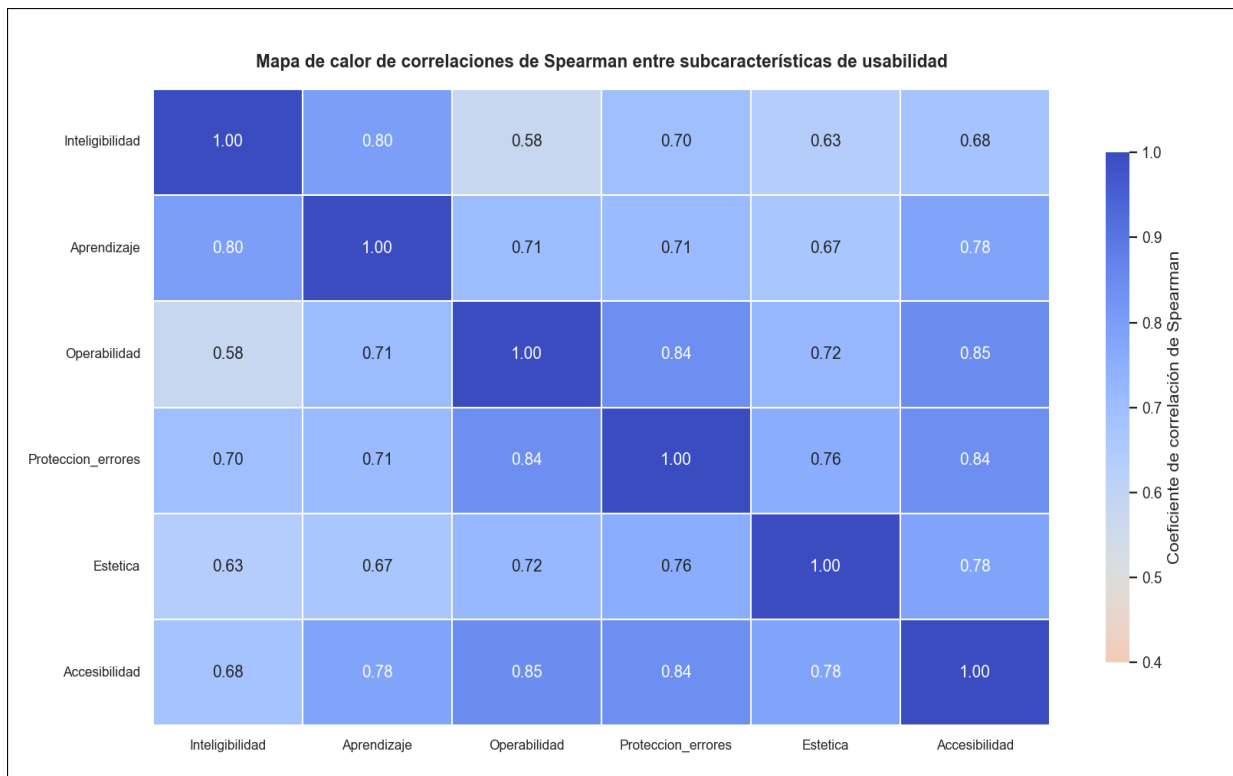


Figura. 64. Mapa de calor

A continuación, se detallan los principales hallazgos:

4.1.12 Análisis de correlación entre subcaracterísticas de usabilidad

En la Figura 64 que antecede se presenta el mapa de calor correspondiente a las correlaciones de Spearman obtenidas entre las subcaracterísticas de usabilidad evaluadas conforme a la norma ISO/IEC 25010.

El coeficiente de Spearman (ρ) permitió identificar la fuerza y dirección de la relación uniforme entre variables ordinales, sin requerir la normalidad de los datos. Los valores obtenidos se encuentran en un rango comprendido entre 0.57 y 0.88, lo cual evidencia correlaciones positivas moderadas a altas entre las dimensiones analizadas. Este comportamiento sugiere que, a medida que los usuarios usan la aplicación, perciben una mejora en las subcaracterísticas, y tienden también a valorar positivamente otras dimensiones relacionadas con la usabilidad.

A continuación, se detalla el análisis individual de las principales relaciones observadas:

Tabla XLI.
CORRELACIONES DE SPEARMAN ENTRE SUBCARACTERÍSTICAS DE USABILIDAD

| Relación analizada | Coefficiente (ρ) | Interpretación |
|---|-------------------------|--|
| Inteligibilidad – Aprendizaje | 0.80 | Correlación alta positiva; una mayor comprensión del sistema facilita el proceso de aprendizaje. |
| Operabilidad – Protección ante errores | 0.84 | Correlación muy fuerte; un sistema fácil de operar tiende a reducir errores de uso. |
| Operabilidad – Accesibilidad | 0.85 | Correlación más alta; la facilidad de interacción está estrechamente relacionada con la accesibilidad del sistema. |
| Protección ante errores – Accesibilidad | 0.84 | Correlación fuerte positiva; la accesibilidad contribuye a disminuir errores durante la interacción. |
| Estética – Otras subcaracterísticas | 0.76–0.78 | Correlaciones moderadas a altas; la estética influye favorablemente en la percepción general de la usabilidad. |

4.1.13 Correlación de variables

A continuación se presenta la correlación entre las subcaracterísticas de usabilidad, la misma que se llevó a cabo mediante el cuestionario CSUQ, de acuerdo a los lineamientos de la norma ISO/IEC 25010 y a través del coeficiente de Spearman se busca determinar la fuerza y dirección que determinan la usabilidad del sistema, considerando que los datos no siguen una distribución normal como se evidencia en la Tabla XXXIX. En este análisis se verifica la coherencia interna del instrumento aplicado y representa la consistencia percibida por los usuarios, validando la efectividad del diseño interactivo de la aplicación.

- Inteligibilidad y Aprendizaje ($\rho = 0,80$): Se observa una correlación alta, lo que indica que una mayor comprensión del sistema facilita el proceso de aprendizaje por parte de los usuarios. Esto demuestra que la estructura de la interfaz y la disposición de los elementos contribuyen a la intuición y la eficiencia en el uso.

En la Figura 65 se observa la relación entre las subcaracterísticas de inteligibilidad y aprendizaje donde se evidencia una correlación positiva fuerte ($\rho = 0,80$): lo que indica que los usuarios comprenden el funcionamiento del sistema y la facilidad de uso del mismo, esto evidencia la claridad de la interfaz y la asociación positiva de los elementos contribuyendo al aprendizaje directo de los usuarios.

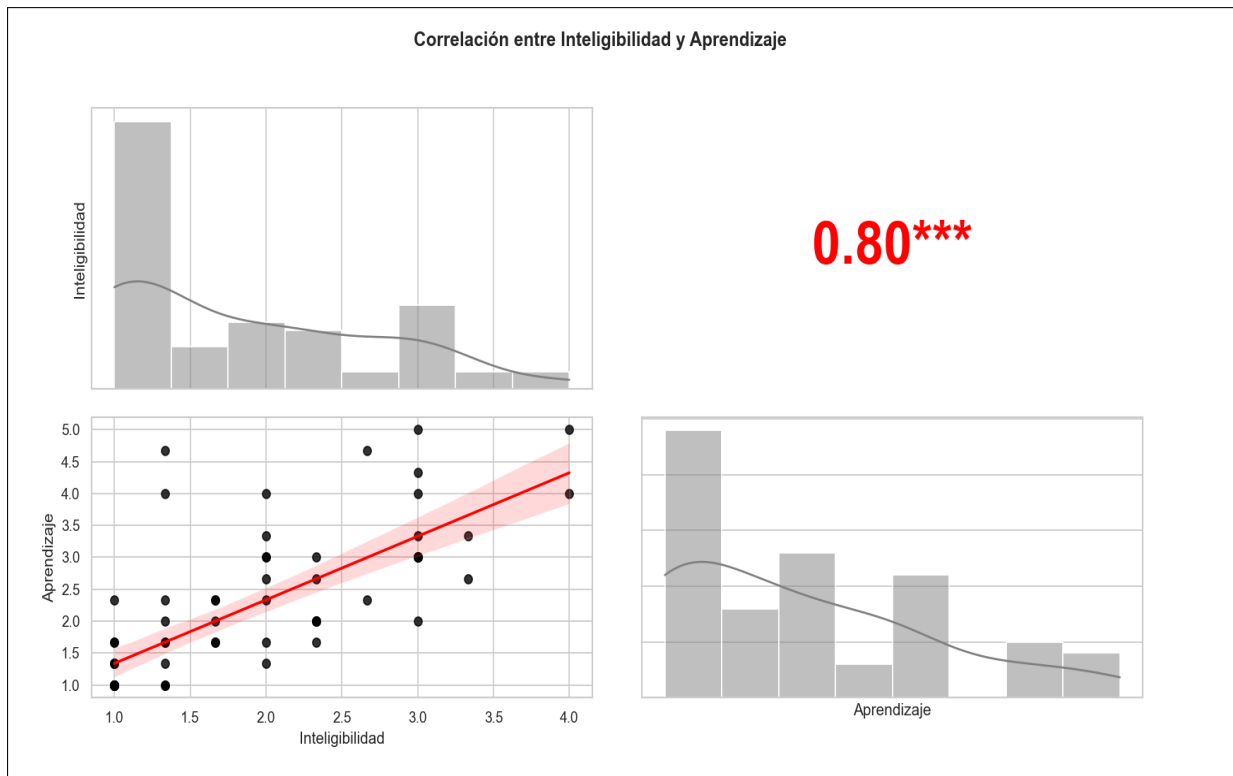


Figura. 65. Inteligibilidad y Aprendizaje

- Operabilidad y Protección ante errores ($\rho = 0,84$): Existe una relación muy fuerte y positiva, evidenciando que un sistema fácil de operar permite también prevenir errores de uso. Esto refleja un diseño funcional claro y una retroalimentación adecuada ante las acciones del usuario.

En la Figura 66 se evidencia una correlación positiva fuerte ($\rho = 0,84$), lo que indica que el sistema es fácil de usar y tiende a reducir errores de uso, contribuyendo al manejo seguro de la aplicación.

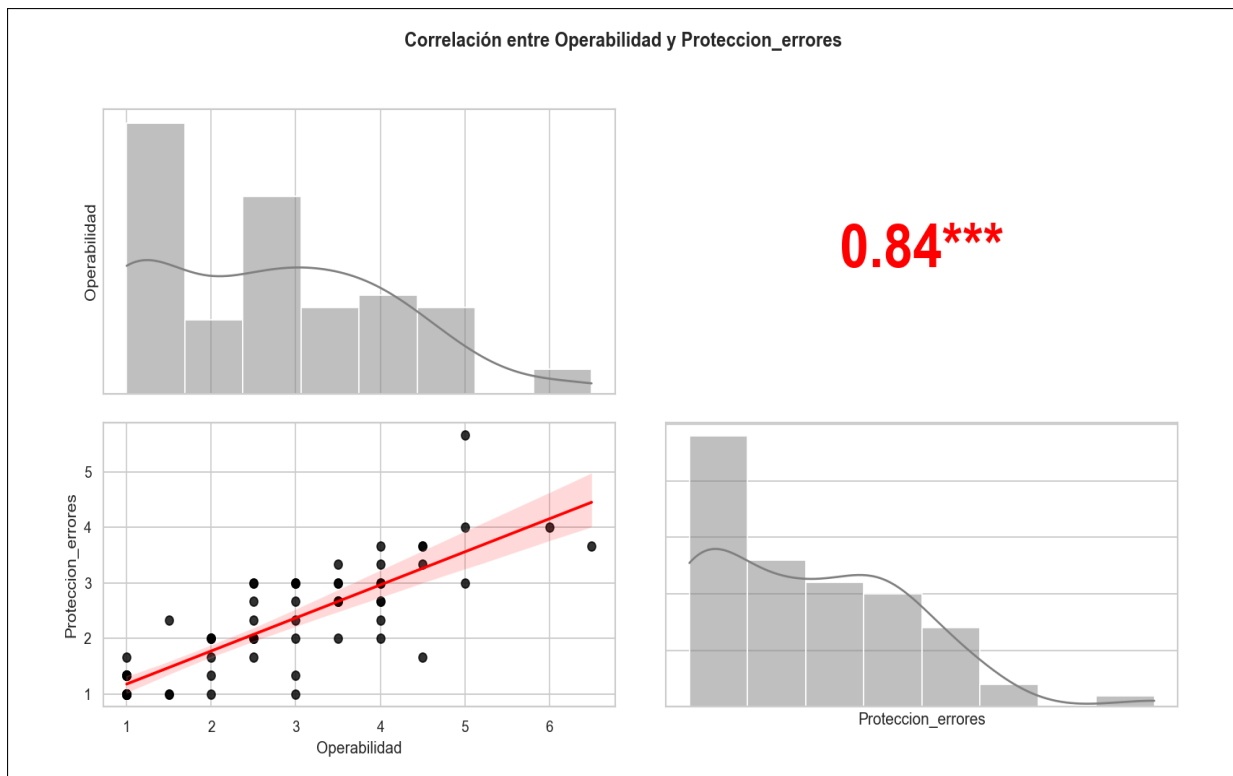


Figura. 66. Operabilidad y Protección ante errores

- Operabilidad y Accesibilidad ($\rho = 0,85$): Esta relación representa la correlación más alta del análisis, sugiriendo que la facilidad de interacción está estrechamente vinculada con la accesibilidad del sistema. Por tanto, se evidencia que la aplicación móvil es comprensible y usable para diferentes tipos de usuarios.

La Figura 67 se identifica una correlación positiva moderada alta de ($\rho = 0,85$): lo que evidencia que los usuarios perciben la aplicación accesible y contribuye a la reducción de fallos y mejora de la confiabilidad del sistema.

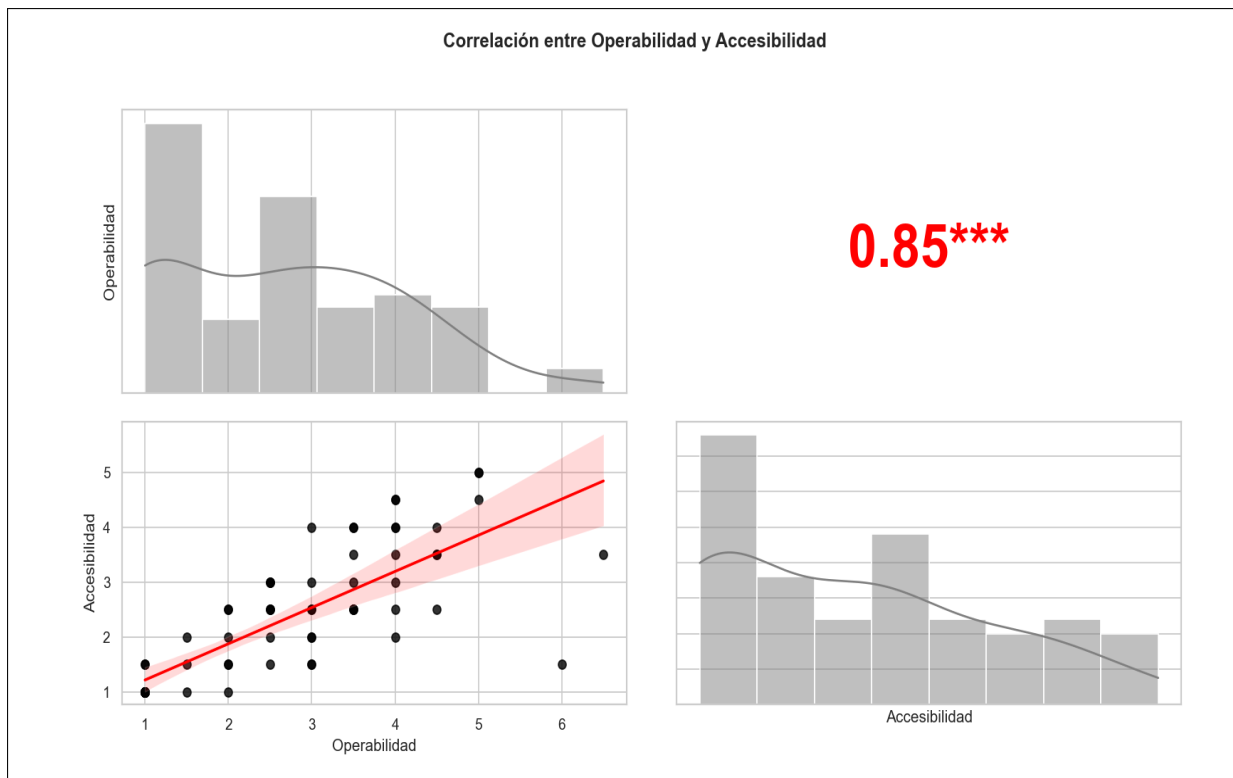


Figura. 67. Operabilidad y Accesibilidad

- Protección ante errores y Accesibilidad ($\rho = 0,84$): Presenta también una correlación fuerte, indicando que la accesibilidad favorece la reducción de errores durante la interacción, mejorando la experiencia general de uso. En la Figura 68 se identifica la relación moderada alta ($\rho = 0,84$)

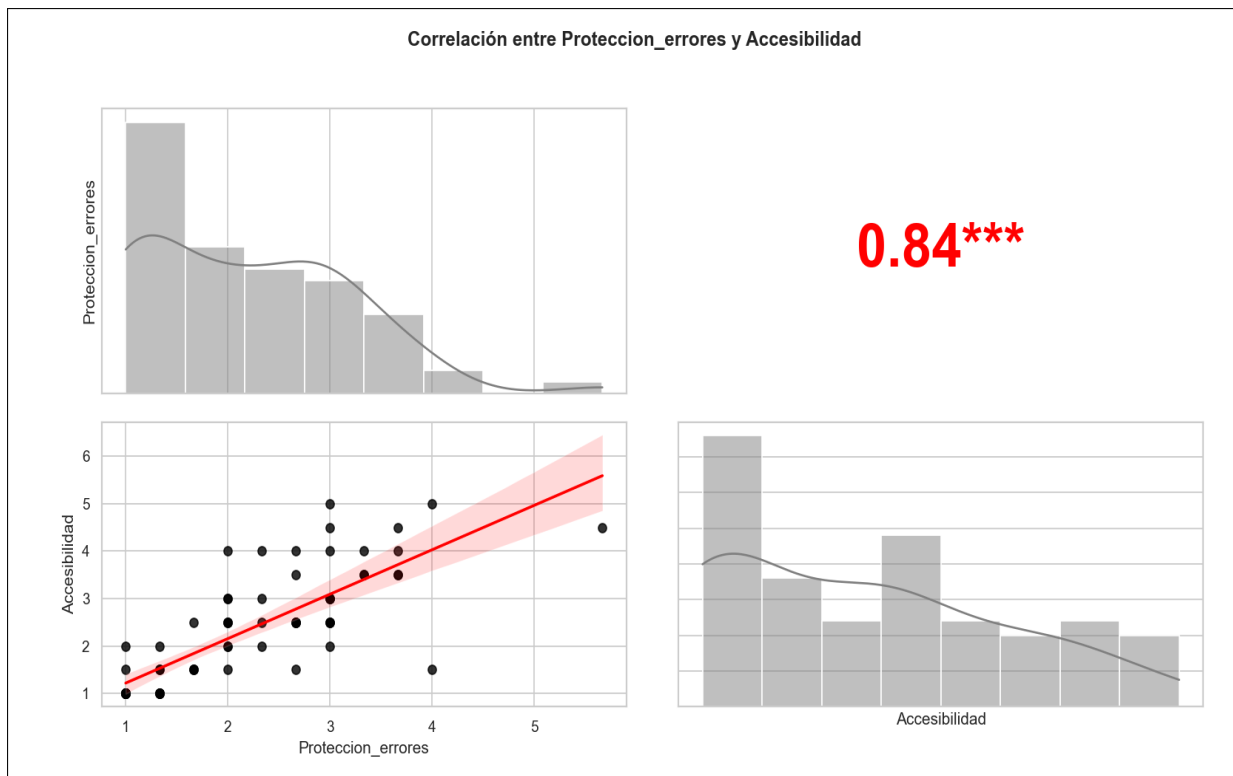


Figura. 68. Protección ante errores y Accesibilidad

- Estética y demás subcaracterísticas ($\rho = 0,76-0,78$): Aunque las correlaciones son menores, mantienen una tendencia positiva. Esto sugiere que la percepción estética del sistema influye favorablemente en la usabilidad general, complementando la funcionalidad con una interfaz visualmente agradable.

En la figura 70 y la Figura 69 respectivamente ambas mantienen una tendencia positiva alta, lo que indica un entorno visual agradable ordenado, lo cual favorece la comprensión e influye en la facilidad de uso y la satisfacción del usuario.

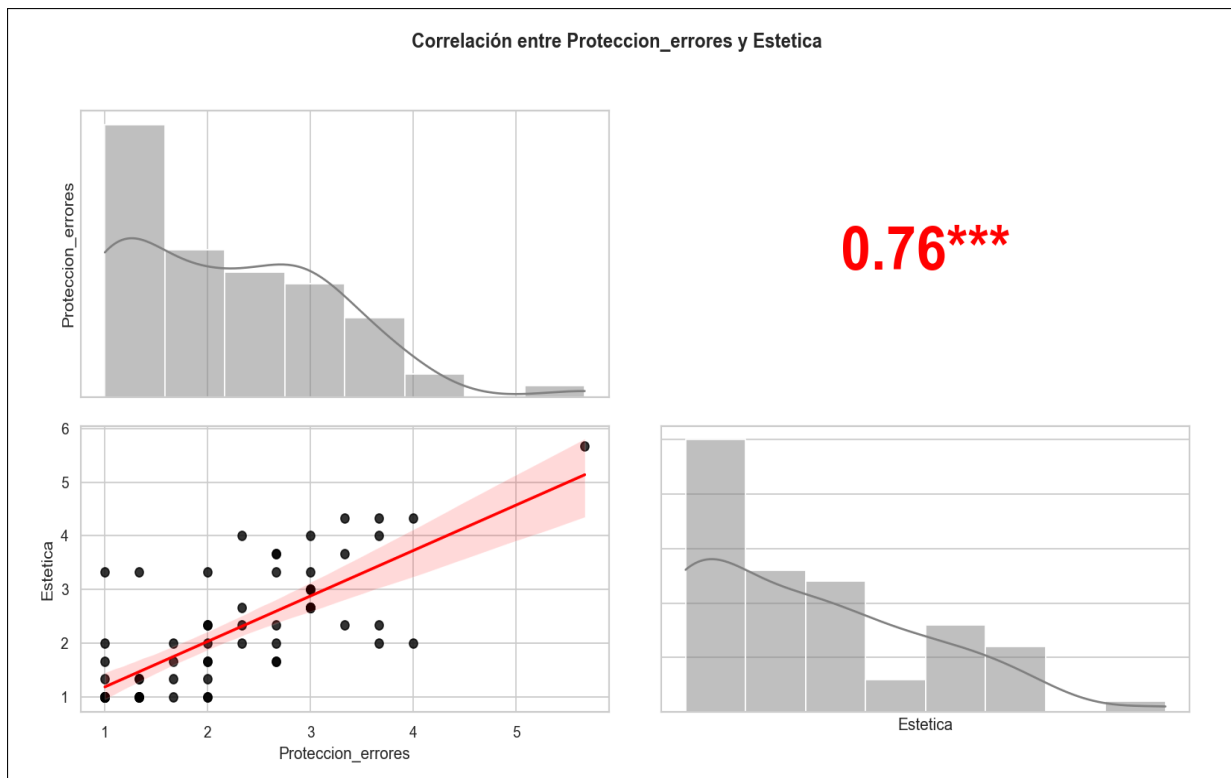


Figura. 69. Estética y Protección de errores

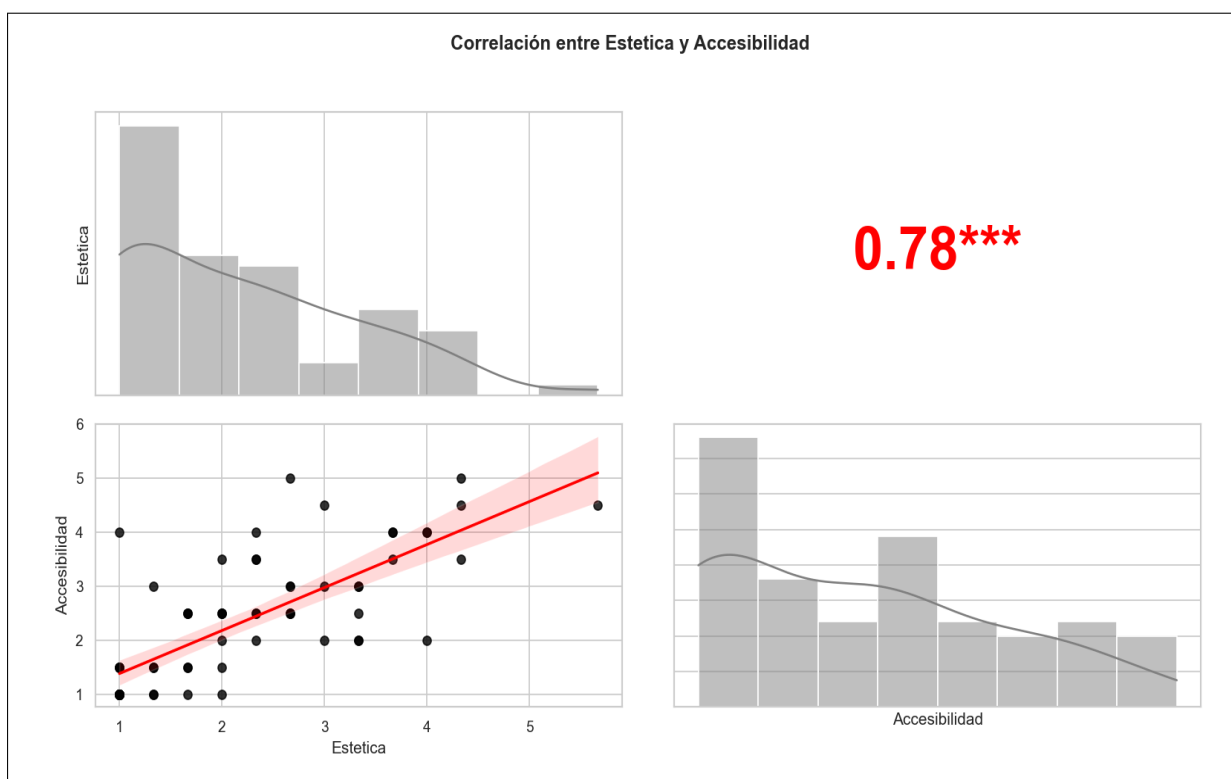


Figura. 70. Estética y Accesibilidad

En general, los resultados del análisis correlacional muestran que todas las subcaracterísticas de usabilidad están positivamente relacionadas entre sí, lo que refleja coherencia y consistencia en el diseño del sistema. Las correlaciones más altas entre Operabilidad, Accesibilidad y Protección ante errores evidencian una experiencia de usuario sólida, mientras que las asociaciones con la Estética reafirman la relevancia del diseño visual como factor complementario de la calidad del software.

Luego del análisis de correlación de las subcaracterísticas de usabilidad a través de cuestionario CSUQ se aplicó el cuestionario System Usability Scale (SUS) con el fin de obtener un índice global acerca de la usabilidad percibida del sistema, alcanzando un promedio de 79,4 puntos, que corresponde a una calificación B, el cual representa un nivel de usabilidad bueno, de acuerdo a la interpretación de Brooke [53], los mismos resultados se pueden apreciar en la Figura 71.

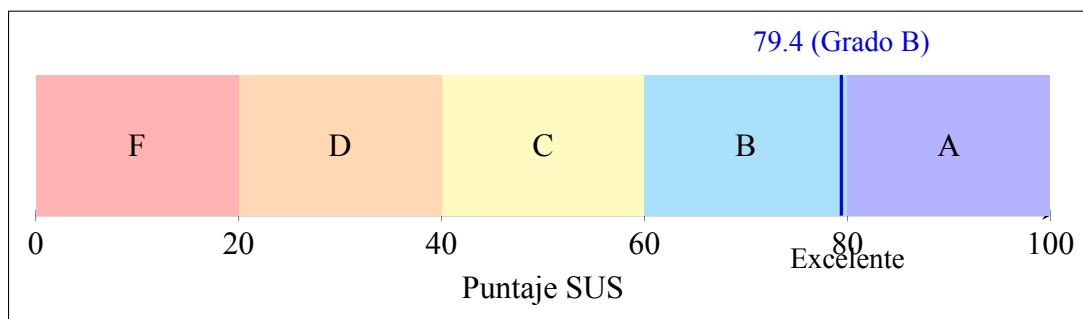


Fig. 71.

Interpretación del puntaje SUS obtenido (79.4)

La Figura 72 presenta los porcentajes de valoración obtenidos en los diez ítems del cuestionario SUS. Los resultados evidencian altos niveles de aceptación en los ítems positivos (1, 3, 5, 7 y 9), destacándose el ítem 7 con el 88.8% de valoración, confirmando una percepción favorable de la usabilidad del sistema.

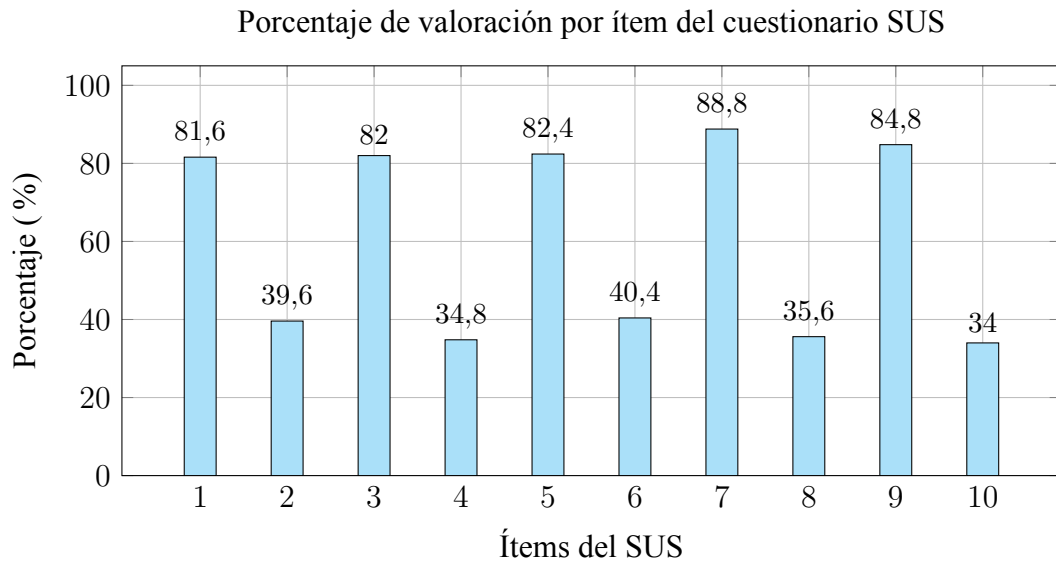


Fig. 72.
Porcentaje de valoración por ítem del cuestionario SUS (n=50)

La Figura 71 muestra la ubicación del puntaje global obtenido en el cuestionario SUS dentro de la escala de interpretación, donde se evidencia que el sistema alcanza un nivel de usabilidad clasificado como bueno, correspondiente a la calificación B Para evaluación de la aplicación móvil con RA, desarrollada para la empresa Disfaluvud, se tomó como referencia la característica de usabilidad que está definida en la norma internacional ISO/IEC 25010:2011, la misma que forma parte del modelo para validar la calidad del producto de software. Esta característica se compone de subcaracterísticas, que permiten analizar la experiencia de usuario en términos de usabilidad facilitando el uso, comprensión, aprendizaje, operación y prevención de errores.

La Tabla XLII se muestra el resultado de este cuestionario luego de usar el método SUS; esta tabla permite clasificar el puntaje obtenido de forma global asignando un valor numérico y una letra con escala, el sistema desarrollado alcanzó un promedio de 79,4 que corresponde a un rango Bueno , indicando una usabilidad ligeramente promedio.

Tabla XLII.
INTERPRETACIÓN DEL PUNTAJE SUS SEGÚN BROOKE (1996) ADAPTADA A LOS RESULTADOS DEL ESTUDIO

| Rango de puntaje | Calificación (letra) | Interpretación | Evaluación cualitativa |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 90–100 | A+ | Excelente | Usabilidad sobresaliente |

Tabla XLII– continuación

| Rango de puntaje | Calificación (letra) | Interpretación | Evaluación cualitativa |
|-------------------------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| 80–89.9 | A | Muy buena | Por encima del promedio |
| 70–79.9 | B | Buena | Nivel alto de usabilidad |
| 60–69.9 | C | Aceptable | Nivel promedio de usabilidad |
| 50–59.9 | D | Deficiente | Requiere mejoras |
| 0–49.9 | F | Inadecuada | Usabilidad muy baja |

Nota. Adaptada de Brooke [53].

4.2 Análisis de impactos

Con el propósito de evaluar los impactos generados, luego de la implementación del sistema, se aplicó el cuestionario de medición de impactos propuesta por Miguel Posso, en la que se usa una escala de Likert en 7 niveles, los cuales sirven para cuantificar la percepción de los usuarios frente a los aspectos de definidos de las dimensiones principales [54]

Para el análisis, se tomaron las respuestas de 50 participantes que formaron parte del proceso de evaluación del sistema aplicando la aritmética, dividiendo la suma de todas las respuestas para el número de participantes según la escala de interpretación.

De forma general, la media se representa mediante la siguiente expresión:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Ecuación 3. Cálculo de la media aritmética del indicador.

Donde:

- \bar{X} = promedio o media del indicador,
- x_i = cada valor individual obtenido en las encuestas,

- n = número total de respuestas.

Tabla XLIII.

ESCALA DE INTERPRETACIÓN DEL NIVEL DE IMPACTO (ADAPTADO DE [54])

| Nivel de impacto | Tipo de impacto |
|------------------|------------------------|
| -3 | Impacto alto negativo |
| -2 | Impacto medio negativo |
| -1 | Impacto bajo negativo |
| 0 | No hay impacto |
| 1 | Impacto bajo positivo |
| 2 | Impacto medio positivo |
| 3 | Impacto alto positivo |

4.2.1 Impacto económico

La implementación de la aplicación reduce los costos asociados a la impresión de catálogos físicos y visitas presenciales, optimizando los recursos de promoción. Además, al ofrecer una herramienta visual e interactiva, incrementa la probabilidad de venta, al permitir que el cliente observe los productos directamente en su entorno mediante RA.

Tabla XLIV.

IMPACTO ECONÓMICO MODELO DE INDICADORES [54]

| Impacto | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | TOTAL |
|---|----|----|----|---|---|---|---|-------|
| El sistema contribuye al aumento de la productividad. | | | | | | X | | 2.28 |
| La aplicación ha contribuido a reducir costos de promoción o impresión. | | | | | | | X | 2.62 |
| Fortalece la fidelidad de los clientes. | | | | | | X | | 2.18 |
| TOTAL | | | | | | 2 | 1 | 7.08 |

Nivel de Impacto Económico =

$$\frac{2,28 + 2,62 + 2,18}{3} = 2,36 \Rightarrow \text{Alto impacto positivo.}$$

4.2.2 Análisis

- El sistema contribuye al aumento de la productividad. Los resultados muestran que el sistema mejora la productividad permitiendo la gestión efectiva entre el cliente y el procesos de ventas y atención al cliente
- La aplicación ha contribuido a reducir costos de promoción o impresión; el alto impacto de este indicador refleja que la aplicación ha disminuido notablemente los gastos de materiales impresos; por lo que reduce significativamente el uso de papel, catálogos o publicidad tradicional optimizando así recursos para la empresa.
- Fortalece la fidelidad de los clientes. Los resultados evidencian que la aplicación influye de forma positiva en la lealtad de los clientes, al ofrecer una experiencia personalizada y accesible, generando satisfacción , incrementando la confianza y fortaleciendo la fidelidad a largo plazo de los clientes

4.2.2.1 Impacto social

La aplicación promueve la inclusión digital al permitir que los clientes y artesanos locales utilicen herramientas tecnológicas accesibles. También fomenta la innovación en el comercio local, brindando un ejemplo replicable para otras empresas del sector en la ciudad de Ibarra. El uso de tecnologías emergentes fortalece la imagen de Disfaluid como una empresa moderna, sostenible y enfocada en la experiencia del cliente.

Tabla XLV.
IMPACTO SOCIAL MODELO DE INDICADORES [54]

| Impacto | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | TOTAL |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Promueve la transparencia y la confianza con los usuarios. | | | | | | X | | 1.96 |
| Aumenta la sensibilidad hacia las necesidades de los clientes. | | | | | | X | | 2.04 |
| La aplicación mejora la experiencia de compra y comunicación con el cliente. | | | | | | X | | 2.02 |
| TOTAL | | | | | | 3 | | 6.02 |

Nivel de Impacto Social =

$$\frac{1,96 + 2,04 + 2,02}{3} = 2,01 \Rightarrow \text{Alto impacto positivo.}$$

4.2.3 Análisis

- Promueve la transparencia y la confianza con los usuarios. El alto impacto obtenido muestra la mejora en la percepción entre los usuarios y la empresa, fomentando la confianza en el uso del sistema obteniendo información clara, accesible y verificable.
- Aumenta la sensibilidad hacia las necesidades de los clientes. El sistema recopila datos acerca de las preferencias de los clientes permitiendo ofrecer productos de acuerdo a las preferencias de los usuarios, en este enfoque se puede observar el compromiso social de la empresa con la comunidad.
- Aumenta la sensibilidad hacia las necesidades de los clientes. Los resultados muestran que perciben una interacción más ágil y agradable, fortaleciendo el vínculo entre la empresa y el cliente.

Los resultados demuestran que el sistema tiene puntos predominantes altos en las tres dimensiones analizadas, estos indicadores destacan la relación con la transparencia, la innovación y la productividad, por lo que se puede decir que genera aspectos positivos en el ámbito tecnológico empresarial y social.

4.2.4 Impacto tecnológico

El sistema representa una innovación tecnológica dentro del sector artesanal y de carpintería en aluminio y vidrio, al integrar tecnologías como Firebase, Flask, ARCore y Scene Viewer, permitiendo la visualización de productos en 3D y RA desde una interfaz amigable. Esta integración contribuye a la digitalización de procesos de venta y promoción, mejorando la competitividad de la empresa Disfaluid frente a los medios tradicionales.

Tabla XLVI.
IMPACTO TECNOLÓGICO MODELO DE INDICADORES [54]

| Impacto | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | TOTAL |
|--|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Representa una innovación dentro del sector. | | | | | | X | | 1.86 |

Tabla XLVI (continuación)

| Impacto | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | TOTAL |
|---|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Mejora el rendimiento del proceso de promoción de productos. | | | | | | X | | 2.06 |
| La aplicación se integra correctamente con otras plataformas y servicios. | | | | | | | X | 2.48 |
| TOTAL | | | | | | 2 | 1 | 6.40 |

Nivel de Impacto Tecnológico =

$$\frac{1,86 + 2,06 + 2,48}{3} = 2,13 \Rightarrow \text{Alto impacto positivo.}$$

4.2.5 Análisis

- Representa una innovación dentro del sector. El alto impacto demuestra que los usuarios reconocen el aporte en la innovación de la promoción de los productos a través de los medios digitales; el sistema involucra una solución tecnología moderna dentro del sector de las PYMES marcando la diferencia entre los métodos tradicionales
- Mejora el rendimiento del proceso de promoción de productos facilitando y fortaleciendo la interacción de los productos.
- La aplicación se integra correctamente con otras plataformas y servicios ampliando su funcionalidad .

4.2.6 Impacto general

Tabla XLVII.

IMPACTO GENERAL MODELO DE INDICADORES [54]

| Tipo de impacto | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | TOTAL |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| Impacto Económico | | | | | | X | | 2.36 |
| Impacto Social | | | | | | X | | 2.01 |
| Impacto Tecnológico | | | | | | X | | 2.13 |

Tabla XLVII (continuación)

| Tipo de impacto | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | TOTAL |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| TOTAL | | | | | | 3 | | 6.50 |

Nivel de Impacto General =

$$\frac{2,36 + 2,01 + 2,13}{3} = 2,17 \Rightarrow \text{Alto impacto positivo.}$$

4.2.7 Análisis

El análisis de los impactos económicos, sociales y tecnológicos evidencia que la aplicación evaluada tiene un impacto altamente positivo en todos los aspectos considerados. En el ámbito económico, se observa una mejora en la productividad, por su reducción de costos y su fortalecimiento en la fidelidad de los clientes, lo que demuestra su contribución directa al crecimiento empresarial. En el ámbito social, la aplicación fomenta la transparencia, la confianza y la sensibilidad hacia las necesidades de los usuarios, mejorando la comunicación y la experiencia general del cliente. Finalmente, en el componente tecnológico, se confirma que el sistema representa una innovación dentro del sector, optimiza los procesos de promoción y se integra de buena forma con otras plataformas y servicios.

Los resultados globales obtenidos reflejan un nivel de impacto general de 2.17, ubicándose dentro del rango de alto impacto, lo que indica que la implementación de la aplicación con RA ha producido efectos favorables y sostenibles en la organización, fortaleciendo su eficiencia, competitividad y capacidad de adaptarse a las nuevas tecnologías.

CONCLUSIONES

- El desarrollo de la aplicación móvil con RA permitió ofrecer una visión moderna de los productos en aluminio y vidrio, integrando modelos tridimensionales y realistas, coherente con la necesidad de la empresa fortaleciendo su presencia en el campo digital. La metodología Mobile-D fue una guía ordenada para el cumplimiento de cada fase del proceso, asegurando una construcción ágil del sistema y siempre pensando en el usuario. Todo el conjunto de resultados obtenidos evidencia que la aplicación cumple con la función propuesta.
- El marco conceptual elaborado permitió identificar los fundamentos teóricos, técnicos y tecnológicos necesarios para la comprensión del funcionamiento de RA dentro de los entornos móviles. Esta síntesis de conceptos puso en claro las capacidades y limitaciones de la RA, orientando las decisiones sobre la compatibilidad, rendimiento y usabilidad, gracias a todo ello se establecieron las bases de guía para mi proyecto.
- La construcción e implementación se completó siguiendo la metodología ágil Mobile-D, lo cual permitió un proceso estructurado e interactivo que está centrado en la calidad del producto final. Gracias a este enfoque se implementaron los módulos de RA que permiten visualizar los modelos 3D, directamente en el espacio físico del usuario, adquiriendo una experiencia clara; cada fase se ejecutó de acuerdo con el marco metodológico, asegurando que la aplicación se alinea con los requerimientos definidos, demostrando que el objetivo fue alcanzado de forma satisfactoria.
- La validación de la experiencia de usuario se realizó mediante el cuestionario CSUQ, el cual permitió obtener una evaluación cuantitativa del nivel de satisfacción del usuario, donde los datos reflejaron una percepción positiva en cuanto a la facilidad de uso, la claridad de la interfaz y la comprensión de las funcionalidades integradas, el cuestionario demostró que los usuarios la consideran útil y fácil de usar. La valoración obtenida confirma que esta herramienta cumple con las expectativas del usuario final, como consecuencia se confirma que el objetivo planteado fue alcanzado, aportando un impacto positivo en la aplicación.
- El análisis general demuestra que la problemática planteada en el anteproyecto fue abordada de manera efectiva mediante el desarrollo de una aplicación de RA la modernización de la promoción de los productos de la empresa Disfaluid. Cada objetivo se cumplió de acuerdo a lo propuesto y los resultados obtenidos evidencian las mejoras obtenidas. Esta aplicación constituye un aporte innovador dentro del marketing digital de la empresa; la validación cuantitativa confirma que la aplicación responde de forma adecuada a las expectativas de inicio del trabajo, consolidando que el proyecto para esta empresa se puede aplicar a futuros desarrollos tecnológicos.

RECOMENDACIONES

- Añadir más modelos 3D de los productos para aprovechar mejor la RA y ofrecer a los clientes una visualización más completa, considerando que los usuarios valoran esta función durante la validación.
- Realizar pruebas en una mayor variedad de dispositivos asegurando el rendimiento observado en el estudio.
- Incorporar un sistema de retroalimentación dentro de la aplicación, permitiendo que los usuarios expresen sus sugerencias en cuanto a su experiencia real.
- Implementar métricas de uso del sistema para conocer los modelos mas vistos y como interactúan los usuarios con los modelos, apoyando así las decisiones comerciales basadas en datos
- Repetir la evaluación CSUQ con una muestra mayor con el fin de observar y detectar nuevas oportunidades para la mejora de las nuevas versiones.

4.3 Glosario de términos

- **Realidad Aumentada (RA)**
Tecnología que permite superponer los objetos digitales en el entorno real.
- **Aplicación móvil**
Software diseñado para ser ejecutado en dispositivos móviles.
- **Modelo 3D**
Representación de un modelo virtual que se puede observar desde todos sus ángulos.
- **Usabilidad**
Grado en cómo se evalúa la forma como los usuarios interactúan con el sistema.
- **CSUQ (Computer System Usability Questionnaire)**
Cuestionario conformado por 16 preguntas que se usa para medir la usabilidad de un sistema.
- **SUS (System Usability Scale)**
Cuestionario para evaluar el uso, efectividad y satisfacción de usuario
- **ISO/IEC 25010**
Norma internacional que define las características del software en el que se incluye el sistema.
- **Mobile-D**
Metodología de desarrollo ágil basada en ciclos cortos.

- **Firebase**
Plataforma de Google que sirve para almacenar el backend, almacenamiento de la autenticación y base de datos.
- **Base de datos NoSQL**
Que proporciona información en tiempo real y almacena los datos estructurados.
- **Storage**
Servicio en la nube que permite almacenar archivos, imágenes y recursos.
- **SDK**
Conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones móviles Android.
- **ARCore / Sceneform**
Frameworks de Google para el desarrollo de RA en Android.
- **Experiencia de usuario**
Percepción de cómo el usuario interactúa con el sistema.
- **Correlación de Spearman**
Medida estadística para la evaluación de dos variables

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. S. O. Vera, «Comercio electrónico y competitividad empresarial en los negocios artesanales de la parroquia Atahualpa, cantón Santa Elena,» *Repositorio Digital UPSE*, 2023. dirección: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10047>.
- [2] L. F. De Souza Cardoso, F. C. Queiroz y E. Zorzal, «A Survey of Industrial Augmented Reality,» *Computers & Industrial Engineering*, vol. 139, pág. 106 159, nov. de 2019. doi: 10.1016/j.cie.2019.106159. dirección: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/10047>.
- [3] G. Ortiz-Choez, J. Constantine-Castro, O. Martillo-Mieles y R. Silva-Idrovo, «Las PYMES en el Ecuador y su participación en el PIB,» *593 Digital Publisher CEIT*, vol. 9, n.º 2, págs. 736-743, 2024. doi: 10.33386/593dp.2024.2.2273. dirección: <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.2.2273>.
- [4] G. A. Arcos-Naranjo, M. S. Vivanco-Garzón y G. E. Fernández-Villacrés, «Realidad aumentada como estrategia promocional de los productores de muebles de Huambalo-Ecuador,» *Revista de Investigación Sigma*, vol. 10, n.º 01, págs. 86-94, 2022. doi: 10.24133/ris.v10i01.2921. dirección: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Sigma/article/view/2921>.
- [5] J. Romo, «Realidad Aumentada en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Asignatura de Electrónica General,» Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Tulcán, Ecuador, inf. téc., 2024. dirección: <https://repositorio.upec.edu.ec/items/74135d8c-77f7-45ba-8967-2b16c43ba11c>.
- [6] CEPAL, «La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe,» Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, inf. téc., 2018. dirección: <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/40155>.
- [7] N. T. Lapo-Lapo, A. V. Zapata-Álvarez y A. I. Chiliquinga-García, «Realidad aumentada como herramienta para promover el trabajo artesanal de Pujilí y su contribución al enriquecimiento cultural: Augmented reality as a tool to promote the artisanal work of Pujilí and its contribution to cultural enrichment,» *Multidisciplinary Latin American Journal (MLAJ)*, vol. 3, n.º 1, págs. 396-418, 2025. dirección: <https://revistas.utn.edu.ec/index.php/MLAJ/article/view/1620>.

- [8] Secretaría Nacional de Planificación, «Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024-2025,» Gobierno del Ecuador, Quito, Ecuador, inf. téc., 2024. dirección: <https://www.planificacion.gob.ec/plan-de-desarrollo-para-el-nuevo-ecuador-2024-2025/>.
- [9] W. J. Ocampo-Pazos, B. J. Albán-Ordoñez, G. B. Rodríguez-Gómez, L. J. Ulloa-Meneses y R. S. Córdova-Gálvez, «Aplicación móvil empleando realidad aumentada para el fortalecimiento del proceso de enseñanza aprendizaje: revisión sistemática de literatura,» es, *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Información (RISTI)*, n.º E32, págs. 332-344, 2020, issn: 1646-9895.
- [10] H. Kumar, P. A. Rauschnabel, M. N. Agarwal, R. K. Singh y R. Srivastava, «Towards a theoretical framework for augmented reality marketing: A means-end chain perspective on retailing,» en, *Information & Management*, vol. 61, n.º 2, pág. 103 910, mar. de 2024, issn: 0378-7206. doi: 10.1016/J.IM.2023.103910. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378720623001581>.
- [11] F. Arena, M. Collotta, G. Pau y F. Termine, «An Overview of Augmented Reality,» *Computers*, vol. 11, n.º 2, pág. 28, feb. de 2022, issn: 2073-431X. doi: 10.3390/computers11020028. dirección: <https://www.mdpi.com/2073-431X/11/2/28>.
- [12] T. Zhan, K. Yin, J. Xiong, Z. He y S.-T. Wu, *Augmented Reality and Virtual Reality Displays: Perspectives and Challenges*, 2020. doi: 10.1016/j.isci.2020.101397. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S258900422030585X>.
- [13] A. Ismail, *The Sword Damocles*, <http://www.dsource.in/sites/default/files/course/virtual-realityintroduction/evolution-vr/sword-damocles-head-mounted-display/images/17.jpg>, Consultado el 14 de septiembre de 2021, 2021.
- [14] P. Vostinar y P. Ferianc, «Merge Cube as a New Teaching Tool for Augmented Reality,» *IEEE Access*, vol. 11, págs. 81 092-81 100, 2023, Cuartil Q1 en Ingeniería Eléctrica y Electrónica según SCImago Journal Rank (SJR), issn: 2169-3536. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3301399. dirección: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10217436>.
- [15] J. Yang, A. Barde y M. Billinghamurst, «Audio Augmented Reality: A Systematic Review of Technologies, Applications, and Future Research Directions,» *Journal of the Audio Engineering Society*, vol. 70, n.º 10, págs. 788-809, oct. de 2022, Cuartil Q1 en Ingeniería Acústica según SCImago Journal Rank (SJR), issn: 1549-4950. doi: 10.17743/jaes.2022.0048. dirección: <https://aes2.org/publications/elibrary-page/?id=22008>.

- [16] L. F. de Souza Cardoso, B. Y. L. Kimura y E. R. Zorzal, «Towards augmented and mixed reality on future mobile networks,» *Multimedia Tools and Applications*, vol. 83, n.º 3, págs. 9067-9102, ene. de 2024, Cuartil Q1 en Ciencias de la Computación y Aplicaciones Multimedia según SCImago Journal Rank (SJR), issn: 1380-7501, 1573-7721. doi: 10.1007/s11042-023-15301-4. dirección: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-023-15301-4>.
- [17] D. R. Torres, «La realidad aumentada: un nuevo recurso dentro de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para los museos del siglo XXI,» *Intervención (México DF)*, vol. 3, págs. 39-44, 5 2012, issn: 2007-249X. dirección: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-249X2012000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es%20http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-249X2012000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
- [18] P.-Y. Lin, W.-C. Wu y J.-H. Yang, «A QR Code-Based Approach to Differentiating the Display of Augmented Reality Content,» *Applied Sciences*, vol. 11, n.º 24, pág. 11 801, dic. de 2021, Cuartil Q2 en el área Computer Science (miscellaneous) según Scimago Journal Rank 2021, issn: 2076-3417. doi: 10.3390/app112411801. dirección: <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/24/11801>.
- [19] M. Chylinski, J. Heller, T. Hilken, D. I. Keeling, D. Mahr y K. de Ruyter, «Augmented Reality Marketing: A Technology-Enabled Approach to Situated Customer Experience,» *Australasian Marketing Journal*, vol. 28, n.º 4, págs. 374-384, nov. de 2020, Q2 en Marketing (Scimago 2020), issn: 1839-3349. doi: 10.1016/j.ausmj.2020.04.004. dirección: <https://doi.org/10.1016/j.ausmj.2020.04.004>.
- [20] S. Y. Kim e Y. S. Kim, «A Novel Method Using 3D Interest Points to Place Markers on a Large Object in Augmented Reality,» *Applied Sciences*, vol. 14, n.º 2, pág. 941, ene. de 2024, Q2 en Computer Science (miscellaneous), según Scimago Journal Rank 2024, issn: 2076-3417. doi: 10.3390/APP14020941. dirección: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/2/941>.
- [21] Redacción Futuro Eléctrico, *Realidad virtual: Qué es, tipos, ventajas y desventajas*, <https://futuroelectrico.com/realidad-virtual/>, Blog Futuro Eléctrico. Consultado el 20 de julio de 2025, 2020. dirección: <https://futuroelectrico.com/realidad-virtual/>.

- [22] M. F. Syahputra, M. R. Aulia y D. Arisandy, «Augmented Reality Technologies for Interior Design Planning using a Simultaneous Localization and Mapping Method,» en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 851, Institute of Physics Publishing, mayo de 2020. doi: 10.1088/1757-899X/851/1/012067.
- [23] N. Hasanah, M. B. Triyono, G. N. I. P. Pratama, Fadlioni e I. G. N. D. Paramartha, «Markerless Augmented Reality in Construction Engineering Utilizing Extreme Programming,» *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1737, n.º 1, pág. 012 021, ene. de 2021, Q4 en Engineering (miscellaneous), según Scimago Journal Rank 2021, issn: 1742-6596. doi: 10.1088/1742-6596/1737/1/012021. dirección: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1737/1/012021>.
- [24] A. Ahmad, K. Li, C. Feng, S. M. Asim, A. Yousif y G. Shi, «An Empirical Study of Investigating Mobile Applications Development Challenges,» *IEEE Access*, vol. 6, págs. 17 711-17 728, mar. de 2018, Q1 (SJR 2024, General Computer Science / Engineering), Impact Factor ≈ 3.4 , issn: 2169-3536. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2818724. dirección: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2818724>.
- [25] A. N. Pratama y F. Ardiani, «Optimization of Model-View-ViewModel (MVVM) Architecture Pattern and RESTful API on Android-based E-Learning Application,» *International Journal of Computer Applications*, vol. 185, n.º 45, págs. 4-11, nov. de 2023, Revista indexada en Google Scholar/EBSCO/ProQuest, sin cuartil SJR (no aparece en Scimago). doi: 10.5120/IJCA2023923261. dirección: <https://www.ijcaonline.org/archives/volume185/number45/33738-2023923261>.
- [26] H. A. Epiloksa, D. S. Kusumo y M. Adrian, «Effect of MVVM Architecture Pattern on Android Based Application Performance,» *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 6, n.º 4, págs. 1949-1955, oct. de 2022, Published online at ejurnal.stmik-budidarma.ac.id; Disponible via Academia.edu, issn: 2614-5278 (print), 2548-8368 (online). doi: 10.30865/mib.v6i4.4545. dirección: <https://www.academia.edu/download/101069301/2977.pdf>.
- [27] G. Jošt y V. Taneski, «State-of-the-Art Cross-Platform Mobile Application Development Frameworks: A Comparative Study of Market and Developer Trends,» *Informatics*, vol. 12, n.º 2, pág. 45, abr. de 2025, issn: 2227-9709. doi: 10.3390/informatics12020045. dirección: <https://www.mdpi.com/2227-9709/12/2/45>.

- [28] Appventurez, *Android vs iOS Development: The Ultimate Guide for 2024*, <https://www.appventurez.com/blog/android-vs-ios-development>, Accedido: 27 de junio, 2025.
- [29] M. A. Maneli y O. E. Isafiade, «A Multifactor Comparative Assessment of Augmented Reality Frameworks in Diverse Computing Settings,» *IEEE Access*, vol. 11, págs. 12 474-12 486, 2023, issn: 2169-3536. doi: 10.1109/ACCESS.2023.3242238.
- [30] J. Cao, K. Lam, L. Lee, X. Liu, P. Hui y X. Su, «Mobile Augmented Reality: User Interfaces, Frameworks, and Intelligence,» *ACM Computing Surveys*, vol. 55, n.º 9, págs. 1-36, ago. de 2022, issn: 0360-0300. doi: 10.1145/3557999. dirección: <https://doi.org/10.1145/3557999>.
- [31] M. Cabanillas-Carbonell, P. Cusi-Ruiz, D. Prudencio-Galvez y J. L. H. Salazar, «Mobile Application with Augmented Reality to Improve the Process of Learning Sign Language,» *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, vol. 16, págs. 51-64, 11 2022, issn: 18657923. doi: 10.3991/IJIM.V16I11.29717.
- [32] N. Lesliy, E. Chacón, J. Malasquez, M. Tuiro y J. P. Cruzado, «Aplicación móvil de realidad aumentada, utilizando la metodología Mobile-D, para el entrenamiento de técnicos de mantenimiento de maquinaria pesada en la empresa Zamine Service Perú S.A.C.,» Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería de Sistemas, Perú, Tesis de grado, 2025, Asesor: Ing. Ramón Achulle.
- [33] B. Mathur y S. M. Satapathy, «An Analytical Comparison of Mobile Application Development Using Agile Methodologies,» *Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)*, vol. 2019-April, págs. 1147-1152, abr. de 2019. doi: 10.1109/ICOEI.2019.8862532.
- [34] H. Bayomi, N. A. Sayed, H. Hassan y K. Wassif, «Application-based Usability Evaluation Metrics,» *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 13, págs. 84-91, 7 2022, issn: 21565570. doi: 10.14569/IJACSA.2022.0130712.
- [35] B. Maqbool y S. Herold, «Potential effectiveness and efficiency issues in usability evaluation within digital health: A systematic literature review,» *Journal of Systems and Software*, vol. 208, feb. de 2023, issn: 0164-1212. doi: 10.1016/J.JSS.2023.111881.

- [36] M. Farzandipour, E. Nabovati y M. S. Jabali, «Comparison of usability evaluation methods for a health information system: heuristic evaluation versus cognitive walkthrough method,» *BMC Medical Informatics and Decision Making*, vol. 22, 1 dic. de 2022, issn: 1472-6947. doi: 10.1186/S12911-022-01905-7.
- [37] Y. Sitorus, S. Astiti y R. Setyadi, «Evaluation of the Level of Usefulness of the ”Jeknyong” Application Using the Computer System Usability Questionnaire (CSUQ) Method,» *Journal of Informatics Information System Software Engineering and Applications (INISTA)*, vol. 5, n.º 2, págs. 92-103, mayo de 2023, issn: 2622-8106. doi: 10.20895/INISTA.V5I2.1004. dirección: <https://journal.ittelkom-pwt.ac.id/index.php/inista/article/view/1004>.
- [38] S. Criollo-C, A. Guerrero-Arias, A. Dwinggo Samala, Y. Miftachul Arif y S. Luján-Mora, «Enhancing the Educational Model Using Mixed Reality Technologies With Meta Quest 3: A Usability Analysis Using IBM-CSUQ,» *IEEE Access*, vol. 13, págs. 56 930-56 945, 2025, issn: 2169-3536. doi: 10.1109/ACCESS.2025.3555930.
- [39] J. J. Chai, C. O’Sullivan, A. A. Gowen, B. Rooney y J. L. Xu, «Augmented/mixed reality technologies for food: A review,» *Trends in Food Science & Technology*, vol. 124, págs. 182-194, jun. de 2022, Cuartil Q1 en Food Science según SCImago Journal Rank (SJR), issn: 0924-2244. doi: 10.1016/j.tifs.2022.04.021. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224422001509?via%3Dihub>.
- [40] M. C. tom Dieck, T. H. Jung y P. A. Rauschnabel, «Determining visitor engagement through augmented reality at science festivals: An experience economy perspective,» *Computers in Human Behavior*, vol. 82, págs. 44-53, mayo de 2018, Cuartil Q1 en Ciencias Sociales y Comportamiento según SCImago Journal Rank (SJR), issn: 0747-5632. doi: 10.1016/j.chb.2017.12.043. dirección: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074756321730729X>.
- [41] P. A. Rauschnabel, «Augmented reality is eating the real-world! The substitution of physical products by holograms,» *International Journal of Information Management*, vol. 57, pág. 102 279, abr. de 2021, Cuartil Q1 en Gestión de la Información según Scopus, issn: 0268-4012. doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102279. dirección: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2020.102279>.

- [42] F. Caboni, V. Basile, H. Kumar y D. Agarwal, «A holistic framework for consumer usage modes of augmented reality marketing in retailing,» *Journal of Retailing and Consumer Services*, vol. 80, pág. 103 924, sep. de 2024, Cuartil Q1 en Marketing según Scopus, issn: 0969-6989. doi: 10.1016/j.jretconser.2024.103924. dirección: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.103924>.
- [43] J. Cao, K.-Y. Lam, L.-H. Lee, X. Liu, P. Hui y X. Su, «Realidad aumentada móvil: interfaces de usuario, marcos e inteligencia,» *ACM Computing Surveys*, vol. 55, n.º 9, 189:1-189:36, sep. de 2023, issn: 0360-0300. doi: 10.1145/3557999. dirección: <https://doi.org/10.1145/3557999>.
- [44] E. A. Maldonado Conejo, *Desarrollo de una aplicación móvil para georreferenciación de iglesias en la ciudad de Ibarra con realidad aumentada utilizando Flutter y Wikitude*, Trabajo de titulación presentado para optar al título de Ingeniero en Sistemas Computacionales, Ibarra, Ecuador, 2020. dirección: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10463>.
- [45] V. M. Montaluisa Pumasunta, *Implementación de una aplicación web para la optimización de cortes en estructuras de aluminio y vidrio para la microempresa Construalvid*, Trabajo de Integración Curricular Tipo: Proyecto Técnico, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 2023.
- [46] N. A. A. Majid, M. P. Taylor, J. J. Chen y B. R. Young, *Aluminium process fault detection and diagnosis*, ene. de 2015. doi: 10.1155/2015/682786.
- [47] S. Wiki. «Function Point Analysis.» Function Point Analysis Wiki, visitado 1 de oct. de 2025. dirección: <https://sourceforge.net/p/functionpoints/wiki/Function%20Point%20Analysis/>.
- [48] Z. Racheva, M. Daneva y K. Sikkil, «Value-based Requirements Prioritization in Agile Projects,» en *Proc. REFSQ*, 2010.
- [49] M. Torres, K. Paz y F. Salazar, «Tamaño de la muestra para una investigación de mercado,» *Boletín Económico Universidad Rafael Landívar*, vol. 02, págs. 1-13, 2018.
- [50] U. A. de Ciudad Juárez, «Calidad de Software: Norma ISO/IEC 25010,» *CATHI - Repositorio Institucional*, 2020, Recuperado de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. dirección: <https://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/5684/CATHI-Articulo4.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

- [51] M. I. Hedlefs Aguilar, A. De la Garza González, M. P. Sánchez Miranda y A. A. Garza Villegas, «Adaptación al español del Cuestionario de Usabilidad de Sistemas Informáticos CSUQ / Spanish language adaptation of the Computer Systems Usability Questionnaire CSUQ,» *RECI Revista Iberoamericana de las Ciencias Computacionales e Informática*, vol. 4, n.º 8, pág. 84, 2016. doi: 10.23913/reci.v4i8.35.
- [52] J. R. Lewis, «Measuring Perceived Usability: The CSUQ, SUS, and UMUX,» *International Journal of Human–Computer Interaction*, vol. 34, n.º 12, págs. 1148-1156, 2018. doi: 10.1080/10447318.2017.1418805.
- [53] J. Brooke, «SUS: A quick and dirty usability scale,» *Usability Evaluation in Industry*, págs. 189-194, 1996, ISBN 0-7484-0504-2.
- [54] M. Á. Posso Yépez, *Proyectos, tesis y marco lógico. Planes e informes de investigación*. Ibarra, Ecuador: Miguel Ángel Posso Yépez, 2011, isbn: 978-9942-03-930-9.

ANEXOS

A continuación, se presentan los anexos correspondientes al presente trabajo, información en la que se respalda el desarrollo metodológico.

A continuación, se presenta el cuestionario usado para la evaluación de la usabilidad de la aplicación desarrollada correspondiente a CSUQ, versión 3 adaptado al español que fue evaluado en una escala de Likert de 1 a 7.

4.3.1 Cuestionario de Usabilidad CSUQ

- 1 = Totalmente en desacuerdo
- 2 = En desacuerdo
- 3 = Ligeramente en desacuerdo
- 4 = Neutral
- 5 = Ligeramente de acuerdo
- 6 = De acuerdo
- 7 = Totalmente de acuerdo

A continuación, se presentan los dieciséis ítems evaluados en el cuestionario aplicado:

1. En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar este sistema.
2. Fue sencillo usar este sistema.
3. Pude completar mi trabajo rápidamente usando este sistema.
4. Me sentí cómodo usando este sistema.
5. Fue fácil aprender a usar este sistema.
6. Creo que podría ser productivo rápidamente usando este sistema.
7. El sistema dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas.
8. Cada vez que cometía un error al utilizar el sistema, podía recuperarme fácil y rápidamente.
9. La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla y documentación) provista con este sistema era clara.

10. Fue fácil encontrar la información que necesitaba.
11. La información provista por el sistema fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo.
12. La organización de la información en las pantallas del sistema fue clara.
13. La interfaz de este sistema fue agradable.
14. Me gustó usar la interfaz de este sistema.
15. Este sistema tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga.
16. En general, estoy satisfecho con este sistema.

4.3.2 Respuestas del cuestionario

El presente anexo detalla la información correspondiente a las respuestas obtenidas luego de la aplicación del cuestionario de usabilidad, instrumento usado para evaluar la percepción de los usuarios sobre la usabilidad de la aplicación.

La siguiente Tabla XLVIII presenta los valores numéricos para cada uno de los 16 ítems evaluados y cada fila corresponde a cada encuestado; esta información constituye una base sólida de los análisis estadísticos realizados, lo que nos permitió validar la confiabilidad, consistencia y el desempeño general de la aplicación móvil desarrollada.

Tabla XLVIII.

ANEXO B. RESULTADOS POR ENCUESTADO DEL CUESTIONARIO CSUQ

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|------------------|---|
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 98.96 | Mejor imaginable | A |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 90.63 | Mejor imaginable | A |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|------------------|---|
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 98.96 | Mejor imaginable | A |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 98.96 | Mejor imaginable | A |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 20.83 | Deficiente | C |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 71.88 | Bueno | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 73.96 | Bueno | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 98.96 | Mejor imaginable | A |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|------------------|---|
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 73.96 | Bueno | B |
| 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 98.96 | Mejor imaginable | A |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 81.25 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 80.21 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 98.96 | Mejor imaginable | A |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 83.33 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 73.96 | Bueno | B |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 81.25 | Excelente | B |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|------------------|---|
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 82.29 | Excelente | B |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 98.96 | Mejor imaginable | A |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 62.50 | Aceptable | C |

4.4 Vista general de aplicación web

En esta imagen la Figura 73 muestra la página principal de la aplicación web desarrollada para la gestión de productos Disfaluid ; en ello se puede observar la estructura y la disposición general del contenido, y permite la visualización del catálogo de productos.

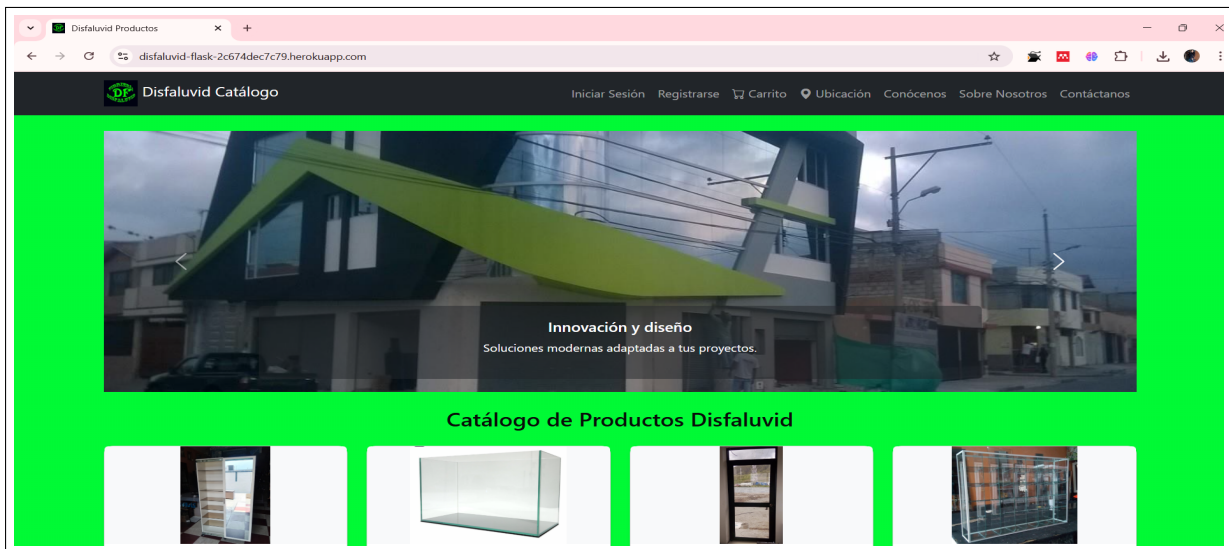


Figura. 73. Pantalla principal del catalogo web

En la Figura 74 se muestra la tabla de productos almacenados en la plataforma web. Cada fila representa un producto y la información más relevante como nombre, descripción, precio, medidas.

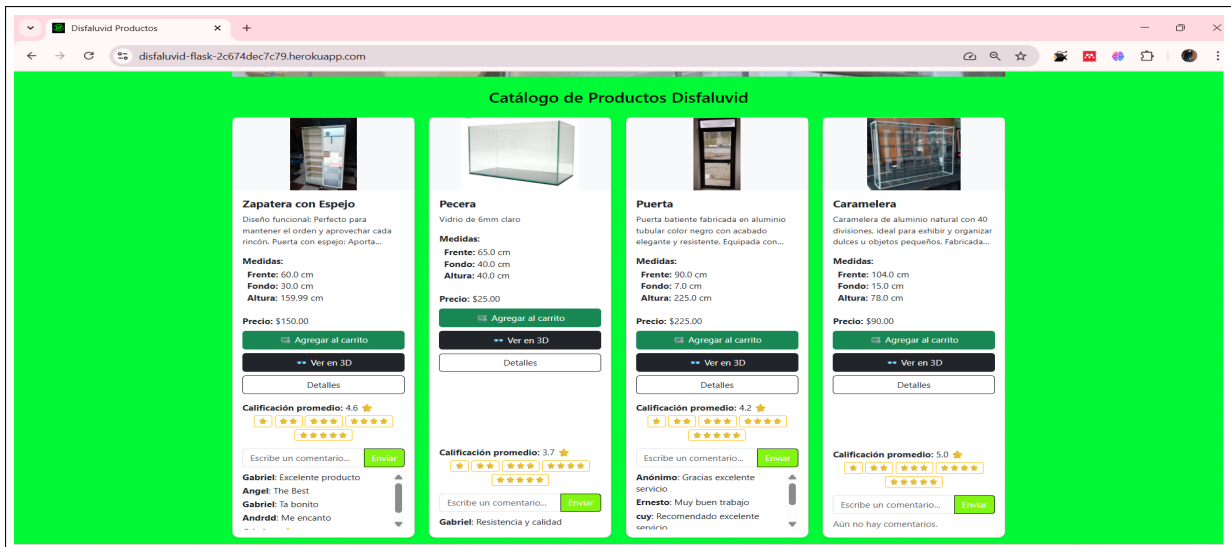


Figura. 74. Productos del catálogo

En la Figura 75 a continuación se muestra el detalle del producto interno registrado en el que se permite editar los campos que conforman el registro.



Figura. 75. Detalle del producto específico

En la Figura 76 continuación se muestra el modelo tridimensional mediante el catálogo web.



Figura. 76. Modelo tridimensional

En la figura 77 se presenta el panel de administración desde donde se puede manipular las funciones del CRUD, que usarán los administradores para mantener actualizado el catálogo, además se podrá agregar a nuevos administradores.

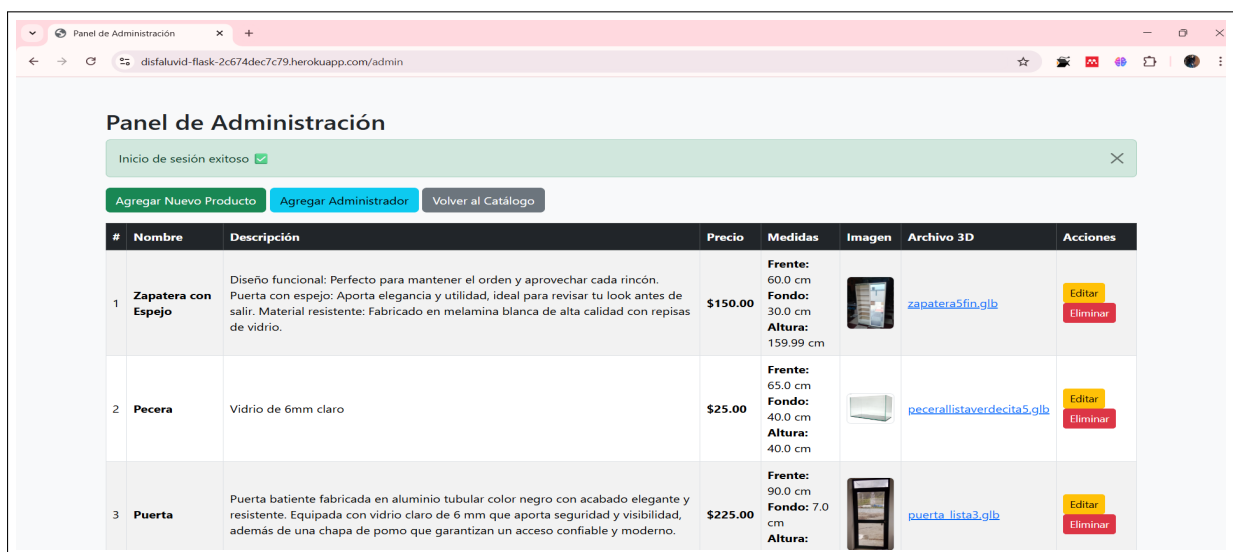


Figura. 77. Panel de administración de productos y administradores

En la figura 78 se muestra el proceso desde el cual se puede subir los archivos, imágenes necesarias para que los productos puedan visualizarse correctamente desde la aplicación móvil mediante la RA, esta función asegura la correcta sincronización entre el entorno web y el sistema móvil.

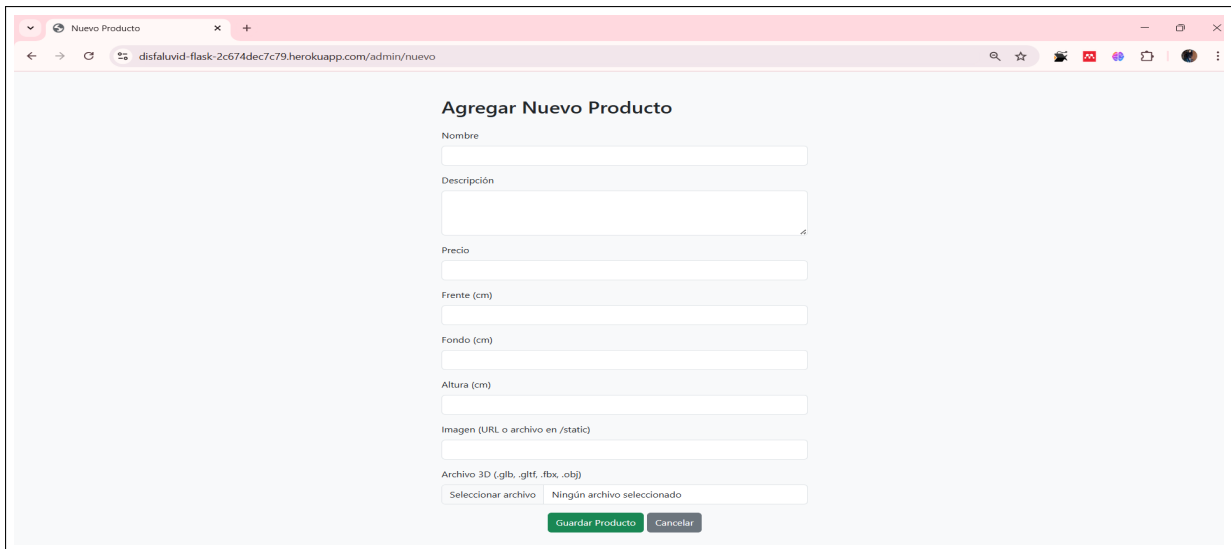


Figura. 78. Pantalla principal del catalogo web

En este anexo de la figura 81 se incluye la proforma generada automáticamente por el sistema desarrollado, se genera en formato PDF e incluye los datos seleccionados por medio del carrito de compras, con varios campos como: detalles del producto, descripción, precios y totales estimados; este documento puede descargarse o enviarse a través de los medios de mensajería, optimizando la comunicación entre los clientes.

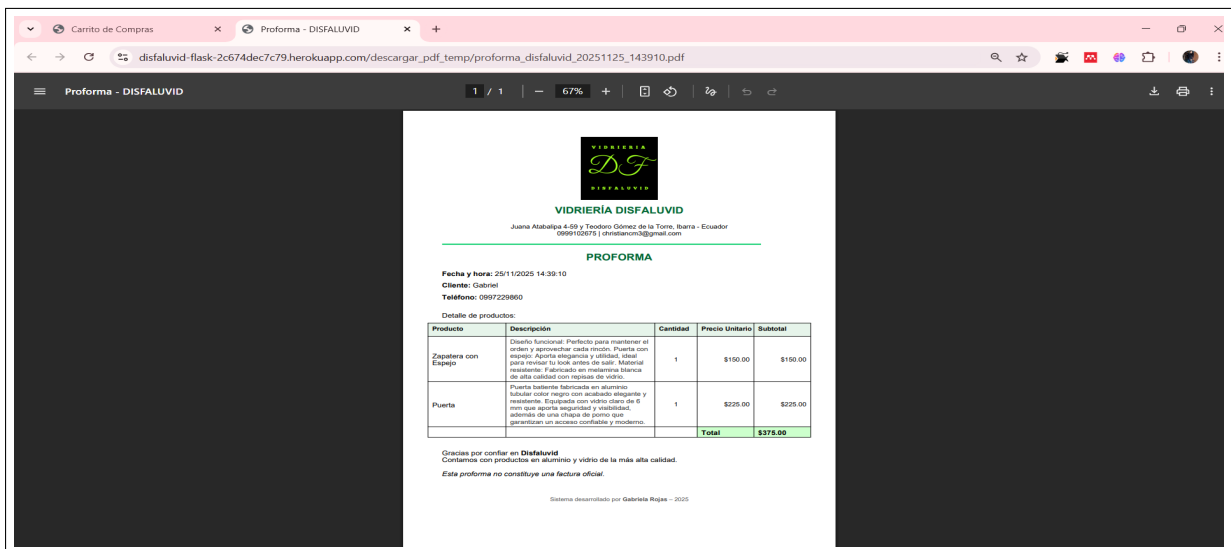


Figura. 79. Proforma automática del sistema

Los siguientes documentos constituyen respaldo institucional del desarrollo e implementación del sistema propuesto.

DISFALUVID

DISEÑO Y FABRICACION EN ALUMINIO Y VIDRIO



CARTA DE AUSPICIO

DISFALUVID

Dirección: Juana Atabalipa 4-59 y Teodoro Gomes de la Torre

Teléfono: 0999102675

Correo Electrónico: christiancm3@hotmail.com

Ibarra, abril 09 del 2025

Por medio de la presente, Disfaluvie, empresa dedicada a la fabricación de productos en aluminio, vidrio y diversos artículos artesanales, expresa su interés en auspicar el proyecto de Tesis titulado:

“Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para la promoción de productos de la empresa Disfaluvie en la ciudad de Ibarra, utilizando la metodología de desarrollo Mobile-D.”

Este proyecto será llevado a cabo por la Sra. Gabriela Rojas, con número de identificación 1003310560, en el marco de su formación académica.

La empresa considera que esta propuesta representa una valiosa oportunidad para innovar en sus estrategias de promoción, incorporando herramientas tecnológicas modernas que permitan una mejor interacción con los clientes y una mayor visibilidad de sus productos.

Nos comprometemos a brindar el apoyo necesario para el desarrollo del proyecto, facilitando información, recursos y asesoría en lo que sea requerido, dentro de nuestras posibilidades.

Sin otro particular, expresamos nuestro respaldo a esta iniciativa y quedamos atentos a cualquier requerimiento adicional.

Atentamente

Christian Mediavilla

Gerente General

Disfaluvie

DISFALUVIE
Diseño y Fabricación en Aluminio y Vidrio
RUC 1003415104001
CEL 088 542 944



0999102675

Figura. 80. Carta de Auspicio

DISFALUVID

DISEÑO Y FABRICACIÓN EN ALUMINIO Y VIDRIO



ENTREGA DE SOFTWARE

DISFALUVID

Dirección: Juana Atabalipa 4-59 y Teodoro Gómez de la Torre

Teléfono: 0999102675

Correo electrónico: christiancm3@hotmail.com

Por medio de la presente, la empresa **Disfaluvud**, dedicada a la fabricación y comercialización de productos en aluminio y vidrio, deja constancia de la **recepción formal y aceptación** de la aplicación móvil desarrollada como parte del trabajo de titulación denominado:

"Desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada, como promoción de productos de la empresa "Disfaluvud" usando la metodología de desarrollo Mobile-D."

El proyecto fue desarrollado por la Sra. **Gabriela Maribel Rojas Benavides**, con número de identificación 1003310560, en el marco de su formación académica.

Luego de realizar las pruebas correspondientes y verificar el cumplimiento de los requerimientos funcionales y no funcionales establecidos al inicio del proyecto, la empresa confirma que el sistema cumple con los objetivos planteados, permitiendo la visualización de productos mediante tecnología de realidad aumentada, mejorando así los procesos de promoción y presentación comercial.

En consecuencia, **Disfaluvud acepta la entrega de la aplicación móvil**, reconociendo que el mismo se encuentra operativo y acorde a las necesidades planteadas por la empresa.

Sin otro particular, se suscribe la presente carta como constancia de conformidad.

Atentamente,

Christian Mediavilla
Gerente General
Disfaluvud

DISFALUVID
Diseño y Fabricación en Aluminio y Vidrio.
RUC 1003415104001
CEL. 099 542 944



0999102675

Figura. 81. Entrega de la Aplicación Móvil