



Desarrollo de un prototipo funcional de una plataforma para la gestión digital de alquiler de viviendas en el Valle del Cauca

Julian Adolfo Vega Guzman

**Proyecto de grado entregado para obtener el título de
Magister en Ingeniería de Software**

Dirigida por
MSc. Juan Carlos Martínez Arias

Pontificia Universidad Javeriana Cali
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Maestría en Ingeniería de Software
Santiago de Cali
4 de junio de 2026

Santiago de Cali, 4 de junio de 2026.

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali.

Ph.D. Luisa Rincón

Directora Maestría en Ingeniería de Software.

Cali.

Cordial Saludo.

Por medio de la presente hago constar que en mi calidad de director de trabajo de grado he revisado el proyecto titulado “Desarrollo de un prototipo funcional de una plataforma para la gestión digital de alquiler de viviendas en el Valle del Cauca” realizado por el estudiante de Magister en Ingeniería de Software Julian Adolfo Vega Guzman (cod: 9027318), el cual se encuentra terminado y considero que cumple con los requisitos para ser sustentado.

Atentamente,

MSc. Juan Carlos Martínez Arias

Santiago de Cali, 4 de junio de 2026.

Señores

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Ph.D. Luisa Rincón

Directora Maestría en Ingeniería de Software

Cali.

Cordial Saludo.

Me permito presentar a su consideración el proyecto de grado titulado “Desarrollo de un prototipo funcional de una plataforma para la gestión digital de alquiler de viviendas en el Valle del Cauca” con el fin de cumplir con los requisitos exigidos por la Universidad y para que sea sometido a revisión del jurado y cumpla su aprobación, para conseguir posteriormente el título de Magister en Ingeniería de Software.

Atentamente,

Julian Adolfo Vega Guzman

Código: 9027318

Ficha Resumen

Trabajo de Grado Maestría en Ingeniería de Software

TÍTULO: Desarrollo de un prototipo funcional de una plataforma para la gestión digital de alquiler de viviendas en el Valle del Cauca

1. Énfasis: Ingeniería de Software
2. Área de trabajo: Arquitectura de Software
3. Tipo de proyecto: Aplicado
4. Estudiante: Julian Adolfo Vega Guzman
5. Correo electrónico: javegag@javerianacali.edu.co
6. Dirección y teléfono: Carrera 47 # 11 - 70, Pasto, Nariño. 3185216722
7. Director: MSc. Juan Carlos Martínez Arias
8. Vinculación del director: Planta
9. Correo electrónico del director: juancmartinez@javerianacali.edu.co
10. Palabras clave: Arrendamiento digital, inclusión tecnológica, prototipado rápido, vivienda, plataformas digitales
11. ODS que aplica al proyecto (Agenda 2030): 10 - Reducción de las desigualdades. 11 - Ciudades y Comunidades sostenibles
12. Fecha de inicio: 10 de enero
13. Resumen: El proyecto abordó la necesidad de reducir la brecha digital entre pequeños arrendadores de vivienda con bajo nivel de alfabetización tecnológica y arrendatarios jóvenes cada vez más digitalizados. Se diseñó, implementó y evaluó inicialmente un prototipo funcional de plataforma digital de gestión de arriendos en el Valle del Cauca, empleando herramientas de desarrollo rápido y un enfoque de especificación asistida por inteligencia artificial. El prototipo contempló funcionalidades básicas como publicación de inmuebles, gestión de contratos con representación de firma electrónica externa, administración de pagos mediante adaptadores de pasarela, notificaciones, seguimiento del proceso y contabilidad básica. La evaluación incluyó revisión funcional interna, interacción remota con sujetos de prueba, dieciséis respuestas post-interacción y entrevistas complementarias, aportando señales iniciales de claridad general en los flujos, percepción favorable sobre el potencial de reducción de fricciones y oportunidades de mejora para siguientes iteraciones.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas que me acompañaron durante este proceso; a quienes, a través de una conversación casual, me dieron ideas sin saberlo; a quienes, aunque no entendieran muy bien a qué me dedico profesionalmente, siempre estuvieron pendientes de mí y me enviaron sus mejores energías; y a todas las personas que creyeron en que podía culminar este trabajo.

Agradezco a todos los profesores que hicieron parte de este capítulo de mi vida académica. Creo firmemente que cada lección me ayudó a estar más preparado para abordar este trabajo de grado y que, de algún modo, cada uno puso su granito de arena en este proceso. Del mismo modo, agradezco especialmente al profesor MSc. Juan Carlos Martínez Arias, quien me guió evitando que el sobrepensar me llevara a estancarme o a desviarme de lo que realmente se quería hacer. Semana a semana, quizá sin saberlo, me dio el ánimo y la tranquilidad necesarios para seguir avanzando.

Agradezco a mi familia por estar siempre pendiente de mí, por enviarme sus mejores deseos y por rezar por mí y por mis proyectos. En especial, agradezco a mis papás, Gustavo y Martha, y a mi hermana Sara, por creer que podía lograr incluso más de lo que yo mismo imaginaba. Les agradezco por no dejarme detener en el camino, por retarme a hacer las cosas mejor y por recordarme que el objetivo no era simplemente terminar, sino construir un trabajo del cual pudiera sentirme orgulloso. Cada prototipo que les compartí regresó con observaciones, preguntas y oportunidades de mejora; lejos de ser frustrante, eso me permitió exigirme más y seguir creciendo.

Agradezco nuevamente a mi papá, de manera especial, porque no lo hago con la frecuencia que quisiera y porque este último año ha sido especialmente difícil por su estado de salud. Él fue la inspiración para explorar esta temática. Mi papá se dedica al alquiler de viviendas, y lo he visto contestar llamadas incluso los domingos para concretar citas, recorrer la ciudad después de las seis de la tarde para cobrar arriendos y seguir trabajando con una fuerza admirable, aun cuando ya podría pensionarse. Todo eso me motivó a pensar en una solución para que personas como él pudieran tener un mayor balance entre su vida y su trabajo, y asimismo una mejor calidad de vida.

Agradezco a mi novia, Natalie, por estar para mí día a día durante este proceso. Ella presenció no solo las emociones positivas cuando todo iba saliendo bien, sino también los momentos en los que me sentí sin rumbo o estancado. Sus palabras de aliento, su ayuda para encontrar información útil, su apoyo para difundir las encuestas y su transparencia para decirme cuando algo podía hacerse mejor fueron muy importantes para este trabajo. Al igual que mis padres y mi hermana, llegó a creer en mí mucho más de lo que yo mismo creía en algunos momentos.

Agradezco también a mis amigos, a quienes más de una vez les compartí información de mi trabajo de grado y nunca se mostraron molestos o desinteresados. Al contrario, siempre encontré en ellos apoyo, ánimo y opiniones honestas. En especial, agradezco a quienes se tomaron el tiempo de leer mis documentos, interactuar con mis prototipos y darme críticas sinceras, porque esas observaciones también hicieron parte del proceso de mejorar.

Agradezco, además, a quien esté leyendo este documento. Gracias por tomarse el tiempo de

revisar un trabajo extenso y por acercarse a la propuesta que aquí se presenta. Espero que estas páginas permitan comprender el valor de lo desarrollado y que, de alguna manera, aporten a lo que usted esté buscando, ya sea desde una mirada académica, profesional o personal.

Por último, agradezco la experiencia enriquecedora de haber pasado por la maestría y de haber realizado este trabajo de grado. Aprendí mucho y pude consolidar varias de las cosas que me enseñaron durante este proceso académico, pero también confirmé la importancia de seguir buscando la excelencia, conservar la curiosidad y querer hacer las cosas cada vez mejor. Este proyecto también me permitió entender un poco más lo que implica plantear y construir un producto, más allá de solo desarrollar software o diseñar una arquitectura técnica. En línea con la motivación inicial de este trabajo, quiero seguir madurando esta idea y buscar que, más allá del prototipo, pueda convertirse en algo útil para mi papá y para otras personas que enfrentan retos similares en la gestión de arriendos.

Resumen

El proyecto abordó la necesidad de reducir la brecha digital entre pequeños arrendadores de vivienda con bajo nivel de alfabetización tecnológica y arrendatarios jóvenes cada vez más digitalizados. Se diseñó, implementó y evaluó inicialmente un prototipo funcional de plataforma digital de gestión de arriendos en el Valle del Cauca, empleando herramientas de desarrollo rápido y un enfoque de *Spec-Driven Development* asistido por inteligencia artificial. El prototipo contempló funcionalidades básicas como publicación de inmuebles, gestión de contratos con representación de firma electrónica externa, administración de pagos mediante adaptadores de pasarela, notificaciones, seguimiento del proceso y contabilidad básica. Los objetivos desarrollados incluyeron la identificación de requerimientos diferenciados por grupos etarios, el diseño arquitectónico y funcional, la implementación del prototipo y una evaluación inicial con sujetos de prueba mediante interacción remota, dieciséis respuestas post-interacción y entrevistas complementarias. Los resultados aportaron señales iniciales de claridad general en los flujos de exploración y detalle, percepción favorable sobre el potencial de reducción de fricciones y nuevas oportunidades de mejora relacionadas con mapa, detalle del inmueble, fotos representativas, reportes de control, diferenciación frente a plataformas existentes y balance entre simplicidad accesible e interfaz suficientemente completa.

Palabras Clave: Arrendamiento digital, inclusión tecnológica, prototipado rápido, vivienda, plataformas digitales.

Abstract

This project addressed the need to reduce the digital divide between small housing landlords with low technological literacy and young tenants who increasingly rely on digital tools. A functional prototype of a digital rental management platform for Valle del Cauca was designed, implemented, and initially evaluated using rapid development tools and an AI-assisted Spec-Driven Development approach. The prototype included core functionalities such as property listing, contract management through external electronic signature services, payment administration via external gateways, notifications, process tracking, and basic accounting. The developed objectives included the identification of requirements across different age groups, the architectural and functional design, the implementation of the prototype, and an initial evaluation with test subjects through remote interaction, sixteen post-interaction responses, and complementary interviews. The results showed overall clarity in exploration and property detail flows, favorable perception regarding friction reduction, and improvement opportunities related to maps, property detail, representative photos, control reports, differentiation from existing platforms, and the balance between accessible simplicity and a sufficiently complete interface.

Keywords: Digital rental, technological inclusion, rapid prototyping, housing, digital platforms

Índice general

Agradecimientos	7
1. Introducción	1
1.1. Definición del problema	2
1.1.1. Planteamiento del problema	2
1.1.2. Formulación del problema	3
1.1.3. Sistematización del problema	3
1.2. Objetivos del proyecto	4
1.2.1. Objetivo General	4
1.2.2. Objetivos específicos	4
1.3. Delimitaciones y alcances	4
1.4. Metodología de la investigación	5
1.4.1. Etapa 1. Recolección y análisis de requerimientos	5
1.4.2. Etapa 2. Diseño arquitectónico y funcional	6
1.4.3. Etapa 3. Implementación del prototipo	6
1.4.4. Etapa 4. Validación del prototipo	7
1.5. Resultados obtenidos	8
1.6. Resumen del capítulo	8
2. Marco de referencia	9
2.1. Marco Teórico	9
2.1.1. Usabilidad, accesibilidad e inclusión digital	9
2.1.2. Brecha digital y apropiación tecnológica	9
2.1.3. Prototipado rápido, IA generativa y desarrollo guiado por especificaciones	10
2.1.4. Arquitectura de software y diseño orientado por atributos	10
2.1.5. Validación de prototipos y aseguramiento de calidad	11
2.1.6. Marco normativo del arriendo residencial, firma electrónica y datos personales	11
2.1.7. Plataformas similares	12
2.1.8. Investigación relacionada	17
2.2. Resumen del capítulo	18
3. Recolección y análisis de requerimientos	19
3.1. Enfoque metodológico	19
3.2. Hallazgos macro del benchmarking	20
3.3. Hallazgos macro de entrevistas y cuestionarios	21
3.4. Síntesis estructurada de requerimientos	24
3.5. Priorización, estructuración y consolidación del backlog	26

3.6. Backlog funcional consolidado	28
3.7. Resumen del capítulo	33
4. Diseño arquitectónico y funcional	35
4.1. Enfoque de diseño arquitectónico	35
4.2. Drivers arquitectónicos priorizados	35
4.3. Decisiones arquitectónicas principales	36
4.4. Modelo de datos y dominios funcionales	40
4.5. Diseño de interfaz y experiencia de usuario	41
4.6. Prototipado y validación temprana	42
4.7. Resumen del capítulo	43
5. Implementación del prototipo	45
5.1. Enfoque metodológico de implementación	45
5.2. Herramientas y automatización	47
5.3. Comparación entre diseño Figma e implementación funcional	48
5.4. Fases de construcción del prototipo	51
5.5. Módulos implementados frente al alcance	52
5.6. Estrategia de pruebas y aseguramiento de calidad	53
5.7. Integraciones externas y stubs del prototipo	53
5.8. Infraestructura como habilitador de evaluación	54
5.9. Requisitos emergentes durante la implementación	54
5.10. Resumen del capítulo	55
6. Evaluación del prototipo	57
6.1. Diseño de la evaluación	57
6.1.1. Validación funcional interna como antecedente	57
6.1.2. Participantes y criterio de selección	58
6.1.3. Preparación del ambiente de prueba	59
6.1.4. Protocolo de interacción remota	59
6.1.5. Instrumento post-interacción	61
6.2. Resultados de la evaluación	61
6.2.1. Hallazgos derivados de entrevistas complementarias	63
6.2.2. Amenazas a la validez	64
6.3. Conclusiones de la evaluación	65
6.4. Resumen del capítulo	66
7. Conclusiones	67
7.1. Conclusiones	67
7.2. Trabajos futuros	68
7.3. Lecciones aprendidas	69

Índice de figuras

3.1. Visión conceptual del sistema derivada del levantamiento de requisitos	20
3.2. Caracterización de participantes del cuestionario de validación	23
3.3. Resultados del cuestionario sobre confianza y percepción de riesgo	23
3.4. Valoración de funcionalidades en el cuestionario de validación	24
3.5. User Story Map consolidado para el prototipo	28
4.1. Vista de contexto C4 de la plataforma de gestión de arriendos	39
4.2. Vista de contenedores C4 del prototipo	40
4.3. Vista de componentes C4 de los módulos principales	40
4.4. Diagrama entidad-relación del modelo de datos del prototipo	41
4.5. Síntesis visual del prototipo navegable diseñado en Figma	43
5.1. Flujo de Spec-Driven Development basado en requerimientos	46
5.2. Flujo de Spec-Driven Development para corrección de defectos	47
5.3. Integración del flujo de implementación con ClickUp mediante MCP	48
5.4. Comparación entre diseño Figma e implementación funcional de la exploración de oferta	50
5.5. Comparación entre diseño Figma e implementación funcional del detalle de inmueble en arriendo	50
5.6. Comparación entre diseño Figma e implementación funcional del portafolio del arrendador	51
6.1. Flujo de validación funcional interna y QA manual posterior a cada spec	58

Índice de tablas

2.1. Comparación de plataformas de arriendo según procesos, modelos, usuarios/cobertura y observaciones	15
3.1. Hallazgos de requisitos e implicaciones para el prototipo	22
3.2. Requerimientos no funcionales transversales priorizados para el prototipo	25
3.3. Criterios de verificación de requerimientos no funcionales	25
3.4. Alcance sintetizado de autenticación y autorización	26
3.5. Backlog de exploración y búsqueda de oferta	28
3.6. Backlog de gestión de publicación del inmueble	29
3.7. Backlog de gestión de contratos	29
3.8. Backlog de gestión de pagos	30
3.9. Backlog de seguimiento del proceso	30
3.10. Backlog de optimización de la experiencia	31
3.11. Backlog de gestión avanzada	32
4.1. Drivers arquitectónicos priorizados para el diseño del prototipo	36
4.2. Decisiones arquitectónicas principales del prototipo	36
5.1. Comparación entre diseño Figma e implementación funcional	48
5.2. Fases de implementación del prototipo	51
5.3. Integraciones externas modeladas mediante stubs en el prototipo	53
6.1. Sujetos y evidencias consideradas en la evaluación remota	58
6.2. Tareas solicitadas para la interacción con el prototipo	60
6.3. Videos de apoyo compartidos durante la evaluación remota	60
6.4. Síntesis del instrumento post-interacción aplicado	61
6.5. Síntesis de respuestas post-interacción	62
6.6. Hallazgos cualitativos derivados de entrevistas complementarias	63

Introducción

El arrendamiento de vivienda en Colombia constituye una de las principales formas de acceso habitacional, con una participación superior al 40 % de los hogares a nivel nacional y cercana al 50 % en departamentos como el Valle del Cauca (DANE, 2025). Este mercado presenta una tensión particular entre arrendatarios jóvenes, que recurren cada vez más a herramientas digitales para buscar y comparar opciones (Herrera, 2025), y pequeños arrendadores que suelen ser personas mayores, con menor apropiación tecnológica y dependencia económica de los ingresos generados por el arriendo (Becerra, 2023). En consecuencia, la digitalización del proceso no avanzó de manera homogénea entre oferta y demanda, lo que mantuvo fricciones en la publicación de inmuebles, la generación de confianza, la gestión contractual y el seguimiento de pagos.

Para responder a esta problemática se usó un enfoque aplicado basado en el diseño e implementación de un prototipo funcional de gestión digital de arriendos. La solución se apoyó en herramientas de prototipado rápido, diseño de interfaz en Figma, *Spec-Driven Development* asistido por inteligencia artificial, Model Context Protocol para conectar herramientas de gestión y diseño, e integraciones externas o adaptadores reemplazables para representar procesos como firma electrónica, pagos y mensajería. De este modo, el proyecto no buscó construir una plataforma comercial definitiva, sino un prototipo validable que permitiera explorar cómo reducir fricciones sin exigir que el pequeño propietario delegara completamente la gestión del arriendo.

El problema se resolvió mediante un proceso progresivo que inició con la recolección y análisis de requerimientos, continuó con el diseño arquitectónico y funcional del prototipo, y avanzó hacia la implementación de módulos para exploración de oferta, portafolio del arrendador, contratos, pagos, notificaciones, seguimiento y contabilidad básica. La arquitectura se definió a partir de atributos de calidad como usabilidad, seguridad, integración y mantenibilidad, mientras que la experiencia de usuario se orientó a baja carga cognitiva, enfoque *mobile-first*, retroalimentación visible y consistencia visual. Durante la implementación, el uso de steering files, Figma MCP y QA manual permitió sostener trazabilidad entre requisitos, diseño y código, además de documentar ajustes derivados de la interacción real con el prototipo.

Como resultado, el proyecto consolidó un backlog priorizado, un diseño arquitectónico y funcional, un prototipo implementado, una fase de validación funcional interna y una evaluación inicial con usuarios. La validación interna mostró que el uso de inteligencia artificial aceleró la construcción, pero no eliminó la necesidad de criterio humano, revisión manual e iteración. Posteriormente, la evaluación remota con dieciséis respuestas post-interacción y dos entrevistas complementarias permitió recoger señales iniciales sobre claridad, confianza, utilidad percibida y potencial de reducción de fricciones. Estos resultados no se interpretaron como evidencia concluyente de adopción, sino como insumo cualitativo para valorar el alcance del prototipo y orientar mejoras futuras.

1.1. Definición del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

En Colombia existe una alta proporción de hogares que viven bajo la figura de arrendamiento o subarrendamiento (40,4 %), superando la cifra de aquellos que viven en vivienda propia, según los resultados de la “Encuesta de Calidad de Vida 2024” publicados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2025). Asimismo, en la región de Latinoamérica, Colombia se ubica como el país con mayor número de hogares que viven en arriendo, con un valor casi del doble del promedio de la región (21 %) (Téllez and Hernández, 2025).

Dentro de este mercado, el perfil de los arrendadores presenta características particulares. Durante el 39º Congreso Nacional Inmobiliario, Mario Andrés Ramírez, presidente de la Federación Colombiana de Lonjas de Propiedad Raíz, se refirió a que la mayoría de quienes ponen sus viviendas en alquiler son personas de la tercera edad, pertenecientes a estratos socioeconómicos del 1 al 3, y dependen en buena medida de estos ingresos para subsistir (Becerra, 2023). Este grupo coincide con la población con menor nivel educativo y con más baja apropiación digital, lo que condiciona la forma en que gestionan el proceso de arriendo y limita su interacción con herramientas tecnológicas (DANE, 2023).

En contraste, la demanda de vivienda en arriendo se ha vuelto crecientemente digital. En el año 2024 se observó un comportamiento en línea con esta tendencia, con más de 725 millones de páginas visitadas relacionadas con la compra o alquiler de vivienda únicamente en el portal Fincaraiz.com.co (Herrera, 2025). Además, la encuesta del DANE (2025) muestra que la edad promedio de los colombianos se ubica entre 34 y 36 años, rango que corresponde al segundo grupo etario con mayor uso de internet según los indicadores básicos de tenencia y uso de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (DANE, 2023). Estos mismos indicadores sugieren una relación inversamente proporcional entre edad y digitalización, lo que anticipa que las herramientas digitales seguirán consolidándose como el mecanismo predilecto para buscar, comparar y gestionar arrendamientos.

Brindar soluciones digitales que permitan que estos dos grupos de personas se encuentren y logren satisfacer sus objetivos ha sido abordado por las proptech, empresas que a través de la tecnología proponen nuevas formas de gestionar los procesos inmobiliarios. Entre estas se encuentran, por un lado, plataformas que habilitan la exposición de la oferta de viviendas a través de clasificados como FincaRaíz, Metrocuadrado y Arriendo.com, también empresas como Aptuno, Nurent y Houm que buscan digitalizar el proceso completo ofreciendo un ecosistema inmobiliario, y por otro lado, MisPropiedades se presenta como un software de administración de arriendos orientado a la autogestión digital de propietarios.

A pesar de la existencia de estas alternativas, son pocas las que se especializan de manera exclusiva en la gestión del proceso de alquiler de vivienda y la mayoría están pensadas para perfiles altamente digitalizados o, en el extremo contrario, para propietarios que prefieren delegar el proceso completo a terceros, lo que deja por fuera a un amplio segmento de pequeños arrendadores con bajos niveles de apropiación digital.

A su vez, estas iniciativas concentran su alcance en Bogotá y Medellín, mientras que departa-

mentos como el Valle del Cauca —que con un 49 % de hogares en arriendo o subarriendo, empatado con San Andrés, ocupa el tercer lugar nacional (DANE, 2025)— carecen de soluciones especializadas para la gestión del proceso. Este contexto convierte al Valle en un mercado atractivo para el desarrollo de un prototipo funcional, al combinar alta demanda de arriendo con ausencia de plataformas adaptadas a pequeños propietarios que no acostumbran a manejar sus procesos de forma digital.

En consecuencia, se identifica una ventana de oportunidad para introducir una herramienta digital que conecte de manera más eficiente a arrendadores tradicionales con arrendatarios digitalizados, reduciendo fricciones, ampliando el mercado disponible y mejorando la competitividad de los pequeños propietarios.

1.1.2. Formulación del problema

La necesidad de diseñar soluciones inclusivas y adaptadas a diferentes niveles de alfabetización digital se hace evidente si se considera que en Colombia el indicador de apropiación digital es inferior al 0,4 según la agencia United States Agency for International Development (USAID, 2023). Asimismo, experiencias internacionales demuestran oportunidades de mejora mediante pagos en línea y flujos simplificados para usuarios con baja experticia tecnológica.

En consecuencia, surge la siguiente pregunta de investigación general:

¿Cómo desarrollar un prototipo funcional de plataforma digital de gestión de arriendos, utilizando herramientas de desarrollo rápido, que permita a pequeños propietarios del Valle del Cauca con bajo nivel de digitalización reducir fricciones en la gestión y ampliar el alcance de su oferta de vivienda?

1.1.3. Sistematización del problema

A partir de la pregunta de investigación se pueden desagregar las siguientes preguntas guía:

1. ¿Qué requerimientos funcionales se deben considerar en la plataforma teniendo en cuenta las diferencias de apropiación digital entre jóvenes (18–32 años), adultos (33–59 años) y adultos mayores (60+), de modo que atienda las necesidades de los arrendadores menos digitalizados sin dejar de ser atractiva para arrendatarios jóvenes?
2. ¿Cómo debe diseñarse la arquitectura y cuáles deben ser las funcionalidades principales del prototipo para que permita a los propietarios gestionar de manera simplificada el ciclo del arriendo y a los arrendatarios visualizar la oferta, contribuyendo a disminuir la brecha digital entre ambos perfiles?
3. ¿De qué manera puede implementarse un prototipo funcional utilizando herramientas de desarrollo rápido, que permita iterar a bajo costo y con flexibilidad para realizar ajustes durante la construcción del prototipo?

4. ¿Cómo puede validarse el prototipo mediante pruebas de funcionalidad y usabilidad en el Valle del Cauca, evaluando su facilidad de uso, nivel de adopción y potencial de apoyo en la reducción de fricciones?

1.2. Objetivos del proyecto

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo funcional de plataforma de gestión digital de alquiler de vivienda con herramientas de desarrollo rápido que ayude a propietarios del Valle del Cauca, con bajo nivel de digitalización, a reducir fricciones en la gestión y ampliar el alcance de la oferta disponible.

1.2.2. Objetivos específicos

1. Identificar requerimientos funcionales con 3 grupos etarios (jóvenes de 18 a 32 años, adultos de 33 a 59 años y adultos mayores desde 60 años) con el fin de estructurar la plataforma considerando el nivel de alfabetización digital de personas más jóvenes, pero priorizando las necesidades de adultos mayores.
2. Diseñar la arquitectura y las funcionalidades principales del prototipo de la plataforma, que permita a los propietarios gestionar de manera simplificada el ciclo del arriendo (publicación, contratos y pagos) y a los arrendatarios visualizar la oferta disponible con una experiencia digital atractiva, para disminuir la brecha entre estos dos perfiles.
3. Implementar un prototipo funcional a través de herramientas de prototipado rápido, para tener la flexibilidad de realizar ajustes iterativos al prototipo.
4. Validar el prototipo mediante pruebas de funcionalidad y usabilidad con usuarios del Valle del Cauca, evaluando su facilidad de uso, nivel de adopción y potencial de reducción de fricciones en la gestión.

1.3. Delimitaciones y alcances

El proyecto se enfocó en el diseño, implementación y validación de un prototipo funcional de plataforma implementado a través de herramientas de desarrollo rápido, dirigido a propietarios y arrendatarios jóvenes del Valle del Cauca.

En esta primera fase, el prototipo incluye:

- Publicación y visualización de inmuebles en arriendo.
- Carga y edición de contratos elaborados externamente, con representación del flujo de firma electrónica mediante adaptadores reemplazables para servicios externos.

- Gestión de pagos representada mediante adaptadores de pasarela externa, habilitando un prototipo de módulo contable para los arrendadores, orientado a organizar los ingresos provenientes de los arriendos.

En este alcance, firma electrónica, pagos y mensajería se modelaron mediante adaptadores o stubs reemplazables, mientras que el almacenamiento de objetos para fotografías y contratos sí se implementó como integración real. Esta distinción fue necesaria para validar el flujo funcional sin asumir responsabilidades legales, financieras o comerciales propias de una plataforma productiva.

Quedó fuera de alcance en esta etapa:

- La redacción o responsabilidad legal de los contratos, dado que estos fueron asumidos como documentos provistos externamente por los usuarios.
- El desarrollo nativo de un sistema de pagos en línea, debido a que el prototipo se apoyó en integraciones o adaptadores reemplazables para servicios externos.
- El desarrollo nativo de un sistema de firma electrónica, dado que el flujo se modeló a partir de servicios externos especializados.
- La gestión de cobranza o manejo de mora.
- La cobertura nacional, dado que el piloto se limita al departamento del Valle del Cauca.

1.4. Metodología de la investigación

Para abordar los objetivos del proyecto se llevó a cabo una metodología compuesta por macroetapas secuenciales directamente vinculadas con los objetivos planteados, siguiendo una lógica similar al modelo en cascada. No obstante, dentro de cada etapa se adoptó una estrategia **híbrida**, en la que los procesos internos podían abordarse de manera lineal o mediante ciclos iterativos propios de enfoques ágiles, según la naturaleza de las actividades.

1.4.1. Etapa 1. Recolección y análisis de requerimientos

Objetivo: Identificar requerimientos funcionales diferenciados por grupos etarios y traducirlos en un backlog inicial.

Actividad 1. Revisión documental y benchmarking

Se exploraron soluciones proptech existentes y referencias de inclusión digital para identificar prácticas relevantes adaptables al contexto local.

Actividad 2. Entrevistas semiestructuradas

Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a arrendadores y arrendatarios de tres grupos etarios (jóvenes, adultos y adultos mayores) para identificar necesidades, dificultades y expectativas en el proceso de arriendo.

Actividad 3. Cuestionarios rápidos

Se diseñó y aplicó un cuestionario breve para complementar los hallazgos cualitativos, con énfasis en patrones de uso digital, confianza, percepción de riesgo y funcionalidades esperadas.

Actividad 4. User Story Mapping y backlog

Se organizaron los hallazgos en historias de usuario y se priorizaron mediante *User Story Mapping* y MoSCoW, generando un backlog funcional que sirvió como insumo para las fases de diseño e implementación.

1.4.2. Etapa 2. Diseño arquitectónico y funcional

Objetivo: Traducir los requerimientos identificados en un diseño arquitectónico y funcional, complementado con validación temprana del prototipo navegable.

Actividad 1. Diseño arquitectónico usando ADD

Se identificaron atributos clave como usabilidad, seguridad, integración, desempeño y simplicidad operativa, y se usaron como guía para el diseño mediante ADD.

Actividad 2. Diagramación de la arquitectura con modelo C4

Se documentó la arquitectura en niveles de contexto, contenedores y componentes para dar una visión clara y evolutiva del prototipo.

Actividad 3. Wireframes y flujos de usuario

Se construyeron prototipos navegables en Figma para simular la experiencia de usuario, recoger retroalimentación temprana y refinar los flujos principales.

Actividad 4. Refinamiento del backlog

Se ajustó y priorizó el backlog funcional de acuerdo con la retroalimentación obtenida durante las iteraciones de diseño.

1.4.3. Etapa 3. Implementación del prototipo

Objetivo: Construir un prototipo funcional mediante *Spec-Driven Development*, integrando servicios externos o adaptadores reemplazables para reducir la complejidad técnica del alcance implementado.

Actividad 1. Configuración del entorno de desarrollo

Se preparó el entorno de trabajo y las herramientas necesarias para la implementación asistida por especificaciones.

Actividad 2. Módulo de publicación y visualización de inmuebles

Se desarrollaron funcionalidades básicas de carga, consulta, filtrado y administración de propiedades en arriendo.

Actividad 3. Módulo de contratos

Se implementó la gestión de contratos y se modeló la integración con servicios externos de firma electrónica mediante adaptadores del prototipo.

Actividad 4. Módulo de pagos

Se implementó el flujo de pagos mediante adaptadores reemplazables y se generó un módulo contable básico para arrendadores.

Actividad 5. Integración y pruebas iniciales

Se integraron los módulos desarrollados, se incorporaron pruebas automatizadas y se ejecutó una validación funcional interna mediante QA manual para verificar que el prototipo cumpliera las funcionalidades mínimas esperadas.

1.4.4. Etapa 4. Validación del prototipo

Objetivo: Evaluar progresivamente la calidad del prototipo mediante validación funcional interna y evaluación inicial con usuarios del Valle del Cauca.

Actividad 1. Preparación de pruebas

Se definieron criterios de revisión funcional, recorridos manuales del prototipo y mecanismos para documentar hallazgos como insumo de mejora.

Actividad 2. QA manual e iteración

Se recorrieron los flujos implementados desde la perspectiva del usuario final, identificando problemas de navegación, consistencia visual, contenido, estados e integración entre módulos.

Actividad 3. Documentación de hallazgos

Se registraron los hallazgos post-implementación dentro de los specs correspondientes y se formalizó una etapa de QA manual como parte del flujo de trabajo.

Actividad 4. Validación con usuarios

Se ejecutó una evaluación remota con usuarios, orientada a recoger percepción inicial sobre facilidad de uso, claridad, confianza, utilidad y potencial de reducción de fricciones. Esta evaluación no tuvo propósito estadístico ni buscó demostrar adopción concluyente, sino contrastar el prototipo con perfiles representativos y obtener oportunidades de mejora.

1.5. Resultados obtenidos

1. Un documento de identificación y estructuración de requerimientos funcionales, construido a partir de revisión documental, benchmarking, entrevistas, cuestionario, *User Story Mapping* y priorización MoSCoW.
2. Un diseño arquitectónico y funcional del prototipo, que contempló publicación de inmuebles, gestión de contratos con firma electrónica externa, gestión de pagos con pasarelas externas, visualización de la oferta y criterios de accesibilidad e inclusión digital.
3. Un prototipo funcional implementado con herramientas de desarrollo rápido y enfoque SDD, que permitió iterar rápidamente y con bajo costo sobre flujos de publicación, contratos, pagos, notificaciones, seguimiento y contabilidad básica.
4. Una evaluación inicial del prototipo, que combinó validación funcional interna, QA manual, dieciséis respuestas post-interacción y dos entrevistas complementarias con usuarios.

1.6. Resumen del capítulo

Este capítulo presentó el problema de investigación, los objetivos, el alcance metodológico y los resultados obtenidos del proyecto. En conjunto, se estableció que el trabajo se orientó a construir y validar un prototipo funcional de gestión digital de arriendos para el Valle del Cauca, con énfasis en inclusión digital, autogestión asistida, servicios externos para firma y pagos, y uso de herramientas de desarrollo rápido asistidas por inteligencia artificial.

Marco de referencia

2.1. Marco Teórico

El marco teórico del proyecto se organizó alrededor de los conceptos que permitieron comprender el problema de investigación y justificar las decisiones de diseño e implementación del prototipo. Estos conceptos no se abordaron como definiciones aisladas, sino como elementos relacionados con la inclusión digital, la gestión del arriendo, el prototipado funcional y la construcción de software orientada por atributos de calidad.

2.1.1. Usabilidad, accesibilidad e inclusión digital

La usabilidad se entiende como la capacidad de un sistema para permitir que sus usuarios cumplan sus objetivos de manera eficaz, eficiente y satisfactoria. En interacción humano-computador, este concepto incluye dimensiones como facilidad de aprendizaje, eficiencia de uso, facilidad de recordación, baja tasa de errores y satisfacción subjetiva (Nielsen, 1993). De manera complementaria, la norma ISO 9241-11 (2018) plantea que la usabilidad debe analizarse en relación con usuarios, objetivos y contextos de uso específicos.

En el contexto del proyecto, la usabilidad no se limitó a una cualidad deseable de la interfaz, sino que constituyó una condición para reducir fricciones entre actores con niveles distintos de apropiación tecnológica. Esta relación se conecta con la transformación digital y la inclusión tecnológica, entendidas como procesos de integración de tecnologías digitales en actividades económicas y sociales que pueden impulsar eficiencia e inclusión, pero que también pueden ampliar brechas si no se acompañan de estrategias de adopción adecuadas (Al-Emran and Griffy-Brown, 2023). Por ello, el diseño del prototipo requirió considerar claridad de navegación, baja carga cognitiva, retroalimentación visible y accesibilidad básica como elementos centrales de la experiencia.

2.1.2. Brecha digital y apropiación tecnológica

La brecha digital se entiende como la desigualdad en el acceso, uso y aprovechamiento de las tecnologías digitales. Esta desigualdad no depende únicamente de contar con dispositivos o conexión, sino también de la motivación, las habilidades y los usos efectivos que las personas logran desarrollar (Dijk, 2019). En consecuencia, la brecha digital refleja divisiones sociales más amplias asociadas con edad, ingresos, educación y ubicación geográfica, e influye directamente en la participación de las personas en procesos económicos y culturales mediados por tecnología.

Este concepto resultó especialmente relevante para el proyecto porque el mercado de arriendo involucra actores con patrones de uso digital distintos. Mientras los arrendatarios jóvenes tienden a adoptar canales digitales para buscar y comparar vivienda, muchos pequeños arrendadores dependen de prácticas tradicionales o de intermediarios. En este sentido, la apropiación tecnológica no podía asumirse como una condición homogénea del usuario, sino como una variable que debía orientar los requisitos, la arquitectura de interacción y la validación del prototipo.

2.1.3. Prototipado rápido, IA generativa y desarrollo guiado por especificaciones

En software, un prototipo es una representación simplificada del sistema que permite validar hipótesis, probar opciones de diseño y comprender mejor el dominio del problema. Alcanzar este objetivo de manera rápida e iterativa es clave para mejorar la satisfacción y la costo-eficiencia del proceso de desarrollo (Sommerville, 2016). En entornos ágiles, el prototipado rápido ha mostrado beneficios en creatividad, eficiencia del diseño y colaboración entre equipos (Wen et al., 2025).

Las plataformas low-code/no-code y la IA generativa se relacionan con este enfoque porque reducen el esfuerzo necesario para construir versiones funcionales tempranas. Las primeras permiten crear aplicaciones mediante interfaces visuales, plantillas y componentes reutilizables, acercando el desarrollo a perfiles técnicos y no técnicos (Waszkowski, 2019). Además, se han asociado con procesos de transformación digital al facilitar aplicaciones con menor esfuerzo de programación manual (Shi et al., 2025). Por su parte, la IA generativa puede acelerar la generación de código, flujos de trabajo y configuraciones, lo que favorece la iteración rápida sobre prototipos funcionales (Paliwal et al., 2024).

En este proyecto, estas ideas se materializaron mediante un enfoque de desarrollo guiado por especificaciones, donde el agente de inteligencia artificial no operó únicamente a partir de instrucciones conversacionales, sino a partir de requisitos, diseños, tareas y reglas de dirección. De esta forma, el prototipado funcional se apoyó en una base documental que permitió conservar trazabilidad entre lo que se necesitaba construir, las decisiones arquitectónicas adoptadas y los módulos finalmente implementados.

2.1.4. Arquitectura de software y diseño orientado por atributos

La arquitectura de software es una abstracción que, a partir de los objetivos del negocio, define la estructura del sistema, sus componentes y relaciones tanto internas como externas (Bass et al., 2021). Esta perspectiva implica que la arquitectura no se reduce a seleccionar tecnologías, sino que integra estilos, características de calidad, componentes lógicos y decisiones que justifican la organización del sistema. En palabras de Richards and Ford (2025), la arquitectura combina un estilo de partida, las características que debe soportar, los componentes lógicos y las decisiones que dan sentido a la solución.

Dentro de este marco, el método Attribute-Driven Design (ADD) propone diseñar la arquitectura a partir de drivers o atributos de calidad, como usabilidad, seguridad, desempeño o mantenibilidad (Wojcik et al., 2006). Para el proyecto, ADD permitió conectar necesidades funcionales

con decisiones estructurales: el prototipo debía ser simple de usar, integrable con servicios externos, seguro en el tratamiento de datos y suficientemente modular para evolucionar después de la primera versión funcional. Por tanto, la arquitectura se entendió como un medio para sostener la intención del producto y no solo como una organización técnica del código.

2.1.5. Validación de prototipos y aseguramiento de calidad

La validación de prototipos mediante pruebas con usuarios es una etapa esencial para determinar si un diseño responde a necesidades reales. Nielsen (1993) señala que las pruebas con usuarios permiten observar cómo las personas interactúan con una interfaz concreta y cuáles son sus problemas durante el uso. En esta misma línea, la evaluación iterativa permite detectar barreras de usabilidad antes de etapas avanzadas y mejora la viabilidad de la solución al incorporar retroalimentación temprana (Rubin and Chisnell, 2008).

Aunque la validación con usuarios finales conserva un valor central, el proyecto también incorporó una primera fase de aseguramiento de calidad manual durante la implementación. Esta fase permitió revisar el prototipo desde la perspectiva del usuario, identificar inconsistencias visuales, problemas de navegación, mensajes poco claros o estados funcionales confusos, y convertir esos hallazgos en nuevas tareas de mejora. De este modo, la validación se entendió como un proceso progresivo que inició con revisión interna del producto y continuó con una evaluación inicial remota orientada a recoger percepciones de claridad, confianza, utilidad y potencial de reducción de fricciones.

2.1.6. Marco normativo del arriendo residencial, firma electrónica y datos personales

El arriendo de vivienda urbana en Colombia se regula principalmente por la Ley 820 de 2003, que establece los derechos y deberes de arrendadores y arrendatarios, las condiciones de los contratos, los topes de canon de arrendamiento y las causales de terminación. Su objetivo es equilibrar las relaciones contractuales y garantizar el derecho a una vivienda digna. Según la misma, “el contrato de arrendamiento de vivienda urbana es aquel por el cual dos partes se obligan recíprocamente, la una a conceder el goce de un inmueble urbano destinado a vivienda, total o parcialmente, y la otra a pagar por este goce un precio determinado”.

De manera complementaria, la Ley 675 de 2001 regula la propiedad horizontal, aquellas propiedades privadas que comparten terreno común con otras, como es el caso de unidades y conjuntos residenciales. Esta ley define los derechos de copropietarios, la organización administrativa de las copropiedades y las normas de convivencia. En palabras de la norma, “en la que concurren derechos de propiedad exclusiva sobre bienes privados y derechos de copropiedad sobre el terreno y los demás bienes comunes”. Estos dos marcos normativos son fundamentales para plataformas digitales que busquen mediar en procesos de arrendamiento en contextos urbanos y residenciales.

En Colombia, la normatividad en materia de firma electrónica y digital se remonta a la Ley 527 de 1999, que definió los mensajes de datos, el comercio electrónico y las firmas digitales, otorgándoles la misma validez y eficacia jurídica que las firmas manuscritas cuando cumplen con ciertos requisitos

de autenticidad e integridad. Esta disposición fue complementada por el Decreto 2364 de 2012, que introdujo de manera específica la figura de la firma electrónica como un mecanismo más amplio y flexible que la firma digital, facilitando su uso en entornos comerciales y administrativos, siempre que garantice la identificación del firmante y la integridad del mensaje o documento.

Por otra parte, el tratamiento de la información personal en plataformas digitales se encuentra regulado por la Ley Estatutaria 1581 de EL CONGRESO DE COLOMBIA (2012), la cual establece disposiciones generales para la protección de datos personales en Colombia. Su objeto principal es desarrollar el derecho constitucional al habeas data, permitiendo a los ciudadanos conocer, actualizar y rectificar la información recogida sobre ellos en bases de datos, así como garantizar principios rectores como la legalidad, finalidad, libertad, veracidad, seguridad y confidencialidad. Esta ley también impone deberes a los responsables y encargados del tratamiento de datos, además de otorgar facultades de vigilancia y sanción a la Superintendencia de Industria y Comercio.

En conjunto, estas normas constituyen el marco jurídico que habilita el uso de medios electrónicos en la gestión de arrendamientos y la administración de datos personales en plataformas digitales, garantizando seguridad jurídica en las transacciones y protección de los derechos fundamentales de los usuarios.

Para efectos del prototipo, este marco normativo se interpretó como una restricción de alcance y no como una declaración de cumplimiento productivo. La solución no redactó ni validó jurídicamente contratos, sino que permitió cargar documentos elaborados externamente; la firma electrónica se representó mediante un adaptador reemplazable, sin asumir la función de proveedor certificador; los pagos se modelaron mediante una pasarela externa simulada, sin desarrollar infraestructura financiera propia; y el tratamiento de datos personales se abordó de forma preliminar, reconociendo que una versión productiva requeriría políticas explícitas de autorización, finalidad, conservación, seguridad y atención de derechos de los titulares.

2.1.7. Plataformas similares

Para definir el estado del arte asociado a plataformas de gestión digital del arriendo de vivienda, se tienen en cuenta plataformas similares en Colombia y otras regiones, así como investigaciones sobre arquitectura de software para la administración inmobiliaria, tomando en consideración los siguientes criterios:

- Cobertura del proceso: grado en que la solución digitaliza todas las etapas del proceso de arriendo (publicación de inmuebles, evaluación de inquilinos, firma del contrato, pagos recurrentes y administración continua).
- Modelo de gestión: tipo de servicio ofrecido (portales de anuncios, PropTech integral, plataformas híbridas B2B2C, SaaS de autogestión o soluciones financieras).
- Perfil de usuario objetivo: propietarios independientes, inmobiliarias, arrendatarios jóvenes, adultos mayores con baja alfabetización digital, etc.
- Cobertura geográfica: ciudades principales o regiones específicas (Bogotá, Medellín, otros países)

- Ventajas y desventajas: aspectos técnicos, económicos o normativos destacados en cada plataforma, así como sus carencias frente al contexto del proyecto.

Arriendo.com Este portal está orientado exclusivamente al arriendo de vivienda en Colombia y funciona como un centro de clasificados digital. Ofrece una base de datos amplia, soporte personalizado a propietarios e inmobiliarias y optimiza la experiencia al centrarse únicamente en la oferta de arriendos ([Arriendo.com, 2025](#)). Su modelo de gestión es de autogestión: permite publicar anuncios y conectar con interesados, pero el propietario debe gestionar por fuera la selección del inquilino, la firma del contrato y los pagos.

Finca Raíz Portal de clasificados que permite publicar inmuebles para arrendar o vender en todo el país. Incorpora herramientas de big data para apoyar el proceso de toma de decisiones para inquilinos, pero los procesos de selección, firma de contrato y pago se realizan fuera de la plataforma ([Fincaraiz, 2025](#)). Están dirigidos al público general y no brindan asistencia especializada para propietarios con baja alfabetización digital.

Mercado Libre Inmuebles Esta sección de Mercado Libre permite publicar anuncios de arriendo con gran exposición a nivel nacional e internacional ([MercadoLibre, 2025](#)). Dado que el foco principal de la compañía es la compraventa de productos, esta línea de negocio aún no ofrece herramientas específicas para evaluar inquilinos, firmar contratos ni gestionar pagos. Opera bajo un modelo de autogestión y está pensado para usuarios familiarizados con el ecosistema de comercio electrónico.

Aptuno Plataforma proptech que digitaliza el ciclo completo de arriendo: publica inmuebles, realiza estudios de viabilidad en línea, elimina la figura del codeudor, genera contratos digitales y garantiza el pago puntual del canon. Su modelo combina tecnología y servicios financieros, permitiendo a propietarios delegar total o parcialmente la gestión ([Aptuno, 2025](#)). Sin embargo, su cobertura actual está enfocada principalmente en Bogotá y Medellín, lo que deja desatendido el Valle del Cauca.

Houm De origen chileno, Houm ofrece un servicio integral que incluye fotografía profesional, marketing en múltiples portales, visitas virtuales, selección de inquilinos, contrato digital y pago garantizado ([Houm, 2025](#)). Su modelo requiere que el propietario delegue todo el proceso a la plataforma, a cambio de una comisión. Sin embargo, en Colombia su operación se encuentra únicamente en Bogotá.

Nurent Start-up colombiana que promueve el lema “arriendos sin drama”; automatiza el estudio de viabilidad del arrendatario, genera contratos digitales y facilita el pago inicial y la entrega de llaves, además de ofrecer servicios de administración y mantenimiento ([Nurent, 2025](#)). Sin embargo, su alcance geográfico se limita al Valle de Aburrá y su público principal son propietarios que quieren delegar la gestión, dejando fuera a arrendadores que desean autogestionar algunos pasos.

Alquilando Proptech argentina que trabaja en un modelo híbrido en el que colabora con corredores inmobiliarios y digitaliza la publicación, gestión de prospectos, contratos y pagos. Ofrece servicios de seguros y anticipos de arriendo que garantizan el ingreso al propietario (Alquilando, 2025). Sin embargo, su presencia en Colombia actualmente se encuentra limitada a Bogotá.

Dora Plataforma especializada en la evaluación de arrendatarios que utiliza múltiples fuentes de datos (referencias de arrendadores anteriores, tenencia de mascotas, historial de pagos, reputación digital) para asignar un puntaje de confiabilidad. También, genera contratos digitales y facilita la contratación de seguros de arrendamiento (Dora, 2025). Su enfoque se centra en el análisis de riesgo; no incluye la publicación de inmuebles ni la administración de pagos.

MisPropiedades Es un software como servicio que permite a los propietarios o pequeñas administraciones autogestionar sus arriendos; automatiza la elaboración de contratos, la emisión de facturas periódicas, la integración de pagos en línea (Wompi) y la contabilidad (MisPropiedades, 2025). Aunque simplifica tareas administrativas, no soluciona la búsqueda de inquilinos ni incluye evaluaciones crediticias.

OpenRent (UK) Plataforma británica para arriendos directos entre propietarios e inquilinos; la publicación de anuncios es gratuita, y el propietario puede contratar servicios opcionales de contrato y depósito por un único pago (OpenRent, 2025). Sin embargo, está dirigida a propietarios del Reino Unido y se basa en su legislación.

Zazume (España) Proptech española que garantiza al propietario el 100 % del canon de arriendo, ofrece adelantos de renta y servicios financieros asociados. Combina tecnología y seguros para asegurar el flujo de caja, pero su enfoque es el mercado español (Zazume, 2025).

Uhomie Start-up chilena que permite tours virtuales, verificación de inquilinos, contratos digitales y soporte personalizado. Ofrece planes personalizables y se presenta como una solución 100 % digital (uhomie, 2025). Sin embargo, actualmente en Colombia, su operación está principalmente en Bogotá y Medellín.

Tabla comparativa En la tabla siguiente se sintetizan los criterios de comparación aplicados a cada plataforma. Para cada solución se identifica el proceso cubierto (usando abreviaturas: P–publicación; S–selección de inquilinos; C–contrato digital; Pg–pagos en línea; G–gestión administrativa; Gu–garantía de renta), el modelo de gestión, el usuario objetivo y cobertura, y se resumen observaciones clave sobre sus ventajas y limitaciones.

Tabla 2.1: Comparación de plataformas de arriendo según procesos, modelos, usuarios/cobertura y observaciones

Plataforma	Proceso	Modelo	Usuario / Cobertura	Observaciones
Arriendo.com	P	Portal de anuncios	Propietarios e inmobiliarias; Colombia	Especializado; visibilidad masiva; sin contratos ni pagos
FincaRaíz	P	Portal de anuncios	Público general; Colombia	Gran base de datos; alto alcance; no gestiona contratos ni pagos
MercadoLibre Inmuebles	P	Portal de anuncios	Público general; Latinoamérica	Publicación sencilla; amplia audiencia; no ofrece herramientas de arriendo
Aptuno	P, S, C, Pg, G, Gu	Proptech integral	Propietarios y arrendatarios digitales; Bogotá/Medellín	Sin codeudor; reduce vacancia; comisiones; orientada a usuarios digitalizados
Houm	P, S, C, Pg, G, Gu	Proptech integral	Propietarios que delegan; Chile, Colombia, México	Servicio integral con asesoría y garantías; comisión elevada; orientado a grandes ciudades
Nurent	P, S, C, Pg, G, Gu	Proptech integral	Propietarios delegados; Medellín	Proceso digital rápido; comisión; cobertura regional
Alquilando	P, S, C, Pg, G, Gu	Híbrido B2B2C	Corredores y propietarios innovadores; Argentina, Colombia	Prospectos y seguros; comisión compartida; no adaptado a adultos mayores
Dora	S, C, Gu	Scoring y seguros	Propietarios preocupados; Colombia	Evalúa inquilinos; no incluye publicación ni pagos
MisPropiedades	C, Pg, G	SaaS	Propietarios con varios inmuebles; Colombia	Automatiza facturación y contabilidad; sin búsqueda de inquilinos

Plataforma	Proceso	Modelo	Usuario / Cobertura	Observaciones
OpenRent (UK)	P, S, C, Pg	Portal con servicios adicionales	Landlords en Reino Unido	Bajo costo y amplia difusión; no administra arriendo continuo ni se adapta a Colombia
Zazume (España)	S, C, Pg, G, Gu	Proptech financiera	Propietarios que buscan renta segura; España	Garantiza renta; adelanta pagos; orientado a España; no apoya autogestión flexible
Uhomie	P, S, C, Pg, G, Gu	Proptech integral	Propietarios y arrendatarios jóvenes; Colombia (Bogotá, Medellín) y Chile	Tours virtuales y planes personalizables; no diseñado para adultos mayores

De la revisión se desprenden varias conclusiones:

- Centradas en usuarios digitalizados o delegación total. Las proptech integrales facilitan la vida de propietarios y arrendatarios jóvenes “nativos digitales”, o bien exigen que el propietario delegue toda la gestión a la plataforma. Este enfoque deja fuera a pequeños arrendadores de tercera edad que desean participar activamente pero tienen baja alfabetización digital.
- Limitadas geográficamente. La mayoría de plataformas opera en Bogotá y Medellín; algunas son internacionales (Avail, OpenRent, Zazume) y otras están en proceso de expansión. No existen soluciones especializadas para el Valle del Cauca, pese a que la región tiene un alto porcentaje de hogares en arriendo.
- Carencia de usabilidad inclusiva explícita. En la revisión documental no se identificaron declaraciones o evidencias visibles de estrategias específicas de diseño inclusivo para adultos mayores. Varias soluciones requieren habilidades digitales para registrarse, cargar documentos y usar dashboards, lo cual puede ser una barrera de entrada para propietarios de mayor edad.
- Enfoque limitado en autogestión flexible. Las plataformas que automatizan la administración (MisPropiedades) son útiles para quienes tienen varios inmuebles o experiencia en software, pero no ayudan a encontrar arrendatarios ni acompañan a propietarios con baja competencia digital. Por el contrario, las plataformas que sí encuentran inquilinos exigen delegar todo o pagar comisiones elevadas.

2.1.8. Investigación relacionada

Diversos sectores han explorado soluciones digitales inclusivas que trascienden el ámbito del arriendo. La literatura indica que para lograr una verdadera inclusión tecnológica de las personas mayores no basta con ofrecer servicios en línea, sino que se deben integrar *formación digital, confianza y accesibilidad*.

Fintech y pagos digitales Existe una brecha en la adopción de pagos electrónicos en América Latina, la cual se evidencia en que los adultos mayores (60 años en adelante) tienen menos probabilidad de utilizar servicios de pago digitales que los jóvenes, incluso a igualdad de nivel educativo e ingreso (Rubio and Tulcanaza-Prieto, 2025). Esta brecha se asocia a factores como falta de confianza en las instituciones financieras, riesgo percibido de fraude y escasas habilidades digitales. Así, se hace necesario implementar estrategias que fomenten confianza en adultos mayores si se espera obtener adopción por su parte.

Salud digital y teleasistencia El proyecto MOSAICO, descrito por Brunzini et al. (2023), implementó una plataforma de monitoreo y teleasistencia para mayores, combinando control médico remoto y servicios sociales. Este proyecto promueve la adopción por parte de los usuarios, adaptando la interfaz visual con íconos más grandes, alto contraste y diseño minimalista. Adicionalmente, se evidencia que la capacitación es clave para mejorar la recordación, facilidad de aprendizaje y uso, para reducir la brecha digital en el ámbito sanitario.

Inclusión digital y formación Zolbin et al. (2025) realizaron entrevistas cualitativas con adultos mayores y concluyeron que la inclusión digital implica no solo acceso, sino también desarrollo de habilidades, autoeficacia y emociones positivas hacia la tecnología. Como resultado, se identificó que las personas valoraron disponer de asistencia en tiempo real y la simplicidad de las interfaces. Estas estrategias coinciden con la importancia de programas de tutoría personalizada y apoyo a domicilio para mejorar la autoeficacia digital.

Turismo accesible y ocio Costa et al. (2025) desarrollaron *ElderWander*, una plataforma de turismo digital que simplifica la planificación de viajes mediante preguntas y respuestas y ofrece recomendaciones de accesibilidad. El diseño se basó en las directrices de la Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) y utiliza fuentes grandes, navegación simplificada y alto contraste. En las pruebas con usuarios se obtuvo un puntaje de usabilidad (SUS) de 84 sobre 100 y los participantes destacaron la claridad y facilidad de uso. Además, Achillas et al. (2024) describen una plataforma en Pieria (Grecia) que provee información detallada sobre rutas y puntos de interés accesibles para personas con movilidad reducida, subrayando el potencial del turismo accesible para promover inclusión social y crecimiento económico. Estas iniciativas demuestran la importancia de personalizar la información y simplificar la interacción para las personas mayores.

Smart cities y gobernanza inclusiva Kruhlov and Dvorak (2025) analizaron la inclusividad social en ciudades inteligentes de Europa y concluyeron que la brecha digital persiste incluso donde existe infraestructura, especialmente entre personas mayores. Casos como los de las ciudades Vilna y Tallin demuestran que programas de capacitación impartidos por bibliotecas y universidades aumentan la confianza y el uso de servicios digitales por parte de los mayores, mientras que en Atenas la falta de competencias digitales limita el uso de la infraestructura disponible. De este modo, se recomienda un enfoque integral que combine inversión en infraestructura, programas educativos y planificación inclusiva, aplicando principios de diseño universal y subsidios para el acceso a internet.

En síntesis, la evidencia de distintos sectores muestra que las plataformas digitales pueden empoderar a las personas mayores si combinan interfaces accesibles, programas de educación digital y apoyo personalizado. Estas observaciones coinciden con la necesidad de incorporar la dimensión social en la transformación digital y constituyen principios clave para el diseño de la plataforma de arriendo propuesta.

2.2. Resumen del capítulo

Este capítulo consolidó los referentes conceptuales, normativos y de mercado que enmarcaron el proyecto. En primer lugar, se estableció la relación entre usabilidad, accesibilidad, brecha digital y apropiación tecnológica como base para diseñar una experiencia comprensible para usuarios con distintos niveles de familiaridad digital. En segundo lugar, se justificó el uso de prototipado rápido, IA generativa, desarrollo guiado por especificaciones y diseño arquitectónico orientado por atributos como mecanismos para construir una solución funcional sin perder trazabilidad. Finalmente, la revisión de plataformas similares e investigaciones relacionadas permitió identificar una oportunidad regional para un prototipo de autogestión asistida en el Valle del Cauca, diferenciado por su enfoque de inclusión digital y reducción de fricciones en el ciclo de arriendo.

Recolección y análisis de requerimientos

La etapa de recolección y análisis de requerimientos tuvo como propósito identificar, estructurar y priorizar las necesidades funcionales y no funcionales de los actores involucrados en el proceso de arrendamiento de vivienda en el Valle del Cauca, considerando especialmente las diferencias en niveles de apropiación digital entre grupos etarios. Esta etapa se desarrolló mediante una estrategia multimétodo que integró revisión documental, benchmarking de plataformas PropTech, seis entrevistas semiestructuradas, un cuestionario aplicado a 115 personas anónimas, *User Story Mapping* y priorización mediante MoSCoW.

El objetivo de esta fase no fue documentar de manera exhaustiva cada instrumento aplicado, sino transformar la evidencia obtenida en una base de requerimientos útil para orientar el diseño arquitectónico, funcional y posteriormente la implementación del prototipo. En este sentido, el contenido presentado en esta sección corresponde a una síntesis académica del proceso, mientras que el detalle completo de instrumentos, respuestas, escenarios Gherkin y decisiones técnicas se conserva en el documento *DOCUMENTO DE ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE.md*, disponible en la carpeta `documentation/` del repositorio del prototipo¹.

3.1. Enfoque metodológico

El proceso de levantamiento de requerimientos se organizó en cinco actividades complementarias:

- **Caracterización documental de usuarios:** revisión de información sobre apropiación digital, uso de internet, acceso móvil y diferencias de comportamiento entre jóvenes, adultos y adultos mayores. Esta actividad respaldó la relevancia del enfoque mobile-first, dado que el teléfono celular es el principal medio de acceso a internet en Colombia (DANE, 2023).
- **Benchmarking de plataformas PropTech:** análisis de soluciones nacionales e internacionales relacionadas con publicación, búsqueda, contratos, pagos y administración de arriendos, con énfasis en su cobertura funcional, grado de autogestión y señales de inclusión digital.
- **Entrevistas semiestructuradas:** aplicación de seis entrevistas a usuarios con experiencia como arrendadores, arrendatarios o ambos, pertenecientes a distintos grupos etarios. Esta actividad permitió identificar fricciones, expectativas, canales de confianza y prácticas actuales en el proceso de arriendo.

¹<https://github.com/JAVegaG/PuenteHogar/tree/main/documentation>

- **Cuestionario de validación:** aplicación de un instrumento estructurado a 115 personas anónimas para contrastar los patrones identificados en las entrevistas, especialmente en relación con hábitos digitales, confianza en pagos y firma digital, dificultad percibida en plataformas con muchos pasos y valoración de funcionalidades.
- **Sistematización y priorización:** consolidación de hallazgos mediante *User Story Mapping*, formulación de historias de usuario, identificación de requerimientos no funcionales transversales y priorización del backlog mediante MoSCoW.

Esta combinación de técnicas permitió conectar la evidencia del dominio con decisiones de producto y diseño. De manera particular, la fase de análisis buscó que los requerimientos no respondieran únicamente a funcionalidades aisladas, sino al flujo completo del arriendo digital y a la necesidad de reducir fricciones para pequeños arrendadores con baja alfabetización tecnológica.

El documento fuente incluye una representación visual de la visión conceptual y de la relación entre actores, procesos y módulos funcionales. La Figura 3.1 sintetiza esta visión como puente entre el levantamiento de requisitos y la definición posterior del prototipo.

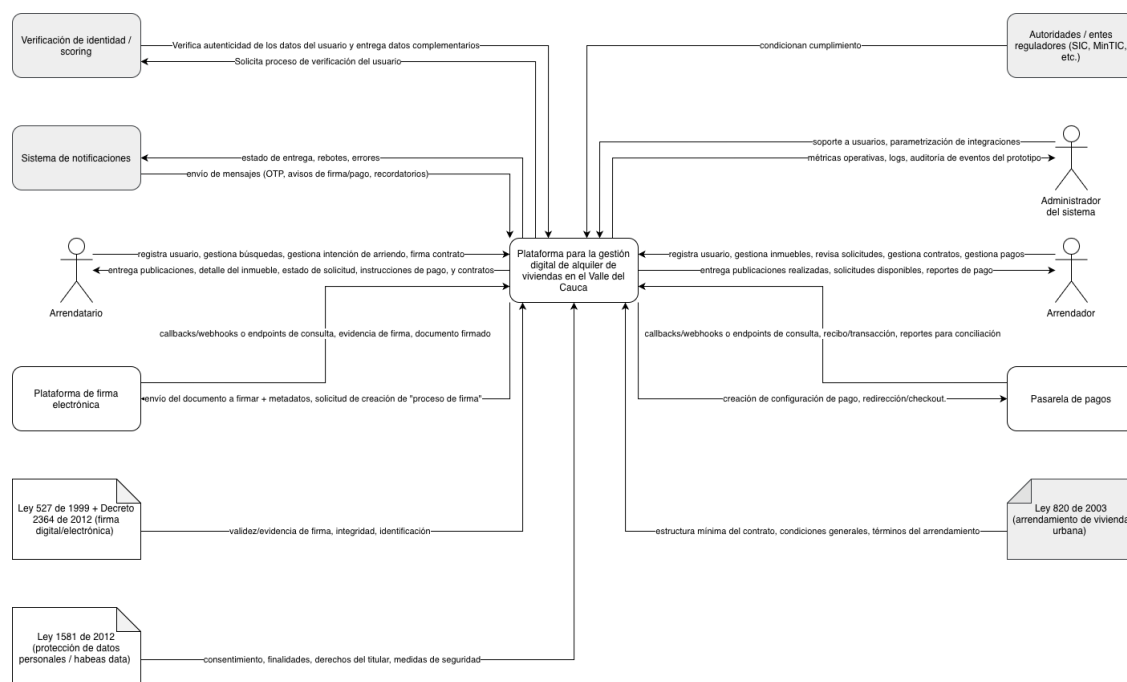


Figura 3.1: Visión conceptual del sistema derivada del levantamiento de requisitos

3.2. Hallazgos macro del benchmarking

Del análisis comparativo de plataformas existentes se identificaron los siguientes patrones estructurales:

1. La mayoría de soluciones digitales se orientan a usuarios altamente digitalizados o a modelos de delegación total del proceso.
2. Existe una concentración geográfica en ciudades principales como Bogotá y Medellín, con limitada especialización en el contexto del Valle del Cauca.
3. Se identificó una baja explicitación de estrategias de diseño inclusivo para adultos mayores o propietarios con baja alfabetización digital.
4. Las plataformas tienden a fragmentar el ciclo del arriendo (publicación, evaluación, contrato, pagos) o a integrarlo bajo modelos con comisiones elevadas.

Estos hallazgos permitieron identificar una oportunidad de diseño centrada en la autogestión simplificada, con acompañamiento digital progresivo y enfoque inclusivo. El análisis también mostró prácticas útiles para el prototipo, como el uso de mosaicos visuales para presentar inmuebles, fotografías obligatorias, iconografía como refuerzo informativo, vistas de detalle progresivas, formularios divididos por pasos y diseños responsivos. No obstante, estas prácticas aparecían de manera fragmentada, sin resolver completamente la necesidad de integrar publicación, contrato, pagos y seguimiento en una experiencia comprensible para usuarios con distintos niveles de apropiación digital.

3.3. Hallazgos macro de entrevistas y cuestionarios

Del análisis cualitativo y cuantitativo emergieron los siguientes resultados generales:

- **Brecha en apropiación digital:** se observaron diferencias relevantes en hábitos y confianza digital entre usuarios jóvenes, adultos y adultos mayores. Mientras los jóvenes manifestaron mayor comodidad con procesos digitales, los adultos y adultos mayores expresaron mayor necesidad de guía, claridad y canales de apoyo.
- **Fricciones principales del proceso:** se identificaron como puntos críticos la publicación efectiva del inmueble, la evaluación de postulantes, la formalización contractual y la gestión de pagos.
- **Predominio del acceso móvil:** el celular apareció como dispositivo principal o frecuente para trámites digitales, por lo que la experiencia debía priorizar navegación móvil sin excluir el uso desde computador.
- **Necesidad de claridad y simplificación:** se valoraron interfaces con baja carga cognitiva, pasos guiados, mensajes explicativos, confirmaciones visibles y retroalimentación clara ante errores o acciones completadas.
- **Preferencia por canales híbridos:** los usuarios valoraron la posibilidad de combinar herramientas digitales con canales conocidos, especialmente WhatsApp, en momentos de contacto, dudas o notificaciones.

- **Confianza en procesos transaccionales:** los pagos digitales y la consulta de contratos o comprobantes fueron percibidos como funcionalidades útiles, aunque la firma digital y los pagos exigían explicaciones claras sobre seguridad, validez y estado del proceso.
- **Interés en herramientas de apoyo a la decisión:** los arrendadores manifestaron interés en mecanismos que les permitieran evaluar riesgo de postulantes, visualizar estados del proceso y consultar resúmenes financieros básicos.

En conjunto, los hallazgos orientaron el prototipo hacia una experiencia de autogestión asistida. Esto implicó permitir que los usuarios ejecutaran el proceso desde la plataforma, pero con suficientes señales de orientación, validación y respaldo para reducir incertidumbre en acciones críticas como publicar un inmueble, contactar interesados, revisar contratos, firmar digitalmente o gestionar pagos.

La Tabla 3.1 sintetiza la relación entre los principales hallazgos obtenidos y las implicaciones que estos generaron sobre la definición de requisitos.

Tabla 3.1: Hallazgos de requisitos e implicaciones para el prototipo

Hallazgo consolidado	Evidencia de origen	Implicación para el prototipo
Acceso móvil como canal predominante	Revisión documental, entrevistas y cuestionario de validación.	Priorizar diseño mobile-first, formularios simples y navegación funcional desde celular.
Necesidad de confianza en pagos y firma	Entrevistas semiestructuradas y preguntas de confianza del cuestionario.	Incluir confirmaciones visibles, estados de proceso, mensajes explicativos y trazabilidad documental.
Valor de información visual y filtros	Benchmarking, entrevistas con arrendatarios y valoración funcional en cuestionario.	Exigir fotos, mostrar fecha de publicación y permitir filtros por zona, precio y características básicas.
Preferencia por canales familiares	Entrevistas y cuestionario sobre canales de notificación y contacto.	Considerar WhatsApp como canal de apoyo o contacto, sin reemplazar la plataforma como eje de gestión.
Necesidad de guía y baja carga cognitiva	Hallazgos cualitativos y valoración de dificultad en plataformas con múltiples pasos.	Diseñar flujos progresivos, mensajes de error accionables y una estructura clara de pasos.

Necesidad de control financiero y documental	Entrevistas con arrendadores y valoración de contratos/comprobantes.	Incluir historial de pagos, comprobantes, consulta de contratos y reportes contables básicos.
--	--	---

Las gráficas del cuestionario ayudaron a complementar los hallazgos cualitativos y a sustentar decisiones de priorización. La Figura 3.2 caracteriza a los participantes, la Figura 3.3 resume resultados asociados con confianza y percepción de riesgo, y la Figura 3.4 presenta la valoración de funcionalidades.

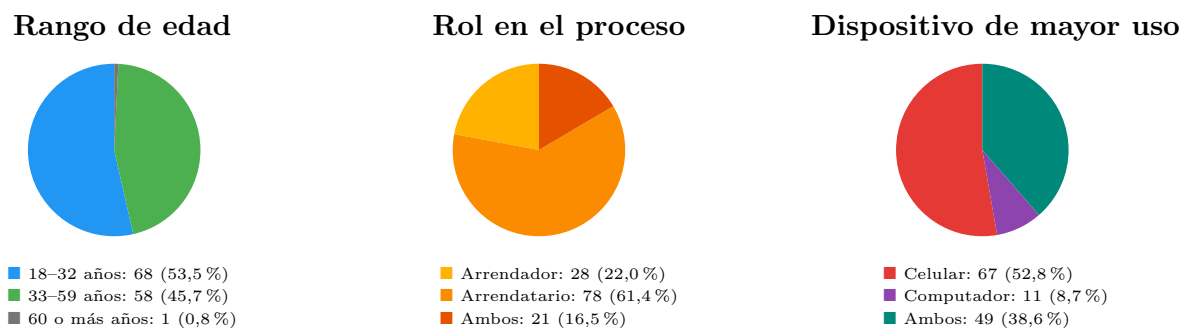


Figura 3.2: Caracterización de participantes del cuestionario de validación

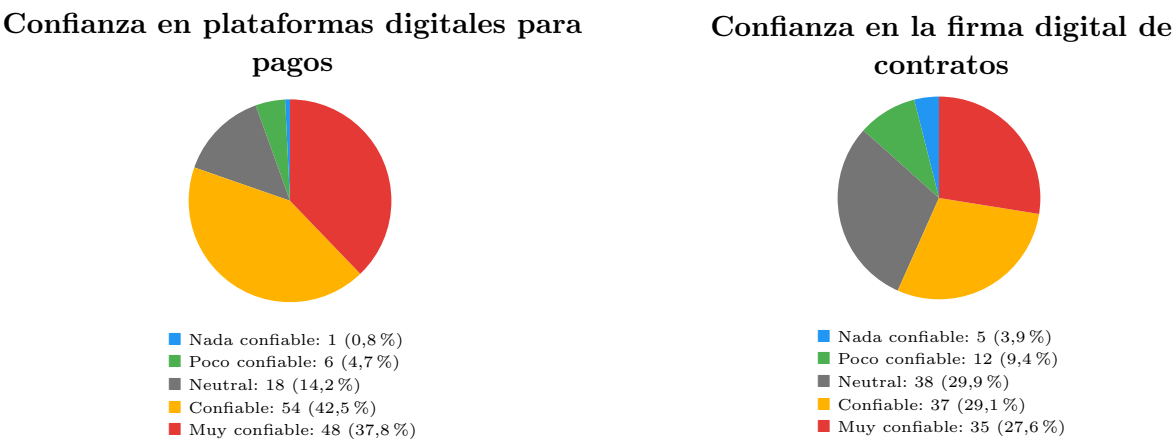
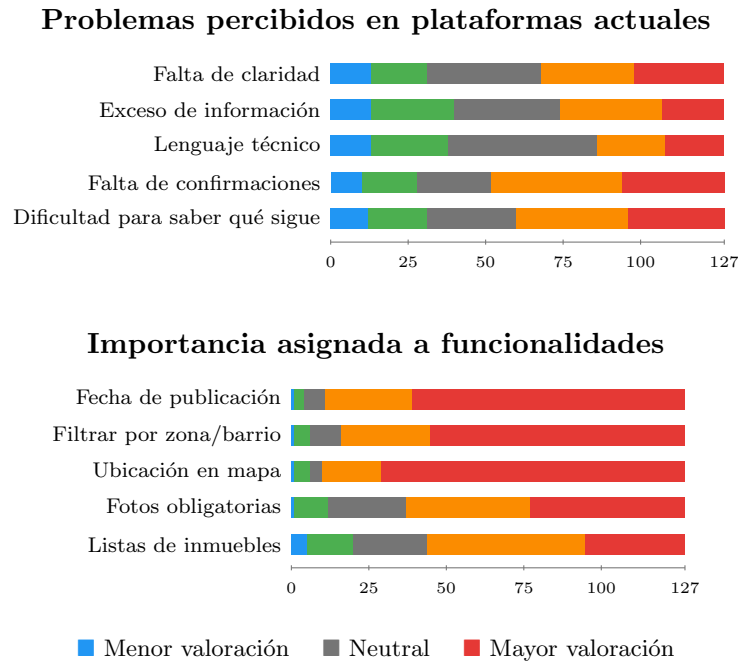


Figura 3.3: Resultados del cuestionario sobre confianza y percepción de riesgo



Nota. En cada barra, los segmentos se presentan de izquierda a derecha desde la menor valoración hasta la mayor.

Figura 3.4: Valoración de funcionalidades en el cuestionario de validación

3.4. Síntesis estructurada de requerimientos

Como resultado del análisis se consolidaron requerimientos organizados en seis áreas funcionales del proceso de arriendo:

1. Exploración de oferta.
2. Gestión de publicación del inmueble.
3. Evaluación de postulantes.
4. Gestión de contratos.
5. Gestión de pagos.
6. Seguimiento del proceso.

Estos requerimientos fueron formalizados en historias de usuario estructuradas bajo el formato “Como [actor], quiero [funcionalidad], para [beneficio]”, permitiendo vincular explícitamente cada funcionalidad con un valor de negocio o necesidad identificada. Asimismo, se consolidaron requerimientos no funcionales transversales relacionados con usabilidad, accesibilidad, confianza, claridad del proceso y funcionamiento móvil, porque estos aspectos resultaron determinantes para reducir barreras iniciales de apropiación digital.

La Tabla 3.2 resume los requerimientos no funcionales transversales priorizados para el prototipo.

Tabla 3.2: Requerimientos no funcionales transversales priorizados para el prototipo

ID	Requerimiento	Prioridad	Complejidad
NFR-01	Mobile-first y correcto funcionamiento en celular.	Must	Media
NFR-02	Baja carga cognitiva en la interfaz.	Must	Baja
NFR-03	Claridad explicativa en cada paso.	Must	Media
NFR-04	Retroalimentación visible ante errores.	Must	Media
NFR-05	Diseño accesible y legible.	Must	Media
NFR-06	Generación de confianza en pagos y firma digital.	Must	Alta

Para evitar que estos requerimientos quedaran como declaraciones generales, se definieron criterios de verificación acordes con el alcance del prototipo. La Tabla 3.3 presenta la forma en que cada requerimiento no funcional debía observarse o contrastarse durante diseño, implementación y evaluación.

Tabla 3.3: Criterios de verificación de requerimientos no funcionales

ID	Criterio verificable	Evidencia esperada en el prototipo
NFR-01	Navegación funcional desde celular y diseño adaptable.	Diseño <i>mobile-first</i> , pruebas manuales de interfaz y registro del dispositivo usado en la evaluación.
NFR-02	Reducción de pasos, jerarquía clara y baja saturación visual.	Flujos progresivos, pantallas segmentadas y percepción de claridad en la evaluación.
NFR-03	Mensajes comprensibles en acciones críticas.	Textos explicativos, confirmaciones visibles y estados del proceso en publicación, contrato y pago.
NFR-04	Retroalimentación ante error o acción completada.	Validaciones de formularios, mensajes de éxito o error y estados intermedios representados en la interfaz.
NFR-05	Aproximación a legibilidad y accesibilidad visual.	Contraste, tamaños tipográficos, áreas táctiles y uso de señales no dependientes solo del color, sin afirmar certificación WCAG.

NFR-06	Señales de confianza en procesos transaccionales.	Explicación de servicios externos, trazabilidad de estados y percepción inicial de confianza en la evaluación.
--------	---	--

Adicionalmente, el análisis permitió reconocer que la transición desde roles tradicionales del mundo físico hacia una plataforma digital requería definir reglas mínimas de identidad. Por esta razón, se incorporaron historias asociadas con registro e inicio de sesión como parte del alcance del prototipo, mientras que la recuperación de contraseña y la gestión extendida de sesión quedaron planteadas como evolución. La Tabla 3.4 resume este alcance.

Tabla 3.4: Alcance sintetizado de autenticación y autorización

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
US-AUT-01	Como potencial arrendatario quiero crear una cuenta en la plataforma con mis datos básicos y una contraseña para postularme a inmuebles y hacer seguimiento a mi proceso de arriendo.	Must	prototipo
US-AUT-02	Como arrendador quiero crear una cuenta en la plataforma con mis datos básicos y una contraseña para publicar inmuebles y gestionar postulaciones.	Must	prototipo
US-AUT-03	Como arrendador o arrendatario quiero ingresar a la plataforma usando mi correo y contraseña para acceder a las funcionalidades asociadas a mi rol.	Must	prototipo
US-AUT-04	Como usuario quiero restablecer mi contraseña mediante un proceso guiado y seguro para recuperar el acceso a mi cuenta.	Should	R2
US-AUT-05	Como usuario autenticado quiero cerrar mi sesión y contar con expiración automática para reducir riesgos al compartir dispositivos.	Should	R2

3.5. Priorización, estructuración y consolidación del backlog

Una vez identificadas y formalizadas las historias de usuario, se aplicó el ejercicio de *User Story Mapping* como mecanismo de estructuración del producto. Esta técnica permitió organizar las funcionalidades en un eje horizontal que representa el flujo natural del proceso de arriendo (de extremo a extremo), y un eje vertical que agrupa alternativas funcionales y niveles de profundidad

por cada actividad. De esta manera, no solo se obtuvo una visión integral del sistema, sino también una base clara para definir versiones incrementales.

El *User Story Map* permitió distinguir el esqueleto funcional mínimo del sistema (prototipo) de funcionalidades complementarias o evolutivas. Este ejercicio garantizó que la priorización no se realizara únicamente por valor aislado, sino considerando coherencia del flujo, dependencia funcional y experiencia integral del usuario.

Posteriormente, las historias fueron priorizadas mediante dos enfoques complementarios:

- Clasificación MoSCoW (Must, Should, Could, Won't), para identificar el alcance mínimo indispensable.
- Análisis de Valor vs. Esfuerzo, para balancear impacto funcional frente a complejidad técnica estimada.

La priorización consideró cuatro criterios de decisión: valor para cerrar el ciclo básico de arriendo, evidencia obtenida en entrevistas y cuestionario, dependencia funcional entre historias y viabilidad técnica dentro del prototipo. En los flujos de firma, pagos y notificaciones, esta viabilidad se apoyó en adaptadores reemplazables y stubs, de manera que el prototipo pudiera representar estados y confirmaciones sin asumir una integración productiva con proveedores externos.

Como resultado, se definió un prototipo centrado en habilitar el ciclo básico de publicación, contrato, y pago, incorporando mecanismos de confirmación explícita, notificaciones y claridad en los estados del proceso, con especial atención a la usabilidad para adultos mayores.

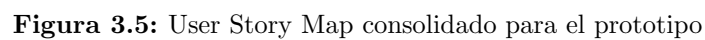
Adicionalmente, con el fin de preparar las historias para su transición a un backlog de desarrollo formal, se incluyeron escenarios preliminares en formato Gherkin (*Given-When-Then*). Estos escenarios permitieron:

- Especificar comportamientos esperados de manera verificable.
- Anticipar criterios de aceptación desde la etapa de análisis.
- Facilitar futuras pruebas funcionales bajo enfoques como BDD (Behavior-Driven Development).

La incorporación temprana de escenarios Gherkin fortaleció la trazabilidad entre requerimientos, diseño, implementación y validación, asegurando que cada historia de usuario pudiera transformarse en elementos implementables y medibles dentro de un entorno de desarrollo iterativo.

El backlog consolidado se presenta como instrumento oficial en la sección siguiente. El detalle completo del *User Story Map*, la matriz de priorización y los escenarios Gherkin preliminares se encuentra en *DOCUMENTO DE ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DE SOFTWARE.md*, disponible en *documentation/* y en el repositorio del prototipo.

La Figura 3.5 presenta la versión visual del *User Story Map*, usada para conectar actividades, releases e historias de usuario dentro del flujo completo de arriendo.



El backlog funcional consolidado constituye el instrumento oficial de planificación del desarrollo del prototipo. Este backlog organiza las historias de usuario derivadas del proceso de recolección y análisis de requerimientos, estructurándolas por épicas funcionales y priorizándolas de acuerdo con los criterios definidos previamente (MoSCoW y análisis de Valor vs. Esfuerzo).

Épica 1: Exploración y búsqueda de oferta

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
US-01	Como arrendatario quiero buscar inmuebles para iniciar el proceso de selección.	Must	prototipo
US-02	Como arrendatario quiero filtrar por zona/barrio para encontrar opciones relevantes.	Must	prototipo
US-03	Como arrendatario quiero ver fotos obligatorias para evaluar interés inicial.	Must	prototipo

US-04	Como arrendatario quiero ver la fecha de publicación para identificar inmuebles vigentes.	Must	prototipo
US-05	Como arrendatario quiero contactar al arrendador desde la plataforma para agilizar el proceso.	Must	prototipo

Épica 2: Gestión de publicación del inmueble

Tabla 3.6: Backlog de gestión de publicación del inmueble

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
US-06	Como arrendador quiero crear una publicación ingresando la información básica del inmueble para ofrecerlo formalmente a posibles arrendatarios.	Must	prototipo
US-07	Como arrendador quiero cargar fotos obligatorias antes de publicar para generar confianza y aumentar el interés en el inmueble.	Must	prototipo
US-08	Como arrendador quiero publicar el inmueble desde el celular sin depender del computador para gestionar el proceso de manera práctica y desde cualquier lugar.	Must	prototipo
US-09	Como arrendador quiero recibir notificaciones cuando haya interesados para responder oportunamente y no perder oportunidades de arriendo.	Should	prototipo

Épica 3: Gestión de contratos

Tabla 3.7: Backlog de gestión de contratos

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
US-10	Como arrendador quiero cargar el contrato en la plataforma para centralizar el proceso y evitar trámites físicos innecesarios.	Must	prototipo

US-11	Como arrendatario quiero ver un resumen de los puntos clave del contrato antes de leerlo completo para comprender rápidamente las condiciones principales del arriendo.	Must	prototipo
US-12	Como usuario quiero iniciar un flujo de firma electrónica mediante un proveedor externo para formalizar el acuerdo sin desplazamientos presenciales.	Must	prototipo
US-13	Como usuario quiero recibir confirmación clara cuando el contrato esté firmado para tener certeza de que el proceso fue exitoso.	Must	prototipo

Épica 4: Gestión de pagos

Tabla 3.8: Backlog de gestión de pagos

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
US-14	Como arrendatario quiero iniciar el pago del canon mediante una pasarela externa para realizar el pago de forma rápida y segura.	Must	prototipo
US-15	Como arrendador quiero recibir confirmación cuando el pago se realice para verificar oportunamente el cumplimiento del pago.	Must	prototipo
US-16	Como usuario quiero consultar el historial de pagos para llevar control y seguimiento de las transacciones realizadas.	Must	prototipo
US-17	Como arrendador quiero generar reportes mensuales de ingresos para organizar mi gestión financiera.	Should	prototipo

Épica 5: Seguimiento del proceso

Tabla 3.9: Backlog de seguimiento del proceso

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
----	---------------------	-----------	---------

US-18	Como usuario quiero visualizar claramente el estado del arriendo (publicado, contrato firmado, pago realizado) para entender en qué etapa se encuentra el proceso.	Must	prototipo
US-19	Como usuario quiero recibir notificaciones sobre eventos importantes del proceso para mantenerme informado sin necesidad de revisar constantemente la plataforma.	Must	prototipo

Épica 6: Optimización de la experiencia

Tabla 3.10: Backlog de optimización de la experiencia

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
US-20	Como arrendatario quiero filtrar por precio y características básicas para ajustar la búsqueda a mi presupuesto y necesidades.	Should	R2
US-21	Como arrendatario quiero crear listas de inmuebles favoritos para compararlos.	Should	R2
US-22	Como arrendatario quiero visualizar la ubicación exacta en un mapa para contextualizar el inmueble.	Should	R2
US-23	Como usuario quiero priorizar WhatsApp como canal de comunicación con interesados para usar un medio familiar y de uso cotidiano.	Should	R2
US-24	Como usuario quiero consultar versiones históricas de contratos firmados para tener trazabilidad y respaldo documental.	Could	R2

US-25	Como usuario quiero descargar comprobantes de pago cuando lo necesite para contar con soporte documental ante cualquier eventualidad.	Should	R2
US-26	Como arrendador quiero visualizar resúmenes contables básicos para tener una visión clara de mis ingresos por arriendo.	Should	R2

Épica 7: Gestión avanzada

Tabla 3.11: Backlog de gestión avanzada

ID	Historia de Usuario	Prioridad	Release
US-29	Como arrendatario quiero agregar notas a los inmuebles guardados para poder compararlos y tomar una decisión informada.	Could	R3
US-30	Como arrendador quiero ver estadísticas de visualización del inmueble para entender el nivel de interés que está generando la publicación.	Could	R3
US-31	Como arrendador quiero evaluar la viabilidad o riesgo de los postulantes antes de aceptar el contrato para reducir el riesgo de incumplimientos futuros.	Should	R3

Síntesis de releases

El prototipo se orienta a representar funcionalmente el ciclo básico del arriendo digital, de modo que arrendadores y arrendatarios pudieran recorrer actividades esenciales del proceso: exploración de inmuebles, publicación, formalización contractual, gestión de pagos y seguimiento del estado del arriendo. Este primer release integró el flujo publicación-contrato-pago-seguimiento mediante confirmaciones explícitas, notificaciones y mecanismos básicos de control financiero. No obstante, los procesos dependientes de terceros, como firma, pagos y mensajería, fueron tratados como flujos simulados mediante adaptadores reemplazables, por lo que su alcance fue validar estados, interacción y trazabilidad, no operación productiva de servicios externos.

El Release 2 (R2) introduce funcionalidades orientadas a optimizar la experiencia de uso y fortalecer la trazabilidad documental y financiera. En esta fase se incorporan filtros avanzados,

listas de favoritos, visualización geográfica mediante mapa, descarga de comprobantes, consulta de versiones históricas de contratos y resúmenes contables básicos. Estas funcionalidades amplían el valor percibido sin alterar la estructura central del flujo implementado en el prototipo.

Finalmente, el Release 3 (R3) contempla capacidades de gestión avanzada orientadas a apoyar la toma de decisiones y profesionalizar la administración del arriendo. En esta fase se integran herramientas como estadísticas de visualización del inmueble, evaluación de riesgo de postulantes y funcionalidades adicionales de apoyo comparativo. Este enfoque incremental permite evolucionar el sistema desde una solución funcional mínima hacia una plataforma con mayores capacidades analíticas y estratégicas.

3.7. Resumen del capítulo

Este capítulo presentó el proceso de recolección y análisis de requerimientos del prototipo. Se documentó la estrategia multimétodo basada en revisión documental, benchmarking, entrevistas, cuestionario, *User Story Mapping* y priorización MoSCoW. Como resultado, se consolidaron hallazgos sobre acceso móvil, confianza, claridad, baja carga cognitiva, canales de apoyo y control financiero, además de un backlog funcional y requerimientos no funcionales que sirvieron como base para el diseño arquitectónico, funcional y posterior implementación del prototipo.

Diseño arquitectónico y funcional

La etapa de diseño arquitectónico y funcional tuvo como propósito traducir los requerimientos priorizados en una propuesta técnica y de experiencia de usuario coherente con el alcance del prototipo. Para ello, se definieron drivers de calidad, decisiones arquitectónicas, dominios funcionales, lineamientos de interacción y criterios de accesibilidad que permitieran sostener el ciclo básico de publicación, formalización contractual, gestión de pagos y seguimiento del arriendo, sin perder de vista la inclusión digital de pequeños arrendadores del Valle del Cauca.

El diseño se abordó como una síntesis entre viabilidad técnica, bajo costo, trazabilidad con los requisitos y facilidad de evolución. Por esta razón, las decisiones no buscaron definir una plataforma comercial definitiva, sino una arquitectura suficiente para validar un prototipo funcional, integrable con servicios externos de firma electrónica y pagos, y adaptable a futuras iteraciones. El detalle completo de las iteraciones ADD, vistas C4, modelo de datos y evidencias visuales se encuentra en *Diseño Arquitectónico y Funcional.md*, disponible en la carpeta `documentation/` del repositorio del prototipo.

4.1. Enfoque de diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico se desarrolló mediante el enfoque Attribute-Driven Design (ADD), dado que este método permite derivar la arquitectura a partir de atributos de calidad y restricciones relevantes, en lugar de partir directamente de tecnologías o patrones predeterminados. Esta decisión resultó pertinente porque el proyecto no dependía únicamente de cubrir funcionalidades, sino de asegurar condiciones transversales como usabilidad, inclusión digital, confianza, seguridad, desempeño y capacidad de integración con terceros.

La aplicación de ADD permitió identificar stakeholders, drivers arquitectónicos, escenarios de calidad y decisiones estructurales asociadas con el prototipo. De este modo, la arquitectura se definió de manera incremental: primero se estableció el estilo general del sistema, luego la organización interna de los módulos de aplicación y finalmente la estrategia de datos, almacenamiento y comunicación entre dominios. Esta progresión mantuvo trazabilidad entre los requerimientos identificados en la fase anterior y las decisiones que orientaron el diseño del prototipo.

4.2. Drivers arquitectónicos priorizados

A partir de los requerimientos funcionales, los requerimientos no funcionales y las restricciones del proyecto, se priorizaron los drivers con mayor impacto estructural. La Tabla 4.1 resume los drivers principales que guiaron el diseño del prototipo.

Tabla 4.1: Drivers arquitectónicos priorizados para el diseño del prototipo

Driver	Sentido en el proyecto	Implicación de diseño
Usabilidad e inclusión digital	La plataforma debía ser comprensible para usuarios con distintos niveles de apropiación digital, especialmente arrendadores adultos y adultos mayores.	Flujos progresivos, lenguaje claro, baja carga cognitiva, navegación mobile-first y confirmaciones explícitas.
Integración resiliente	El modelo del prototipo dependía de servicios externos para pagos y firma electrónica.	Adaptadores desacoplados, manejo de fallos, estados intermedios y posibilidad de degradación controlada.
Seguridad y cumplimiento	El sistema gestionaba datos personales, contratos, pagos y estados del proceso de arriendo.	Control de acceso por rol, verificación de pertenencia de recursos, validación de entradas y trazabilidad documental.
Desempeño y disponibilidad	Los usuarios esperan respuestas rápidas, especialmente en consultas, pagos y confirmaciones.	Caché para datos de baja variación, diseño web responsive y decisiones preparadas para evolución operativa.

Estos drivers conectaron directamente con la propuesta de valor del proyecto: reducir fricciones sin exigir al usuario conocimientos técnicos avanzados. En consecuencia, la arquitectura se orientó a equilibrar simplicidad inicial y capacidad de evolución, evitando decisiones de alta complejidad que no fueran necesarias para validar el prototipo.

4.3. Decisiones arquitectónicas principales

Con base en los drivers priorizados, se consolidaron decisiones arquitectónicas orientadas a sostener el prototipo y preparar su evolución. La Tabla 4.2 sintetiza las decisiones más relevantes.

Tabla 4.2: Decisiones arquitectónicas principales del prototipo

Decisión	Justificación	Trade-off principal
----------	---------------	---------------------

Monolito modular	Se seleccionó como estilo base por su bajo costo operativo, simplicidad de implementación y separación explícita por dominios.	Menor elasticidad que una arquitectura distribuida, aunque con mejor viabilidad para un prototipo funcional.
Aplicación web responsive mobile-first	Respondió al predominio del celular como canal de acceso y a la necesidad de no excluir el uso desde computador.	Exige esfuerzo adicional de diseño y prueba en múltiples tamaños de pantalla.
Arquitectura hexagonal por módulo	Permitió desacoplar lógica de negocio, infraestructura e integraciones externas, manteniendo módulos más evolucionables.	Incrementa la necesidad de convenciones y disciplina de implementación.
Comunicación por APIs internas	Mantuvo límites claros entre dominios dentro de una misma unidad de despliegue.	Puede introducir cierta latencia o complejidad frente a llamadas directas.
RBAC con pertenencia de recursos	Permitió controlar funcionalidades por rol y verificar que cada usuario accediera solo a recursos propios.	Requiere mantenimiento cuidadoso de permisos y reglas de acceso.
Circuit breaker en integraciones	Se definió para pagos y firma electrónica, reduciendo el impacto de fallos de servicios externos.	Agrega lógica de resiliencia y manejo de estados intermedios.
PostgreSQL con esquemas por dominio	Permitió usar una base relacional madura con separación lógica por módulos.	Si la instancia falla, puede afectar varios dominios a la vez.
Redis/cache para consultas frecuentes	Apoyó tiempos de respuesta más estables en datos estáticos o de baja variación.	Requiere definir tiempos de vida e invalidación de caché.
Almacenamiento de objetos	Se definió para documentos, contratos, comprobantes e imágenes.	Introduce dependencia de infraestructura externa o adicional.

Persistencia RAW/curada	Permitió conservar datos crudos y generar modelos tipados para operación y consulta.	Aumenta la complejidad de procesos ETL y versionamiento de datos.
----------------------------	---	---

Estas decisiones deben entenderse de acuerdo con el alcance del prototipo y con los hallazgos de la fase de requisitos. El monolito modular redujo el costo operativo inicial, aunque concentró el despliegue y la base de datos en una misma unidad de operación. La arquitectura hexagonal facilitó la sustitución futura de stubs por proveedores reales, pero exigió mayor disciplina de implementación. El uso de Redis, persistencia RAW/curada y circuit breaker se justificó como preparación técnica para evolución, trazabilidad y resiliencia, no como requisito indispensable para una prueba exploratoria. Sin estas decisiones, el prototipo habría sido más simple de construir, pero habría dejado menos claro cómo evolucionar pagos, firma, mensajería, almacenamiento y consulta de información en etapas posteriores. De igual forma, las integraciones simuladas permitieron validar estados y experiencia esperada, pero no sustituyeron la validación productiva de latencia, seguridad, costos o manejo de errores de proveedores reales.

Las vistas C4 permitieron representar el sistema en distintos niveles de abstracción. La Figura 4.1 muestra la relación del prototipo con sus actores y sistemas externos; la Figura 4.2 presenta los contenedores principales, y la Figura 4.3 resume la organización interna de los módulos.

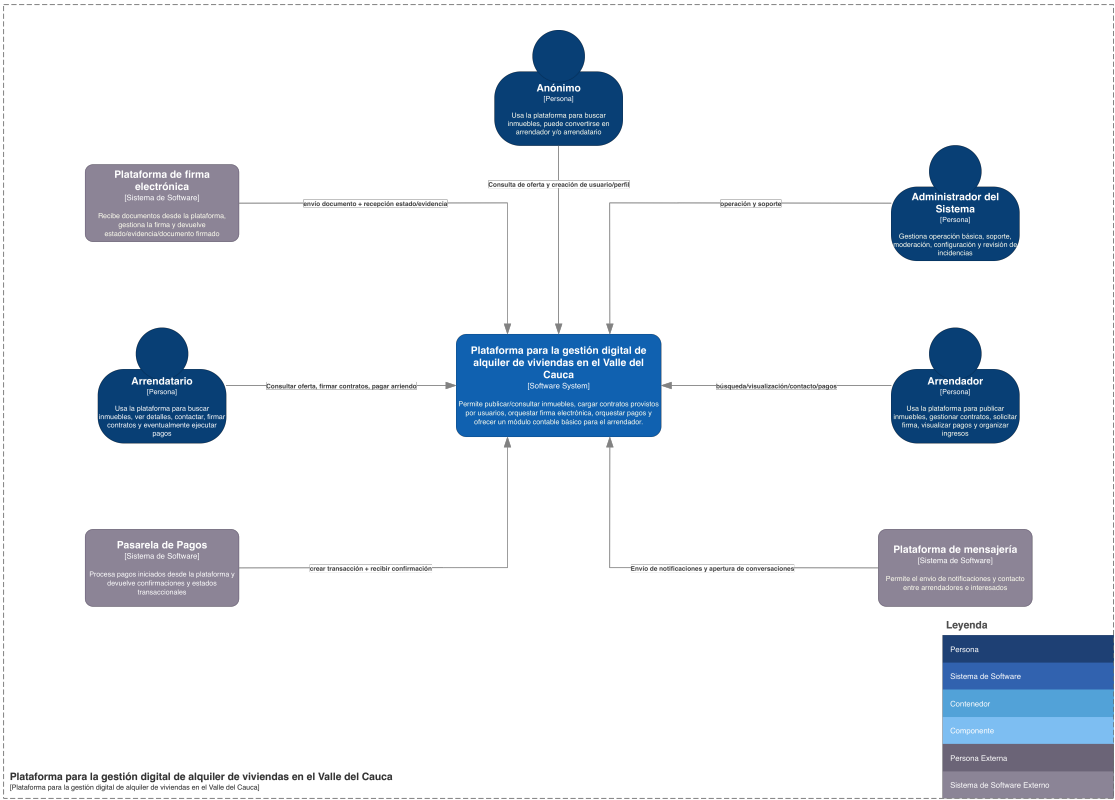


Figura 4.1: Vista de contexto C4 de la plataforma de gestión de arriendos

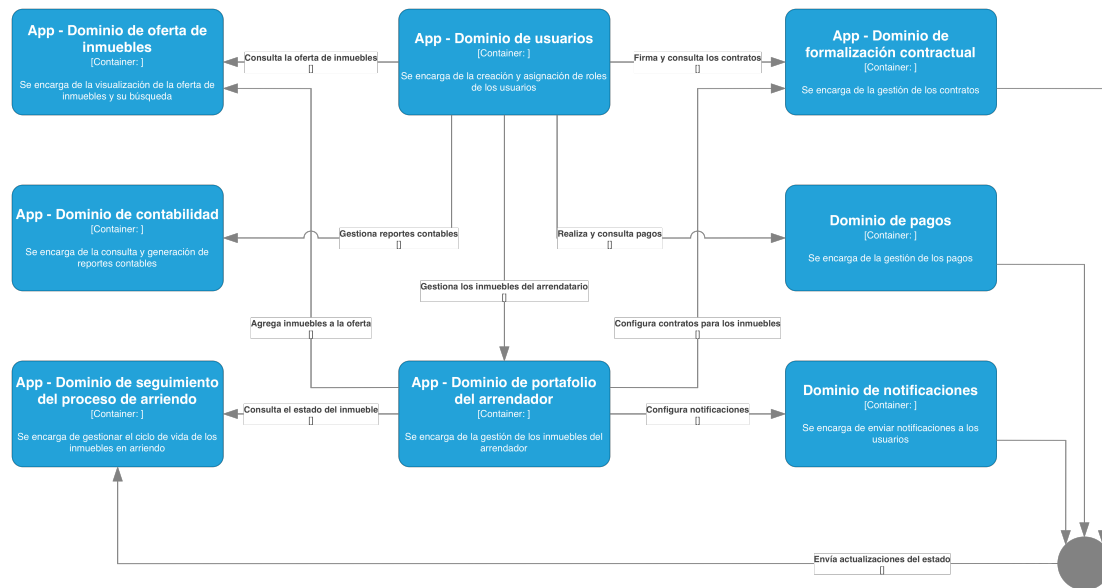


Figura 4.2: Vista de contenedores C4 del prototipo

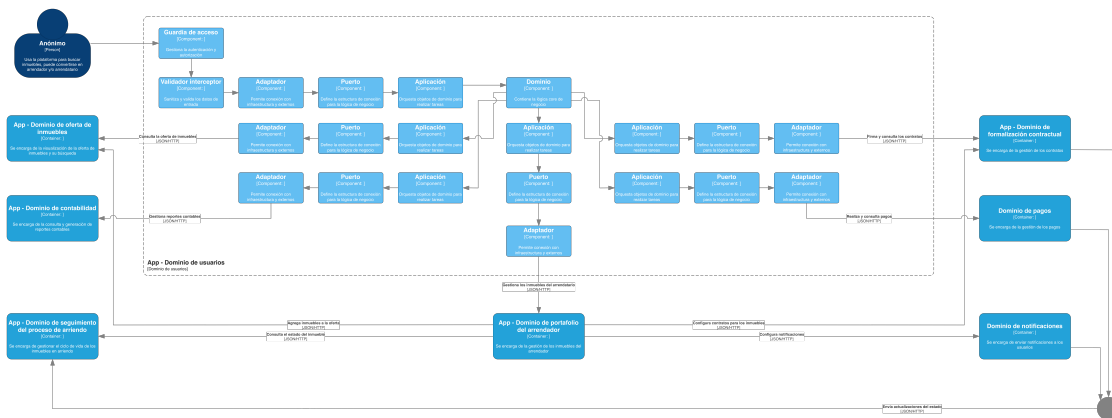


Figura 4.3: Vista de componentes C4 de los módulos principales

4.4. Modelo de datos y dominios funcionales

El modelo de datos se diseñó a partir de una separación por dominios funcionales, coherente con la decisión de monolito modular. Esta organización permitió representar el ciclo de arriendo desde sus agregados principales, sin mezclar responsabilidades de publicación, contratos, pagos, seguimiento, usuarios, notificaciones y contabilidad.

Los dominios definidos fueron: oferta de inmuebles, portafolio del arrendador, seguimiento del proceso de arriendo, pagos, contabilidad, usuarios, notificaciones y formalización contractual. Cada

dominio se proyectó como un esquema lógico independiente, de modo que el prototipo pudiera implementarse con una única instancia de base de datos, pero manteniendo límites conceptuales útiles para una evolución posterior hacia mayor desacoplamiento.

El diseño también incorporó decisiones transversales de persistencia y trazabilidad. La eliminación lógica permitió conservar registros relevantes sin borrado físico inmediato; la persistencia RAW/curada ofreció flexibilidad ante cambios de estructura y capacidad de reprocesamiento; y la comunicación entre módulos se planteó mediante interfaces internas para evitar dependencias directas entre esquemas o componentes de dominio. La Figura 4.4 sintetiza el modelo de datos definido para sostener estos dominios.

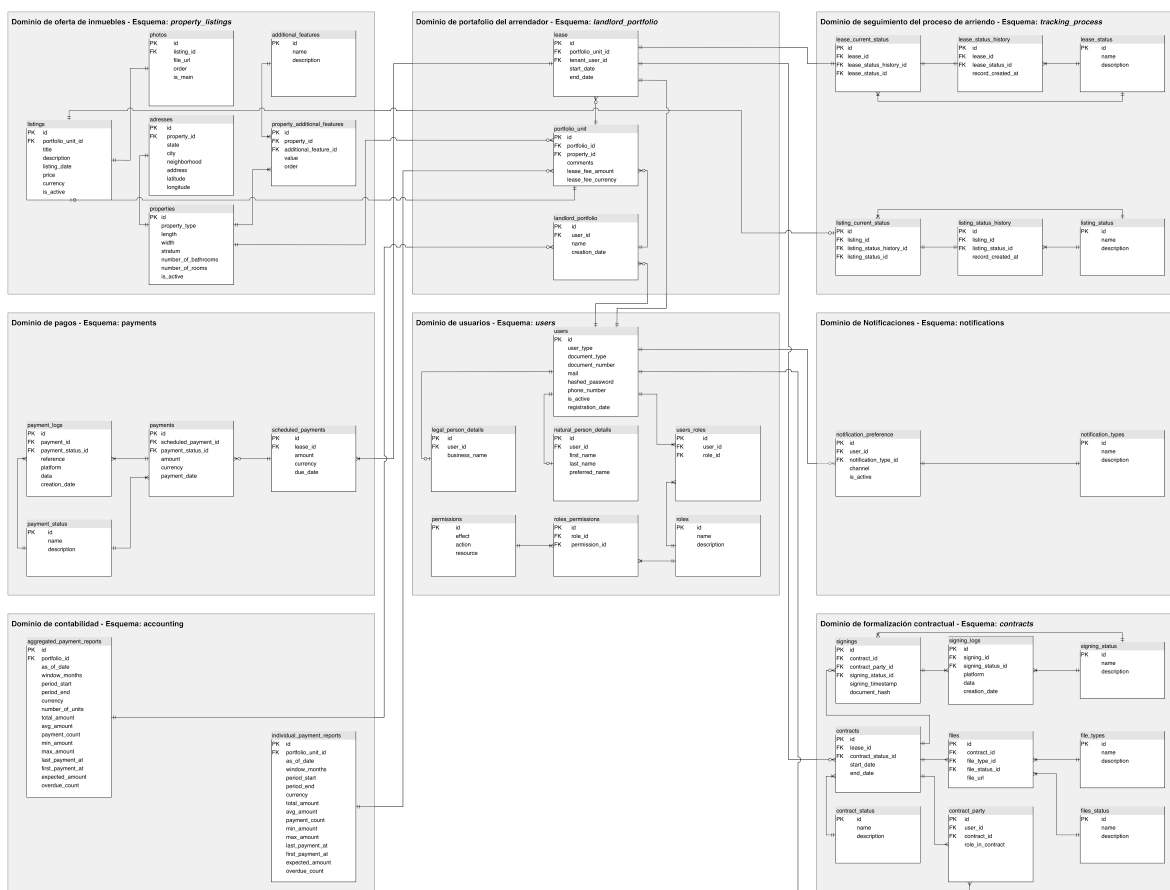


Figura 4.4: Diagrama entidad-relación del modelo de datos del prototipo

4.5. Diseño de interfaz y experiencia de usuario

El diseño funcional de la experiencia se orientó a traducir la arquitectura lógica del sistema en recorridos comprensibles, consistentes y predecibles para los usuarios. La personalidad visual buscó proyectar una plataforma formal, sobria, cercana, confiable y fresca, adecuada para un dominio

asociado con decisiones patrimoniales, contratos y pagos, pero sin generar distancia frente a usuarios con baja apropiación digital.

El objetivo emocional de la interfaz fue reducir incertidumbre y transmitir confianza, claridad y calma. Por ello, el diseño priorizó flujos multietapa, indicadores de progreso, mensajes contextuales, confirmaciones visibles y recuperación clara ante errores. Esta orientación resultó coherente con los hallazgos de requisitos, donde la dificultad principal no se limitó a la ausencia de funcionalidades, sino a la confusión, la desconfianza y la falta de señales claras sobre qué debía hacer el usuario en cada momento.

La accesibilidad se asumió como criterio transversal del diseño. El objetivo definido fue aproximarse a los criterios WCAG 2.1 AA, considerando contraste suficiente, tamaños tipográficos legibles, áreas táctiles mínimas de 44 x 44 px y uso de apoyos visuales adicionales al color para comunicar estados. Esta aproximación funcionó como guía de diseño y revisión visual, no como certificación formal de accesibilidad. De igual forma, el sistema visual incorporó una lógica semántica de color, tipografía, layout mobile-first y componentes reutilizables que permitieran mantener consistencia entre módulos y facilitar la implementación posterior en frontend.

La navegación se estructuró con base en el dominio, de manera que las secciones y flujos representaran entidades y procesos reconocibles para los usuarios: inmuebles, contratos, pagos, estados, notificaciones y perfiles. Esta decisión permitió alinear la experiencia de usuario con la arquitectura del sistema y redujo el riesgo de construir pantallas visualmente atractivas pero desconectadas de la lógica funcional del prototipo.

4.6. Prototipado y validación temprana

Para materializar el diseño de interfaz se seleccionó Figma, debido a su capacidad para estructurar sistemas de diseño reutilizables, publicar prototipos navegables y facilitar la iteración visual. El proceso inició con la definición de tokens y lineamientos de color, tipografía, jerarquía y layout, que posteriormente sirvieron como base para construir pantallas y flujos funcionales.

De manera complementaria, se incorporó apoyo de inteligencia artificial para generar instrucciones de diseño y prompts especializados. Estos insumos fueron usados en Figma Make para acelerar la exploración de alternativas de interacción, construir rutas de navegación y representar estados funcionales del sistema. El proceso inicial implicó treinta y cinco iteraciones durante dos días, hasta obtener una primera versión navegable del prototipo.

Posteriormente, el prototipo fue compartido con usuarios potenciales de los roles de arrendador y arrendatario. La retroalimentación permitió identificar ajustes relacionados con visualización ampliada de imágenes, filtros adicionales, organización de información, percepción de tamaños tipográficos y valoración de la simplicidad visual. Como resultado, se realizaron quince iteraciones adicionales durante un día, alcanzando un total de cincuenta iteraciones de diseño.

Este proceso de prototipado y validación temprana permitió reducir riesgos antes de la implementación, mejorar la correspondencia entre requerimientos, arquitectura y experiencia de usuario, y consolidar una base visual más clara para el prototipo. La Figura 4.5 presenta una síntesis visual del prototipo navegable diseñado en Figma, mientras que las evidencias completas se conservan en

Diseño Arquitectónico y Funcional.md.

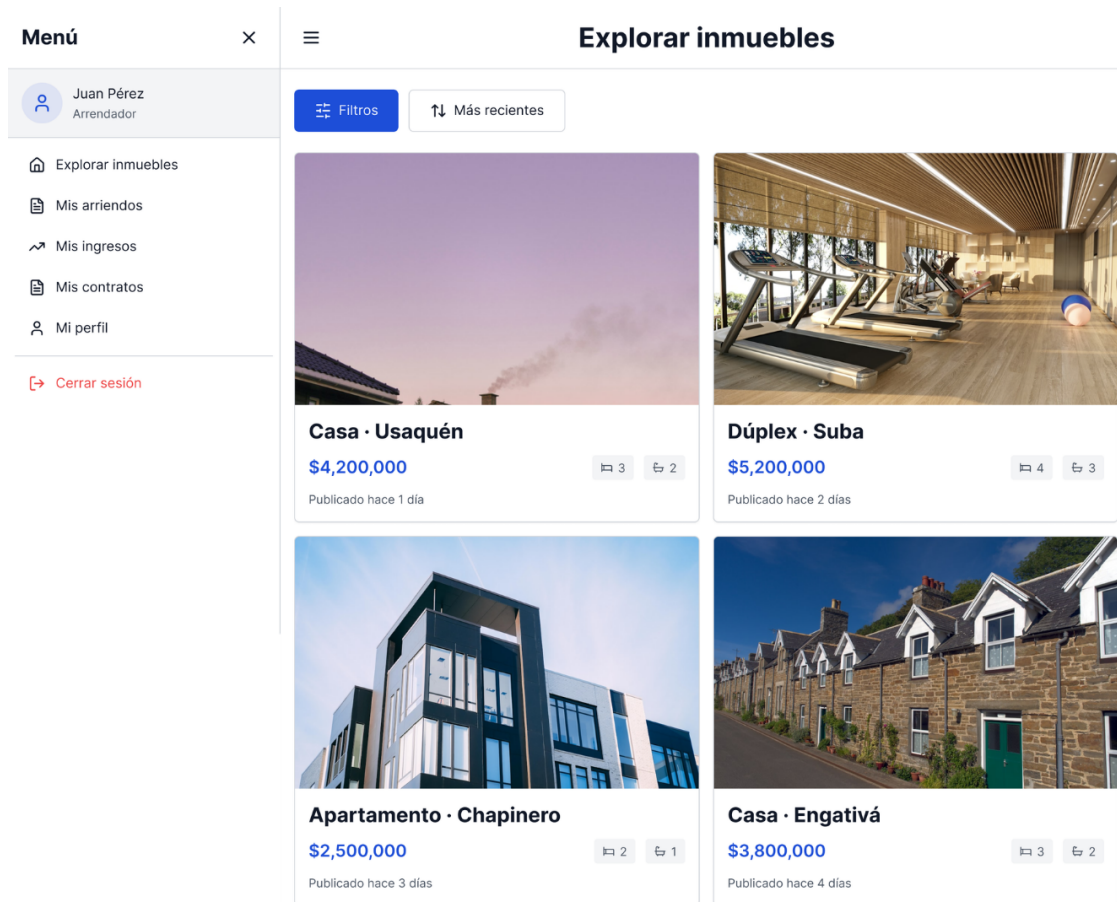


Figura 4.5: Síntesis visual del prototipo navegable diseñado en Figma

4.7. Resumen del capítulo

Este capítulo presentó el diseño arquitectónico y funcional del prototipo. Se explicó el uso de ADD para derivar drivers de calidad, se sintetizaron decisiones como monolito modular, arquitectura hexagonal, RBAC, PostgreSQL, cache y almacenamiento de objetos, y se describieron sus trade-offs frente al alcance de una versión funcional preliminar. También se documentó el diseño de interfaz, la orientación *mobile-first*, la aproximación a criterios WCAG 2.1 AA, las iteraciones en Figma y la validación temprana del prototipo navegable como puente hacia la implementación.

Implementación del prototipo

La implementación del prototipo tuvo como propósito materializar las decisiones de requisitos y diseño en una versión funcional que permitiera validar el ciclo básico de gestión digital de arriendos. Esta etapa cerró el recorrido documental del proyecto, articulando los requerimientos identificados, la arquitectura definida y la construcción efectiva de módulos para exploración de inmuebles, autenticación, portafolio del arrendador, contratos, pagos, notificaciones, seguimiento y contabilidad básica.

El desarrollo no se planteó como la construcción de una plataforma comercial definitiva, sino como la implementación de un prototipo funcional validable, con una arquitectura preparada para evolucionar y con integraciones externas modeladas mediante adaptadores reemplazables. El detalle completo de specs, hooks, automatizaciones, configuraciones, infraestructura y comparación entre diseño e implementación se encuentra en *Documento de Implementación del Prototipo.md*, disponible en la carpeta `documentation/` del repositorio del prototipo.

5.1. Enfoque metodológico de implementación

La implementación adoptó un enfoque de *Spec-Driven Development* (SDD), entendido como una metodología de desarrollo asistida por agentes de inteligencia artificial en la cual cada funcionalidad se especificó antes de su construcción. Para cada unidad de trabajo se definieron artefactos como `requirements.md`, `design.md` y `tasks.md`, lo que permitió mantener trazabilidad entre necesidad funcional, decisión técnica y ejecución de tareas.

El proceso se apoyó en Kiro, un entorno de desarrollo con soporte nativo para SDD. Durante la implementación se utilizó principalmente el modo Autopilot para ejecutar tareas completas de specs y el modo Supervised para correcciones puntuales o ajustes que requerían mayor control humano. Esta combinación permitió acelerar la construcción sin delegar completamente las decisiones de alcance, diseño y calidad.

En total, la implementación se organizó en veintiún specs: diecisiete de tipo *Requirements-first*, tres de tipo *Bugfix* y uno de tipo *Design-first*. Esta distribución reflejó que la mayor parte del prototipo partió de necesidades funcionales previamente identificadas, mientras que los flujos de corrección se usaron para resolver hallazgos derivados del QA manual y de la estabilización del despliegue. El spec de infraestructura se trató como un caso particular de diseño técnico, dado que su propósito fue habilitar acceso remoto al prototipo y no redefinir la arquitectura funcional del sistema.

El flujo SDD aportó tres beneficios principales al proyecto. En primer lugar, redujo la ambigüedad entre lo especificado y lo implementado, porque cada tarea partía de criterios previamente documentados. En segundo lugar, permitió que las decisiones de diseño arquitectónico y funcional

fueran reutilizadas como contexto para el agente. Finalmente, convirtió los hallazgos posteriores a la implementación en insumos trazables, evitando que las correcciones quedaran como ajustes informales.

La Figura 5.1 presenta el flujo SDD basado en requerimientos, utilizado para la mayoría de funcionalidades del prototipo. La Figura 5.2 muestra el flujo usado para corregir defectos detectados durante la implementación y el QA manual.

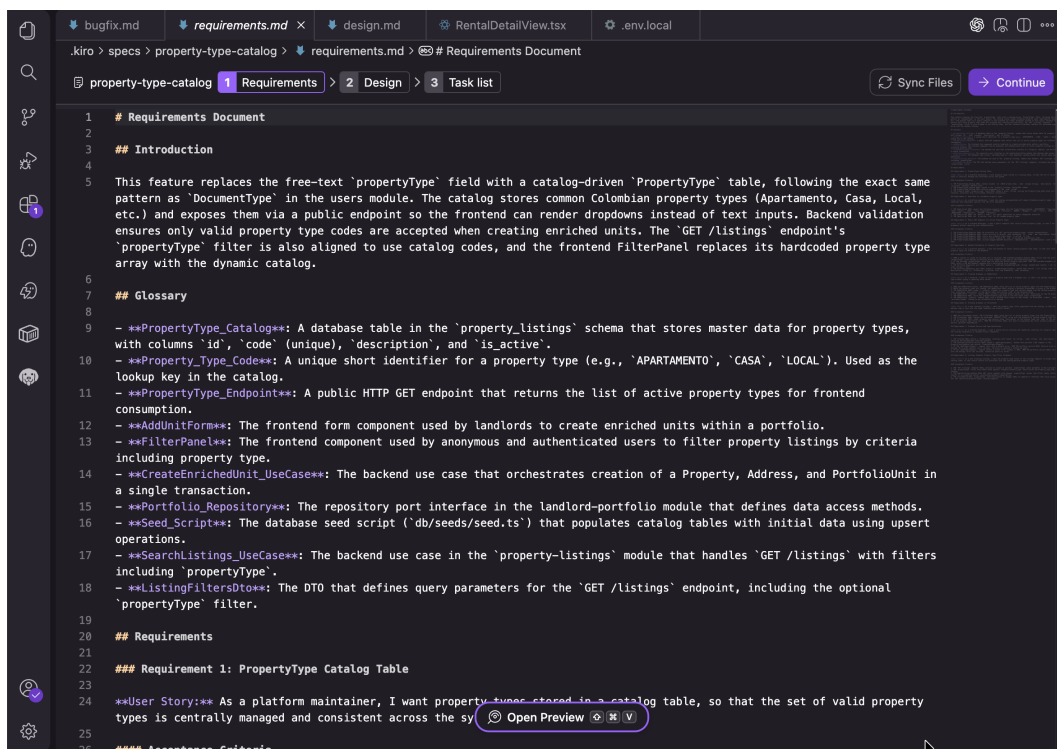


Figura 5.1: Flujo de Spec-Driven Development basado en requerimientos

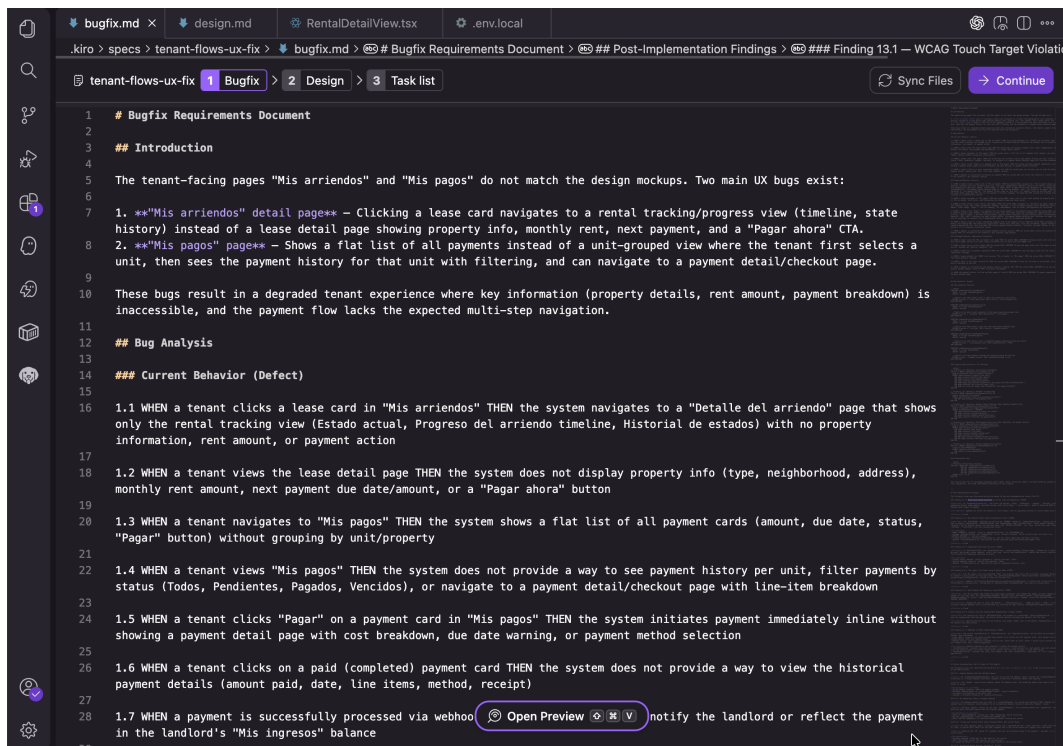


Figura 5.2: Flujo de Spec-Driven Development para corrección de defectos

5.2. Herramientas y automatización

El entorno de implementación combinó herramientas de desarrollo, reglas de dirección y automatizaciones orientadas a sostener consistencia técnica. Los steering files cumplieron un rol central, ya que transfirieron al agente reglas de arquitectura, estructura de carpetas, convenciones de frontend, manejo de datos y restricciones de producto. De esta forma, el agente pudo producir cambios más alineados con el alcance del prototipo y con la arquitectura definida en la fase anterior.

También se configuraron mecanismos de integración con herramientas externas mediante Model Context Protocol (MCP). El MCP de ClickUp permitió consultar tareas, actualizar progreso y documentar avances desde el flujo de desarrollo. A su vez, Figma Power se utilizó como soporte para validar la implementación frontend contra el sistema de diseño, facilitando la revisión de tokens visuales, componentes y consistencia con el prototipo.

Los hooks complementaron este flujo mediante automatizaciones para documentación, commits convencionales, validación visual, sincronización con ClickUp e infraestructura. En conjunto, estas herramientas redujeron trabajo repetitivo y permitieron mantener mayor trazabilidad entre gestión del proyecto, diseño visual y código implementado. La Figura 5.3 presenta la integración del flujo de implementación con ClickUp mediante MCP.

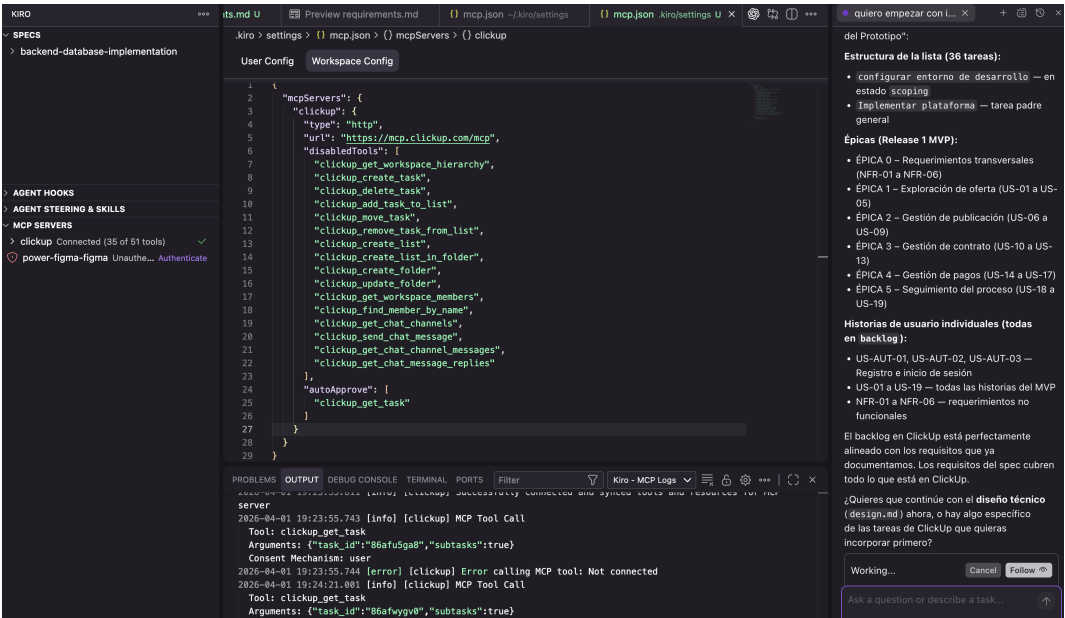


Figura 5.3: Integración del flujo de implementación con ClickUp mediante MCP

El uso de agentes de inteligencia artificial no se asumió como garantía automática de calidad. Durante la implementación se mantuvo una separación entre las tareas ejecutadas por el agente, las decisiones revisadas por el implementador y los ajustes derivados del QA manual. Esta separación fue necesaria porque el agente podía interpretar de forma incompleta una especificación, introducir variaciones frente al diseño Figma o materializar funcionalidades con un nivel de detalle mayor al requerido por el prototipo. Por ello, los steering files, los specs, las revisiones manuales y la comparación visual funcionaron como controles para reducir drift, corregir inconsistencias y mantener el alcance alineado con los objetivos del proyecto.

5.3. Comparación entre diseño Figma e implementación funcional

Durante la implementación se compararon pantallas representativas del prototipo diseñado en Figma con su materialización funcional mediante SDD, Figma MCP y steering files. Esta comparación no tuvo como propósito exigir una coincidencia visual exacta, sino identificar el grado de continuidad entre intención de diseño, sistema de componentes e implementación real del prototipo. La Tabla 5.1 resume los hallazgos principales de esta revisión.

Tabla 5.1: Comparación entre diseño Figma e implementación funcional

Pantalla	Intención en Figma	Variación en implementación	Aprendizaje
----------	--------------------	-----------------------------	-------------

Exploración de oferta	Presentar inmuebles disponibles con filtros, lectura rápida y navegación clara para arrendatarios.	Se incorporaron ajustes derivados de funcionalidades emergentes, como filtros dinámicos, estados de publicación y mayor conexión con datos reales.	El diseño sirvió como guía visual, pero la implementación exigió adaptar la pantalla al comportamiento funcional del dominio.
Detalle de inmueble en arriendo	Mostrar información ampliada del inmueble, fotografías, características principales y acciones de contacto o avance.	Se hicieron ajustes para representar estados, datos complementarios y rutas de navegación no detalladas inicialmente en el prototipo visual.	La vista de detalle mostró que el diseño debía complementarse con reglas de negocio y señales de estado.
Portafolio del arrendador	Facilitar la administración de inmuebles, unidades y acciones principales desde una vista comprensible.	Se incorporaron acciones y estados administrativos derivados de la construcción del módulo, como publicación, edición, seguimiento y relación con contratos.	El portafolio mostró mayor drift funcional, pero conservó coherencia visual gracias al sistema de diseño y los steerings.

La comparación permitió identificar un drift entre el diseño en Figma y la implementación funcional. Este drift no se interpretó únicamente como desviación visual, sino como resultado natural de materializar software operativo: al conectar datos, estados del proceso, reglas de negocio y navegación real, emergieron necesidades que no habían sido completamente consideradas durante el diseño. Entre ellas se encontraron estados de publicación, sincronización con contratos, representación de unidades ocupadas, acciones administrativas y señales de seguimiento.

El uso de Figma MCP, el sistema de diseño y los steering files ayudó a controlar ese drift. Aunque algunas pantallas variaron frente a la propuesta inicial, la implementación mantuvo criterios de color, tipografía, espaciado, componentes y tono visual coherentes con la guía de marca. En consecuencia, el agente de IA no solo implementó pantallas a partir de instrucciones generales, sino que pudo consultar lineamientos de diseño y operar bajo reglas explícitas de producto, arquitectura y frontend. Esta experiencia reforzó la importancia de combinar automatización con revisión huma-

na, especialmente cuando la implementación descubre funcionalidades no previstas en el prototipo visual.

Las figuras 5.4, 5.5 y 5.6 presentan comparaciones visuales entre Figma y la implementación funcional para tres pantallas representativas.

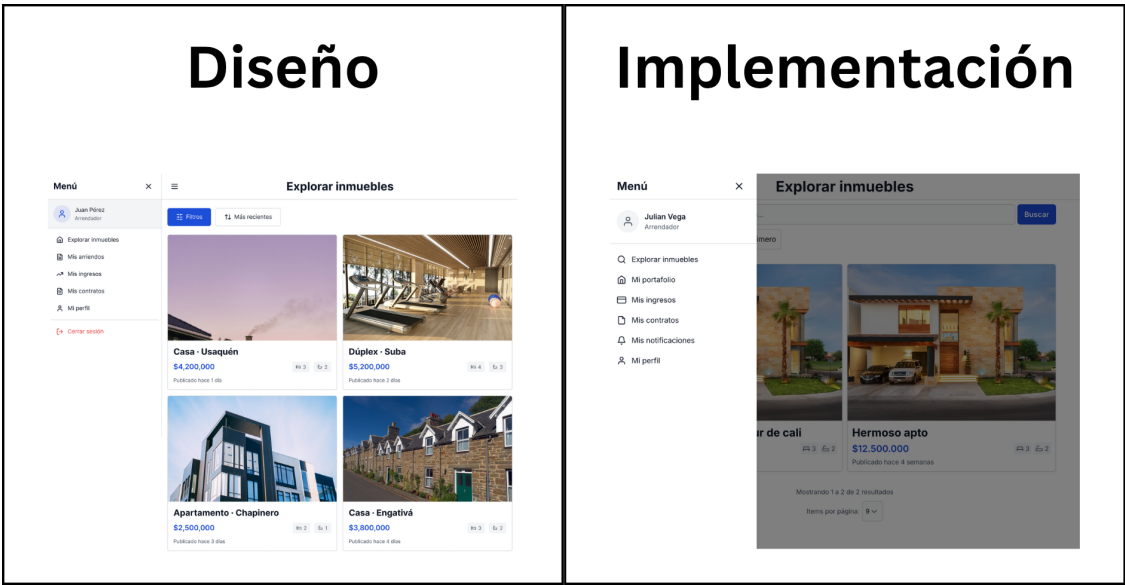


Figura 5.4: Comparación entre diseño Figma e implementación funcional de la exploración de oferta

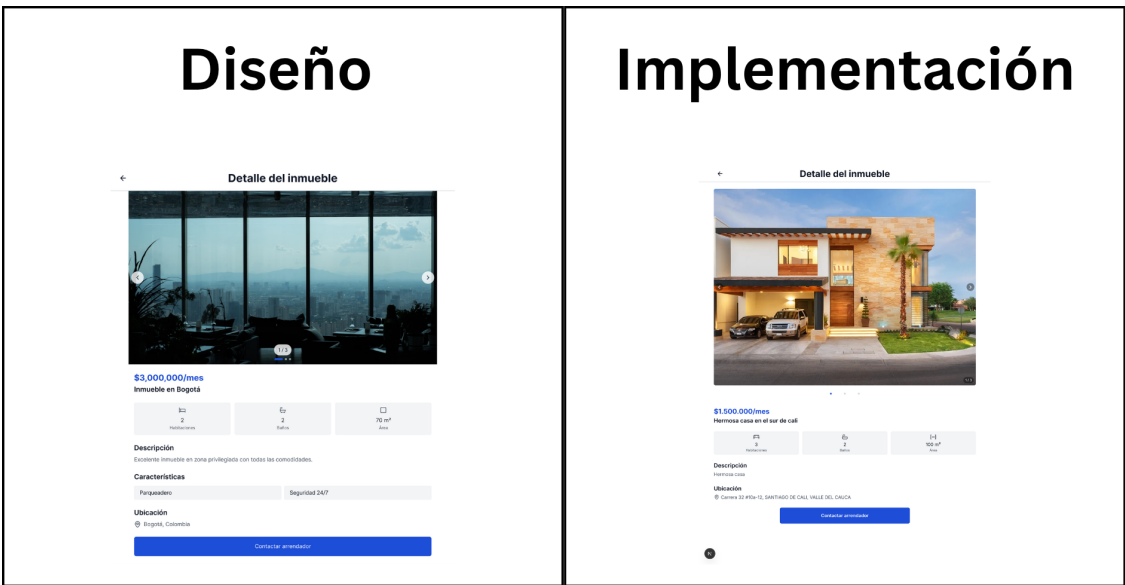


Figura 5.5: Comparación entre diseño Figma e implementación funcional del detalle de inmueble en arriendo



Figura 5.6: Comparación entre diseño Figma e implementación funcional del portafolio del arrendador

5.4. Fases de construcción del prototipo

La implementación se organizó en siete fases principales, derivadas de los specs ejecutados durante el desarrollo. La Tabla 5.2 resume el avance por fase sin trasladar al informe la lista completa de especificaciones técnicas.

Tabla 5.2: Fases de implementación del prototipo

Fase	Periodo	Resultado principal
Fundación backend	16 de abril	Se configuró el backend con NestJS, Prisma, Redis y JWT; se implementaron ocho módulos con arquitectura hexagonal, esquemas PostgreSQL, componentes transversales y stubs iniciales.
Frontend core	16–18 de abril	Se construyó la base frontend para exploración de inmuebles, autenticación, registro multi-paso, gestión de sesión y portafolio del arrendador.
Catálogos y alineación visual	18 de abril	Se incorporaron catálogos de tipos de propiedad y geografía colombiana, además de ajustes de alineación visual con Figma.

Módulos del arrendador	19 de abril	Se implementaron flujos de arriendos, contratos, publicación de unidades con fotos y reportes contables básicos.
Gestión avanzada	23 de abril	Se conectaron publicaciones, contratos con archivos en S3 y flujos del arrendatario para arriendos, pagos y contratos.
Calidad y ajustes finales	4–6 de mayo	Se implementaron mejoras transversales, notificaciones, búsqueda, filtros dinámicos, correcciones de UX y sincronización del ciclo de vida del arriendo.
Habilitación y estabilización de despliegue	16–19 de mayo	Se configuró un despliegue en AWS para publicar el prototipo, compartir enlaces durante la evaluación y corregir hallazgos operativos detectados en el primer despliegue.

Esta organización permitió avanzar desde una base técnica mínima hacia un prototipo integrado, manteniendo una relación directa con el backlog funcional definido en la fase de requisitos y con las decisiones de arquitectura documentadas en la fase de diseño.

5.5. Módulos implementados frente al alcance

La implementación cubrió los módulos necesarios para validar el flujo mínimo del producto. En backend se consolidó una estructura basada en NestJS, Prisma y PostgreSQL, con separación por módulos de dominio y una arquitectura hexagonal orientada a mantener independencia entre lógica de negocio, adaptadores e infraestructura. Esta estructura permitió implementar dominios como usuarios, portafolio del arrendador, oferta de inmuebles, contratos, pagos, contabilidad, seguimiento y notificaciones.

En frontend se implementaron flujos orientados a dos perfiles principales. Para arrendatarios, se desarrollaron capacidades de exploración de inmuebles, filtros, consulta de detalle, autenticación y acceso a contratos o pagos asociados. Para arrendadores, se implementaron funcionalidades de gestión de portafolio, publicación de unidades, carga de fotografías, administración de contratos, seguimiento de arriendos, notificaciones y reportes contables básicos. Estas funcionalidades se mantuvieron alineadas con el alcance del prototipo y evitaron ampliar la solución hacia responsabilidades fuera del proyecto, como firma electrónica nativa, pasarela de pagos propia o gestión jurídica del contrato.

5.6. Estrategia de pruebas y aseguramiento de calidad

La estrategia de pruebas combinó verificaciones automatizadas y revisión manual orientada a experiencia de usuario. En backend se utilizó *property-based testing* con **fast-check** para validar invariantes relevantes, como sanitización de entradas, idempotencia de migraciones Prisma, restricciones de unicidad, transformación de datos RAW a modelos curados e invariantes de dominio. Después del despliegue, también se incorporaron invariantes asociados con configuración operativa, como prefijos de rutas, variables de entorno y comportamiento esperado del entorno publicado.

De manera complementaria, se implementaron tests unitarios para funciones de validación, componentes compartidos y utilidades de frontend y backend, junto con pruebas de infraestructura sobre los templates generados por CDK. Sin embargo, la experiencia de implementación mostró que las pruebas automatizadas no eran suficientes para revisar comprensión, consistencia visual, lenguaje de interfaz o claridad de acciones. Por esta razón, se incorporó una revisión manual posterior a cada spec, cuyo tratamiento evaluativo se desarrolla en el capítulo de evaluación para evitar duplicar aquí el detalle metodológico.

5.7. Integraciones externas y stubs del prototipo

El prototipo utilizó adaptadores stub para representar integraciones externas que deberían reemplazarse en una etapa posterior. Esta decisión permitió recorrer el flujo funcional completo sin asumir el desarrollo nativo de servicios financieros, firma electrónica o mensajería. En los casos de firma y pago, algunos estados se completaron mediante webhooks manuales de prueba, lo que permitió verificar transiciones internas, pero no validar la experiencia productiva de un proveedor real. A diferencia de estas integraciones, el almacenamiento de objetos sí se implementó mediante S3 para soportar carga de fotografías y contratos, por lo que no se trató como stub pendiente. La Tabla 5.3 resume las integraciones modeladas.

Tabla 5.3: Integraciones externas modeladas mediante stubs en el prototipo

Integración	Adaptador stub	Comportamiento en el prototipo
Firma electrónica	ESignatureProviderAdapter	Retornó un identificador de firma simulado y permitió completar el flujo mediante webhook manual.
Pasarela de pagos	PaymentGatewayAdapter	Simuló aprobación de pagos y URL de redirección, permitiendo probar estados de pago sin procesar transacciones reales.

Canal de mensajería	<code>MessagingChannelAdapter</code>	Registró notificaciones en consola del servidor como aproximación inicial a canales externos.
---------------------	--------------------------------------	---

Esta estrategia permitió representar la experiencia esperada de firma, pago y notificación desde el punto de vista del usuario, manteniendo la arquitectura preparada para sustituir los stubs por proveedores reales cuando el prototipo evolucione hacia una versión productiva. Sin embargo, dicha sustitución deberá considerar riesgos que el prototipo no validó, como latencia, autenticación entre sistemas, conciliación de pagos, idempotencia de webhooks, costos, soporte, privacidad y cumplimiento normativo de terceros. Esta limitación también condicionó la evaluación posterior, dado que los participantes revisaron estados simulados o videos de apoyo, pero no transacciones reales con proveedores externos.

5.8. Infraestructura como habilitador de evaluación

Durante la implementación se configuró un despliegue en infraestructura de nube para publicar el prototipo y habilitar el acceso por internet durante la evaluación. Esta decisión no se trató como un diseño productivo definitivo, sino como un habilitador operativo para compartir enlaces con sujetos de prueba del objetivo 4, reducir la barrera de distancia geográfica y observar el comportamiento del prototipo en un contexto más cercano al uso real.

En esta parte se dio mayor libertad operativa al agente de IA, pero dicha libertad permaneció acotada por los steering files técnicos y de producto, el diseño arquitectónico previamente elaborado, las restricciones del prototipo y la necesidad concreta de habilitar evaluación remota. La selección de AWS respondió principalmente a criterios pragmáticos: familiaridad del implementador con la nube, facilidad para realizar troubleshooting, disponibilidad de accesos y existencia de una cuenta activa y configurada.

En la práctica, solo se utilizó el entorno `stg`. Aunque existía una separación conceptual que podía evolucionar hacia ambientes más formales, no se ejecutó un proceso operativo completo `stg/prod`. Por lo anterior, el informe no profundizó en los stacks, recursos o configuraciones específicas del despliegue. Ese detalle se conserva en *Documento de Implementación del Prototipo.md*, disponible en `documentation/`. Como trabajo futuro, se consideró necesario dedicar iteraciones adicionales a diseñar una infraestructura de despliegue más adecuada según la arquitectura definida, los objetivos de negocio, las restricciones de seguridad, los costos y las necesidades de operación.

5.9. Requisitos emergentes durante la implementación

La interacción funcional con el prototipo permitió descubrir necesidades que no habían sido identificadas con suficiente detalle durante las fases de requisitos y diseño. Entre ellas se encontraron la desactivación automática de una publicación cuando se firmaba un contrato, la creación

automática de pagos programados al completar la firma, la sincronización del estado de seguimiento cuando se cargaba un contrato, la derivación del estado “ocupado” de una unidad solo cuando el contrato estuviera firmado y la necesidad de enriquecer las notificaciones con información de contacto del arrendatario.

De manera similar, el primer despliegue permitió descubrir requisitos operativos que no eran visibles en desarrollo local, como ajustes de arquitectura de contenedores, configuración de conexión segura a base de datos, prefijos de rutas para llamadas al backend y optimización de costos en el entorno de evaluación. Estos hallazgos sugirieron que el desarrollo temprano de software funcional permite descubrir reglas de negocio, necesidades de interacción y condiciones operativas que difícilmente emergen solo desde documentos estáticos. En este sentido, el enfoque SDD asistido por IA no eliminó la necesidad de criterio humano, sino que desplazó el rol del desarrollador hacia la supervisión, validación, priorización y refinamiento de decisiones. Como resultado, la implementación del prototipo no solo materializó los requisitos existentes, sino que también retroalimentó el entendimiento del producto.

5.10. Resumen del capítulo

Este capítulo presentó la implementación del prototipo mediante *Spec-Driven Development* asistido por agentes de inteligencia artificial. Se describieron el flujo de specs, las herramientas de automatización, la integración con ClickUp y Figma, la comparación entre diseño e implementación, las fases de construcción, los módulos implementados, las pruebas automatizadas, los stubs de integraciones externas, el despliegue en nube como habilitador de evaluación y los requisitos emergentes identificados durante la construcción.

Evaluación del prototipo

6.1. Diseño de la evaluación

La evaluación del prototipo se estructuró como una etapa progresiva orientada a contrastar la calidad interna de la implementación y la percepción inicial de usuarios representativos frente a los flujos principales. A diferencia del capítulo de implementación, donde se documentó la construcción técnica del prototipo, este capítulo se centró en la forma en que se organizó la validación, los perfiles involucrados, las tareas realizadas, el instrumento aplicado y los hallazgos obtenidos después de la interacción.

El proceso se apoyó en dos momentos complementarios. El primero correspondió a una validación funcional interna realizada por el implementador desde los roles de gestor de calidad y product owner, con el propósito de reducir defectos antes de exponer el prototipo a terceros. El segundo correspondió a una evaluación remota con sujetos de prueba, orientada a recoger percepciones sobre facilidad de uso, claridad, confianza, utilidad y potencial de reducción de fricciones. El detalle metodológico completo se consolidó en *Documento de Evaluación del Prototipo.md*, disponible en la carpeta `documentation/` del repositorio del prototipo.

Desde el punto de vista metodológico, la evaluación se entendió como una aproximación exploratoria. Por tanto, sus resultados se usaron para interpretar señales iniciales sobre la experiencia del prototipo y para orientar iteraciones futuras, no para demostrar adopción, satisfacción generalizable ni reducción efectiva de fricciones en procesos reales de arriendo.

6.1.1. Validación funcional interna como antecedente

La validación funcional interna se asumió como un filtro de calidad previo a la evaluación con usuarios. Después de completar cada spec de implementación, se recorrieron los flujos desde la perspectiva de un usuario final, se registraron hallazgos visuales, funcionales o de contenido, y se incorporaron ajustes antes de avanzar a la siguiente etapa. Esta práctica permitió observar que las pruebas automatizadas verificaban reglas técnicas, pero no bastaban para evaluar comprensión, consistencia visual, claridad de acciones o pertinencia de los mensajes.

La Figura 6.1 sintetiza el flujo de revisión manual que sirvió como antecedente metodológico de la evaluación externa. En este capítulo se conserva como evidencia del proceso de control de calidad, mientras que el detalle técnico de su origen dentro de SDD permanece en el documento de implementación.

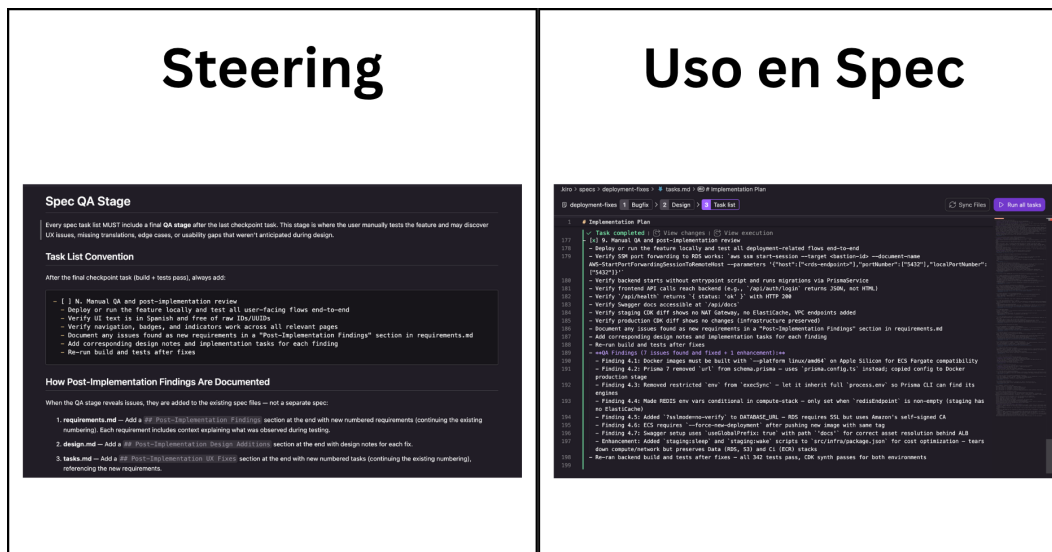


Figura 6.1: Flujo de validación funcional interna y QA manual posterior a cada spec

Esta primera revisión no sustituyó la evaluación con usuarios, porque no capturó directamente percepciones de disposición de uso, confianza o satisfacción desde los perfiles objetivo. Sin embargo, sí permitió preparar una versión más estable del prototipo antes de compartirla por internet, reduciendo la probabilidad de que defectos básicos interfirieran con la experiencia de los sujetos de prueba.

6.1.2. Participantes y criterio de selección

La evaluación remota se ejecutó con un subgrupo de personas que habían participado previamente en las entrevistas de obtención de requisitos. Esta decisión permitió conservar continuidad entre el levantamiento inicial de necesidades y la validación posterior del prototipo, dado que los participantes ya representaban perfiles relevantes del dominio y habían expresado percepciones sobre el proceso de arriendo.

La Tabla 6.1 presenta la composición de la evaluación realizada. La muestra no buscó representatividad estadística, sino una validación cualitativa inicial con perfiles contrastantes.

Tabla 6.1: Sujetos y evidencias consideradas en la evaluación remota

Perfil	Evidencia recopilada	Propósito dentro de la evaluación
--------	----------------------	-----------------------------------

Arrendatarios	Nueve respuestas post-interacción y una entrevista complementaria con participante de 26 años.	Revisar exploración de oferta, detalle del inmueble, claridad, confianza y percepción sobre potencial de reducción de fricciones desde el rol de búsqueda de vivienda.
Arrendadores	Siete respuestas post-interacción y una entrevista complementaria con arrendador de 55 años.	Revisar exploración de oferta, portafolio, acciones de gestión y necesidades administrativas asociadas con autogestión digital.

6.1.3. Preparación del ambiente de prueba

Para habilitar la interacción de los sujetos de prueba con el prototipo, el implementador preparó un ambiente de evaluación con datos controlados. En particular, se creó un perfil de arrendador y se publicaron propiedades dummy, de modo que los participantes pudieran recorrer el flujo de exploración de inmuebles sin depender de información real ni de datos sensibles.

Esta preparación permitió que los usuarios interactuaran con un escenario suficientemente cercano al uso esperado: consultar oferta disponible, revisar información de inmuebles y, en el caso de los perfiles arrendadores, explorar el portafolio de propiedades. Al mismo tiempo, el uso de datos ficticios redujo riesgos de privacidad y evitó comprometer información real durante una fase de validación inicial.

Como consideración ética, a los participantes se les explicó el propósito de la prueba y se aclaró que no se evaluaba su desempeño personal, sino la claridad, facilidad de uso y utilidad percibida del prototipo. Las respuestas se trataron de forma agregada y anonimizada en el informe, y el ambiente de prueba utilizó datos dummy para evitar el tratamiento de información real de inmuebles, contratos o pagos. Esta estrategia redujo riesgos durante la evaluación, aunque una versión productiva requeriría mecanismos formales de autorización, tratamiento de datos personales y conservación de información.

6.1.4. Protocolo de interacción remota

Debido a la distancia geográfica entre los sujetos de prueba y el implementador, la evaluación se realizó de manera remota. A cada participante se le compartió un enlace de acceso al prototipo desplegado en internet, junto con instrucciones generales sobre los flujos que debía recorrer. Esta decisión se apoyó en la infraestructura de nube configurada durante la implementación, cuyo propósito en esta etapa fue habilitar el acceso remoto al prototipo y no operar como una arquitectura productiva definitiva.

La Tabla 6.2 resume las tareas solicitadas por perfil durante la interacción.

Tabla 6.2: Tareas solicitadas para la interacción con el prototipo

Perfil	Tarea solicitada	Aspecto observado
Todos los participantes	Revisar la sección de exploración de oferta y navegar por inmuebles disponibles.	Claridad de búsqueda, comprensión de tarjetas, utilidad de filtros y confianza inicial.
Todos los participantes	Abrir el detalle de un inmueble y revisar la información disponible.	Suficiencia de información, legibilidad, orientación y percepción de seguridad.
Arrendadores	Explorar el portafolio de inmuebles del arrendador.	Comprensión de acciones de gestión, publicación, seguimiento y organización de propiedades.

Además de las instrucciones escritas, se compartieron videos de apoyo diferenciados por rol para mostrar flujos que requerían cuenta, inicio de sesión o estados específicos del proceso. La Tabla 6.3 resume el material compartido sin repetir en el cuerpo del informe las URL completas, las cuales se conservaron en *Documento de Evaluación del Prototipo.md*.

Tabla 6.3: Videos de apoyo compartidos durante la evaluación remota

Perfil	Secuencia solicitada	Flujos mostrados en video
Arrendatario	Explorar oferta, abrir detalle de inmuebles, revisar claridad de información y luego diligenciar la encuesta.	Creación de cuenta, inicio de sesión, gestión de mis arriendos, gestión de contratos y gestión de pagos.
Arrendador	Explorar oferta, abrir detalle de inmuebles, revisar claridad de información, observar el portafolio y luego diligenciar la encuesta.	Creación de cuenta, inicio de sesión, publicación de inmueble, gestión del portafolio, gestión de ingresos, gestión de contratos y gestión de notificaciones.

Este recurso tuvo como propósito contextualizar funcionalidades que dependían de estados, integraciones o secuencias completas, sin exigir que todos los participantes reprodujeran cada paso durante la prueba inicial.

6.1.5. Instrumento post-interacción

Después de la interacción con el prototipo, se aplicó un formulario post-interacción para contrastar la experiencia de uso con las emociones, apreciaciones y preocupaciones identificadas en las entrevistas y cuestionarios de la etapa de requisitos. El instrumento no se diseñó como una prueba técnica del sistema, sino como una herramienta para recoger percepción de facilidad de uso, confianza, claridad de información, utilidad del flujo y potencial de reducción de fricciones.

La Tabla 6.4 resume la estructura del instrumento aplicado. El detalle completo de preguntas, tipos de respuesta e intención evaluativa se conserva en *Documento de Evaluación del Prototipo.md*.

Tabla 6.4: Síntesis del instrumento post-interacción aplicado

Dimensión	Tipo de respuesta	Intención evaluativa
Perfil y contexto de uso	Selección única	Identificar edad, experiencia en arriendos, nivel de uso digital, rol evaluado y dispositivo usado.
Acceso remoto	Escala verbal	Evaluar si el ingreso mediante enlace compartido generó fricción inicial.
Exploración y detalle	Escala verbal	Valorar claridad de la exploración, utilidad de filtros y suficiencia del detalle del inmueble.
Confianza y reducción de fricciones	Escala verbal y escala de acuerdo	Contrastar percepción de confianza y valor potencial frente al proceso tradicional de arriendo.
Autogestión del arrendador	Escala verbal y escala de acuerdo	Evaluar claridad del portafolio, acciones de gestión y utilidad organizativa para arrendadores.
Apoyo complementario y comentarios	Escala de acuerdo y respuesta abierta	Valorar videos de apoyo y recoger oportunidades de mejora no previstas.

6.2. Resultados de la evaluación

La evaluación inicial produjo dieciséis respuestas post-interacción: nueve de personas que interactuaron como arrendatarias y siete de personas que interactuaron como arrendadoras. Quince participantes accedieron al prototipo desde teléfono celular y uno desde computador, lo cual mantu-

vo la pertinencia del enfoque *mobile-first* definido desde las fases de requisitos y diseño, sin excluir la necesidad de conservar una experiencia adaptable a escritorio. Además, se realizaron entrevistas complementarias con un arrendador de 55 años y un arrendatario de 26 años, con el propósito de profundizar en hallazgos cualitativos.

La Tabla 6.5 sintetiza los resultados principales del formulario. Por el tamaño de la muestra, estos datos no se interpretaron como evidencia estadística, sino como señales iniciales de claridad, utilidad y oportunidades de mejora.

Tabla 6.5: Síntesis de respuestas post-interacción

Dimensión	Resultado agregado
Perfil evaluado	Nueve respuestas correspondieron a arrendatarios y siete a arrendadores.
Dispositivo de acceso	Quince participantes ingresaron desde teléfono celular y uno desde computador.
Facilidad de acceso	Once respuestas calificaron el ingreso como muy fácil y cinco como fácil.
Utilidad de filtros	Siete respuestas calificaron los filtros como muy útiles y nueve como útiles.
Claridad de exploración	Nueve respuestas consideraron la exploración muy clara y siete clara.
Claridad del detalle	Cinco respuestas calificaron el detalle como muy claro, diez como claro y una como neutral.
Confianza	Cinco respuestas indicaron mucha confianza, ocho confianza y tres neutralidad.
Reducción de fricciones	Cuatro respuestas estuvieron totalmente de acuerdo, once de acuerdo y una neutral.
Videos de apoyo	Ocho respuestas estuvieron totalmente de acuerdo, seis de acuerdo y dos neutrales sobre su utilidad.

Los resultados mostraron que el acceso remoto fue viable, dado que todas las respuestas lo calificaron como fácil o muy fácil. La exploración de oferta fue evaluada como clara o muy clara en todos los casos; de manera similar, los filtros o elementos de búsqueda fueron considerados útiles o muy útiles por todos los participantes. Estas valoraciones sugieren que el prototipo permitió recorrer los flujos básicos de búsqueda y revisión de oferta sin generar barreras evidentes de comprensión.

La confianza presentó una lectura mayoritariamente positiva, aunque no uniforme. Trece respuestas indicaron confianza o mucha confianza, mientras que tres se mantuvieron neutrales. Esta diferencia fue relevante porque mostró que la claridad de interfaz no basta por sí sola para resolver la confianza en un proceso de arriendo; también se requieren mecanismos de información, evidencia, requisitos y control que reduzcan la percepción de riesgo. En cuanto al potencial de reducción de fricciones, quince respuestas estuvieron de acuerdo o totalmente de acuerdo con que el prototipo podría reducir fricciones frente a un proceso tradicional. Asimismo, los videos de apoyo fueron

valorados favorablemente para entender flujos que no pudieron probarse completamente.

La lectura por perfil permitió matizar estos resultados. En los arrendatarios, la evaluación se concentró en exploración de oferta, filtros, detalle del inmueble y confianza inicial para iniciar un proceso. En los arrendadores, la revisión incorporó además el portafolio y las acciones de gestión, donde se observó una valoración favorable de la organización de inmuebles, aunque con una respuesta neutral frente a la facilidad para identificar acciones administrativas. Por tanto, los resultados no deben leerse como validación homogénea de todos los módulos, sino como señales diferenciadas sobre los flujos que cada perfil pudo recorrer o interpretar.

6.2.1. Hallazgos derivados de entrevistas complementarias

Las entrevistas complementarias permitieron profundizar en necesidades que no emergían con suficiente detalle desde las preguntas cerradas. La Tabla 6.6 resume los hallazgos principales y su implicación para futuras iteraciones.

Tabla 6.6: Hallazgos cualitativos derivados de entrevistas complementarias

Tema	Hallazgo	Implicación para el prototipo
Mapa de ubicación	Se reafirmó el valor del mapa como herramienta para identificar la ubicación del inmueble, funcionalidad ya planteada para releases posteriores en el <i>User Story Mapping</i> .	Priorizar la visualización geográfica como apoyo a la decisión del arrendatario.
Detalle del inmueble	Se solicitó ampliar características explícitas como barrio, estructura de la vivienda, parqueadero, piscina, ascensor y otras comodidades.	Enriquecer el modelo de publicación y mejorar la suficiencia de información antes del contacto.
Fotos representativas	No bastaba con exigir fotos obligatorias; se esperaba que las imágenes validaran las características anunciadas, por ejemplo una cocina integral.	Diseñar reglas o guías de carga de fotografías vinculadas con atributos del inmueble.

Reporte de control	El arrendador requirió consultar por inmueble el arrendatario, valor del arriendo, fecha de pago, último pago y vigencia del contrato.	Fortalecer el portafolio con reportes administrativos orientados a autogestión.
Requisitos configurables	Se propuso mostrar requisitos para tomar la vivienda, como certificados de ingresos u otros documentos definidos por el arrendador.	Reducir contactos poco viables y aumentar transparencia para arrendatarios.
Balance UX/UI	La simplicidad facilitó navegación, pero también hizo que el prototipo se percibiera básico frente a plataformas más maduras.	Equilibrar accesibilidad y baja carga cognitiva con mayor riqueza funcional y visual.

Uno de los hallazgos más relevantes fue que el prototipo materializado abrió una conversación más precisa con los usuarios. En la etapa de requisitos se había identificado que las fotos eran importantes, lo que llevó a incluir tres fotos obligatorias en el prototipo. Sin embargo, después de interactuar con una versión funcional, surgió una necesidad más específica: las fotos no solo debían existir, sino representar las características declaradas en la publicación. Este resultado mostró que el prototipado rápido no solo valida requisitos previos, sino que también permite descubrir nuevas historias de usuario derivadas de la experiencia concreta.

También se identificó una tensión entre accesibilidad y percepción de completitud. La interfaz simple favoreció la comprensión, especialmente para perfiles que podían verse afectados por una carga cognitiva alta. No obstante, al compararse con plataformas consolidadas, esa misma simplicidad podía transmitir una sensación de producto básico o en construcción. Por tanto, este trabajo sirve como base para buscar en iteraciones posteriores un balance entre una experiencia clara y una interfaz suficientemente completa, confiable e innovadora.

6.2.2. Amenazas a la validez

La evaluación aportó evidencia cualitativa inicial, pero presentó límites que condicionaron la interpretación de resultados. En primer lugar, la muestra fue acotada, con dieciséis respuestas post-interacción y dos entrevistas complementarias, y no tuvo propósito estadístico, por lo que no permitió generalizar adopción, satisfacción o reducción efectiva de fricciones al conjunto de arrendadores y arrendatarios del Valle del Cauca. En segundo lugar, la interacción fue remota y no todas las sesiones fueron observadas de extremo a extremo, lo cual redujo la posibilidad de identificar errores, dudas o estrategias de navegación durante la ejecución real de tareas.

Además, la evaluación final no incluyó participantes adultos mayores de 60 años, a pesar de que este perfil fue central en la motivación del proyecto y en la etapa de requisitos. Esta ausencia

constituye una limitación metodológica, porque impide valorar directamente la experiencia del grupo con menor apropiación digital esperado. El uso de datos dummy y de un perfil de arrendador preparado permitió controlar riesgos de privacidad, pero limitó la exposición de los participantes a condiciones reales del proceso. Los videos de apoyo facilitaron la comprensión de flujos complejos, aunque pudieron introducir un sesgo positivo al mostrar secuencias guiadas que no todos los usuarios ejecutaron directamente.

Finalmente, los flujos dependientes de firma, pagos, publicación y seguimiento incluyeron estados simulados mediante adaptadores o stubs, por lo que la evaluación no validó la operación productiva de proveedores externos ni la confianza generada por transacciones reales. A esto se sumó el posible sesgo asociado con el rol del investigador como implementador, product owner y gestor de calidad del prototipo. Aunque esta cercanía permitió tomar decisiones rápidas y mantener trazabilidad, también pudo influir en la interpretación de hallazgos y en la forma de priorizar mejoras.

6.3. Conclusiones de la evaluación

La evaluación inicial permitió contrastar el prototipo funcional mediante interacción remota, formulario post-interacción, videos de apoyo y entrevistas complementarias. Los resultados mostraron que el acceso desde teléfono celular fue predominante y viable, que la exploración de oferta y el detalle del inmueble fueron comprendidos de manera general, que los filtros fueron percibidos como útiles y que la mayoría de participantes identificó una posible reducción de fricciones frente a procesos tradicionales de arriendo.

A partir de esta evidencia, se interpretó que el prototipo cumplió su propósito evaluativo inicial: no solo permitió revisar la claridad y utilidad percibida de los flujos implementados, sino que también abrió una conversación más precisa sobre necesidades futuras. En particular, la interacción con software materializado reafirmó funcionalidades ya previstas, como el mapa de ubicación, y permitió descubrir requerimientos más específicos sobre detalle del inmueble, fotos representativas de las características anunciadas, reportes de control para arrendadores y requisitos configurables para tomar una vivienda.

El principal aprendizaje de esta etapa fue que el prototipado funcional aporta valor más allá de la validación de pantallas o flujos existentes. Al poner a los usuarios frente a una experiencia navegable, las observaciones dejaron de ser abstractas y se conectaron con decisiones concretas de información, confianza y gestión. Este resultado complementó lo identificado en requisitos y sugirió que el prototipo puede operar como mecanismo de descubrimiento progresivo de historias de usuario.

La evaluación tuvo como limitación el tamaño acotado de la muestra y el carácter remoto de la interacción. Por tanto, los resultados no deben interpretarse como conclusiones estadísticas sobre adopción o satisfacción, sino como evidencia cualitativa inicial. Además, algunos flujos dependientes de estados, firma, pagos o seguimiento no fueron recorridos completamente por todos los participantes, sino apoyados mediante videos explicativos.

Como proyección, este trabajo sirve como base para ampliar la evaluación con una muestra más diversa, observar sesiones completas de uso, profundizar en métricas de accesibilidad, confianza y

carga cognitiva, e incorporar mejoras asociadas con mapa, información ampliada del inmueble, fotografías verificables, reportes de control, requisitos configurables, diferenciación frente a plataformas existentes y balance entre simplicidad accesible y una interfaz visualmente más completa.

6.4. Resumen del capítulo

Este capítulo presentó la evaluación inicial del prototipo, diferenciando la validación funcional interna de la interacción remota con sujetos de prueba. Se documentó la preparación del ambiente con datos dummy, el acceso mediante enlace, las tareas por perfil, el uso de videos de apoyo y el instrumento post-interacción aplicado. Los resultados incluyeron dieciséis respuestas, principalmente desde teléfono celular, y dos entrevistas complementarias, a partir de las cuales se identificaron señales favorables sobre claridad, utilidad y potencial de reducción de fricciones, así como oportunidades de mejora en mapa, detalle del inmueble, fotos representativas, reportes de control, requisitos configurables, diferenciación y balance entre simplicidad e interfaz básica o percibida como completa.

Conclusiones

7.1. Conclusiones

El proyecto permitió consolidar un prototipo funcional de gestión digital de arriendos orientado a pequeños propietarios del Valle del Cauca y a arrendatarios jóvenes, manteniendo como eje el potencial de reducción de fricciones en el ciclo publicación–contrato–pago. A partir de la evidencia documentada en las fases de requisitos, diseño, implementación y evaluación inicial, se interpretó que el problema no dependía únicamente de digitalizar actividades existentes, sino de diseñar una experiencia comprensible, confiable y suficientemente completa para usuarios con distintos niveles de apropiación tecnológica.

Respecto al primer objetivo, se identificaron requerimientos funcionales y no funcionales mediante revisión documental, benchmarking PropTech, seis entrevistas semiestructuradas, un cuestionario aplicado a 115 personas anónimas, *User Story Mapping* y priorización MoSCoW. Este proceso cumplió el propósito de estructurar una base de necesidades para el prototipo, incluyendo publicación de inmuebles, consulta de oferta, contratos, pagos, notificaciones, seguimiento y confianza en el proceso. La evidencia recopilada señaló, además, que la baja carga cognitiva, la claridad de los mensajes, la accesibilidad básica y el enfoque *mobile-first* eran condiciones transversales para reducir barreras iniciales de uso. Como limitación, la etapa permitió priorizar necesidades y construir un backlog, pero no reemplazó una validación longitudinal de comportamiento real en procesos de arriendo.

Frente al segundo objetivo, se diseñó una arquitectura y una experiencia funcional coherentes con el alcance del prototipo. El uso de ADD permitió derivar decisiones desde atributos de calidad como usabilidad, seguridad, integración y mantenibilidad. Como resultado, se seleccionó un monolito modular con arquitectura hexagonal, mecanismos RBAC, persistencia en PostgreSQL, cache con Redis, almacenamiento de objetos e integraciones desacopladas. Estas decisiones fueron pertinentes para sostener modularidad y evolución, aunque algunas, como cache, persistencia RAW/curada o circuit breaker, deben entenderse como preparación técnica y no como requisitos indispensables para una prueba exploratoria. En paralelo, el diseño UX en Figma permitió refinar la navegación, los flujos y la representación visual del producto mediante cincuenta iteraciones. La principal limitación de esta etapa fue que el diseño anticipó escenarios de evolución, pero su validación se mantuvo acotada a un prototipo y no a una operación productiva con proveedores externos reales.

En relación con el tercer objetivo, se implementó un prototipo funcional mediante *Spec-Driven Development* asistido por agentes de inteligencia artificial. La experiencia aportó evidencia interna de que el uso de specs, *steering files*, hooks y herramientas de sincronización con ClickUp y Figma favoreció la trazabilidad entre requisitos, diseño y código. Sin embargo, también mostró

que la calidad del resultado dependió de la precisión de las especificaciones y de la capacidad del implementador para revisar, corregir y orientar las decisiones del agente. Por tanto, el objetivo se cumplió en términos de construcción funcional e iterativa del prototipo, con la limitación de que varias integraciones críticas se representaron mediante stubs o adaptadores reemplazables, sin validar operación productiva de firma, pagos o mensajería.

Respecto al cuarto objetivo, se ejecutó una evaluación inicial con sujetos de prueba mediante interacción remota, dieciséis respuestas post-interacción y dos entrevistas complementarias. Aunque el objetivo original incluía evaluar el nivel de adopción, la evidencia obtenida permitió aproximarse principalmente a percepciones iniciales de facilidad de uso, claridad, confianza, utilidad y potencial de reducción de fricciones. Los resultados mostraron acceso viable principalmente desde teléfono celular, claridad general en la exploración de oferta y el detalle del inmueble, utilidad percibida de filtros, valoración favorable de videos de apoyo y una lectura mayoritariamente positiva, aunque no uniforme, sobre confianza. En consecuencia, el objetivo se cumplió como validación exploratoria del prototipo, pero no como medición de adopción real, adopción sostenida u operación completa del ciclo de arriendo.

La evaluación permitió observar preliminarmente que un prototipo funcional abre conversaciones más concretas con los usuarios. A partir de la interacción surgieron o se reafirmaron necesidades como mapa de ubicación, mayor detalle del inmueble, fotos representativas de las características anunciadas, reportes de control por inmueble, requisitos configurables definidos por el arrendador y diferenciación frente a plataformas existentes. En particular, el caso de las fotografías mostró cómo una necesidad identificada inicialmente como “exigir fotos” evolucionó hacia una expectativa más precisa: que las imágenes validaran visualmente las características declaradas en la publicación.

En conjunto, el proyecto sugirió que la inteligencia artificial puede apoyar la construcción de un prototipo de complejidad media cuando está acompañada por análisis previo, arquitectura explícita, documentación estructurada, revisión humana continua y evaluación con usuarios. La principal contribución práctica consistió en documentar y contrastar un flujo de trabajo en el que requisitos, diseño, implementación y evaluación se conectaron de forma trazable para construir una solución orientada a inclusión digital en el mercado de arriendos, sin presentar el prototipo como una plataforma comercial definitiva.

7.2. Trabajos futuros

Este trabajo sirve como base para ampliar la evaluación del prototipo con una muestra más diversa de arrendadores y arrendatarios del Valle del Cauca, incluyendo de forma explícita adultos mayores y usuarios con baja apropiación digital. Esta ampliación es especialmente importante porque la evaluación final no incluyó participantes mayores de 60 años, pese a que ese perfil hizo parte de la motivación y del enfoque de requisitos. Una línea futura consiste en observar sesiones completas de uso, aplicar análisis formal de accesibilidad, medir con mayor detalle confianza y carga cognitiva, y validar flujos que en esta etapa se apoyaron en videos o stubs, como firma, pagos, publicación y seguimiento avanzado.

La evaluación identificó la necesidad de enriquecer el detalle de los inmuebles. A partir de este

hallazgo, un trabajo posterior puede incorporar mapa de ubicación, atributos más explícitos de barrio, estructura y comodidades, reglas o guías para que las fotografías representen las características anunciadas, y ajustes de búsqueda que consideren términos cotidianos como “Cali” además de denominaciones formales como “Santiago de Cali”. Esta línea de continuidad es relevante porque se relaciona directamente con la confianza del arrendatario y con la suficiencia de información para decidir si inicia o no un proceso.

Para el rol arrendador, el portafolio construido abre la posibilidad de desarrollar reportes de control por inmueble, incluyendo arrendatario, valor del arriendo, fecha de pago, estado del último pago y vigencia del contrato. De manera complementaria, el prototipo puede ampliarse con requisitos configurables para tomar la vivienda, como certificados de ingresos u otros documentos solicitados por el arrendador, con el fin de reducir contactos poco viables y aumentar transparencia para ambas partes.

En el plano técnico y operativo, también se requiere fortalecer seguridad, privacidad, cumplimiento normativo, observabilidad y operación en ambientes productivos. Aunque se configuró un despliegue en AWS para habilitar el acceso por internet durante la evaluación, esta infraestructura respondió a una necesidad pragmática del prototipo y no a un diseño productivo definitivo. Por tanto, un trabajo futuro puede diseñar una infraestructura de despliegue alineada con la arquitectura, los objetivos de negocio, los costos, la seguridad y la operación esperada. También puede sustituir los stubs de firma, pagos y mensajería por proveedores reales, definiendo políticas de consentimiento, tratamiento de datos personales, manejo de documentos, conciliación de pagos, soporte e incidentes.

Finalmente, la evaluación mostró que una interfaz simple facilita la navegación, pero también puede percibirse como básica frente a plataformas consolidadas o generar preguntas sobre su diferenciación. A partir de este resultado, un trabajo futuro puede explorar cómo conservar baja carga cognitiva y accesibilidad sin sacrificar riqueza funcional, confianza visual e innovación percibida.

Un eje adicional de trabajo corresponde al problema de arranque propio de plataformas bilaterales. Para que una solución de arriendos genere valor sostenido, arrendadores y arrendatarios deben encontrar oferta, demanda y confianza en el mismo entorno. El prototipo permitió explorar flujos de ambos perfiles, pero no resolvió ni evaluó estrategias de activación simultánea del mercado. Por ello, un trabajo posterior puede estudiar mecanismos de adquisición inicial, incentivos, acompañamiento y generación de masa crítica sin asumir que la disponibilidad técnica del prototipo garantiza adopción.

7.3. Lecciones aprendidas

La primera lección aprendida fue que la calidad de una implementación asistida por inteligencia artificial depende de la calidad del contexto entregado al agente. En este proyecto, los documentos de requisitos, diseño, specs y steering files redujeron ambigüedad y ayudaron a mantener coherencia entre la intención del producto y el software construido. Este aprendizaje aplica especialmente cuando el agente trabaja sobre un dominio con reglas funcionales y visuales explícitas; en contextos sin documentación previa, el mismo enfoque podría producir resultados más inconsistentes.

La segunda lección fue que las pruebas automatizadas no reemplazan la revisión funcional desde la experiencia de usuario. El prototipo podía compilar y superar pruebas técnicas, pero aun así presentar problemas de lenguaje, navegación, visibilidad de acciones o sincronización de estados. Por ello, la etapa de QA manual se convirtió en una práctica necesaria para cerrar cada spec y preparar una versión más estable antes de la evaluación externa. Este aprendizaje no reduce el valor de las pruebas automatizadas; delimita su alcance frente a atributos de experiencia que requieren juicio humano.

La tercera lección fue que la evaluación con usuarios cambia la calidad de la conversación. Mientras los documentos y prototipos visuales permiten anticipar necesidades, el software funcional hizo que los participantes reaccionaran ante flujos concretos, compararan con sus expectativas reales y formularan requerimientos más específicos. Este aprendizaje respalda el valor de construir temprano para aprender temprano, siempre que los resultados se interpreten como señales exploratorias y no como validación generalizable.

Por último, la cuarta lección fue que un prototipo funcional no debe confundirse con una solución incompleta sin criterio arquitectónico. La elección de una arquitectura modular y desacoplada permitió avanzar rápido sin cerrar la posibilidad de evolución futura, especialmente en módulos dependientes de terceros como pagos, firma electrónica y mensajería. El trade-off fue asumir mayor complejidad inicial que la estrictamente necesaria para una prueba exploratoria, decisión que solo resulta razonable cuando el prototipo también busca dejar una base técnica trazable para iteraciones posteriores.

Bibliografía

- Achillas, C., Aidonis, D., Tsampoulatidis, I., Folinis, D., Kostavelis, I., Tsolakis, N., Triantafyllou, D., Vlachokostas, C., Kelemis, A., and Dimou, V. (2024). Empowering tourism accessibility: A digital revolution in pieria, greece. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14.
- Al-Emran, M. and Griffy-Brown, C. (2023). The role of technology adoption in sustainable development: Overview, opportunities, challenges, and future research agendas. *Technology in Society*, 73.
- Alquilando (2025). Conoce alquilando — alquilando.
- Aptuno (2025). Quiénes somos — aptuno colombia.
- Arriendo.com (2025). Quiénes somos – arriendo.com.
- Bass, L., Clements, P., and Kazman, R. (2021). *Software Architecture in Practice*. 4th edition.
- Becerra, A. (2023). Cada vez son más los colombianos que viven en arriendo, según estudio de fedelonjas - el país.
- Brunzini, A., Caragiuli, M., Atzori, F., Bronzini, M., and Germani, M. (2023). Digital technology for elders better living: a usability and user-experience assessment. *ACM International Conference Proceeding Series*, pages 123–130.
- Costa, R., Coelho, J., Lima, D., Duarte, C., and Moita, P. (2025). Elderwander: an accessible digital tourism platform for older adults. *Information Technology and Tourism*.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2023). Indicadores básicos de tenencia y uso de tecnologías de la información y las comunicaciones - tic en hogares y personas de y más años de edad departamental 2023.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2025). Encuesta nacional de calidad de vida 2024.
- Dijk, J. V. (2019). *The Digital Divide*.
- Dora (2025). Home - dora.
- EL CONGRESO DE COLOMBIA (1999). Ley 527 de 1999.
- EL CONGRESO DE COLOMBIA (2001). Ley 675 de 2001.
- EL CONGRESO DE COLOMBIA (2003). Ley 820 de 2003.
- EL CONGRESO DE COLOMBIA (2012). Ley 1581 de 2012.

- EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (2012). Decreto 2364 de 2012.
- Fincaraiz (2025). Preguntas frecuentes - fincaraiz.
- for Standardization, I. I. O. (2018). *ISO 9241 Ergonomics of human-system interaction - Part 11: Usability: Definitions and concepts*.
- Herrera, M. (2025). Fincaraíz cierra 2024 con más de 80 millones de visitas.
- Houm (2025). ¿quiénes somos? — houm.
- Kruhlov, V. and Dvorak, J. (2025). Social inclusivity in the smart city governance: Overcoming the digital divide. *Sustainability (Switzerland)*, 17.
- MercadoLibre (2025). Inmuebles — mercado libre.
- MisPropiedades (2025). Mispropiedades — software de administración de arriendos en línea.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Elsevier.
- Nurent (2025). Nurent - arrendamos y administramos propiedades sin drama!
- OpenRent (2025). About us — a rental community — openrent.
- Paliwal, G., Donvir, A., Gujar, P., and Panyam, S. (2024). Accelerating time-to-market: The role of generative ai in product development. *2024 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing, COLCOM 2024 - Proceedings*.
- Richards, M. and Ford, N. (2025). *Fundamentals of Software Architecture*. 2nd edition edition.
- Rubin, J. and Chisnell, D. (2008). Handbook of usability testing second edition how to plan, design, and conduct effective tests.
- Rubio, J. and Tulcanaza-Prieto, A. B. (2025). Digital payments trust in latin america and the caribbean. *Economies*, 13.
- Shi, Z., Dong, J., and Gan, Y. (2025). Democratizing digital transformation: A multisector study of low-code adoption patterns, limitations, and emerging paradigms. *Applied Sciences (Switzerland)*, 15.
- Sommerville, I. (2016). Software engineering.
- Téllez, J. and Hernández, M. (2025). Colombia — situación inmobiliaria. 2025 — bbva research.
- uhomie (2025). Quiénes somos — uhomie.
- United States Agency for International Development (2023). Apropiación digital en líderes y transformación digital de las organizaciones de la sociedad civil en colombia 2023. *Programa Suma Social*.

- Waszkowski, R. (2019). Low-code platform for automating business processes in manufacturing. *IFAC-PapersOnLine*, 52:376–381.
- Wen, Z., Yang, J., Sun, B., and Liu, Y. (2025). Research on symmetry optimization of designer requirements and prototyping platform functionality in the context of agile development. *Symmetry*, 17.
- Wojcik, R., Bachmann, F., Bass, L., Clements, P., Merson, P., Nord, R., and Wood, B. (2006). Attribute-driven design (add), version 2.0 software architecture technology initiative.
- Zazume (2025). Faqs – zazume.
- Zolbin, M. G., Kujala, S., Widén, G., Eriksson-Backa, K., and Huvila, I. (2025). Digital inclusion among older adults: Identifying potential solutions. *Human Technology*, 21:51–72.