Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

Modelo de implementación BPM para la sistematización del control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani – Tiabaya – Arequipa, 2025

Tesis presentada por:

Rodriguez Lopez, Paolo Calayo

ORCID: 0009-0002-6388-3106

para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas

Asesor (a):

Mg. Martínez Muñoz, Jorge Luis

ORCID: 0000-0003-0229-3508

Arequipa – Perú

2026

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE SISTEMAS

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 20 de Agosto del 2026

Dictamen: 014004-C-EPIS-2026

Visto el borrador del expediente 014004, presentado por:

2018802161 - **RODRIGUEZ LOPEZ PAOLO CALAYO**

Titulado:

MODELO DE IMPLEMENTACIÓN BPM PARA LA SISTEMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIO AGRÍCOLA EN EL FUNDO CHUSICANI - TIABAYA - AREQUIPA, 2025

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Titulo Profesional/Titulo de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO DE SISTEMAS

29591972 - **CALDERON RUIZ GUILLERMO ENRIQUE**
DICTAMINADOR



71132586 - **ANGULO OSORIO JAVIER FERNANDO**
DICTAMINADOR



40375371 - **LAZO BARREDA DELY MARYSHECK**
DICTAMINADOR



MODELO DE IMPLEMENTACIÓN BPM PARA LA SISTEMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIO AGRÍCOLA EN EL FUNDO CHUSICANI - TIABAYA - AREQUIPA, 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	12%	3%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	documents.mx Fuente de Internet	<1%
6	repositoriotec.tec.ac.cr Fuente de Internet	<1%
7	revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1%
11	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1%
12	www.campustudionline.com Fuente de Internet	<1%
13	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
14	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1%
	tesis.ucsm.edu.pe	

DEDICATORIA

La presente investigación está dedicada a mi familia, por su apoyo constante y su acompañamiento a lo largo de mi formación académica. De manera especial, dedico este trabajo a mis padres, quienes con su esfuerzo, sacrificio y confianza incondicional han sido el pilar fundamental para la culminación de la investigación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de todo corazón a mi familia por el apoyo brindado durante mi formación académica, destacando de manera especial a mis padres, cuyo esfuerzo y respaldo constante fueron fundamentales para la culminación de esta investigación. Adicionalmente, agradecer a mi asesor por su orientación y acompañamiento académico, que contribuyeron al adecuado desarrollo del estudio. Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Católica de Santa María y al Fundo Chusicani por las facilidades y el apoyo proporcionados para la realización de la investigación.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo rediseñar y optimizar el proceso de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani, ubicado en el distrito de Tiabaya, Arequipa, durante el año 2025, mediante la aplicación de BPM.

El estudio surge a partir de la identificación de deficiencias en el proceso actual, caracterizado por la ausencia de una estructura formal, actividades manuales no estandarizadas, falta de visibilidad del inventario en tiempo real y elevados costos operativos. El modelado BPMN fue utilizado como herramienta principal para el análisis, representación y rediseño del proceso, permitiendo identificar actividades redundantes y deficiencias en la asignación de responsabilidades.

A partir del modelado AS-IS y su posterior transformación al modelo TO-BE, se logró estructurar un flujo optimizado, con actividades claramente definidas, reducción de recorridos innecesarios y mejora en la secuencia operativa. Como complemento se desarrolló una aplicación web en Oracle APEX bajo la metodología Scrum, la cual permitió sistematizar y soportar la ejecución del proceso rediseñado.

La evaluación de la propuesta se realizó mediante indicadores de eficiencia como tiempo de adquisición, distancia recorrida y costo operativo, comparando los escenarios antes y después del rediseño. Los resultados evidencian una reducción significativa superior al 60% en los tiempos y costos operativos, lo cual demuestra que la mejora se origina en la optimización del proceso mediante BPM.

Se concluye que el modelado BPMN constituye un enfoque eficaz para el rediseño de procesos en el sector agrícola, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible del inventario agrícola.

Palabras Clave: Gestión de procesos, BPMN, Oracle APEX.

ABSTRACT

This research aimed to redesign and optimized the agricultural inventory acquisition and control process at the Chusicani Farm, located in the district of Tiabaya, Arequipa, by 2025, through the application of Business Process Modeling (BPM).

The study arose from the identification of deficiencies in the current process, characterized by the absence of a formal structure, non-standardized manual activities, lack of real-time inventory visibility, and high operating costs. In this context, BPMN modeling was used as the primary tool for the analysis, representation, and redesign of the process, allowing for the identification of bottlenecks, redundant activities, and deficiencies in the allocation of responsibilities.

From the AS-IS model and its subsequent transformation to the TO-BE model, an optimized workflow was structured, with clearly defined activities, a reduction in unnecessary travel, and an improved operational sequence. As a complement to the BPM model, a web application was developed in Oracle APEX using the Scrum methodology, which automated and supported the execution of the redesigned process. The proposal was evaluated using efficiency indicators such as acquisition time, distance traveled, and operating cost, comparing the scenarios before and after the redesign. The results show a significant reduction of over 60% in operating times and costs, demonstrating that the improvement stems from process optimization using BPM.

It is concluded that BPMN modeling is an effective approach for process redesign in the agricultural sector, enabling the transformation of empirical flows into structured, measurable, and optimize processes, thus contributing to more efficient and sustainable agricultural inventory management.

Keywords: Process management, BPMN, Oracle APEX

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN **1**

CAPÍTULO I **3**

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN **4**

1.1. Planteamiento del Problema 4

1.2. Objetivos de la Investigación 6

1.2.1. Objetivo General *6*

1.2.2. Objetivos Específicos *6*

1.3. Preguntas de Investigación 6

1.4. Hipótesis, Variables e Indicadores 7

1.4.1. Hipótesis General *7*

1.4.2. Hipótesis Específicas *7*

1.4.3. Variables de Investigación *8*

1.4.4. Indicadores *8*

1.5. Línea y Sublínea de Investigación 9

1.6. Palabras Clave 9

1.7. Solución Propuesta 9

1.7.1. Justificación e Importancia *9*

CAPÍTULO II **11**

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS **12**

2.1. Antecedentes de Investigación 12

2.2. Estado del Arte 12
2.2.1. Internacionales 12
2.2.2. Nacionales 15
2.2.3. Locales 18
2.3. Bases Teóricas de la Investigación 22
2.3.1. Business Process Management (BPM) 22
2.3.2. Aplicación Web 24
2.3.3. Oracle APEX 24
2.3.4. Scrum 25
2.3.5. Metodología en Cascada 27
2.3.6. Fundo Agrícola 28
2.3.7. Insumos Agrícolas 28
2.3.8. Gestión de Insumos Agrícolas 29
2.3.9. Agricultura de Precisión 29
CAPÍTULO III 31
3. MARCO METODOLÓGICO 32
3.1. Alcances y Limitaciones 32
3.1.1. Limitaciones de la Propuesta Tecnológica y Operativa 32
3.2. Tipo y Nivel de Investigación 33
3.2.1. Tipo de Investigación 33
3.2.2. Nivel de Investigación 33
3.3. Universo, Población y Muestra 33
3.3.1. Universo 33
3.3.2. Población 33
3.3.3. Muestra 34

3.4. Operacionalización de Variables 35
3.5. Matriz de Consistencia 38
3.6. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos 40
3.6.1. Metodología de la investigación 40
3.6.2. Técnicas de Recolección de Datos 41
3.6.3. Instrumentos de Recolección de Datos 41
3.7. Análisis del Proceso 41
3.7.1. Descubrimiento del Proceso 41
3.7.2. Modelo del Proceso Actual 42
3.8. Descripción del Proceso Actual 45
3.8.1. Escenarios Prácticos 51
3.8.2. Identificación de las Necesidades 54
3.8.3. Medición 57
3.9. Rediseño del Proceso 59
3.9.1. Modelo del Proceso Rediseñado 62
3.9.2. Descripción del Proceso Rediseñado 64
CAPÍTULO IV 71
4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN 72
4.1. Desarrollo del Sistema Oracle APEX con Scrum 72
4.2. Definición del Product Backlog 75
4.3. Sprint 1 79
4.3.1. Entregable 1 80
4.3.2. Pruebas 91
4.3.3. Entregable 2 93
4.3.4. Pruebas 94

4.4. Sprint 2 96
4.4.1. Entregable 1 ..... *97*
4.4.2. Pruebas *100*
4.4.3. Entregable 2 ..... *103*
4.4.4. Pruebas *106*
4.5. Sprint 3 109
4.5.1. Entregable 1 ..... *110*
4.5.2. Pruebas *113*
4.5.3. Entregable 2 ..... *116*
4.5.4. Pruebas *118*
4.6. Sprint 4 121
4.6.1. Entregable 1 ..... *122*
4.6.2. Pruebas *124*
4.6.3. Entregable 2 ..... *127*
4.6.4. Pruebas *130*
CAPÍTULO V 133
5. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS 134
5.1. Resultados 134
5.1.1. Comparación del Tiempo de Adquisición *134*
5.1.2. Comparación de la Distancia Recorrida *135*
5.1.3. Comparación del Costo Operativo *136*
5.1.4. Comparación de la Precisión del Inventario. *137*
5.1.5. Usabilidad de la Propuesta. *138*
5.1.6. Satisfacción del Usuario *141*
5.1.7. Mejoras Logradas *143*

5.2. Discusión 145
5.3. Conclusiones 146
5.4. Recomendaciones 147
REFERENCIAS 148

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Aportes de investigaciones Internacionales* 15

Tabla 2 *Aportes de investigaciones Nacionales* 18

Tabla 3 *Aportes de investigaciones Locales.* 22

Tabla 4 *Población total de Fundos en el Distrito de Tiabaya.* 33

Tabla 5 *Muestra del Fundo Chusicani.* 34

Tabla 6 Operacionalización de las variables de la investigación. 36

Tabla 7 Matriz de consistencia de la investigación. 38

Tabla 8 *Costos y Distancias Recorridas en diferentes Escenarios* 54

Tabla 9 Matriz de Priorización de Necesidades 56

Tabla 10 Indicadores del Proceso de Adquisición y Control de Inventario de Insumos Agrícolas 58

Tabla 11 Matriz de clasificación y gestión de insumos agrícola 60

Tabla 12 Costos y Distancias Recorridas en diferentes Escenarios del modelo rediseñado ... 70

Tabla 13 Responsabilidades Designadas. 73

Tabla 14 Historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025 77

Tabla 15 Historias de Usuario Sprint 1 79

Tabla 16 *Entregable Sprint 1* 80

Tabla 17 Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 1 92

Tabla 18 Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 1 95

Tabla 19 Historias de Usuario Sprint 2 96

Tabla 20 *Entregables Sprint 2* 96

Tabla 21 *Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 2* 102

Tabla 22 Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 2 107

Tabla 23 *Historias de Usuario Sprint 3* 109

Tabla 24 *Entregables Sprint 3* 109

Tabla 25 *Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 3* 115

Tabla 26 *Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 3* 120

Tabla 27 *Historias de Usuario Sprint 4* 121

Tabla 28 *Entregables Sprint 4* 121

Tabla 29 *Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 4* 126

Tabla 30 *Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 4* 132

Tabla 31 Interpretación del coeficiente Alfa de Cronbach 139

Tabla 32 Escala de Likert – Usabilidad 140

Tabla 33 Escala de Likert - Satisfacción del Usuario 142

Tabla 34 Resumen de las mejoras logradas con el proceso rediseñado 143

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Las reglas de Scrum 27

Figura 2 Proceso tecnológico de la agricultura de precisión. 30

Figura 3 Modelo AS IS del Proceso de Preparación de Terreno Agrícola 43

Figura 4 Modelo AS IS del Proceso de Adquisición y Control de Inventario de Insumos Agrícola 44

Figura 5 Distancia entre el Almacén y el establecimiento de Compras 46

Figura 6 Distancia entre el terreno de Chilina y el Almacén 47

Figura 7 Distancia entre el terreno de Carmen Alto y el Almacén 47

Figura 8 Distancia entre el terreno del Cural y el Almacén 48

Figura 9 Distancia entre el terreno del Terminal Terrestre y el Almacén 48

Figura 10 Distancia entre el terreno del Cerro del Triunfo y el Almacén 49

Figura 11 Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno de Chilina ... 49

Figura 12 Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno de Carmen Alto 50

Figura 13 Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno del Cural 50

Figura 14 Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno del Terminal Terrestre 51

Figura 15 Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno de Cerro del Triunfo 51

Figura 16 Diagrama de Ishikawa de la extensa duración del proceso y falta de conocimiento del inventario de insumos agrícolas 57

Figura 17 Gráfico de tendencia de Duración, Distancia y Coste por Escenario 59

Figura 18 Modelo To-Be del proceso de preparación de Terreno Agrícola 62

Figura 19 Modelo To-Be del Proceso de Adquisición y Control de Inventario de Insumos Agrícolas 63

Figura 20 Distancia entre el hogar del administrador y el proveedor 66

Figura 21 Historias de Usuario..... 76

Figura 22 Arquitectura del sistema cliente – servidor..... 81

Figura 23 Modelo Entidad Relación del sistema..... 82

Figura 24 Caso de Uso 01 – Registrar Gastos..... 83

Figura 25 Caso de Uso 02 – Registrar Insumos 84

Figura 26 Caso de Uso 03 – Registrar Ventas 85

Figura 27 Caso de Uso 04 – Registrar Movimientos de Inventario 87

Figura 28 Login de la Aplicación Web 88

Figura 29 Módulo Mantenimiento de Usuario 89

Figura 30 Formulario de registro en el módulo de Mantenimiento de Usuario 90

Figura 31 *Módulo de Mantenimiento de Insumos* 93

Figura 32 *Módulo de control de inventario* 94

Figura 33 *Módulo de control de inventario* 98

Figura 34 *Formulario de Modificación de Inventario* 100

Figura 35 *Módulo de Terrenos* 103

Figura 36 *Módulo de Cultivos* 104

Figura 37 *Módulo de Temporadas* 105

Figura 38 *Módulo de Categorías* 105

Figura 39 *Módulo de Gastos* 111

Figura 40 *Formulario de Ingreso de Gastos* 112

Figura 41 *Detalle de Movimientos* 113

Figura 42 *Generación de reportes de inventario en distintos formatos* 116

Figura 43 *Reporte detallado del inventario de insumos* 117

Figura 44 *Gráficos interactivos de gastos del sistema* 118

Figura 45 *Interfaz de búsqueda y filtrado de insumos* 123

Figura 46 *Visualización desde dispositivos móviles* 124

Figura 47 *Detalle de ventas registradas por cultivo* 127

Figura 48 *Formulario de registro de ventas por cultivo* 128

Figura 49 *Cronograma de actividades agrícolas* 129

Figura 50 *Formulario de registro de actividades agrícolas* 130

Figura 51 *Comparación de Duración del Proceso (min)* 135

Figura 52 *Comparación de Distancia Recorrida (km)* 136

Figura 53 Comparación de Costo Operativo (S/) 137

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha de validación del Modelo BPMN 153

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión eficiente de los insumos agrícolas constituye un factor clave para la sostenibilidad y competitividad de las unidades productivas del sector agrícola. Sin embargo, muchos fundos agrícolas continúan operando con procesos empíricos, no estructurados y altamente dependientes de actividades manuales, lo que genera ineficiencias, incremento de costos operativos y limitaciones en la toma de decisiones.

El Fundo Chusicani, ubicado en el distrito de Tiabaya, Arequipa, presenta esta problemática en su proceso de adquisición y control de inventario de insumos agrícolas, el cual carece de un flujo de trabajo formalmente definido. Esta situación ocasiona recorridos innecesarios, duplicidad de actividades, falta de control sobre el inventario y ausencia de información en tiempo real.

Frente a esta problemática, la presente investigación propuso el uso del enfoque Business Process Management (BPM) como eje central de la solución. A través de este enfoque, se realiza el análisis del proceso actual (AS-IS) y su posterior rediseño (TO-BE), utilizando BPMN como notación para el modelado gráfico de los procesos, lo que permite identificar deficiencias estructurales y plantear mejoras orientadas a incrementar la eficiencia operativa.

El principal aporte de esta investigación radica en la aplicación del enfoque BPM para el rediseño de procesos, utilizando BPMN como herramienta de modelado, ya que no solo permite representar gráficamente el flujo de trabajo, sino también analizarlo, optimizarlo y estructurarlo de manera lógica y eficiente. El enfoque BPM y el modelado mediante BPMN permitieron transformar un proceso informal en un proceso estandarizado, con roles definidos, actividades optimizadas y reducción de tiempos y costos.

Como complemento al modelo BPM, se desarrolló una aplicación web en Oracle APEX bajo la metodología Scrum, la cual actúa como soporte tecnológico para la ejecución del proceso rediseñado, permitiendo sistematizar tareas y centralizar la información.

Finalmente, la investigación evalúa el impacto del rediseño del proceso mediante indicadores de eficiencia, demostrando que la mejora obtenida es consecuencia directa de la aplicación del enfoque BPM, utilizando BPMN para estructurar y modelar el flujo operativo optimizado, el cual permitió reorganizar el flujo operativo y eliminar las principales ineficiencias del proceso.

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En los últimos años, el sector agrícola peruano se ha visto fuertemente impactado por el incremento sostenido de los precios de los fertilizantes. Desde el 2021, el precio de la urea, uno de los fertilizantes más utilizados en el mercado agroexportador, pasó de S/ 65 a más de S/ 270 por saco. Este incremento, impulsado por factores internacionales como el alza del gas natural y restricciones en las exportaciones, redujo la productividad de cultivos esenciales como arroz y cebolla, con una disminución de hectáreas sembradas del 47,2% y 31,5% respectivamente (ComexPerú, 2022).

La importación de cultivos a bajos precios en el Perú ha generado una creciente competencia para los agricultores locales, cuyos costos de producción son generalmente más altos. En el caso del ajo, el país se encuentra entre los principales productores mundiales; sin embargo, enfrenta limitaciones tecnológicas y altos costos internos que afectan su competitividad frente a productos importados como el ajo chino, que ingresa a un precio menor (FreshPlaza, 2025).

Aproximadamente el 90 % de la producción nacional de ajo se destina al consumo local, lo que hace que el mercado interno sea especialmente sensible a la presión de las importaciones (MIDAGRI, 2024).

En el caso de la cebolla, informes recientes señalan que el Perú está perdiendo competitividad en un mercado global donde dominan países con mayor capacidad logística, escala y eficiencia productiva (FreshFruit, 2025). Como resultado, las importaciones más baratas ejercen presión a la baja sobre los precios en chacra, reduciendo el margen de beneficio para los productores locales.

En este contexto, los pequeños y medianos agricultores enfrentan múltiples dificultades debido a la falta de procesos definidos para la adquisición, control y uso de insumos agrícolas.

La carencia de mecanismos eficientes genera problemas recurrentes como la compra innecesaria de productos, el desperdicio de insumos por vencimiento, mayores costos operativos y, en consecuencia, menor rentabilidad. Además, la falta de sistematización y estandarización impide el acceso a información en tiempo real, limitando la capacidad de toma de decisiones oportunas.

El caso del Fundo Chusicani, ubicado en Tiabaya – Arequipa, refleja claramente esta problemática. Actualmente, el proceso de adquisición y control de inventario de insumos agrícolas no se encuentra definido ni ordenado. El flujo de trabajo inicia desde el análisis de los cultivos realizado por el administrador hasta el registro manual de los gastos en hojas de cálculo de Excel. Este procedimiento presenta deficiencias críticas:

- No existe visibilidad del inventario en tiempo real.
- El control de gastos es manual, disperso y poco confiable.
- La información registrada es de difícil acceso para la toma de decisiones oportunas.
- El proceso depende de una persona.

Ante esta situación surge la interrogante de investigación:

¿De qué manera la falta de sistematización afecta la eficiencia del control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani, Tiabaya – Arequipa durante el año 2025?

Para responder a esta problemática, se propuso rediseñar el proceso de adquisición y control de inventario agrícola mediante el enfoque Business Process Management (BPM), utilizando BPMN para el modelado de los procesos. Asimismo, se complementó la propuesta con una aplicación web que permita centralizar la información y sistematizar las operaciones del fundo. Los datos registrados en hojas de Excel fueron migrados a la nueva plataforma, permitiendo mejorar la logística, reducir costos operativos, controlar el uso de insumos y disponer de información en tiempo real para la toma de decisiones. De esta manera, se buscó

promover la sostenibilidad económica y operativa del fundo, contribuyendo a la modernización y competitividad del sector agrícola en el distrito de Tiabaya.

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Implementar un Modelo BPM para la sistematización y mejora del control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani – Tiabaya - Arequipa, 2025.

1.2.2. Objetivos Específicos

Analizar los procesos actuales del Fundo Chusicani relacionados con la adquisición y control de inventario agrícola, identificando deficiencias en el año 2025.

Rediseñar y optimizar los procesos del Fundo Chusicani vinculados al control de inventario agrícola mediante el enfoque BPM, utilizando BPMN para el modelado de procesos en el año 2025.

Aplicar la metodología Scrum para gestionar el desarrollo e implementación de una aplicación web orientada a sistematizar el proceso de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani durante el año 2025.

Evaluar el impacto de la implementación del modelo BPM y de la aplicación web, mediante métricas de eficiencia del proceso de adquisición y control de inventario del Fundo Chusicani en el año 2025.

1.3. Preguntas de Investigación

1) ¿Cuál es la situación actual de los procesos de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani, y qué deficiencias presentan en el año 2025?
2) ¿Cómo puede el enfoque BPM, utilizando BPMN para el modelado de procesos, contribuir al rediseño y optimización de los procesos de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani en el año 2025?

3) ¿De qué manera la metodología Scrum contribuye al desarrollo e implementación de una aplicación web para sistematizar el proceso de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani durante el año 2025?
4) ¿Cuál es el impacto de la implementación del modelo BPM y de la aplicación web en la eficiencia del proceso de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani durante el año 2025?

1.4. Hipótesis, Variables e Indicadores

1.4.1. Hipótesis General

La sistematización del proceso de control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani – Tiabaya – Arequipa, en el año 2025, mejora significativamente el rediseño de procesos utilizando modelado BPMN y la aplicación de la metodología Scrum en el desarrollo de una aplicación web, lo que permite mejorar la eficiencia operativa del sistema.

1.4.2. Hipótesis Específicas

El análisis de los procesos actuales del Fundo Chusicani permitió identificar deficiencias significativas en el flujo de adquisición y control de inventario agrícola, evidenciando la ausencia de una estructura formal, actividades redundantes y falta de control en el año 2025.

El rediseño y optimización de los procesos del Fundo Chusicani mediante el enfoque BPM, utilizando BPMN para el modelado de procesos, permitió estructurar un flujo de trabajo más eficiente, reduciendo actividades innecesarias y mejorando el control del inventario agrícola en el año 2025.

La aplicación de la metodología Scrum en el desarrollo de la aplicación web permitió gestionar de manera eficiente la implementación del proceso rediseñado, asegurando la alineación del sistema con el modelo BPMN en el año 2025.

La implementación del modelo BPM y de la aplicación web mejora la eficiencia del proceso de adquisición y control de inventario en el Fundo Chusicani durante el año 2025, reduciendo el tiempo de adquisición, aumentando la precisión del inventario y disminuyendo el costo operativo del proceso.

1.4.3. Variables de Investigación

- **Variable Dependiente**: Eficiencia del control de inventario agrícola.
- **Variable Independiente**: Modelo BPM apoyado en una aplicación web.

1.4.4. Indicadores

Los indicadores se dividen por objetivos específicos:

1.4.4.1. Objetivo Específico 1.

- Tiempo de adquisición de insumos agrícolas.
- Distancia recorrida durante el proceso de adquisición
- Costo operativo asociado al proceso.
- Precisión del inventario.

1.4.4.2. Objetivo Específico 2.

- Nivel de optimización del flujo de trabajo.
- Reducción de actividades redundantes.
- Mejoras logradas en el proceso propuesto.

1.4.4.3. Objetivo Específico 3

- Cumplimiento de sprint planificados.
- Porcentaje de funcionalidades implementadas.
- Usabilidad de la propuesta.

1.4.4.4. Objetivo Específico 4

- Comparación del tiempo de adquisición.
- Comparación de la distancia recorrida.

- Comparación del costo operativo.
- Comparación de la precisión del inventario.
- Satisfacción del usuario.

Los indicadores considerados en la presente investigación se agrupan en dos categorías. La primera corresponde a los indicadores de eficiencia operativa del proceso, utilizados para evaluar el impacto de la propuesta mediante la comparación de los escenarios AS-IS y TO-BE, considerando el tiempo de adquisición, la distancia recorrida, el costo operativo, la precisión del inventario, la usabilidad y la satisfacción del usuario. Estos indicadores son analizados en el Capítulo V.

La segunda categoría corresponde a los indicadores de gestión del desarrollo de la solución tecnológica, asociados a la implementación de la aplicación web bajo el marco de trabajo Scrum, tales como el porcentaje de funcionalidades implementadas y el cumplimiento de sprints. Estos indicadores son presentados y analizados en el Capítulo IV como evidencia del desarrollo y ejecución de la propuesta.

1.5. Línea y Sublínea de Investigación

A. Línea: Sistemas de Información y Comunicaciones.

B. Sublínea: Gestión de procesos mediante tecnologías de información.

1.6. Palabras Clave

Oracle APEX, insumos, cultivos, aplicación web, base de datos, BPM.

1.7. Solución Propuesta

1.7.1. Justificación e Importancia

No contar con un proceso formalmente modelado para la adquisición y control de insumos en el fundo Chusicani ha generado un flujo operativo desorganizado, con tareas manuales, duplicación de compras y escasa trazabilidad de gastos. La falta de monitoreo

continuo impide contar con información centralizada y en tiempo real, lo que incrementa los errores operativos y limita la capacidad de control en el fundo.

Por esta razón, se propuso aplicar la metodología BPM para rediseñar el proceso de adquisición y control de inventario de insumos agrícolas. Esto permitió reducir tiempos operativos, minimizar errores de registro, sistematizar el control de gastos y asegurar la calidad de los datos registrados. Este modelo estuvo apoyado de una aplicación web que proporcionó visibilidad en tiempo real del inventario y de los gastos realizados, lo que contribuyó directamente a la mejora de la rentabilidad del fundo.

El principal aporte de este proyecto es fomentar la modernización del fundo, la cual se entiende como la adopción de tecnologías de gestión digital que permitan medir mejoras a través de indicadores concretos como: reducción del tiempo promedio de adquisición de insumos, disminución de errores en el registro de inventario y mejora en la exactitud de los gastos registrados.

Esta propuesta representa un modelo escalable que puede ser aplicado en otros fundos agrícolas de la región que enfrenten problemas similares, promoviendo la transformación digital del sector rural.

El proyecto se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- ODS 9: Impulsa la innovación y el acceso equitativo a infraestructuras modernas (Naciones Unidas, 2015).
- ODS 12: Orientado a garantizar modalidades sostenibles de producción y consumo (Naciones Unidas, 2015).

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes de Investigación

En los últimos años, diversos estudios han explorado la aplicación de metodologías de gestión de procesos y herramientas tecnológicas para optimizar operaciones en sectores como el agrícola, comercial e industrial. Estas investigaciones han evidenciado mejoras significativas en eficiencia, reducción de costos y centralización de la información operativa.

Arteaga y Villarroel (2023) analizaron el impacto de plataformas digitales en la rentabilidad de agricultores del valle del Mantaro, concluyendo que la adopción tecnológica influye positivamente en la competitividad agrícola. Por su parte, Castañeda y Montañez (2023) emplearon la metodología Scrum para implementar una plataforma de gestión agrícola en Tocache, mejorando la asesoría técnica y el acceso a capacitaciones, aunque sin una orientación al modelado de procesos como eje de mejora.

Espinoza (2023) abordó la gestión de inventarios en una empresa comercial mediante el desarrollo de una aplicación web, logrando mejoras en la eficiencia operativa, pero sin integrar un enfoque BPM para el rediseño estructural del proceso. En cambio, López (2019) aplicó un modelo BPM para la gestión de pedidos en una fábrica, logrando reducir tiempos y errores operativos mediante una solución basada en una aplicación web, lo que representa un antecedente directo en cuanto a la aplicación de BPM en contextos logísticos.

También destacan casos como el de Ortega et al. (2023) en Colombia, donde se integró BPM y TIC en la cadena de distribución agrícola para reducir desperdicios y aumentar el acceso al mercado.

2.2. Estado del Arte

2.2.1. Internacionales

El estudio llevado a cabo en la ciudad de Milagro, Ecuador por el tesista Araujo (2023), tuvo como objetivo optimizar y mejorar la eficiencia de la gestión de los procesos

de producción ligados a la exportación de banano de la finca María. El estudio se desplegó bajo un enfoque aplicado de diseño descriptivo dirigido a la automatización de flujos de datos recolectados por herramientas manuales como tecnológicas. La metodología de recolección de datos se estableció en una revisión documental sistemática en la que se basó el sostén de la estructura del diseño implementado, el cual abarcó diagramas UML para el diseño y PostgreSQL orientado a objetos para la codificación de los módulos funcionales. El modelo dio resultados significativos en la mejora del monitoreo de las actividades productivas, específicamente en la reducción de tiempos, puesto que los procesos de evaluación de data pasaron por una transición de procesos individuales por el personal, a procesos en tiempo real y simultáneo por el software implementado. Este tipo de estudios refuerzan la importancia de aplicar soluciones tecnológicas prácticas, como los modelos BPM, en contextos productivos para lograr eficiencia, control y trazabilidad en las operaciones, más aún cuando los modelos han sido implementados y la evaluación de los cambios pueden percibirse en pleno proceso operativo (Araujo, 2023).

El estudio de investigación desarrollado por Ortega et al. (2023) en el departamento de Nariño, Colombia, tuvo como objeto la reactivación del sector agrícola local, afectado por las consecuencias económicas derivadas de la pandemia del COVID-19. Se propuso un sistema de gestión integrado denominado Agro TIC, el cual planteó la integración de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) con Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para la mejora de los procesos de comercialización, la reducción del total de desperdicios en la cadena de producción y la verificación del cumplimiento de estándares de calidad mediante herramientas tecnológicas y logísticas. El estudio ostentó un diseño aplicado de tipo descriptivo, ejecutado bajo un enfoque mixto apoyado en intervenciones de carácter formativo y tecnológico que incluyeron capacitaciones a productores en temas de BPM y manejo de postcosecha, la implementación de centros de

acopio gestionados bajo métodos BPM y el desarrollo de una plataforma digital para la facilitación de la conexión directa entre agricultores y consumidores. La ejecución del modelo permitió evidenciar mejoras en la eficiencia operativa y en el acceso al mercado, robusteciendo así la sostenibilidad económica del sector agrícola local, y en pro de una proyección regional. En correspondencia con los resultados descritos, las investigaciones realizadas por Ortega et al (2023) realzan el valor que significa la utilización de tecnologías de automatización y monitoreo como estrategias efectivas para la optimización de procesos productivos en el ámbito agroindustrial.

El proyecto de investigación que elaboraron Teixeira et al. (2024) tuvo como principal objetivo la optimización del proceso analítico del mercado en el departamento de inteligencia comercial de una empresa energética de gran envergadura por medio de la aplicación del ciclo de vida BPM. El proyecto se efectuó bajo un diseño descriptivo de tipo aplicado, adaptando escrupulosamente la metodología BPM a un entorno en gran parte virtual y semiestructurado. Para ello, se fundamentó el proceso en base a un enfoque mixto, donde se emplearon técnicas de análisis cualitativo como el análisis de valor agregado y la identificación de causas raíz, y a su vez, se desarrolló modelado de procesos mediante BPMN. La fase de rediseño circunscribió la automatización selectiva con scripts bajo modelo de lenguaje Python 3.10, la generación de paneles en Power BI y la aplicación de técnicas como programación lineal y forecasting, con la meta final de mejorar la eficiencia como la flexibilidad y calidad del proceso en paralelo. La implementación del modelo demostró mejoras reveladoras en la eficiencia operativa, que se pudieron evidenciar en los cuestionarios de monitoreo posteriores. Este proyecto demuestra el valor de la metodología BPM en procesos críticos de toma de decisiones y promete un marco adaptable para la mejora continua en entornos organizacionales complejos en diversas ramas de la industria (Teixeira et al., 2024).

Tabla 1

Aportes de investigaciones Internacionales

Autor(es) y año	Contexto de estudio	Principales aportes de la investigación	Vinculación con la presente investigación
Araujo (2023)	Producción bananera (Ecuador).	Automatización de procesos y análisis en tiempo real de datos productivos.	Refuerza la necesidad de digitalizar procesos agrícolas y eliminar tareas manuales.
Ortega et al. (2023)	Sistema Agro TIC (Colombia).	Integración de BPM y TIC para mejorar comercialización y reducir desperdicios.	Evidencia el impacto de la tecnología en la eficiencia y trazabilidad agrícola.
Teixeira et al. (2024)	Empresa energética.	Aplicación de BPM junto a analítica de datos para mejorar la toma de decisiones.	Justifica la incorporación de reportes y análisis en sistemas basados en procesos.

Nota. Elaboración propia en base a los aportes realizados por los antecedentes internacionales.

2.2.2. Nacionales

El estudio realizado en Huancayo, Perú por Arteaga y Villarroel (2023) analiza la relación entre el uso de plataformas digitales y la rentabilidad de los agricultores en el valle del Mantaro. La investigación emplea un enfoque cuantitativo y un diseño no experimental de corte transversal, en el cual se encuestó a 363 agricultores en cinco distritos del valle. Las plataformas digitales evaluadas incluyen redes sociales (Facebook, YouTube), aplicaciones de mensajería (WhatsApp, Messenger), tiendas virtuales, aplicaciones especializadas y herramientas como videoconferencias y formularios en línea. Los resultados mostraron una correlación moderadamente positiva (Rho = 0.563) entre las plataformas digitales y la rentabilidad agrícola. De igual manera, las redes sociales y aplicaciones de mensajería se destacaron como las más beneficiosas para la promoción comercial y la captación de nuevos clientes. Sin embargo, las tiendas virtuales y las aplicaciones especializadas no presentan una relación significativa con la rentabilidad, atribuyéndose a barreras como la falta de habilidades digitales, baja adopción tecnológica y preferencia por métodos tradicionales. El estudio concluye que las plataformas digitales son herramientas clave para mejorar la competitividad

y eficiencia en la agricultura, aunque su impacto varía según el tipo de plataforma y el contexto local. Se recomienda fomentar la capacitación tecnológica, cerrar la brecha digital y desarrollar estrategias que integren plataformas digitales y métodos tradicionales para maximizar los beneficios en el sector agrícola del valle del Mantaro (Arteaga y Villarroel, 2023).

La investigación llevada a cabo en Tocache, Perú por Castañeda y Montañez (2023) tuvo como objetivo optimizar la gestión agrícola en una cooperativa agraria en la ciudad de Tocache. Esta investigación buscó el abordaje de las problemáticas que presenta en contexto de la agricultura local, como la falta de asesoría especializada y la ausencia de comunicación efectiva entre agricultores y agrónomos. La investigación tuvo un diseño experimental de tipo aplicada con enfoque cuantitativo, en donde se utilizó la metodología ágil Scrum, que se destaca por su dirección iterativa, la colaboración continua con los usuarios y la flexibilidad en el desarrollo del proyecto. La investigación evaluó el impacto de la plataforma mediante un análisis estadístico pretest y post-test, empleando el coeficiente de Rho de Spearman. Los resultados denotaron una mejora significativa en la obtención de asesoría especializada, el acceso a capacitaciones y la adopción de tecnologías digitales entre los agricultores. La plataforma, de igual manera, contribuyó a la sostenibilidad agrícola al mejorar la gestión de recursos y la capacitación de los usuarios. Los autores recomiendan incorporar funciones adicionales, como pronósticos climáticos e información de mercado, para continuar impulsando la modernización agrícola en la región (Castañeda y Montañez, 2023).

La investigación realizada en la ciudad de Lambayeque, Perú por López (2019), buscó la mejora del proceso de gestión de pedidos de la fábrica a través del desarrollo de una aplicación web basada en la metodología de gestión de procesos (BPM - Business Process Management). La presente tesis se encuentra del marco de un diseño cuasiexperimental, de enfoque cualitativo y bajo los lineamientos de una investigación de tipo aplicada. Dicha propuesta se fundamenta en aplicación matemática del modelo BPM con la finalidad de poder

contar con un stock adecuado, de manera que se pueda verificar cuál material se requiere solicitar en caso se haya agotado, todo este proceso en tiempo real, además de optimizar los tiempos de demora de procesos operativos como el registro de requerimientos, su posterior distribución y final consolidación, facilitando el sistema de toma de decisiones en tiempo real evitando tiempos muertos y excesos de costos operativos. La aplicación web implementada obtuvo como resultados la reducción de tiempos en la gestión de requerimientos, la centralización de la información que correspondía a cada pedido, definición de stocks apropiados y disminución de indicadores que representaban retrocesos en la operación del establecimiento, indicadores como gastos económicos ligados al almacenaje, el índice de información repetitiva, errónea e innecesaria, y los tiempos de espera de la información. La implementación de este tipo de aplicaciones web es la muestra de la mejora inherente que significa en la gestión de inventarios y optimización de tiempos sufren bajo la transición a procesos más tecnológicos (López, 2019).

La investigación desarrollada en Lima, Perú por López-Torres et al. (2025) abordó las ineficiencias que presentaba el área de procesamiento documental de una entidad financiera de la ciudad de Lima y, en consecuencia, el objetivo principal se dirigió a la identificación de las problemáticas que generaban cuellos de botella operativos y una distribución desigual de la carga laboral. La investigación fue estructurada bajo tipología aplicada, un diseño experimental y enfoque mixto, puesto que, para enfrentar estas limitaciones, se diseñó un modelo integrado de gestión que combina metodologías BPM (Business Process Management) y CRM (Customer Relationship Management), con la finalidad de obtener una optimización de procesos esenciales y la automatización de tareas repetitivas. La implementación del modelo permitió mejorar significativamente la productividad mensual, con un incremento del 14,38 %, así como una reducción del 38,5 % en la cantidad de documentos pendientes. Los resultados descritos tuvieron una validación estadística mediante la prueba t de Student. Adicionalmente,

se efectuó una evaluación económica que confirmó la rentabilidad del modelo, reportando un Valor Actual Neto (VAN) de PEN 62,527.76 y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 91,65 %. Como propuesta final, se incluyó una validación social y ambiental para un enfoque holístico y sostenible del modelo implementado en la entidad. Estudios como el de López-Torres et al (2025) permiten comprender la vital injerencia que tienen metodologías ágiles como la BPM y CRM en la optimización de procesos y mejora continua de la gestión (López-Torres, 2025).

Tabla 2

Aportes de investigaciones Nacionales

Autor(es) y año	Contexto de estudio	Principales aportes de la investigación	Vinculación con la presente investigación
Arteaga y Villarroel (2023)	Agricultura en Perú.	Relación positiva entre uso de plataformas digitales y rentabilidad agrícola.	Demuestra el impacto de la digitalización en la competitividad del sector agrícola.
Castañeda y Montañez (2023)	Plataforma agrícola con Scrum.	Mejora en gestión agrícola mediante desarrollo ágil y colaborativo.	Sustenta el uso de Scrum en el desarrollo de la solución tecnológica.
López (2019)	BPM en gestión de pedidos.	Reducción de tiempos y centralización de información mediante aplicación web.	Antecedente directo del uso de BPM en gestión de inventarios.
López-Torres et al. (2025)	BPM + CRM (sector financiero).	Incremento de productividad y reducción de carga operativa mediante automatización.	Evidencia resultados cuantificables del uso de BPM en procesos organizacionales.

Nota. Elaboración propia en base a los aportes realizados por los antecedentes nacionales.

2.2.3. Locales

En el proyecto de investigación ejecutado en Arequipa, Perú por la tesista Espinoza (2023), se planteó como objetivo principal la evaluación del performance de la aplicación web que podría tener en una empresa comercial, enfocándose en las operaciones de control y gestión de inventario. Algunos de los problemas clave identificados fueron: la pérdida de información, la imposibilidad de acceder a la información de forma remota, los tiempos de espera para los

clientes y los altos costos de operación relacionados con un sistema de escritorio anticuado e inseguro. El estudio se basó en un diseño cuasiexperimental con un enfoque cuantitativo donde se implementó la metodología ágil del marco de trabajo Scrum para desarrollar el software, el cual obtuvo como resultante la construcción de una aplicación con tecnologías como ASP.NET Core y SQL Server. Cabe mencionar, que el sistema adoptado logró notables mejoras, en las cuales se incluyen una reducción en los tiempos de espera, la confiabilidad de los datos y la capacidad de acceder mediante cualquier dispositivo. Los datos también demostraron una mejora del 65% en el servicio al cliente, 35% en la eficiencia del costo del inventario y 30% en la reducción del costo operativo. El proyecto de Espinoza (2023) es uno de los varios ejemplos de optimización de gestión de inventarios y reducción de costos operativos por medio de los sistemas de Scrum, más aún, en un sector reacio a la transición tecnológica, como son el sector agricultor y agrónomo.

El estudio llevado a cabo en la ciudad de Arequipa, Perú por Valdivia (2025) tuvo como objetivo mejorar el proceso de ventas y la atención al cliente en una pastelería, y para ello, se elaboró e implementó posteriormente un sistema de comercio electrónico. La iniciativa nace en respuesta a las deficiencias percibidas en el servicio presencial, deficiencias como largos tiempos de espera y niveles bajos de satisfacción por parte de los clientes. El estudio presentó un enfoque aplicado con diseño descriptivo, encaminado a la automatización del flujo de ventas. La metodología se basó en un análisis detallado del proceso actual, identificando cuellos de botella de gran preponderancia en la gestión de pedidos, y a partir de ello, se decantó en una solución fundada en una plataforma de e-commerce, la cual permitiría la gestión de solicitudes de forma digital, incorporación de opciones de personalización de productos y la realización de un seguimiento de pedidos en tiempo real. La implementación del sistema probó una reducción considerable en los tiempos de atención, como también un incremento en la eficiencia operativa y en la experiencia de compra de los usuarios. Este tipo de soluciones

tecnológicas refleja el potencial del comercio electrónico como herramienta estratégica en la transformación digital de pequeños negocios, al permitir una sinergia entre la mejora continua en la capacidad de atención con la optimización de la calidad del servicio (Valdivia, 2025).

La investigación que se llevó a cabo en la ciudad de Arequipa, Perú por Ramos (2023) tuvo como principal objetivo la optimización del proceso de seguimiento y control de materiales Core a través de la aplicación de un método de inteligencia de negocios que se fundamentaba en la metodología de Ralph Kimball. La investigación combinó un análisis cualitativo y cuantitativo del proceso inicial, lo que permitió identificar puntos críticos de mejora en términos de tiempo y costos operativos. A raíz de la evaluación en cuestión, se procedió al rediseño del proceso y a la construcción de un modelo dimensional cuya base era una esquematización en modo estrella. Consecutivamente, se desarrolló un proceso ETL (Extract, Transform, Load) y se realizó un dashboard en Power BI, en el que se incorporaban indicadores clave de rendimiento de los procesos. Los resultados obtenidos pudieron evidenciar una mejora del 86,79 % en tiempo y costos en comparación con el procedimiento que antecedía, además, se identificó una tendencia que decrecía en el número de Cores valorizados con más de 120 días sin devolución. Finalmente, se validó de manera estadística las mejoras anteriormente mencionadas por medio de la prueba t de Student, concluyéndose que la propuesta efectivamente optimiza el control operativo de materiales Core. Demuestra el real impacto que tienen las soluciones de inteligencia de negocios en procesos logísticos específicos y especializados, aumentando los beneficios cuando se estructuran en base a metodologías de modelado de datos consolidadas (Ramos, 2023).

La investigación efectuada en la ciudad de Arequipa, Perú por Serrano (2023) tuvo como propósito primordial la optimización y mejora del proceso posventa de la empresa Grupo Upgrade, la cual considera como componente clave de su éxito la experiencia del cliente final, la cual siempre refleja el buen estado de un negocio dirigido a la dispensación de servicios. A

razón del incremento en las ventas durante los últimos años, y especialmente tras los efectos de la pandemia del COVID-19, se evidenciaron deficiencias significativas en la ejecución de los procesos operativos, derivando en la necesidad del rediseño de su modelo de operación. La investigación se enmarcó en diseño aplicado empleando metodologías de Process Mining para el descubrimiento, análisis y mejora de procesos, utilizando herramientas especializadas como ProM, DISCO, Signavio y BIMP. La implementación de la propuesta admitió mejoras relevantes en diversos indicadores: incremento del 36 % y 17 % en los niveles de satisfacción del cliente frente a los valores base registrados en trimestres anteriores; reducción del 5 % en los gastos operativos; disminución de 4 días en los tiempos de ejecución, y una mejora del 26 % en la gestión de tiempos muertos del proceso. Estos resultados ratifican la efectividad del enfoque aplicado y posicionan al proyecto como una referencia útil para futuras investigaciones y aplicaciones orientadas a la optimización de procesos posventa mediante técnicas de minería de procesos (Serrano, 2023).

El estudio de investigación que se realizó en la ciudad de Arequipa, Perú por Delgado (2022) tuvo como objetivo principal la optimización del proceso de control, gestión y seguimiento de las solicitudes de materia prima en una organización industrial, mediante la aplicación de un enfoque de Gestión de Procesos. En consecuencia, se llevó a cabo el rediseño del proceso y el desarrollo e implementación de un sistema informático de apoyo, haciendo uso del marco de trabajo ágil SCRUM y la herramienta Oracle APEX. El modelo propuesto por Delgado (2022) se centró en la eliminación de tareas manuales, la automatización del registro y control de solicitudes, y a su vez, la mejora de la trazabilidad del material asignado a los pedidos programados con antelación y en tiempo real. Los resultados que se obtuvieron probaron un incremento en la productividad de los trabajadores, una reducción significativa en los errores por cálculos manuales y una mejora importante en los tiempos de respuesta relacionados con la dispensación de pedidos. Asimismo, la implementación del sistema en

cuestión logró la reducción del porcentaje de solicitudes respondidas fuera del plazo en un 30 % inicial a solo un 0,08 % tras la implementación del sistema. Por otra parte, el software implementado en la investigación permitió concentrar la información relevante para una toma de decisiones más rápida y precisa, fortaleciendo la eficiencia operativa y la satisfacción del cliente. El estudio demuestra la efectividad del enfoque basado en procesos y herramientas ágiles como medio para optimizar la gestión de insumos en entornos industriales (Delgado, 2022).

Tabla 3

Aportes de investigaciones Locales.

Autor(es) y año	Contexto de estudio	Principales aportes de la investigación	Vinculación con la presente investigación
Espinoza (2023)	Sistema web de inventario	Mejora en costos operativos, tiempos y calidad del servicio	Refuerza beneficios del uso de aplicaciones web en control de inventarios
Valdivia (2025)	Comercio electrónico	Reducción de tiempos de atención y mejora en experiencia del cliente	Sustenta la automatización de procesos para mejorar eficiencia operativa
Ramos (2023)	Inteligencia de negocios	Optimización significativa de tiempo y costos mediante análisis de datos	Justifica el uso de reportes y dashboards en la toma de decisiones
Serrano (2023)	Process Mining	Mejora en tiempos, costos y satisfacción del cliente mediante rediseño de procesos	Refuerza la importancia de analizar y optimizar procesos organizacionales
Delgado (2022)	BPM + sistema informático	Reducción de errores y mejora en la trazabilidad de procesos	Altamente alineado con la propuesta de BPM + sistema web para inventarios

Nota. Elaboración propia en base a los aportes realizados por los antecedentes locales.

2.3. Bases Teóricas de la Investigación

2.3.1. Business Process Management (BPM)

BPM se define como un enfoque estructurado para descubrir, modelar, analizar, medir, mejorar y optimizar los procesos empresariales. Estos procesos pueden ser tanto

estructurados y repetibles como no estructurados y variables. La gestión efectiva de estos procesos permite a las organizaciones alcanzar sus objetivos estratégicos y adaptarse a cambios en el entorno empresarial. (Gartner, 2025)

El ciclo de vida del BPM consta de las siguientes fases:

- Diseño: Identificación y definición de los procesos existentes y futuros.
- Modelado: Representación gráfica de los procesos para analizar diferentes escenarios.
- Ejecución: Implementación de los procesos, ya sea manualmente o mediante automatización.
- Monitoreo: Seguimiento del desempeño de los procesos en tiempo real.
- Optimización: Mejora continua de los procesos basándose en los datos recopilados (Gartner, 2025).
- La implementación de un BPM en una organización puede ofrecer múltiples ventajas:
- Mejora de la eficiencia operativa: Al optimizar los procesos, se reducen los tiempos de ejecución y los costos asociados.
- Mayor agilidad empresarial: Las organizaciones pueden adaptarse rápidamente a cambios en el mercado o en la normativa.
- Mejora en la calidad del servicio: Procesos bien gestionados conducen a una mayor satisfacción del cliente.
- Transparencia y control: El monitoreo continuo permite una visión clara del desempeño de los procesos (Gartner, 2025).

2.3.2. Aplicación Web

Una aplicación web es un tipo de software que se ejecuta en un servidor web y se accede a través de un navegador web o una interfaz web. Algunas características clave de las aplicaciones web incluyen (Sommerville, 2020):

- Accesibilidad desde cualquier dispositivo con conexión a internet y un navegador web.
- Centralización del procesamiento y almacenamiento de datos en el servidor, lo que facilita el mantenimiento y la actualización.
- Interfaz de usuario interactiva y dinámica, con capacidades de procesamiento de datos en tiempo real.
- Capacidad de integración con diversas bases de datos, servicios y APIs.
- Escalabilidad y flexibilidad para adaptarse a diferentes volúmenes de usuarios y requisitos.

2.3.3. Oracle APEX

Oracle APEX hace alusión a una herramienta de desarrollo de aplicaciones web de bajo código que permite a los usuarios crear rápidamente aplicaciones empresariales personalizadas sin tener un profundo conocimiento de programación (Oracle, 2023). Se ha decidido usar Oracle APEX para desarrollar una aplicación web destinada a la gestión de recursos agrícolas en el Fundo Chusicani, por varias razones clave que se ajustan perfectamente a las necesidades del fundo:

Rápido desarrollo de aplicaciones: Oracle APEX permite crear aplicaciones web completas de manera rápida y eficiente, lo cual es crucial para implementar soluciones ágiles que mejoren la productividad en el fundo sin incurrir en altos costos de desarrollo.

Transformación digital eficiente: APEX facilita la integración con la base de datos Oracle, lo que permite digitalizar y gestionar de manera efectiva las operaciones del fundo,

como el monitoreo de cultivos y la programación de actividades agrícolas, transformando las prácticas tradicionales en procesos más eficientes.

Enfoque declarativo y flexible: Con APEX, podemos enfocarnos en la definición de la lógica y el diseño de la aplicación a través de un enfoque declarativo, lo que simplifica la adaptación de la aplicación a las necesidades específicas de gestión en el fundo, sin la complejidad de escribir mucho código.

Escalabilidad y seguridad: Las aplicaciones desarrolladas con APEX se ejecutan en la plataforma segura de Oracle, lo que asegura que las operaciones sean escalables y que los datos del fundo estén protegidos, brindando una base sólida para futuras expansiones.

Herramientas intuitivas de desarrollo: Oracle APEX ofrece herramientas visuales fáciles de usar, lo que permite que incluso los miembros del equipo sin una profunda experiencia técnica puedan contribuir al desarrollo de la aplicación, asegurando que esta cumpla con las necesidades específicas del fundo (Oracle, 2023).

2.3.4. Scrum

SCRUM es un marco de trabajo ágil diseñado para facilitar la gestión de proyectos complejos, fomentando la colaboración, la flexibilidad y la entrega continua de valor.

Introducido por Jeff Sutherland y Ken Schwaber en la década de 1990, SCRUM se basa en principios fundamentales como la transparencia, la inspección y la adaptación, permitiendo a los equipos responder de manera efectiva a los cambios y a las necesidades emergentes. El proceso de SCRUM se organiza en ciclos de trabajo llamados "sprints", que típicamente tienen una duración de dos a cuatro semanas. Cada sprint comienza con la planificación del sprint, un evento en el que el equipo de desarrollo, junto con el Product Owner y el Scrum Master, definen los objetivos específicos del sprint y seleccionan elementos del "Product Backlog", la cual hace referencia a una lista priorizada de requisitos y funcionalidades para el abordaje durante el sprint.

Diariamente, el equipo participa en reuniones rápidas de Daily Scrum, que duran 15 minutos con el objetivo de una revisión del progreso, identificando obstáculos y ajustando el plan de trabajo, en caso sea necesario. Al finalizar el sprint, el equipo realiza una revisión de las incidencias surgidas y/o de las conclusiones obtenidas. Estos resultados se presentan en un evento para el discernimiento del producto completado y la búsqueda de un feedback de los interesados, permitiendo validar el trabajo realizado y ajustar las expectativas. Asimismo, es imperativa la realización de una retrospectiva del sprint, para que el equipo reflexione sobre su desempeño durante el proceso y se pueda interiorizar e identificar aspectos que funcionaron bien y áreas que necesitan mejoras para optimizar el proceso en el siguiente ciclo.

Dentro de SCRUM, existen tres roles clave: el Product Owner, el Scrum Master, y el equipo de desarrollo.

El Product Owner: Es responsable de maximizar el valor del producto, gestionando y priorizando el Product Backlog basado en las necesidades del cliente y el valor de negocio.

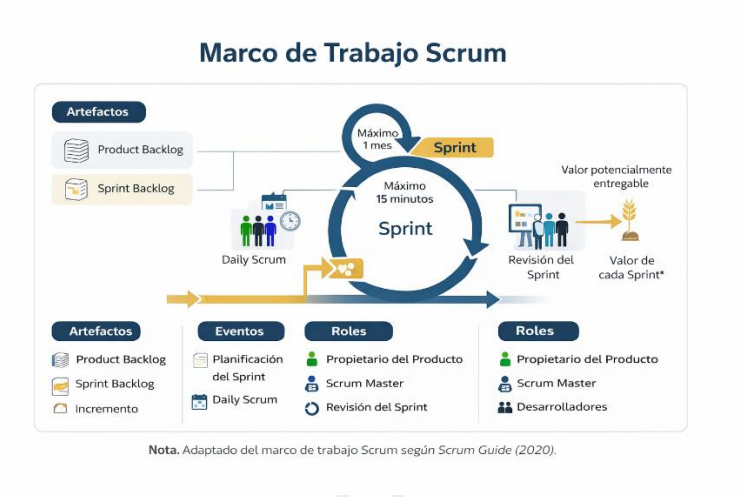
El Scrum Master: Actúa como un facilitador del proceso SCRUM, asegurándose de que el equipo entienda y siga las prácticas de SCRUM; eliminando impedimentos y promoviendo un entorno de trabajo eficiente.

El equipo de desarrollo: Es un grupo multifuncional y organizado de manera autónoma, el cual tiene la misión de entregar incrementos de producto "hechos" al final de cada sprint, donde "hecho" hace alusión al cumplimiento de criterios de aceptación y, en consecuencia, su estatus se entendería como listo para ser implementado.

La naturaleza iterativa e incremental de SCRUM permite al equipo adaptarse continuamente a los cambios, entregar productos de alta calidad y mantener un enfoque en la mejora continua y la satisfacción del cliente (Schwaber & Sutherland, 2020; Sutherland & Sutherland, 2014).

Figura 1

Las reglas de Scrum



Nota. Adaptado del marco de trabajo Scrum *según Scrum Guide (2020).*

Nota. Adaptado del marco de trabajo Scrum según la guía oficial *Scrum Guide* (2020), desarrollada por Schwaber y Sutherland.

2.3.5. Metodología en Cascada

La metodología en cascada es un enfoque lineal y secuencial para la gestión de proyectos, en el que cada fase del desarrollo debe completarse antes de iniciar la siguiente. Este modelo se estructura generalmente en cinco etapas: recopilación de requisitos, diseño del sistema, implementación, verificación y mantenimiento.

Su principal fortaleza radica en la claridad del proceso y en la facilidad de planificación, siendo especialmente útil cuando los requisitos del proyecto están claramente definidos desde el inicio. No obstante, presenta desventajas como la escasa flexibilidad ante cambios imprevistos y la identificación tardía de errores, ya que las pruebas suelen realizarse al final del desarrollo (Ríos, 2022).

El modelo estándar consta generalmente de **cinco fases clave:**

- **Requisitos**: se recopilan y documentan de forma completa.
- **Diseño**: se planifica la arquitectura y estructura del sistema.
- **Implementación**: se construye el producto según el diseño.

- **Verificación**: se llevan a cabo pruebas para asegurar la calidad del producto.
- **Mantenimiento**: se corrigen errores y se hacen ajustes luego del lanzamiento (Ríos, 2022).

2.3.6. Fundo Agrícola

Es una de las extensiones más básicas de terreno para el desarrollo de actividades agrícolas. Es más pequeña que la de la hacienda y mayor que la de la chacra (Diccionario Usual del Poder Judicial, 2020).

2.3.7. Insumos Agrícolas

Los insumos agrícolas son todos aquellos bienes, productos y servicios que se utilizan en las actividades agrícolas con el propósito de facilitar, optimizar y sostener los procesos de producción. Estos insumos abarcan desde elementos tangibles como semillas, fertilizantes, agroquímicos, maquinaria y herramientas, hasta servicios técnicos y tecnológicos que apoyan la gestión eficiente de las explotaciones agrícolas (Agrozapiens, 2024).

Los insumos agrícolas se clasifican en diversas categorías. Entre ellos se encuentran los insumos biológicos, como los abonos orgánicos (compost) y los agentes de control biológico (como lombrices de tierra), que mejoran la estructura del suelo y promueven la biodiversidad. Cabe señalar que estos productos, al tratarse de materiales orgánicos, presentan una vida útil limitada o fecha de caducidad, por lo que su almacenamiento y uso debe gestionarse adecuadamente para evitar pérdidas o ineficiencias en la producción agrícola.

Insumos químicos: incluyen fertilizantes sintéticos (como NPK 15-15-15), pesticidas (como el Clorpirifos) y herbicidas (como el Glifosato), los cuales se utilizan para enriquecer el suelo y proteger los cultivos de plagas y malezas. Es importante tener en cuenta que estos insumos poseen una fecha de caducidad determinada, tras la cual pueden perder efectividad o volverse riesgosos para el ambiente y la salud, por lo que su almacenamiento y control debe ser riguroso.

Maquinaria y herramientas agrícolas: como tractores, sembradoras y cosechadoras que facilitan labores como la siembra, el laboreo y la recolección de cultivos (Agrozapiens, 2024).

2.3.8. Gestión de Insumos Agrícolas

La gestión de insumos agrícolas es el proceso sistemático de planificación, adquisición, uso y monitoreo de todos los recursos necesarios para la producción agrícola, como semillas, fertilizantes, agroquímicos, maquinaria y tecnología. Su objetivo es optimizar la eficiencia productiva, reducir costos y promover la sostenibilidad ambiental y económica de las explotaciones agrícolas (BASF, 2023).

Según BASF (2023), una gestión eficiente de los insumos agrícolas implica:

- Planificación de cultivos: elección adecuada de cultivos según la región y preparación del suelo.
- Gestión programada: determinar cuándo plantar y rotar cultivos.
- Dimensionamiento de maquinaria: seleccionar la maquinaria adecuada para cada cultivo.
- Gestión de recursos humanos: organizar y capacitar al personal involucrado.
- Análisis y planificación de costos: evaluar costos fijos y variables para una producción rentable.

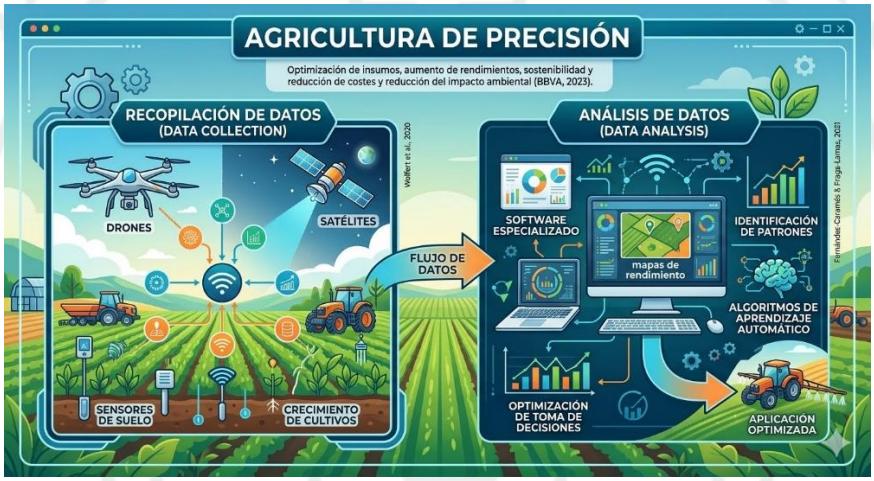
2.3.9. Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión es una forma de producción agrícola que utiliza tecnologías digitales y datos para optimizar la aplicación de insumos, como fertilizantes y pesticidas en los cultivos. De esta manera, se buscó aumentar los rendimientos de una manera más sostenible, al tiempo que se reducen los costes y el impacto ambiental (BBVA, 2023). Algunas características clave de la agricultura de precisión incluyen:

- Recopilación de datos: Utilización de sensores, drones, satélites y otros dispositivos para recopilar datos detallados sobre el suelo, el crecimiento de los cultivos, las plagas, etc. (Wolfert et al., 2020).
- Análisis de datos: Uso de software y algoritmos de aprendizaje automático para procesar y analizar los datos recopilados, identificando patrones y optimizando la toma de decisiones (Fernández-Caramés & Fraga-Lamas, 2021).

Figura 2

Proceso tecnológico de la agricultura de precisión.



Nota. La figura presenta el flujo desde la recolección de datos mediante sensores y drones hasta el procesamiento con algoritmos para la optimización de cultivos.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Alcances y Limitaciones

- **Viabilidad:** En cuanto a fuentes de datos iniciales, se cuenta con los datos almacenados por los agricultores en libretas y hojas de cálculo.
- **Lugar:** La investigación y pruebas se realizaron en el Fundo Chusicani Distrito de Tiabaya, Arequipa Perú.
- **Tiempo:** La investigación tendrá la duración de 1 año.
- **Financiamiento:** Propio.

3.1.1. Limitaciones de la Propuesta Tecnológica y Operativa

La propuesta presenta algunas limitaciones relacionadas con el alcance funcional y tecnológico del sistema desarrollado.

La aplicación web está enfocada únicamente en el control de inventario agrícola del Fundo Chusicani, por lo que su implementación en otras organizaciones requeriría adecuaciones en los procesos operativos, reglas de negocio y configuraciones específicas de cada contexto.

Asimismo, el sistema depende de la disponibilidad de conexión a internet para acceder y registrar información en tiempo real, lo que podría limitar su funcionamiento en zonas con problemas de conectividad.

Otra limitación corresponde a la capacitación de los usuarios, ya que el adecuado aprovechamiento de la solución tecnológica requiere que el personal conozca y aplique correctamente los procedimientos definidos en el modelo BPM implementado.

Finalmente, el alcance de la presente investigación estuvo orientado a la sistematización y mejora del proceso de adquisición y control de inventario agrícola mediante un modelo BPM apoyado en una aplicación web. Por esta razón, no se incorporaron funcionalidades de analítica avanzada, tales como módulos de pronóstico de inventario, predicción de demanda de insumos

o análisis automatizado de reportes. La implementación de estas capacidades requiere un mayor volumen de datos históricos y técnicas especializadas de inteligencia de negocios y análisis predictivo, por lo que se plantean como oportunidades de mejora y líneas de investigación futura.

3.2. Tipo y Nivel de Investigación

3.2.1. Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo aplicada porque busca resolver la ineficiencia en el control de inventario la cual ayudará a la gestión de recursos en el proceso de producción agrícola.

3.2.2. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación presenta un diseño preexperimental de tipo pretest–postest, ya que se evalúa el impacto de la implementación del modelo BPM y la aplicación web mediante la comparación de indicadores antes y después de la intervención, sin la existencia de un grupo de control ni asignación aleatoria de los sujetos de estudio.

3.3. Universo, Población y Muestra

3.3.1. Universo

Todos los fundos agrícolas medianos o pequeños que gestionan un inventario de insumos agrícolas y que podrían beneficiarse del rediseño de procesos mediante BPM y tecnología web.

3.3.2. Población

En la Tabla 4 se contempla los fundos similares al Fundo Chusicani ubicados en el distrito de Tiabaya.

Tabla 4

Población total de Fundos en el Distrito de Tiabaya.

Descripción	Cantidad
Fundos Similares	20 - 30

Nota. Elaboración propia.

3.3.3. Muestra

Para la investigación, se utilizó el muestreo no probabilístico por criterio, seleccionando a los trabajadores del Fundo Chusicani que participan directamente en los procesos de adquisición, control de inventario y gestión de insumos agrícolas.

Considerando la accesibilidad y conocimiento sobre el proceso en estudio, se seleccionó una muestra de 25 personas, las cuales representan un porcentaje significativo del fundo y poseen experiencia directa con el modelo implementado.

En la Tabla 5 se presenta la muestra que tiene el Fundo Chusicani, considerando a los administradores y técnicos dando un total de 25 personas.

Tabla 5

Muestra del Fundo Chusicani.

Descripción	Total
Administradores	5
Técnicos	20
Total	25

Nota. Elaboración propia.

3.4. Operacionalización de Variables

La Tabla 6 presenta la operacionalización de las variables de investigación, detallando sus dimensiones, indicadores, fórmulas e instrumentos de medición. Esta estructura permitió establecer los criterios necesarios para evaluar el impacto del modelo BPM apoyado en una aplicación web sobre la eficiencia del control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani.

Los indicadores asociados a las dimensiones Modelado de procesos, Desarrollo del sistema y Gestión ágil corresponden a la implementación de la propuesta basada en BPM y Scrum, cuyos resultados se presentan en el Capítulo IV. Por otro lado, los indicadores relacionados con Tiempo, Logística, Costo, Confiabilidad, Usabilidad y Satisfacción corresponden a la evaluación de la eficiencia del proceso y del sistema implementado, cuyos resultados se presentan en el Capítulo V.

Tabla 6

Operacionalización de las variables de la investigación.

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Fórmula / Instrumento	Unidad
Independiente: Modelo BPM apoyado en una aplicación web	Rediseño y optimización del proceso de adquisición y control de inventario agrícola mediante el enfoque BPM, utilizando modelos BPMN AS-IS y TO-BE, soportados por una aplicación web desarrollada en Oracle APEX bajo el marco de trabajo Scrum.	Modelado de procesos	Proceso modelado en BPMN	Modelo BPMN AS-IS y TO-BE	Unidad
		Desarrollo del sistema	% de funcionalidades implementadas	(Funcionalidades implementadas ÷ funcionalidades planificadas) × 100	%
		Gestión ágil	Cumplimiento de sprints	(Sprints completados ÷ sprints planificados) × 100	%
Dependiente: Eficiencia del control de inventario agrícola	Grado en que el proceso de adquisición y control de inventario agrícola alcanza sus objetivos mediante la reducción de tiempos, costos y recorridos, así como el incremento de la precisión de la información disponible.	Tiempo	Tiempo de adquisición	(Hora de entrega − Hora de solicitud) × 60 / Ficha de registro de tiempos	Minutos
		Logística	Distancia recorrida	Σ recorridos realizados por solicitud / Ficha de movimientos	Kilómetros
		Costo	Costo operativo	Gasto de combustible utilizado por solicitud / Ficha de costos	Soles (S/)

Variable	Definición conceptual	Dimensión	Indicador	Fórmula / Instrumento	Unidad
		Confiabilidad	Precisión del inventario	(Cantidad real ÷ cantidad registrada) × 100 / Sistema web	Porcentaje (%)
		Usabilidad	Nivel de usabilidad	Cuestionario SUS adaptado y escala Likert / Alfa de Cronbach	Puntaje
		Satisfacción	Nivel de satisfacción del usuario	Encuesta de satisfacción basada en escala Likert / Alfa de Cronbach	Puntaje
		Impacto	Mejoras logradas	Comparación de indicadores AS-IS y TO-BE	Porcentaje (%)

Nota. Elaboración propia.

3.5. Matriz de Consistencia

La Tabla 7 muestra la matriz de consistencia de la investigación, en la cual se establece la relación entre el problema de investigación, los objetivos, las hipótesis, las variables y la metodología empleada. Esta matriz permitió garantizar la coherencia metodológica y la trazabilidad entre los elementos que conforman el estudio.

Tabla 7

Matriz de consistencia de la investigación.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables / Indicadores	Metodología
Problema General: ¿De qué manera la implementación de un modelo BPM apoyado en una aplicación web mejora la eficiencia del control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani, Arequipa, 2025?	**Objetivo General:** Modelo BPM apoyado en una aplicación web apoyado en una aplicación web para mejorar la eficiencia del control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani, Arequipa, 2025.	**Hipótesis General:** La implementación de un modelo BPM apoyado en una aplicación web mejora significativamente la eficiencia del control de inventario agrícola del Fundo Chusicani, reduciendo tiempos, costos y recorridos, e incrementando la precisión de la información.	**Variable Independiente:** Modelo BPM apoyado en una aplicación web. Variable Dependiente: Eficiencia del control de inventario agrícola.	Tipo: Aplicada. Enfoque: Cuantitativo. Nivel: Explicativo. Diseño: preexperimental de tipo pretest–postest de la implementación. Técnicas: Observación, entrevista y encuesta. Instrumentos: Fichas de registro, cuestionario de usabilidad y encuesta de satisfacción.
PE1: ¿Cuáles son las deficiencias del proceso actual de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani?	**OE1:** Analizar el proceso actual de adquisición y control de inventario agrícola identificando sus deficiencias	**HE1**: El análisis del proceso actual permite identificar deficiencias relacionadas con actividades redundantes, falta de control de inventario y ausencia	Modelo AS-IS, tiempo de adquisición, distancia recorrida, costo operativo y precisión del inventario.	Observación directa, entrevistas, levantamiento de información y modelado BPMN AS-IS.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables / Indicadores	Metodología
	mediante el modelado BPMN AS-IS.	de información oportuna para la toma de decisiones.		
PE2: ¿Cómo contribuye el enfoque BPM a la optimización del proceso de adquisición y control de inventario agrícola?	**OE2:** Rediseñar y optimizar el proceso de adquisición y control de inventario agrícola mediante el enfoque BPM y el modelado BPMN TO-BE.	**HE2:** El rediseño del proceso mediante BPM permite optimizar el flujo de trabajo, reduciendo actividades innecesarias y mejorando la eficiencia operativa.	Modelo TO-BE, procesos modelados en BPMN, mejoras logradas en el flujo del proceso.	Modelado BPMN TO-BE, análisis comparativo AS-IS vs TO-BE y validación de la propuesta.
PE3: ¿De qué manera Scrum contribuye al desarrollo e implementación de la aplicación web que soporta el proceso rediseñado?	**OE3:** Aplicar Scrum para el desarrollo e implementación de una aplicación web que soporte el proceso rediseñado de adquisición y control de inventario agrícola.	**HE3:** La aplicación de Scrum permite desarrollar eficientemente la aplicación web, alineando sus funcionalidades con los requerimientos del proceso rediseñado.	Funcionalidades implementadas, cumplimiento de sprints y usabilidad de la propuesta.	Product Backlog, Sprint Backlog, reuniones de seguimiento, pruebas de aceptación y desarrollo en Oracle APEX.
PE4: ¿Cuál es el impacto del modelo BPM apoyado en una aplicación web sobre la eficiencia del control de inventario agrícola?	**OE4:** Evaluar el impacto del modelo BPM apoyado en una aplicación web sobre la eficiencia del control de inventario agrícola mediante indicadores de desempeño.	**HE4:** La implementación del modelo BPM apoyado en una aplicación web mejora la eficiencia del control de inventario agrícola, reduciendo el tiempo de adquisición, la distancia recorrida y el costo operativo, e incrementando la precisión del inventario, la usabilidad y la satisfacción de los usuarios.	Tiempo de adquisición, distancia recorrida, costo operativo, precisión del inventario, usabilidad y satisfacción del usuario.	Comparación antes y después de la implementación, análisis de indicadores, encuesta de usabilidad y satisfacción, análisis de confiabilidad mediante Alfa de Cronbach.

Nota. Elaboración propia.

3.6. Métodos, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.6.1. Metodología de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado y un diseño preexperimental pretest-postest, orientado a evaluar el impacto del rediseño del proceso de adquisición y control de inventario agrícola del Fundo Chusicani.

Para el análisis y rediseño del proceso se utilizó el enfoque Business Process Management (BPM), empleando la notación BPMN 2.0 para representar gráficamente los modelos AS-IS y TO-BE del proceso estudiado.

Posteriormente, para el desarrollo de la aplicación web que soporta el proceso rediseñado, se empleó el marco de trabajo ágil Scrum, permitiendo gestionar iterativamente la construcción del sistema mediante sprints, backlog y validaciones funcionales.

Para sustentar el análisis y validar las soluciones propuestas, se empleó los siguientes instrumentos:

- Entrevistas semiestructuradas con el administrador y trabajadores del Fundo Chusicani para entender el proceso actual y sus limitaciones.
- Encuestas de percepción y usabilidad aplicadas antes y después del uso del prototipo para medir satisfacción, facilidad de uso y efectividad.
- Pruebas de usuario para identificar errores de navegación, tiempos de respuesta y nivel de comprensión del sistema.
- Para modelado de procesos: Bizagi Modeler.
- Para gestión de proyecto ágil: Jira.
- Para desarrollo: Oracle APEX

3.6.2. Técnicas de Recolección de Datos

Encuestas: Se realizó una encuesta para obtener los requerimientos del software.

3.6.3. Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de los datos empíricos y la subsecuente validación de la propuesta, se diseñaron y aplicaron tres instrumentos principales:

3.6.3.1. Fichas de Registro de Tiempos y Movimientos

Utilizadas durante las fases pretest y post-test para medir cuantitativamente las dimensiones de tiempo de adquisición (minutos), distancias de traslado (kilómetros) y costos asociados (S/).

3.6.3.2. Cuestionario de Usabilidad del Sistema

Compuesto por reactivos bajo la Escala de Likert orientados a evaluar la facilidad de asimilación, interactividad y navegación de la aplicación web. Este instrumento fue sometido a la prueba de consistencia mediante el coeficiente Alfa de Cronbach.

3.6.3.3. Encuesta de Satisfacción del Usuario

Instrumento estructurado con base en la escala de Likert enfocado en medir la percepción del administrador y el personal técnico respecto a la reducción de la incertidumbre operativa, centralización de la información y utilidad percibida de las alertas de stock y vencimiento.

3.7. Análisis del Proceso

3.7.1. Descubrimiento del Proceso

El descubrimiento del proceso consistió en identificar y documentar el flujo real de trabajo seguido por los encargados del Fundo Chusicani para la adquisición y control de insumos agrícolas. Esta fase se realizó mediante entrevistas a los técnicos encargados del almacén, observación directa de las actividades y revisión de registros de compras y movimientos de inventario.

Actualmente, el proceso se inicia cuando el administrador detecta la necesidad de un insumo en el campo. Esta necesidad es comunicada verbalmente o por mensajes informales como WhatsApp, sin un registro formal. Luego, el administrador debe desplazarse físicamente al almacén para verificar el stock, ya que no existe un sistema digital que permita conocer el inventario en tiempo real. Si el insumo no está disponible, se realiza una compra directa en el momento, muchas veces sin cotización previa ni control.

Una vez adquirido el producto, el ingreso al almacén no siempre se registra el mismo día, y el control de stock se realiza en hojas de cálculo o cuadernos físicos. Este flujo informal, descentralizado y manual genera múltiples problemas: duplicación de compras, pérdidas por vencimiento, falta de trazabilidad, subregistro de gastos y escasa capacidad de planificación.

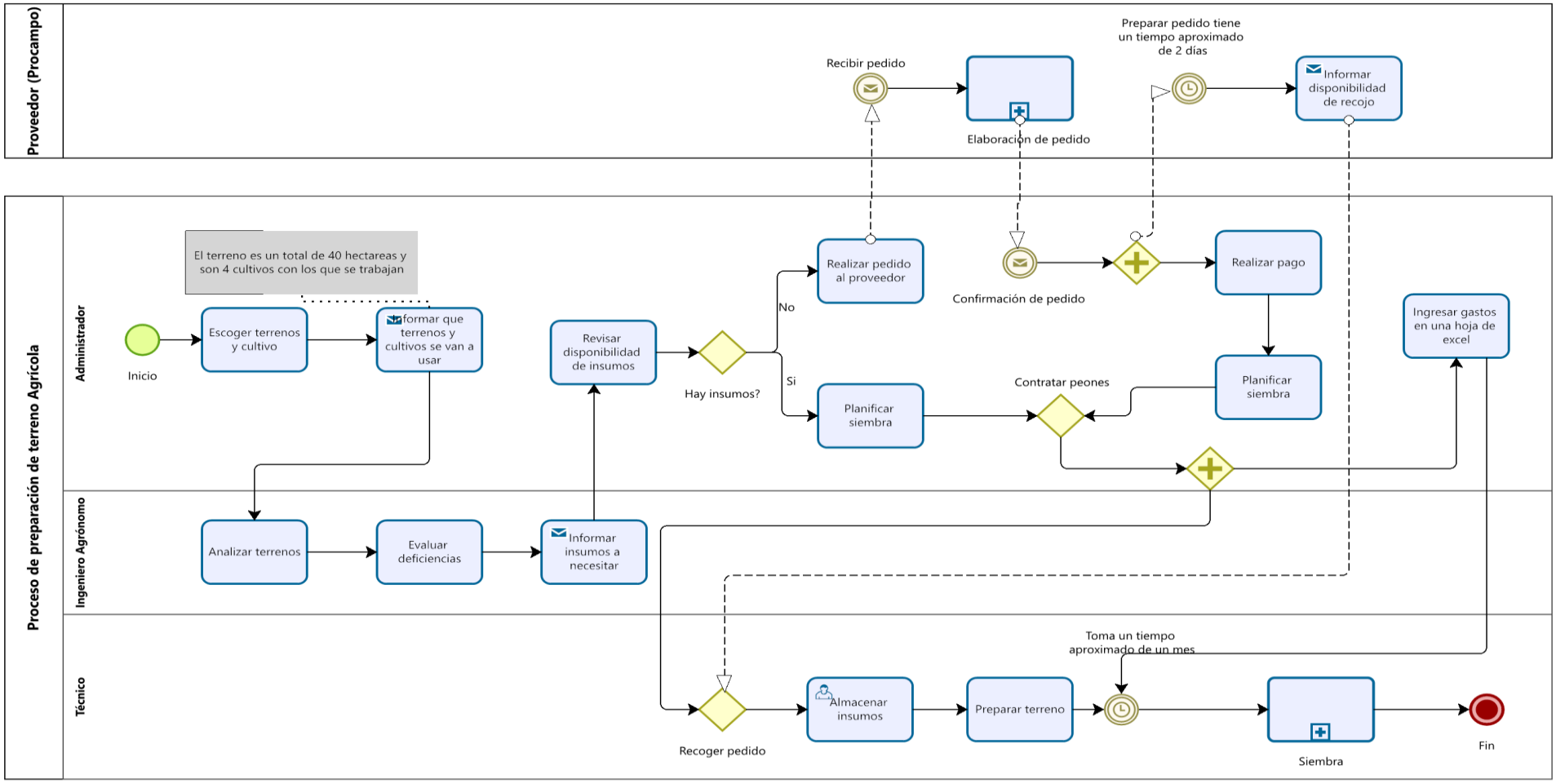
Esta realidad evidencia la necesidad de contar con un proceso formalmente modelado, estandarizado y digitalizado, lo cual se abordará en la siguiente etapa de rediseño (TO-BE), utilizando la metodología BPMN como herramienta clave para visualizar, optimizar y sistematizar el proceso.

3.7.2. Modelo del Proceso Actual

El modelado del proceso actual de adquisición y control de inventario de insumos agrícolas se realizó utilizando la notación BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation), estándar definido por la Object Management Group (OMG), el cual permite representar procesos de negocio de manera gráfica, estructurada y comprensible.

Figura 3

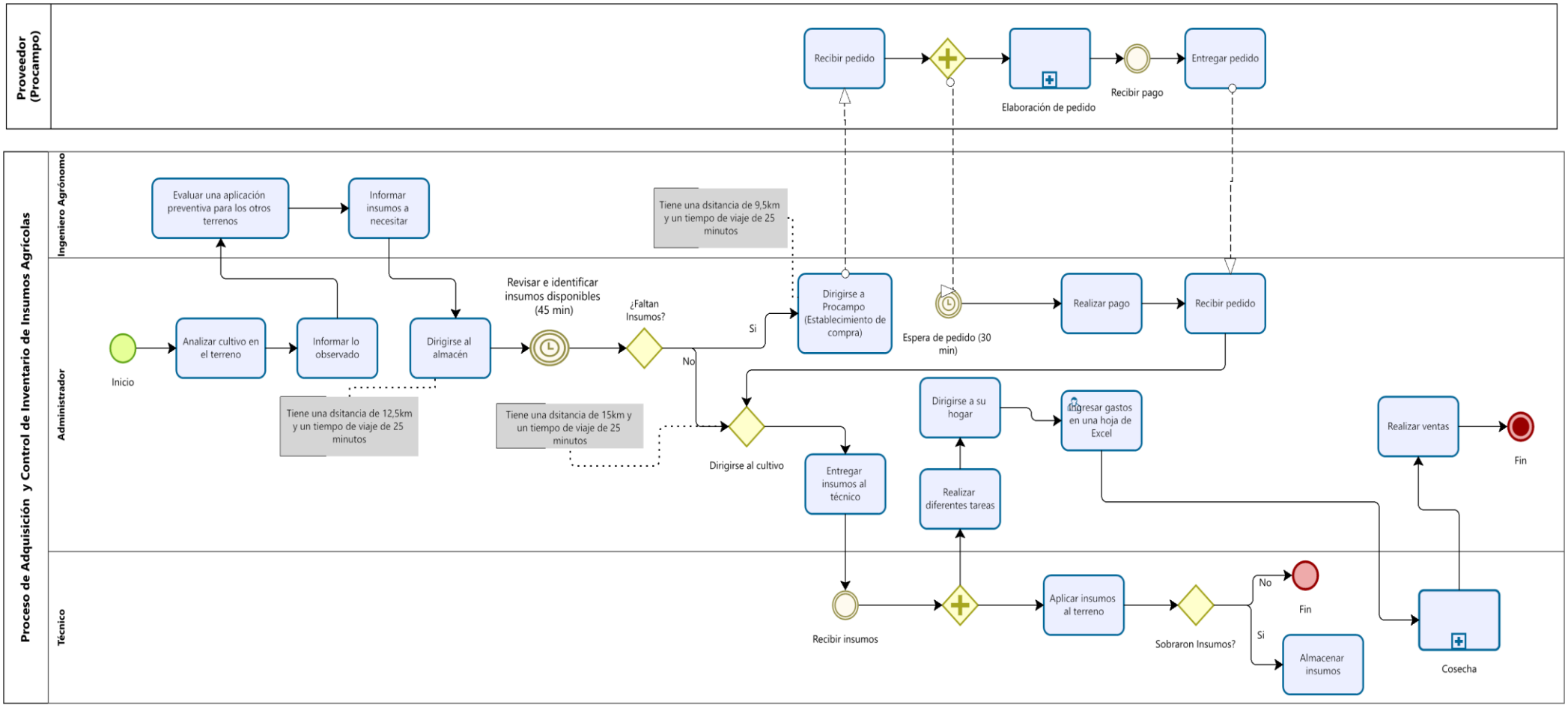
Modelo AS IS del Proceso de Preparación de Terreno Agrícola



Nota. Elaboración propia.

Figura 4

Modelo AS IS del Proceso de Adquisición y Control de Inventario de Insumos Agrícola



Nota. Elaboración Propia.

3.8. Descripción del Proceso Actual

El proceso actual de gestión agrícola en el Fundo Chusicani inicia con la preparación del terreno para la siembra. En esta etapa, el Administrador es quien decide qué terrenos y cultivos serán trabajados en la campaña agrícola. Posteriormente, el Ingeniero Agrónomo ingresa al proceso para analizar los terrenos seleccionados. Durante su inspección evalúa el estado físico del suelo —compactación, humedad, nutrientes, plagas, entre otros aspectos— y genera un diagnóstico de las deficiencias identificadas. Con base en esta evaluación, informa al administrador cuáles son los insumos que se necesitarán para la preparación del terreno.

El administrador procede entonces a revisar manualmente la disponibilidad de insumos en el almacén. Si existen insumos suficientes, se continúa con la planificación de la siembra. En caso contrario, se realiza un pedido al proveedor, quien confirma la disponibilidad y prepara el pedido en un plazo aproximado de dos días. Una vez listo, el administrador procede a recogerlo, realizar el pago y registrar el gasto en una hoja de Excel, lo que evidencia un control manual y no integrado.

Los insumos adquiridos se almacenan hasta su utilización en la preparación del terreno. Antes de iniciar la siembra, el administrador contrata peones o mano de obra eventual para ejecutar tareas de limpieza, nivelación, arado y acondicionamiento del suelo, proceso que suele tomar alrededor de un mes. Finalmente, se procede a la siembra, con lo cual concluye la primera fase del ciclo agrícola.

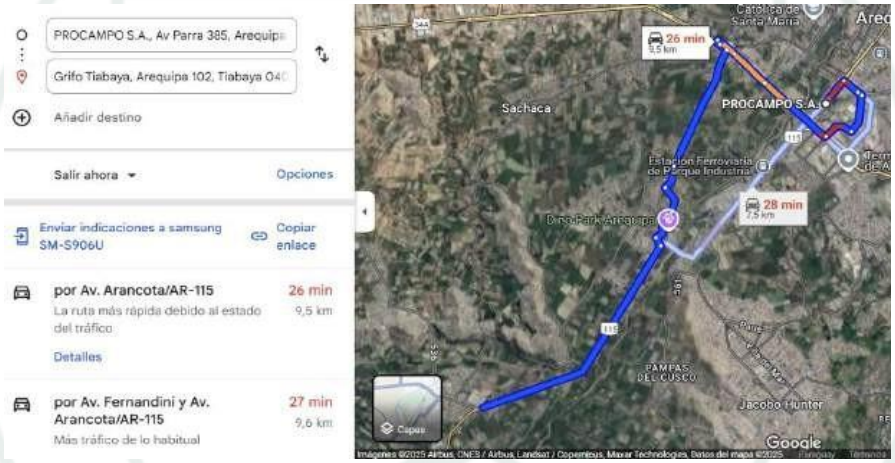
Con el terreno preparado, inicia la fase de adquisición y control de inventario de insumos agrícolas. En esta etapa, el Administrador se desplaza al cultivo para analizar directamente el estado de las plantas, mientras que el Ingeniero Agrónomo realiza una evaluación preventiva para anticipar necesidades de otros terrenos. A partir de estos análisis se definen los insumos requeridos para las labores de mantenimiento agrícola.

El administrador se dirige entonces al almacén central donde tarda aproximadamente 45 minutos en revisar manualmente el stock de insumos.

- Si hay insumos disponibles, se seleccionan y se trasladan al cultivo, donde son entregados al Técnico, quien se encarga de aplicarlos.
- Si no hay insumos suficientes, el administrador debe desplazarse al establecimiento de compra denominado Procampo, ubicado a unos 9,5 km del almacén central, con un tiempo de viaje aproximado de 26 minutos como se observa en la Figura 5.

Figura 5

Distancia entre el Almacén y el establecimiento de Compras



Nota. Adaptado de "[Mapa de Procampo S.A]", por Google, s.f.-a.

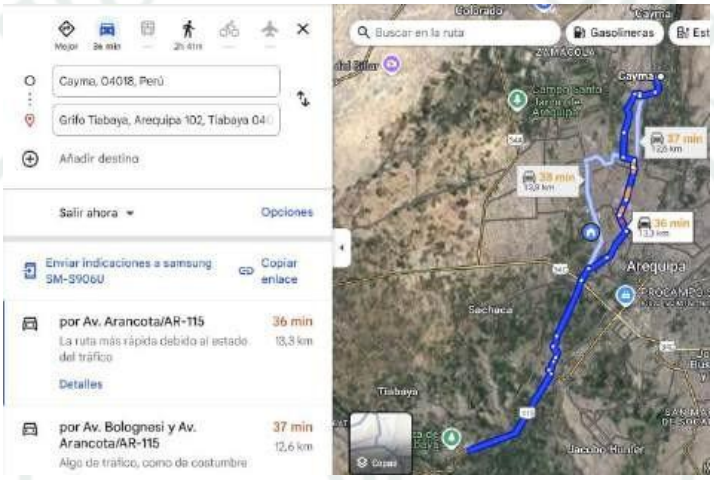
Una vez realizada la compra, el administrador traslada los insumos al cultivo o los ingresa en el almacén. En campo, los productos son entregados al técnico, quien procede a aplicarlos. Si quedan insumos sobrantes, estos son devueltos al almacén, aunque no existe un control formal de su actualización en inventario. Mientras tanto, el administrador puede retirarse a su domicilio, donde registra los gastos manualmente en una hoja de Excel.

Para tener un mejor entendimiento de los escenarios que existen en el fundo se detallaran las distancias entre los terrenos y el almacén en el distrito de Tiabaya las cuales se tomaron entre las 7:00am y 8:00am, puesto que, es el horario que tiene por defecto el administrador para la realización del recorrido.

Del terreno de Chilina al almacén en Tiabaya hay una distancia de 13,3 km y un tiempo de viaje de 35 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 6.

Figura 6

Distancia entre el terreno de Chilina y el Almacén

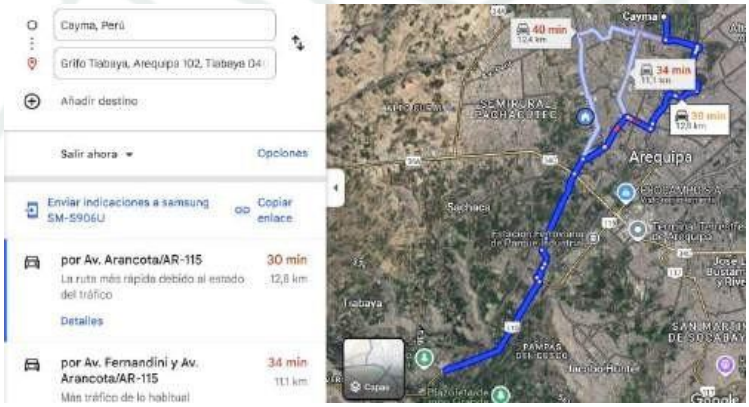


Nota. Adaptado de "[Mapa de Cayma]", por Google, s.f.-b.

Del terreno de Carmen Alto al almacén en Tiabaya hay una distancia de 12,8 km y un tiempo de viaje de 30 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Distancia entre el terreno de Carmen Alto y el Almacén



Nota. Adaptado de "[Mapa de Carmen Alto]", por Google, s.f.-c.

Del terreno de Cural al almacén en Tiabaya hay una distancia de 12,5 km y un tiempo de viaje de 25 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 8.

Figura 8

Distancia entre el terreno del Cural y el Almacén

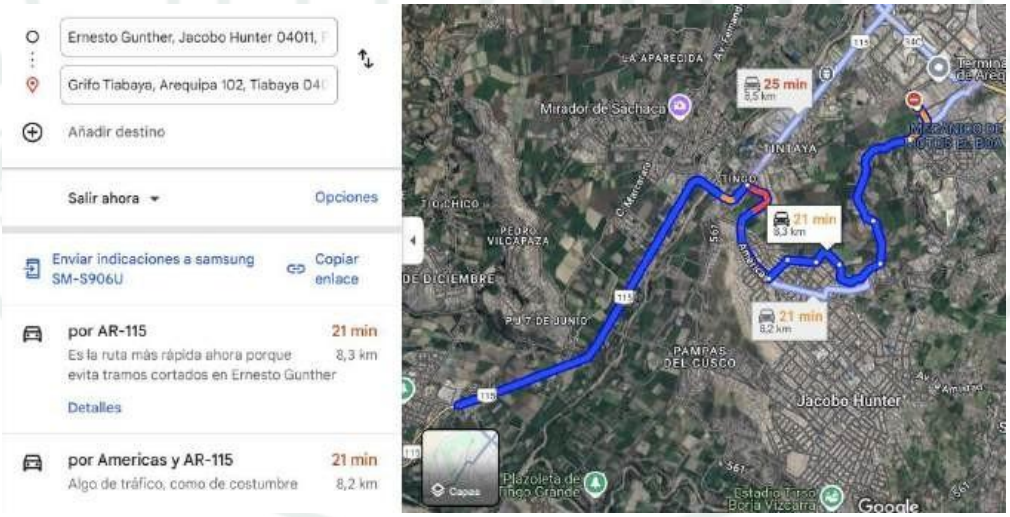


Nota. Adaptado de "[Mapa de Cural]", por Google, s.f.-d.

Del terreno ubicado en el Terminal Terrestre al almacén en Tiabaya hay una distancia de 8,3km y un tiempo de viaje de 20 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 9.

Figura 9

Distancia entre el terreno del Terminal Terrestre y el Almacén

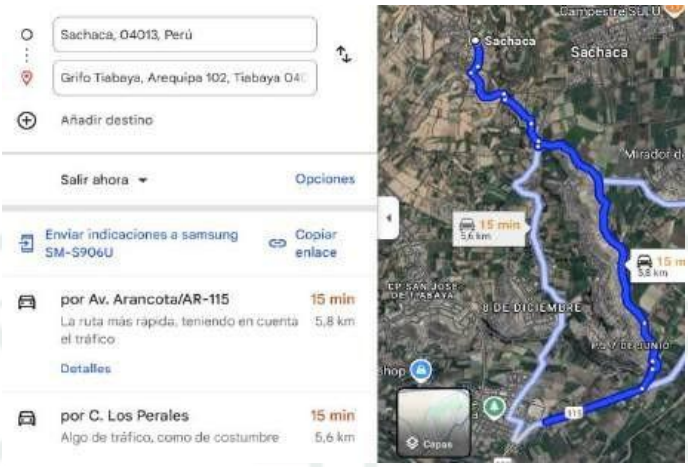


Nota. Adaptado de "[Mapa de Ernesto Ghunter]", por Google, s.f.-e.

Del terreno de Cerro del Triunfo al almacén en Tiabaya hay una distancia de 5,8km y un tiempo de viaje de 15 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 10.

Figura 10

Distancia entre el terreno del Cerro del Triunfo y el Almacén



Nota. Adaptado de "[Mapa de Ernesto Ghunter]", por Google, s.f.-e.

Distancias entre Procampo (el establecimiento de compras) y los terrenos, son los siguientes:

De Procampo al terreno de Chilina hay una distancia de 7,6 km y un tiempo de viaje de 30 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 11.

Figura 11

Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno de Chilina



Nota. Adaptado de "[Mapa de PROCAMPO S.A]", por Google, s.f.-f.

De Procampo al terreno de Carmen Alto hay una distancia de 5,5 km y un tiempo de viaje de 20 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 12.

Figura 12

Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno de Carmen Alto



Nota. Adaptado de "[Mapa de PROCAMPO S.A]", por Google, s.f.-g.

De Procampo al terreno de Cural hay una distancia de 15 km y un tiempo de viaje de 25 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 13.

Figura 13

Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno del Cural

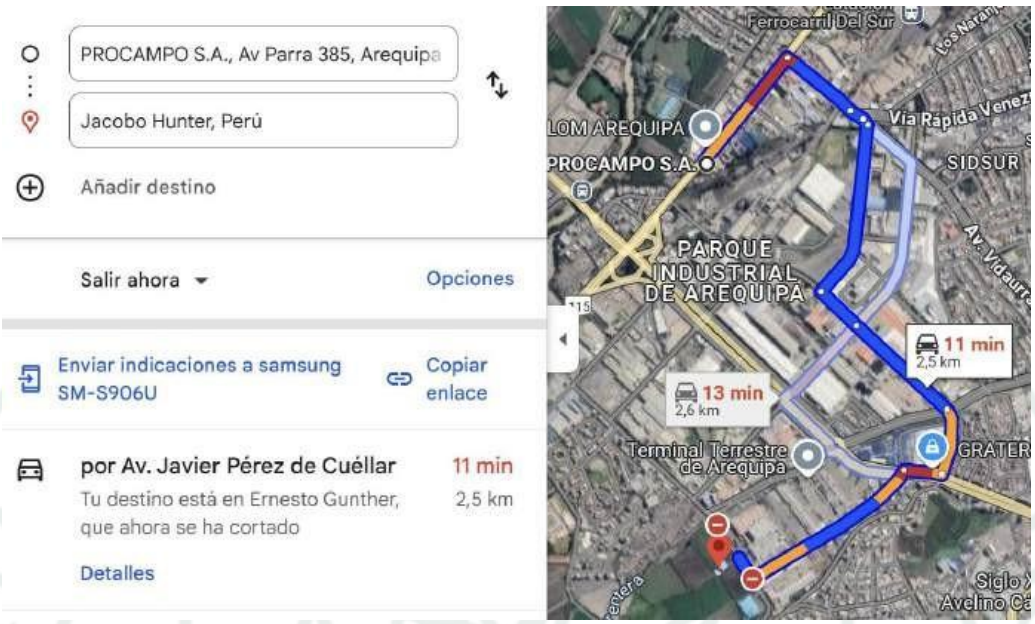


Nota. Adaptado de "[Mapa de PROCAMPO S.A]", por Google, s.f.-h.

De Procampo al terreno ubicado en el Terminal Terrestre hay una distancia de 2,6 km y un tiempo de viaje de 10 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 14.

Figura 14

Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno del Terminal Terrestre

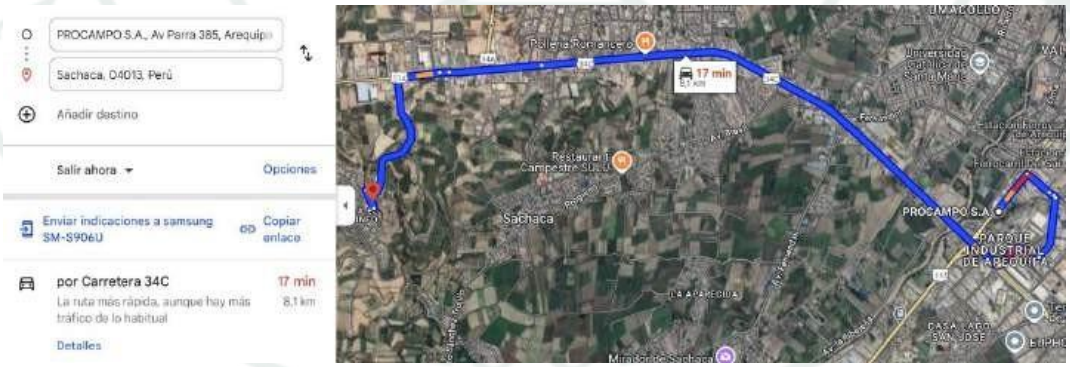


Nota. Adaptado de "[Mapa de PROCAMPO S.A]", por Google, s.f.-i.

De Procampo al terreno de El Cerro del Triunfo hay una distancia de 8,1 km y un tiempo de viaje de 15 minutos aproximadamente, como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Distancia entre el establecimiento de compra Procampo y el terreno de Cerro del Triunfo



Nota. Adaptado de "[Mapa de PROCAMPO S.A]", por Google, s.f.-j.

3.8.1. Escenarios Prácticos

En la vida real, el proceso varía según el terreno de origen del administrador. El Fundo Chusicani cuenta con terrenos en Chilina - Cayma, Carmen Alto - Cayma, Cural - Uchumayo,

Terminal Terrestre - Hunter y Cerro El Triunfo – Huaranguillo. Dependiendo del punto de partida, las distancias y costos de traslado cambian.

Por ejemplo:

Escenario 1: El administrador empieza su día en el terreno ubicado en Chilina. El recorrido que realiza hacia el almacén central tiene una distancia de 13.3 km que significa un viaje de 35 minutos. En el almacén se revisa el stock de insumos durante 45 minutos. Posterior a ello, emprende el recorrido al establecimiento de compra, cuyo trayecto consta de 9.5 km, tardando 25 minutos en realizarlo. Finalmente, el retorno al terreno de cultivo en Chilina, tiene una distancia de 7.6 km que significa un recorrido de 30 minutos adicionales. Teniendo un viaje de 30.4 km recorridos con un tiempo de duración de 135 minutos. El viaje en el primer escenario equivale a un gasto estimado de S/17.81 nuevos soles.

Escenario 2: El administrador empieza su día en el terreno ubicado en Carmen Alto. El recorrido que realiza hacia el almacén central tiene una distancia de 12.8 km que significa un viaje de 30 minutos. En el almacén se revisa el stock de insumos durante 45 minutos. Posterior a ello, emprende el recorrido al establecimiento de compra, cuyo trayecto consta de 9.5 km, tardando 25 minutos en realizarlo. Finalmente, el retorno al terreno de cultivo en Carmen Alto tiene una distancia de 5.5 km que significa un recorrido de 20 minutos adicionales. Teniendo un viaje de 27.8 km recorridos con un tiempo de duración de 120 minutos. El viaje en el segundo escenario equivale a un gasto estimado de S/16.29 nuevos soles.

Escenario 3: El administrador empieza su día en el terreno ubicado en Cural. El recorrido que realiza hacia el almacén central tiene una distancia de 12.5 km que significa un viaje de 25 minutos. En el almacén se revisa el stock de insumos durante 45 minutos. Posterior a ello, emprende el recorrido al establecimiento de compra, cuyo trayecto consta de 9.5 km, tardando 25 minutos en realizarlo. Finalmente, el retorno al terreno de cultivo en Cural tiene una distancia de 9.5 km que significa un recorrido de 25 minutos adicionales. Teniendo un viaje de

37 km recorridos con un tiempo de duración de 120 minutos. El viaje en el tercer escenario equivale a un gasto estimado de S/21,68 nuevos soles.

Escenario 4: El administrador empieza su día en el terreno ubicado en el Terminal Terrestre. El recorrido que realiza hacia el almacén central tiene una distancia de 8.3 km que significa un viaje de 20 minutos. En el almacén se revisa el stock de insumos durante 45 minutos. Posterior a ello, emprende el recorrido al establecimiento de compra, cuyo trayecto consta de 9.5 km, tardando 25 minutos en realizarlo. Finalmente, el retorno al terreno de cultivo en Chilina, tiene una distancia de 2.6 km que significa un recorrido de 10 minutos adicionales. Teniendo un viaje de 20.4 km recorridos con un tiempo de duración de 100 minutos. El viaje en el cuarto escenario equivale a un gasto estimado de S/11.95 nuevos soles.

Escenario 5: El administrador empieza su día en el terreno ubicado en El Cerro del Triunfo. El recorrido que realiza hacia el almacén central tiene una distancia de 13.3 km que significa un viaje de 35 minutos. En el almacén se revisa el stock de insumos durante 45 minutos. Posterior a ello, emprende el recorrido al establecimiento de compra, cuyo trayecto consta de 9.5 km, tardando 25 minutos en realizarlo. Finalmente, el retorno al terreno de cultivo en El Cerro del Triunfo tiene una distancia de 8.1 km que significa un recorrido de 15 minutos adicionales. Teniendo un viaje de 23.4 km recorridos con un tiempo de duración de 100 minutos. El viaje en el quinto escenario equivale a un gasto estimado de S/13.71 nuevos soles.

Estos cálculos consideran el uso de una camioneta Volkswagen Amarok 3.0, con rendimiento de 27 km por galón y el precio de diésel vigente en Arequipa S/15,82 por galón (Osinergmin, 2025).

La Tabla 6 resume la duración, distancia y costos de los recorridos en los distintos escenarios, evidenciando que el proceso actual es altamente dependiente de los desplazamientos, lo cual incrementa tiempos de espera, costos logísticos y carga administrativa.

Tabla 8

Costos y Distancias Recorridas en diferentes Escenarios

Escenarios	Duración (minutos)	Distancia recorrida (km)	Coste (soles)
Escenario 1	135	30,4	17.81
Escenario 2	120	27,8	16.29
Escenario 3	120	37	21.68
Escenario 4	100	20,4	11.95
Escenario 5	100	23,4	13.71

Nota. Elaboración propia.

El proceso concluye con la aplicación de los insumos y la cosecha de los productos, que posteriormente son vendidos, cerrando así el ciclo agrícola en el modelo actual.

3.8.2. Identificación de las Necesidades

Las necesidades identificadas fueron obtenidas mediante entrevistas semiestructuradas y observación directa del proceso actual en el Fundo Chusicani. Posteriormente, se aplicó un análisis cualitativo de la información recolectada, agrupando los hallazgos en categorías relacionadas con el proceso, costos, control e información, y aspectos tecnológicos.

Para la priorización de las necesidades, se utilizó el criterio de impacto en la eficiencia operativa del proceso, considerando variables como tiempo, costo y control del inventario. De esta manera, se priorizaron aquellas necesidades que generan mayor impacto en la mejora del proceso y en la toma de decisiones.

Necesidades relacionadas al proceso

- Mejorar el tiempo de realización del proceso desde el análisis de la necesidad hasta el registro.
- Disminuir la distancia recorrida en el proceso.
- Estandarizar las actividades para evitar recorridos innecesarios.

Necesidades relacionadas a costos y recursos

- Disminuir el costo total del proceso.
- Optimizar el uso de insumos agrícolas para reducir pérdidas.
- Evitar la sobrecompra de insumos agrícolas.

Necesidades de control e información

- Contar con información en tiempo real sobre el stock de insumos agrícolas.
- Evitar la pérdida de insumos agrícolas por vencimiento.
- Mejorar el registro de gastos relacionados con insumos agrícolas.
- Asegurar la trazabilidad de insumos desde su ingreso hasta su aplicación en campo.

Necesidades tecnológicas y organizativas

- Contar con una herramienta tecnológica que sistematice la gestión de inventario y gastos.
- Generar reportes y gráficos para apoyar la toma de decisiones estratégicas.
- Contar con un historial digital de procesos que permita retroalimentar y mejorar futuras campañas.

Para la priorización de las necesidades identificadas, se empleó una matriz de priorización basada en los criterios de impacto y esfuerzo.

El impacto se refiere al nivel de mejora que la necesidad genera en la eficiencia del proceso de adquisición y control de inventario, considerando variables como reducción de tiempo, costos y mejora en la trazabilidad. Por otro lado, el esfuerzo representa el nivel de recursos requeridos para su implementación, incluyendo complejidad técnica, tiempo de desarrollo y costos asociados.

Cada necesidad fue evaluada en una escala de 1 a 5 para ambos criterios. Posteriormente, se ubicaron en una matriz de cuatro cuadrantes: alto impacto–bajo esfuerzo, alto impacto–alto esfuerzo, bajo impacto–bajo esfuerzo y bajo impacto–alto esfuerzo.

Las necesidades priorizadas corresponden al cuadrante de alto impacto y bajo esfuerzo, ya que representan mejoras rápidas y efectivas en el proceso.

Tabla 9

Matriz de Priorización de Necesidades

Necesidad	Impacto (1-5)	Esfuerzo (1-5)	Prioridad
Información en tiempo real del stock	5	2	Alta
Sistematizar registro de insumos	5	3	Alta
Reducir tiempo del proceso	5	3	Alta
Evitar sobrecompra	4	2	Alta
Generar reportes automáticos	4	3	Media
Trazabilidad de insumos	4	4	Media
Historial digital	3	3	Media
Optimizar uso de insumos	3	4	Baja

Nota. Elaboración propia basada en las necesidades recolectadas

De acuerdo con la matriz de priorización, se identificó que las necesidades relacionadas con la disponibilidad de información en tiempo real, la sistematización del registro de insumos y la reducción del tiempo del proceso presentan un alto impacto y un bajo nivel de esfuerzo, por lo que fueron consideradas como prioritarias para el diseño de la solución propuesta.

Estas necesidades fueron abordadas directamente mediante el rediseño del proceso utilizando BPMN y el desarrollo de la aplicación web, lo que permitió maximizar los beneficios en la mejora del control de inventario agrícola.

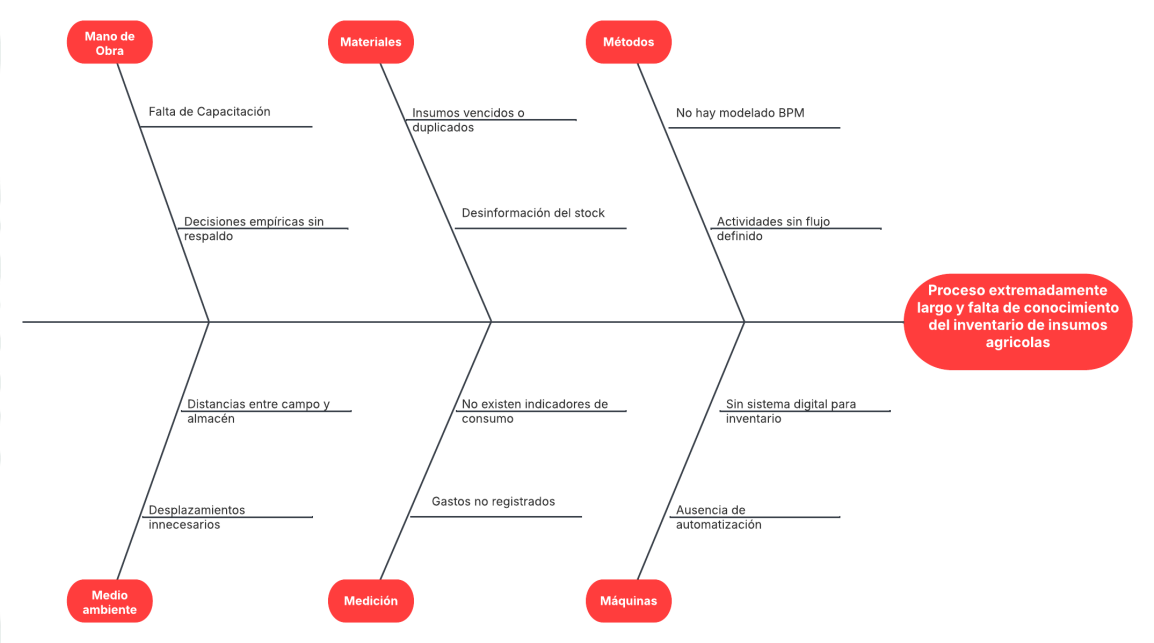
3.8.3. Medición

El proceso cuenta con un problema principal, la extensa duración del proceso y falta de conocimiento del inventario de insumos agrícolas.

Las causas de estos problemas se han analizado con ayuda del diagrama de Ishikawa, el cual se observa en la figura 16

Figura 16

Diagrama de Ishikawa de la extensa duración del proceso y falta de conocimiento del inventario de insumos agrícolas



Nota. Diagrama de Ishikawa sobre la extensa duración del proceso y falta de conocimiento de inventario de insumos agrícolas del Fundo. Elaboración propia en base al análisis realizado en el Fundo Chusicani.

Se plantean los siguientes indicadores para poder analizar el tiempo del proceso y la falta de conocimiento del inventario:

Tabla 10

Indicadores del Proceso de Adquisición y Control de Inventario de Insumos Agrícolas

Indicador	Fórmula	Variable medida	Unidad	Objetivo
Tiempo de adquisición	(Hora de entrega – Hora de solicitud) x 60	Tiempo del proceso	Minutos	Reducir el tiempo promedio de adquisición.
Precisión de inventario	(Cantidad real ÷ Cantidad registrada) × 100	Exactitud del stock	Porcentaje	Lograr mejor control de inventario.
Costo operativo del proceso	Gasto en combustible utilizado	Costo operativo	Soles (S/)	Reducir los costos operativos asociados al proceso.
Distancia recorrida (m)	Sumatoria de recorridos internos por solicitud	Esfuerzo logístico	Kilómetros	Minimizar recorridos internos innecesarios.

Nota. Elaboración propia

Tiempo de adquisición

Este indicador mide el número total de minutos que pasan desde que se identifica la necesidad de un insumo hasta que el producto es entregado al técnico.

Precisión de inventario (%)

Este indicador muestra el grado de exactitud entre la cantidad de insumos registrada en el sistema y la cantidad real disponible en el almacén.

Costo operativo del proceso (S/)

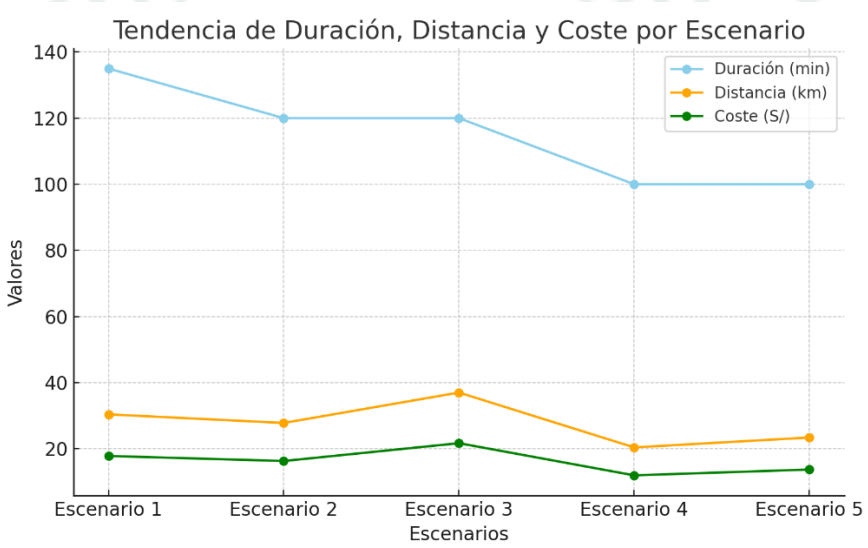
Este indicador mide el gasto promedio asociado al proceso de adquisición, incluyendo costos de combustible.

Distancia recorrida (m)

Este indicador calcula la suma de los recorridos internos realizados para completar el proceso. En la figura 17, se observan la duración del proceso, la distancia recorrida y el coste operativo en los cinco escenarios analizados.

Figura 17

Gráfico de tendencia de Duración, Distancia y Coste por Escenario



Nota. Elaboración propia.

Otro problema observado es la falta de registro de gastos realizados en los insumos agrícolas lo que llevó a la falta de conocimiento de los registros realizados en las campañas del fundo, esta falta de conocimiento los lleva a no tener clara su rentabilidad a lo largo del año, la rentabilidad por cosecha o temporada.

3.9. Rediseño del Proceso

El presente rediseño del proceso se desarrolla en el contexto de un fundo agrícola Chusicani con una extensión aproximada de 60 hectáreas, dedicado a la producción de cebolla, ajo, papa, arroz, trigo, fresa, alverja y zanahoria. El desarrollo de estas actividades productivas requiere una gestión permanente y eficiente de los insumos agrícolas utilizados a lo largo del

ciclo productivo, especialmente de los productos químicos empleados para el control fitosanitario y la mejora del rendimiento de los cultivos.

El fundo maneja anualmente un total de 83 marcas de insumos agrícolas, dichos insumos se clasifican en diferentes categorías según su finalidad agronómica: 17 herbicidas, utilizados para el control de malezas; 19 fungicidas, destinados a la prevención y control de enfermedades fúngicas; 18 insecticidas y nematicidas, empleados para el control de plagas e infestaciones del suelo; 25 fertilizantes, bioestimulantes y reguladores de crecimiento, orientados a mejorar la nutrición, el desarrollo y la productividad de los cultivos; y 4 coadyuvantes y correctores, que apoyan el proceso de aplicación y optimizan la eficacia de los productos, esto se observa mejor en la Tabla 9.

Tabla 11

Matriz de clasificación y gestión de insumos agrícola

Categoría de insumo	Cantidad	Finalidad principal
Herbicidas	17	Control de malezas en los cultivos de cebolla, ajo, papa, arroz y trigo
Fungicidas	19	Prevención y control de enfermedades fúngicas
Insecticidas / Nematicidas	18	Control de plagas e infestaciones del suelo
Fertilizantes, bioestimulantes y reguladores de crecimiento	25	Mejora de nutrición, crecimiento y productividad de los cultivos
Coadyuvantes y correctores	4	Optimización de la aplicación y corrección de condiciones del agua

Nota. Elaboración propia, basada en la información recolectada del almacén del Fundo Chusicani.

A pesar de contar con esta diversidad de insumos, el proceso actual presenta limitaciones en cuanto a su planificación, control y seguimiento, lo que dificulta la toma de decisiones y el uso eficiente de los insumos. En este contexto, se procedió al análisis del

proceso vigente, identificándose una serie de deficiencias que afectan su desempeño, las cuales se describen a continuación.

En el análisis del proceso se encontraron las siguientes deficiencias las cuales dividimos en los siguientes puntos:

- **Deficiencias en el Proceso**

El proceso actual carece de una definición clara, lo que ocasiona recorridos innecesarios y tiempos de espera prolongados en la ejecución de las actividades. De igual manera, se evidencia una escasa planificación previa, lo que genera desorden y retrasos en el cumplimiento de las labores agrícolas.

- **Deficiencias en la Gestión de Inventario**

Se identificó un conocimiento limitado del inventario real de insumos, lo cual impide tomar decisiones oportunas sobre su uso. Además, no existe un control riguroso sobre el ingreso y salida de productos del almacén, y el manejo de insumos próximos a vencer es deficiente, generando riesgo de pérdidas económicas o uso inadecuado en los cultivos.

- **Deficiencias en la Gestión Administrativa y Financiera**

La gestión del registro de gastos presenta inconsistencias, lo que limita la trazabilidad y control financiero de las operaciones. Adicionalmente, la mayoría de las decisiones recaen en el administrador, concentrando excesivas funciones en una sola persona, lo cual genera sobrecarga de trabajo y aumenta la probabilidad de errores humanos.

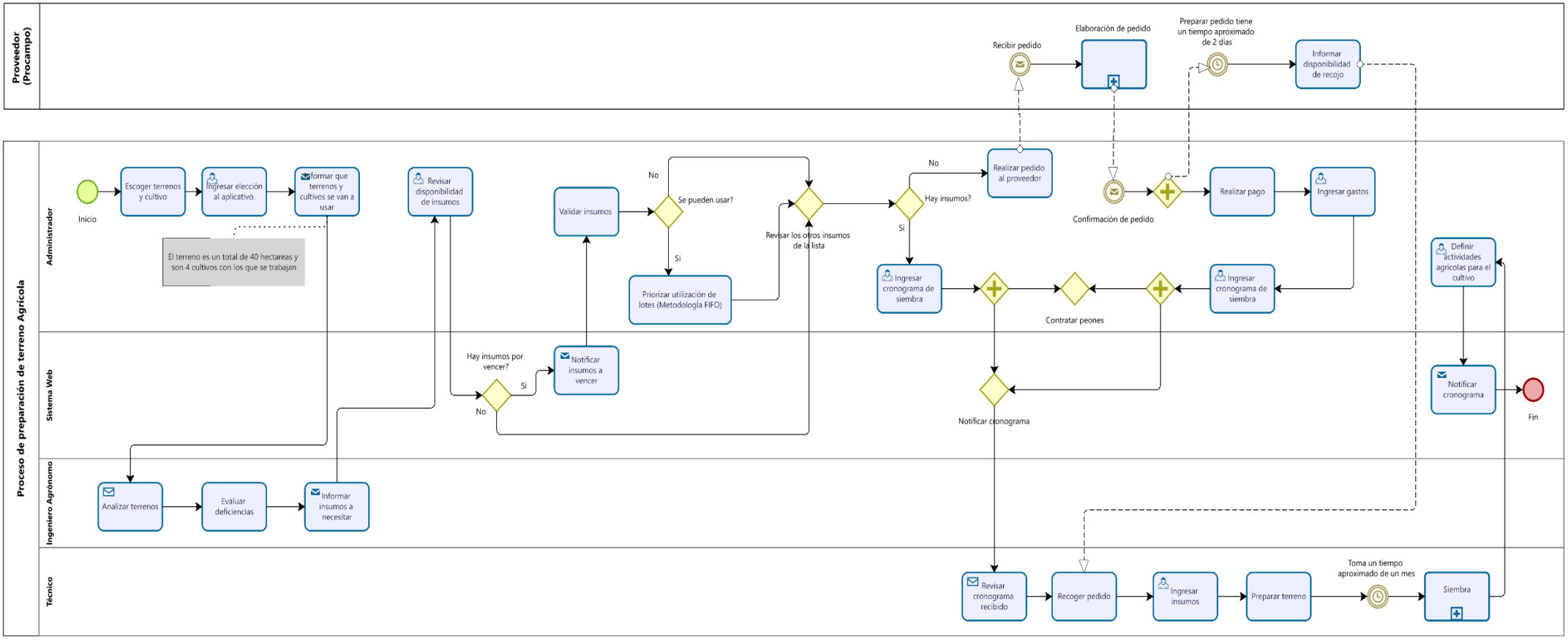
- **Deficiencias Tecnológicas**

El proceso carece de un soporte tecnológico que permita sistematizar el control de inventario y el registro de gastos. Actualmente, estas actividades se realizan de manera manual o fragmentada, lo que incrementa el riesgo de errores y dificulta la generación de reportes en tiempo real.

3.9.1. Modelo del Proceso Rediseñado

Figura 18

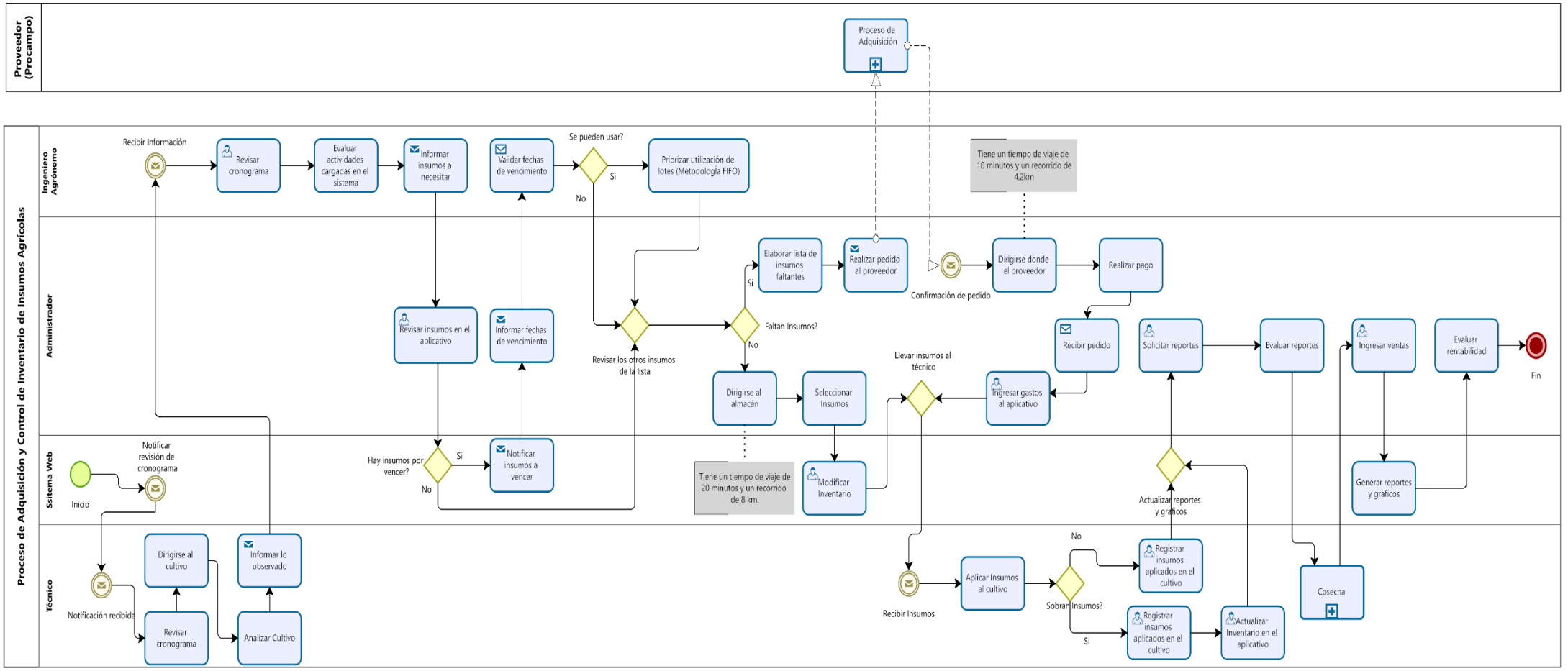
Modelo To-Be del proceso de preparación de Terreno Agrícola



Nota. Elaboración propia.

Figura 19

Modelo To-Be del Proceso de Adquisición y Control de Inventario de Insumos Agrícolas



Nota. Elaboración propia.

3.9.2. Descripción del Proceso Rediseñado

El nuevo proceso de gestión agrícola inicia con la preparación del terreno para la siembra, donde el Administrador selecciona los terrenos y cultivos que se trabajarán en la campaña agrícola. Esta elección se registra en el Sistema Web, el cual informa automáticamente qué terrenos y cultivos serán utilizados.

Con esta información, interviene el Ingeniero Agrónomo, quien se desplaza al campo para analizar las condiciones de los terrenos. Durante su evaluación identifica deficiencias (nutricionales, de humedad, compactación, plagas, etc.) y con base en ello determina qué insumos son necesarios para la preparación de la tierra.

El Administrador, apoyado por el Sistema Web, revisa la disponibilidad de los insumos en inventario. El sistema valida fechas de vencimiento y notifica si existen productos próximos a expirar. En ese caso:

- Si se pueden usar, el ingeniero y el administrador priorizan su utilización aplicando la metodología FIFO (First In – First Out).
- Si no se pueden usar, se descartan y se revisa el resto del inventario.

Si se detectan insumos faltantes, el administrador elabora un listado de necesidades y realiza un pedido al Proveedor. El proveedor revisa disponibilidad y confirma el pedido. Cuando hay stock, el pedido se prepara en un plazo aproximado de dos días, se comunica la fecha de recogida y el administrador registra los gastos en el aplicativo.

Al recibir los insumos, estos se ingresan en el almacén y se actualiza el inventario en el sistema. En paralelo, el administrador contrata personal temporal de apoyo para la preparación de la tierra.

Finalmente, se ejecuta la preparación del terreno agrícola (limpieza, nivelación, acondicionamiento) y se lleva a cabo la siembra, actividad que toma aproximadamente un mes.

Durante este proceso, el ingeniero asegura que se cumplan las condiciones técnicas para garantizar una buena germinación y crecimiento inicial de los cultivos.

Con el terreno ya preparado e iniciada la campaña agrícola, se desarrolla el proceso de adquisición y control de inventario de insumos agrícolas. El Sistema Web notifica al Técnico sobre las actividades programadas en el cronograma. El técnico revisa las indicaciones, se desplaza al cultivo y procede a analizar el estado de las plantas. Informa de lo observado al Ingeniero Agrónomo, quien valida la información y determina qué actividades deben ejecutarse (fertilización, control de plagas, riego, etc.).

Con base en estas recomendaciones, el Administrador revisa los insumos en el sistema, validando su disponibilidad y fechas de vencimiento. El sistema notifica si existen productos próximos a expirar, y junto con el ingeniero se decide si pueden ser utilizados o si deben priorizarse otros lotes. En este punto se aplica nuevamente la metodología FIFO para asegurar un uso eficiente de los insumos.

Si los insumos son suficientes, el administrador selecciona los productos del almacén, actualiza el inventario en el aplicativo y los libera para que el técnico los utilice. El Técnico, bajo la supervisión del Ingeniero Agrónomo, aplica los insumos en campo. En caso de sobrantes, estos se devuelven al almacén y se actualiza el stock en el sistema.

Si los insumos resultan insuficientes, el administrador elabora una lista de faltantes y realiza un pedido al proveedor. Tras la confirmación y el pago, los insumos son ingresados en el almacén y registrados en el sistema.

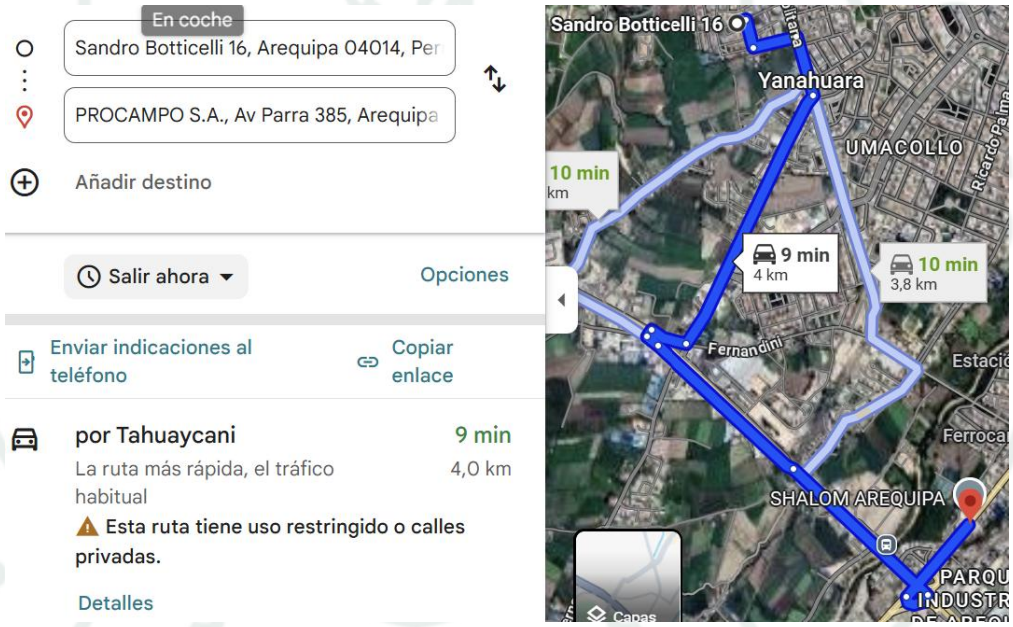
Durante todo el proceso, el Administrador registra los gastos relacionados, y el sistema permite generar reportes y gráficos. Estos incluyen información sobre insumos aplicados, costos, inventario actualizado y rentabilidad proyectada. El Ingeniero Agrónomo analiza los reportes técnicos (eficacia de insumos, impacto en cultivos), mientras el administrador evalúa los reportes financieros y de rentabilidad.

El proceso culmina con la cosecha, supervisada por el ingeniero, y con la evaluación de la rentabilidad final, que integra la información técnica y económica. Los resultados se utilizan como retroalimentación para mejorar la planificación de la próxima campaña agrícola.

Como se vio en el análisis del proceso inicial existen distintos escenarios, dependiendo del punto de origen en el que se encuentre el administrador, pero ahora el proceso inicia con el técnico y donde el administrador parte siempre del mismo punto que viene a ser su hogar, el cual está ubicado a 4,2km del proveedor con un tiempo de viaje de 10 minutos como se observa en la figura 20.

Figura 20

Distancia entre el hogar del administrador y el proveedor



Nota. Adaptado de "[Mapa de Sandro Botticelli 16]", por Google, s.f.-k.

Los escenarios son los siguientes:

- Escenario 1: El administrador inicia su jornada en su domicilio, donde recibe la información proporcionada por el técnico respecto a los insumos requeridos en el terreno de Chilina. Acto seguido, verifica en el aplicativo si dichos insumos se encuentran disponibles en el inventario. Al constatar que existe faltante, el

administrador envía un mensaje al proveedor (Procampo) especificando las cantidades y tipos de insumos necesarios. Posteriormente, se traslada hacia el establecimiento del proveedor, ubicado a una distancia de 4,2 km, lo que representa un tiempo de viaje aproximado de 10 minutos. En el lugar, recibe los insumos solicitados e ingresa en el aplicativo el registro de los gastos efectuados. Finalizada esta gestión, emprende el recorrido hacia el terreno donde se encuentra el técnico, con una distancia de 7,6 km y un tiempo estimado de desplazamiento de 30 minutos. En total, el trayecto realizado en este escenario comprende 11,8 km y una duración aproximada de 40 minutos, lo que equivale a un gasto estimado de S/ 6,91 nuevos soles.

- Escenario 2: El administrador inicia su jornada en su domicilio, donde recibe la información proporcionada por el técnico respecto a los insumos requeridos en el terreno de Carmen Alto. Acto seguido, verifica en el aplicativo si dichos insumos se encuentran disponibles en el inventario. Al constatar que existe faltante, el administrador envía un mensaje al proveedor (Procampo) especificando las cantidades y tipos de insumos necesarios. Posteriormente, se traslada hacia el establecimiento del proveedor, ubicado a una distancia de 4,2 km, lo que representa un tiempo de viaje aproximado de 10 minutos. En el lugar, recibe los insumos solicitados e ingresa en el aplicativo el registro de los gastos efectuados. Finalizada esta gestión, emprende el recorrido hacia el terreno donde se encuentra el técnico, con una distancia de 5,5 km y un tiempo estimado de desplazamiento de 25 minutos. En total, el trayecto realizado en este escenario comprende 9,7 km y una duración aproximada de 35 minutos, lo que equivale a un gasto estimado de S/ 5,68 nuevos soles.

- Escenario 3: El administrador inicia su jornada en su domicilio, donde recibe la información proporcionada por el técnico respecto a los insumos requeridos en el terreno del Cural. Acto seguido, verifica en el aplicativo si dichos insumos se encuentran disponibles en el inventario. Al constatar que existe faltante, el administrador envía un mensaje al proveedor (Procampo) especificando las cantidades y tipos de insumos necesarios. Posteriormente, se traslada hacia el establecimiento del proveedor, ubicado a una distancia de 4,2 km, lo que representa un tiempo de viaje aproximado de 10 minutos. En el lugar, recibe los insumos solicitados e ingresa en el aplicativo el registro de los gastos efectuados. Finalizada esta gestión, emprende el recorrido hacia el terreno donde se encuentra el técnico, con una distancia de 9,5 km y un tiempo estimado de desplazamiento de 25 minutos. En total, el trayecto realizado en este escenario comprende 13,7 km y una duración aproximada de 35 minutos, lo que equivale a un gasto estimado de S/ 8,02 nuevos soles.
- Escenario 4: El administrador inicia su jornada en su domicilio, donde recibe la información proporcionada por el técnico respecto a los insumos requeridos en el terreno del Terminal Terrestre. Acto seguido, verifica en el aplicativo si dichos insumos se encuentran disponibles en el inventario. Al constatar que existe faltante, el administrador envía un mensaje al proveedor (Procampo) especificando las cantidades y tipos de insumos necesarios. Posteriormente, se traslada hacia el establecimiento del proveedor, ubicado a una distancia de 4,2 km, lo que representa un tiempo de viaje aproximado de 10 minutos. En el lugar, recibe los insumos solicitados e ingresa en el aplicativo el registro de los gastos efectuados. Finalizada esta gestión, emprende el recorrido hacia el terreno donde se encuentra el técnico, con una distancia de 2,6 km y un tiempo estimado de desplazamiento de 10 minutos.

En total, el trayecto realizado en este escenario comprende 6,8 km y una duración aproximada de 20 minutos, lo que equivale a un gasto estimado de S/ 3,98 nuevos soles.

- Escenario 5: El administrador inicia su jornada en su domicilio, donde recibe la información proporcionada por el técnico respecto a los insumos requeridos en el terreno de Cerro del Triunfo Huranguillo. Acto seguido, verifica en el aplicativo si dichos insumos se encuentran disponibles en el inventario. Al constatar que existe faltante, el administrador envía un mensaje al proveedor (Procampo) especificando las cantidades y tipos de insumos necesarios. Posteriormente, se traslada hacia el establecimiento del proveedor, ubicado a una distancia de 4,2 km, lo que representa un tiempo de viaje aproximado de 10 minutos. En el lugar, recibe los insumos solicitados e ingresa en el aplicativo el registro de los gastos efectuados. Finalizada esta gestión, emprende el recorrido hacia el terreno donde se encuentra el técnico, con una distancia de 8,1 km y un tiempo estimado de desplazamiento de 15 minutos. En total, el trayecto realizado en este escenario comprende 12,3 km y una duración aproximada de 25 minutos, lo que equivale a un gasto estimado de S/ 7,20 nuevos soles.

Tabla 12

Costos y Distancias Recorridas en diferentes Escenarios del modelo rediseñado

Escenarios	Duración (minutos)	Distancia recorrida (km)	Coste (soles)
Escenario 1	40	11,8	6.91
Escenario 2	35	9,7	5.68
Escenario 3	35	13,7	8.0
Escenario 4	20	6,8	3.98
Escenario 5	25	12,3	7.20

Nota. Elaboración propia.

La Tabla 10 muestra los tiempos, distancias y costos asociados a los diferentes escenarios de recorrido, expresados respectivamente bajo las unidades: minutos, kilómetros y soles.

CAPÍTULO IV

4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

4.1. Desarrollo del Sistema Oracle APEX con Scrum

El desarrollo del sistema web se realizó con el propósito de implementar y soportar el proceso rediseñado mediante el enfoque BPM, utilizando BPMN para el modelado del proceso presentado en el capítulo anterior. En este sentido, la solución tecnológica no constituye el aporte principal de la investigación, sino el medio que permite ejecutar, sistematizar y validar el modelo de proceso TO-BE propuesto.

Antes de iniciar el desarrollo, se definieron los roles y responsabilidades del equipo de trabajo, tomando como base el análisis del proceso y los actores identificados en el modelado BPMN del Fundo Chusicani. Esta alineación permitió asegurar que cada funcionalidad del sistema responda directamente a las actividades, decisiones y flujos establecidos en el proceso rediseñado.

Los usuarios que participaron en las reuniones de levantamiento de información fueron los cinco administradores y el técnico con mayor experiencia en el fundo.

Las responsabilidades asignadas a cada rol se detallan en la Tabla 11, las cuales fueron definidas considerando tanto las necesidades operativas del Fundo Chusicani como la correcta implementación del proceso rediseñado y modelado mediante BPMN..

En este contexto, el investigador asumió los roles de Scrum Master y desarrollador, siendo responsable de la gestión del proceso ágil, la coordinación del equipo y la implementación técnica del sistema, asegurando que cada funcionalidad desarrollada se encuentre alineada con el modelo BPMN propuesto.

Por su parte, uno de los administradores del Fundo Chusicani desempeñó el rol de Product Owner, encargado de definir los requerimientos del sistema, priorizar el Product Backlog y validar que la solución desarrollada responda adecuadamente a las necesidades del proceso de adquisición y control de inventario agrícola.

Tabla 13

Responsabilidades Designadas.

	Product Owner	Scrum Master
Dueño del Producto		
• Desarrollar y comunicar explícitamente el objetivo del producto.	✓	
• Definición y comunicación clara del trabajo pendiente.	✓	
• Solicitar informes del trabajo pendiente.	✓	
• Asegurarse de que el trabajo pendiente sea transparente, visible y entendible.	✓	
Desarrolladores		
• Crear un plan para el sprint.		✓
• Asegurar calidad en la definición de listo.		✓
• Apuntar cada día hacia el objetivo del sprint.		✓
• Hacerse responsable de las tareas asignadas.		✓
SCRUM Master para con el equipo		
• Entrenar en autogestión y funcionalidad cruzada.	✓	
• Apoyar a que el equipo se enfoque en crear incrementos de alto valor.	✓	
• Eliminar impedimentos en el progreso del proyecto.	✓	
• Asegurar que los eventos se lleven a cabo y cumplan los objetivos.	✓	

	Product Owner	Scrum Master
SCRUM Master para con el dueño del producto		
• Apoyar en la definición de objetivos del producto y gestión de tiempos.		✓
• Enfatizar la importancia de los elementos del trabajo pendiente.		✓
• Apoyar en la planificación empírica del producto.		✓
• Facilitar colaboración con el asesor.		✓
Scrum Master para con la organización		
• Liderar y capacitar en la adopción de SCRUM.		✓
• Planificar y asesorar la implementación de SCRUM.		✓
• Apoyar a comprender y aplicar un enfoque empírico.		✓
• Eliminar barreras entre el equipo Scrum y partes interesadas.		✓

Nota. Adaptado de "Optimización del proceso de control y solicitud de materia prima en una empresa textil utilizando ORACLE y SCRUM" por J. Delgado, 2022, p. 67.

4.2. Definición del Product Backlog

La definición del Product Backlog se realizó tomando como base el modelo de proceso BPMN TO-BE desarrollado en el capítulo anterior. En este sentido, las historias de usuario no se limitaron a las necesidades expresadas por los usuarios, sino que fueron estructuradas a partir de las actividades, eventos y puntos de decisión identificados en el proceso rediseñado.

Las historias de usuario que se muestran en la Figura 21 se derivan tanto de las conversaciones con las partes interesadas como del análisis del flujo de trabajo definido en el modelo BPMN, lo cual garantiza que cada funcionalidad del sistema esté alineada con el proceso rediseñado.

De esta manera, el Product Backlog se construye como una representación funcional de los requerimientos derivados del modelo BPMN, donde cada historia de usuario corresponde a una actividad o conjunto de actividades del proceso, facilitando la implementación progresiva del flujo operativo rediseñado dentro del sistema web.

Figura 21

Historias de Usuario

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-01	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Iniciar sesión en el sistema	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Medio
Estimación: 2 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero iniciar sesión en el sistema usando usuario y contraseña para acceder a las funcionalidades según mi rol.	
Validación: El sistema debe permitir el acceso solo si las credenciales son correctas y mostrar un mensaje de error en caso contrario.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-02	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Registrar insumos	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Medio
Estimación: 8 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero registrar nuevos insumos con detalles como nombre, cantidad, fecha de ingreso y proveedor para mantener el inventario actualizado.	
Validación: El sistema debe mostrar un mensaje de confirmación y reflejar el nuevo insumo en la lista del inventario.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-03	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Actualizar inventario	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 5 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero actualizar la cantidad de insumos existentes para reflejar las salidas y entradas reales en el inventario.	
Validación: El sistema debe permitir modificar la cantidad y registrar la fecha de actualización correctamente.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-04	**Usuario:** Técnico
Nombre Historia: Generar reporte de inventario	
Prioridad en negocio: Media	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 3 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como técnico quiero generar un reporte de inventario para conocer la disponibilidad de insumos y planificar el trabajo en el campo.	
Validación: El reporte debe generarse en formato PDF y reflejar los datos actualizados del inventario.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-05	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Visualización de gráficos interactivos	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Medio
Estimación: 8 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero visualizar gráficos interactivos sobre los insumos usados en ciertos cultivos para facilitar la toma de decisiones.	
Validación: El sistema muestra gráficos dinámicos filtrables por cultivo e insumo.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-06	**Usuario:** Técnico
Nombre Historia: Modificación de inventario	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Medio
Estimación: 6 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como técnico quiero realizar modificaciones sobre el inventario para mantener los datos actualizados.	
Validación: El técnico puede editar las cantidades de insumos en el módulo de inventario.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-07	**Usuario:** Técnico
Nombre Historia: Ingreso con rol restringido	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Alto
Estimación: 10 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como técnico quiero ingresar al aplicativo con un rol específico que solo me permita modificar el módulo de inventario.	
Validación: El sistema restringe el acceso del técnico únicamente al módulo de inventario.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-08	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Ingreso de terrenos y cultivos	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 5 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero tener la capacidad de ingresar terrenos nuevos y también cultivos para mantener la información actualizada.	
Validación: El sistema permite registrar nuevos terrenos y cultivos con todos sus datos requeridos.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-09	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Ingreso de temporadas	
Prioridad en negocio: Media	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 4 días	**Prioridad:** Media
Descripción: Como administrador deseo ingresar temporadas, por ejemplo, siembra, cosecha y tratamiento.	
Validación: El sistema permite registrar y asociar temporadas a cultivos y terrenos.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-10	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Registro de gastos	
Prioridad en negocio: Alta	Riesgo en **desarrollo:** Medio
Estimación: 6 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero ingresar los gastos realizados relacionándolos a un insumo, cultivo y terreno.	
Validación: El sistema registra y relaciona cada gasto con su insumo, cultivo y terreno correspondiente.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-11	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Categorías de insumos	
Prioridad en negocio: Media	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 5 días	**Prioridad:** Media
Descripción: Como administrador quiero que los insumos cuenten con categorías como herbicidas, insecticidas, fertilizantes, etc.	
Validación: El sistema permite asignar categorías a los insumos y filtrarlos por ellas.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-12	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Gestión de usuarios y roles	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Medio
Estimación: 8 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero gestionar usuarios y roles para controlar el acceso a cada módulo del sistema.	
Validación: El sistema permite crear, editar y eliminar usuarios, asignando roles con permisos específicos.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-13	**Usuario:** Usuario
Nombre Historia: Recuperación de contraseña	
Prioridad en negocio: Media	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 5 días	**Prioridad:** Media
Descripción: Como usuario quiero recuperar mi contraseña para acceder nuevamente al sistema en caso de olvido.	
Validación: El sistema envía un enlace seguro al correo registrado para restablecer la contraseña.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-14	**Usuario:** Usuario
Nombre Historia: Búsqueda y filtrado de insumos	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 6 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como usuario quiero filtrar y buscar insumos por nombre, categoría o fecha para encontrarlos rápidamente.	
Validación: El sistema muestra resultados filtrados en tiempo real según los criterios de búsqueda.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-15	**Usuario:** Técnico
Nombre Historia: Interfaz optimizada para móviles	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Medio
Estimación: 1 día	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como técnico quiero trabajar con una interfaz optimizada para móviles para registrar datos en campo de manera más rápida.	
Validación: Las páginas se adaptan automáticamente a pantallas de dispositivos móviles y mantienen todas las funciones.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-16	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Importar insumos desde Excel	
Prioridad en negocio: Media	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 6 días	**Prioridad:** Media
Descripción: Como administrador quiero importar insumos desde un archivo Excel para acelerar la carga inicial del sistema.	
Validación: El sistema lee el archivo y carga automáticamente los insumos con sus respectivos datos en el inventario.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-17	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Reporte de costos por campaña o temporada	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Medio
Estimación: 7 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero generar reportes de costos por campaña o temporada para analizar la rentabilidad de cada cultivo.	
Validación: El sistema genera un reporte filtrable por campaña o temporada que muestre el desglose de gastos.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-18	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Historial de modificaciones de inventario	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 5 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero visualizar un historial de modificaciones de inventario para auditar cambios y responsables.	
Validación: El sistema muestra un registro detallado con fecha, usuario y tipo de cambio realizado en el inventario.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-19	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Registro de Ventas por cultivo	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 5 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero ingresar las ventas realizadas relacionándolas a un cultivo y terreno.	
Validación: El sistema registra y relaciona cada gasto con un cultivo y terreno correspondiente.	

HISTORIA DE USUARIO	
Número: HU-20	**Usuario:** Administrador
Nombre Historia: Cronograma de actividades	
Prioridad en negocio: Alta	**Riesgo en desarrollo:** Bajo
Estimación: 3 días	**Prioridad:** Alta
Descripción: Como administrador quiero ingresar las actividades a realizar por día.	
Validación: El sistema muestra un calendario con las actividades por día.	

Nota. Elaboración propia en base al análisis realizado en el Fundo Chusicani en el 2025.

Se optó por dividir las historias de usuario por flujo de proceso, logrando así una división de 4 Sprints, como se observa en la Tabla 12.

Tabla 14

Historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025

Sprint	Historia	Nombre	Prioridad	Riesgo	Estimación
1	HU-01	Iniciar sesión en el sistema	Alta	Medio	2 días
1	HU-12	Gestión de usuarios y roles	Media	Bajo	8 días
1	HU-13	Recuperación de contraseña	Media	Bajo	5 días
1	HU-02	Registrar insumos	Alta	Medio	8 días
1	HU-03	Actualizar inventario	Alta	Bajo	5 días
1	HU-21	Modelo ER y Arquitectura del Sistema	Alta	Bajo	1 día
1	HU-22	Casos de Uso	Alta	Bajo	1 día
2	HU-06	Modificación de inventario	Alta	Medio	6 días
2	HU-07	Ingreso con rol restringido	Alta	Alto	10 días
2	HU-08	Ingreso de terrenos y cultivos	Alta	Bajo	5 días
2	HU-09	Ingreso de temporadas	Media	Bajo	4 días
2	HU-11	Categorías de insumos	Media	Bajo	5 días
3	HU-04	Generar reporte de inventario	Alta	Bajo	3 días
3	HU-05	Gráficos interactivos	Alta	Medio	8 días
3	HU-10	Registro de gastos	Alta	Medio	6 días
3	HU-17	Reporte de costos/temporada	Alta	Medio	7 días
3	HU-18	Historial de modificaciones de inventario	Alta	Bajo	5 días
4	HU-14	Búsqueda y filtrado de insumos	Alta	Bajo	6 días
4	HU-15	Interfaz optimizada para móviles	Alta	Medio	1 día
4	HU-16	Importar insumos desde Excel	Media	Bajo	6 días

Sprint	Historia	Nombre	Prioridad	Riesgo	Estimación
4	HU-19	Registro de ventas por cultivo	Alta	Bajo	5 días
4	HU-20	Cronograma de actividades	Alta	Bajo	3 días

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

Dentro de los 4 sprints se consideran los siguientes requerimientos no funcionales:

- Seguridad de acceso y sesiones.
- Autorización y separación de roles.
- Integridad y calidad de datos.
- Auditoría y trazabilidad.
- Disponibilidad y continuidad.
- Usabilidad.
- Accesibilidad.

4.3. Sprint 1

En el desarrollo del primer sprint se resolvieron las siguientes tareas observadas en la Tabla 13 que representa las historias de usuario.

Tabla 15

Historias de Usuario Sprint 1

Sprint	Historia	Nombre	Prioridad	Riesgo	Estimación
1	HU-01	Iniciar sesión en el sistema	Alta	Medio	2 días
1	HU-12	Gestión de usuarios y roles	Media	Bajo	8 días
1	HU-13	Recuperación de contraseña	Media	Bajo	5 días
1	HU-02	Registrar insumos	Alta	Medio	8 días
1	HU-03	Actualizar inventario	Alta	Bajo	5 días
1	HU-21	Modelo ER y Arquitectura del Sistema	Alta	Bajo	1 día
1	HU-22	Casos de Uso	Alta	Bajo	1 dia

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

Se determinan los entregables ya con las tareas definidas en la Tabla 14, el primero será la capacidad de iniciar sesión y poder definir nuevos usuarios con su respectivo rol y la capacidad de poder registrar insumos y realizar movimientos en el inventario.

Tabla 16

Entregable Sprint 1

Entregable	Validación
Interfaz de login y Mantenimiento de Usuario	Ingresar al aplicativo y poder dar de alta usuarios nuevos con su rol respectivo
Interfaz de Mantenimiento de insumos y control de inventario tanto del administrador como del técnico.	Realizar movimientos sobre el inventario como técnico y administrador.

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

4.3.1. Entregable 1

4.3.1.1. Modelo Entidad y Arquitectura del Sistema. El sistema desarrollado para el Fundo Chusicani sigue una arquitectura cliente–servidor basado en Oracle APEX, donde la totalidad de la lógica de negocio y persistencia de datos se ejecuta del lado del servidor, componentes principales:

- Cliente (Usuario final): Navegador web (Chrome, Firefox, Edge).
- Servidor APEX: Ejecuta la lógica de la aplicación.
- Base de Datos Oracle: Aloja tablas, vistas, secuencias y lógica PL/SQL.

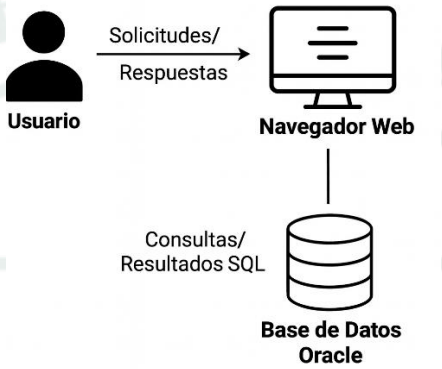
El flujo es el siguiente:

- Usuario → solicita vista o acción desde el navegador.
- Oracle APEX procesa la lógica declarativa/PLSQL.
- La base de datos ejecuta consultas, inserciones o actualizaciones.
- El resultado vuelve al navegador del usuario.

La figura 22 presenta la arquitectura general del sistema, permitiendo visualizar las capas, flujos de comunicación y responsabilidades de cada componente dentro de la solución implementada.

Figura 22

Arquitectura del sistema cliente – servidor

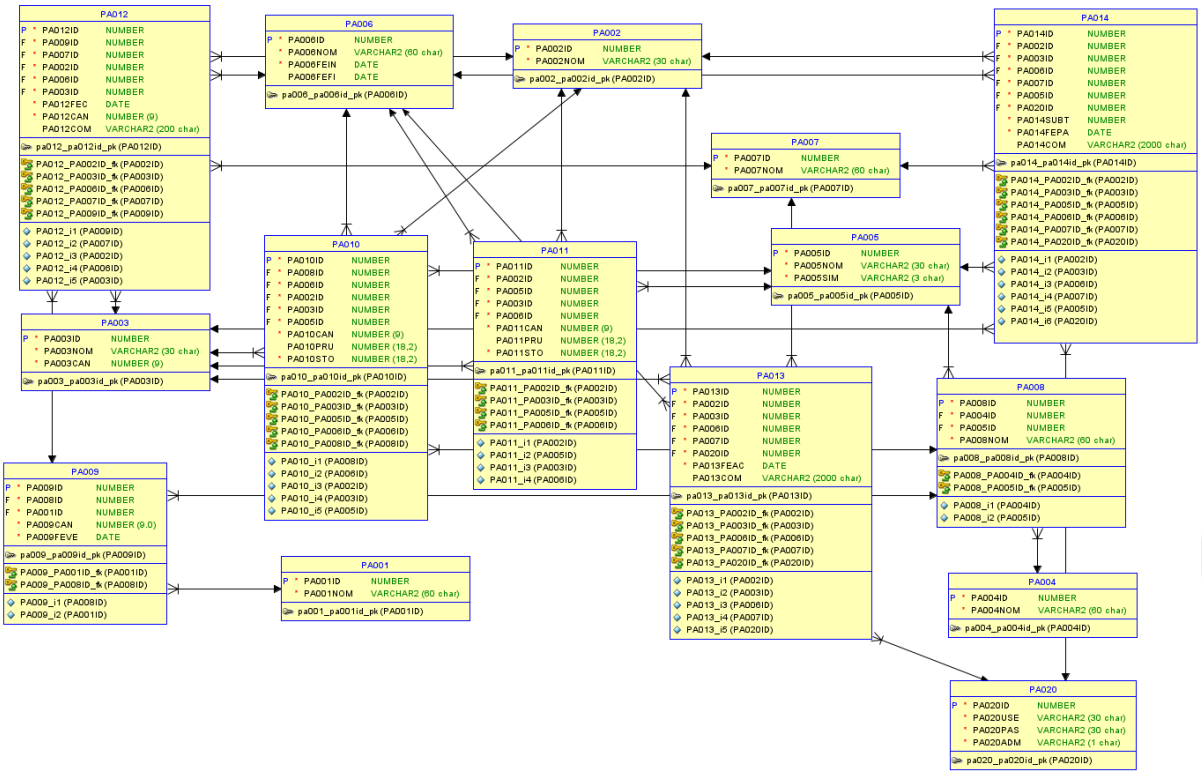


Nota. Elaboración propia.

El modelo de datos constituye un componente fundamental en el desarrollo del sistema propuesto para el control de inventario agrícola del Fundo Chusicani. A partir del análisis del proceso actual y de los requerimientos funcionales definidos junto a los usuarios, se elaboró un Modelo Entidad–Relación (MER) que permite representar de manera estructurada la información necesaria para el funcionamiento del sistema y las relaciones entre sus distintos elementos.

Figura 23

Modelo Entidad Relación del sistema



Nota. Elaboración propia.

4.3.1.2. Casos de Uso. Los casos de uso se elaboraron tomando como referencia los procesos agrícolas identificados en el Fundo Chusicani, así como las necesidades operativas relacionadas con la gestión de insumos, inventario, gastos, ventas y movimientos dentro de cada campaña agrícola. Estos diagramas facilitan la comprensión del comportamiento del sistema desde la perspectiva del usuario, permitiendo visualizar de manera clara las funcionalidades principales y la relación entre los actores y las operaciones del sistema.

La siguiente sección presenta los casos de uso correspondientes a los procesos clave del sistema, tales como el ingreso de insumos, el registro de gastos, el registro de ventas y la gestión de movimientos de inventario.

Nombre: CU01 – Registrar Gastos

Actor principal: Administrador

Descripción: Permite registrar los gastos relacionados al uso de insumos en una temporada, cultivo y terreno específico, incluyendo la cantidad utilizada y su valor económico.

Precondiciones:

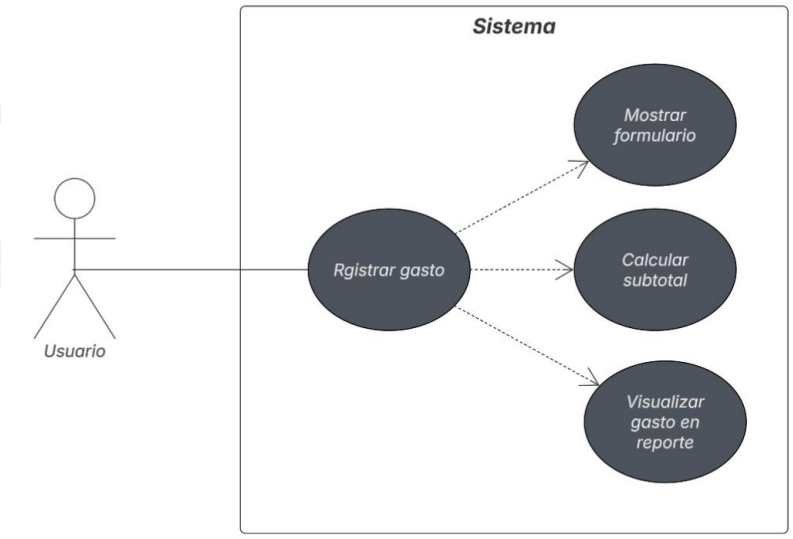
- El usuario debe haber iniciado sesión.
- Deben existir insumos, terrenos, cultivos y temporadas registrados.

Flujo principal:

- El actor selecciona la opción “Gastos” en el sistema.
- El sistema muestra el formulario de registro.
- El actor selecciona: insumo, cultivo, terreno, temporada y unidad de medida.
- El actor ingresa cantidad y precio unitario.
- El sistema calcula automáticamente el subtotal.
- El actor confirma el registro.
- El sistema guarda el gasto en PA010 – Gastos.

Figura 24

Caso de Uso 01 – Registrar Gastos



Nota. Elaboración propia.

Nombre: CU02 – Registrar Insumos

Actor principal: Administrador

Descripción: Permite registrar nuevos insumos en el catálogo del sistema, clasificándolos por categoría y unidad de medida.

Precondiciones:

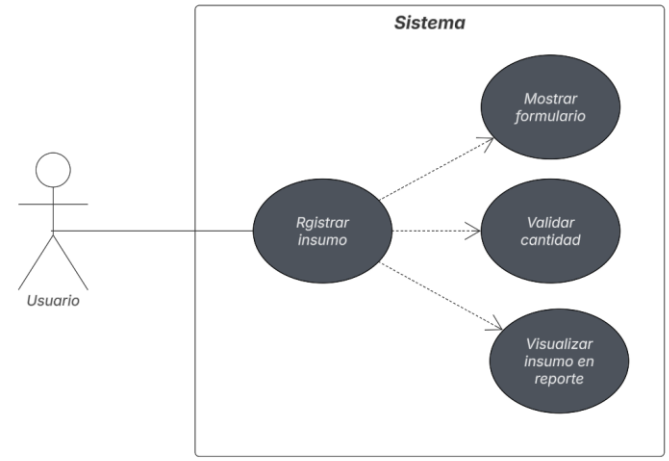
- El usuario debe tener rol administrador.
- Deben existir categorías de insumo y unidades de medida registradas.

Flujo principal:

- El actor accede al módulo “Insumos”.
- El sistema muestra el listado y la opción de agregar un nuevo insumo.
- El actor selecciona categoría, unidad de medida y escribe el nombre del insumo.
- El actor confirma el registro.
- El sistema guarda los datos en PA008 – Insumos.

Figura 25

Caso de Uso 02 – Registrar Insumos



Nota. Elaboración propia.

Nombre: CU03 – Registrar Ventas

Actor principal: Administrador

Descripción: Permite registrar ventas realizadas de los cultivos en función de la temporada, terreno y unidad de medida.

Precondiciones:

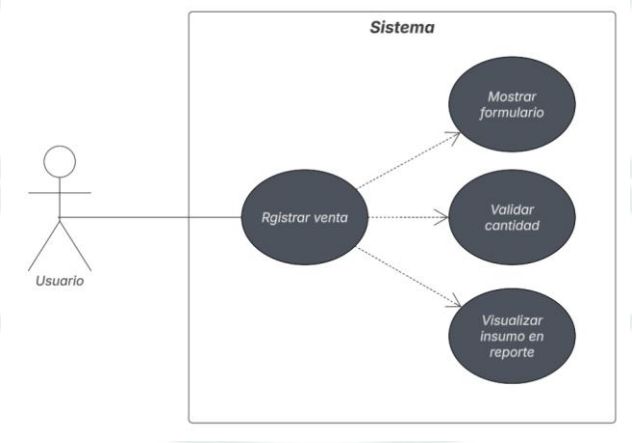
- Debe existir al menos un cultivo, terreno y temporada registrado.
- El usuario debe haber iniciado sesión.

Flujo principal:

- El actor selecciona el módulo “Ventas”.
- El sistema muestra el formulario de registro de ventas.
- El actor selecciona cultivo, terreno, temporada y unidad de medida.
- El actor ingresa cantidad y precio unitario.
- El sistema calcula el subtotal automáticamente.
- El actor confirma el registro.
- El sistema guarda la venta en PA011 – Ventas.

Figura 26

Caso de Uso 03 – Registrar Ventas



Nota. Elaboración propia.

Nombre: CU04 – Registrar Movimientos de Inventario

Actor principal: Técnico

Descripción: Permite registrar el uso real de insumos durante una actividad agrícola, afectando automáticamente el inventario disponible.

Precondiciones:

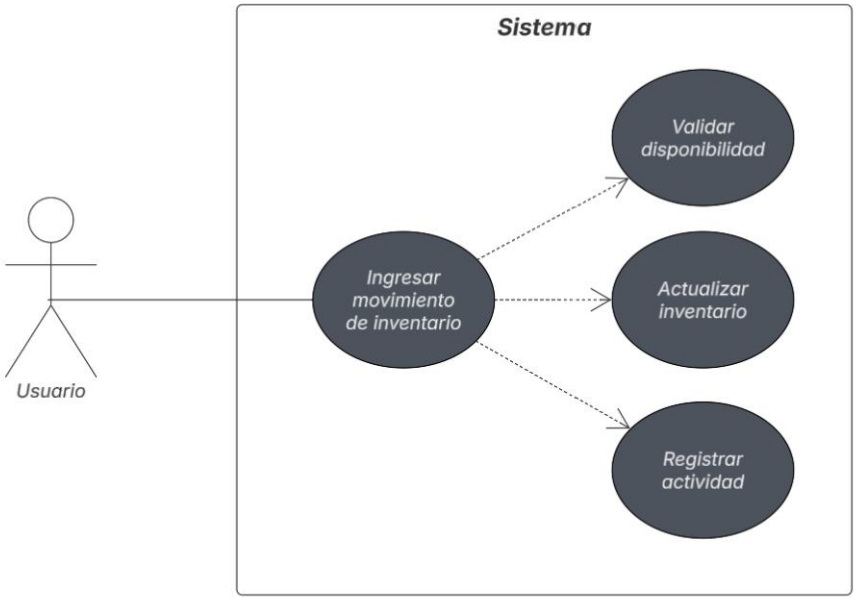
- Debe existir inventario registrado para el insumo seleccionado.
- Deben existir actividades, cultivos, terrenos y temporadas.

Flujo principal:

- El actor accede al módulo “Movimientos”.
- El sistema muestra un formulario para registrar un movimiento.
- El actor selecciona el inventario (insumo), actividad, cultivo, terreno y temporada.
- El actor ingresa la cantidad utilizada.
- El sistema valida que la cantidad no supere el stock disponible.
- El actor confirma el registro.
- El sistema registra los datos en PA012 – Movimientos.
- El sistema descuenta automáticamente del inventario (PA009–Inventario).

Figura 27

Caso de Uso 04 – Registrar Movimientos de Inventario



Nota. Elaboración propia.

4.3.1.3. Login del Aplicativo Web y Mantenimiento de Usuarios. La figura 28 muestra la pantalla de inicio de sesión del sistema “Fundo Chusicani 2025”.

En esta interfaz, ingresa su nombre de usuario y contraseña para acceder al aplicativo.

Además, cuenta con opciones complementarias como “Remember me” para recordar la sesión y el botón “Sign In” que valida las credenciales y permite el ingreso al sistema.

Esta pantalla garantiza la seguridad y control de acceso, permitiendo que solo usuarios registrados puedan ingresar.

Figura 28

Login de la Aplicación Web



Nota. Elaboración propia.

La figura 29 corresponde al Módulo de Mantenimiento de Usuarios, donde se visualiza una tabla con los campos:

- Usuario: nombre de cada usuario registrado (por ejemplo, Camila, Hector, Jonatan).
- Contraseña: clave asignada para el acceso.
- Rol: definido mediante un valor numérico (1 = Administrador, 2 = Técnico).

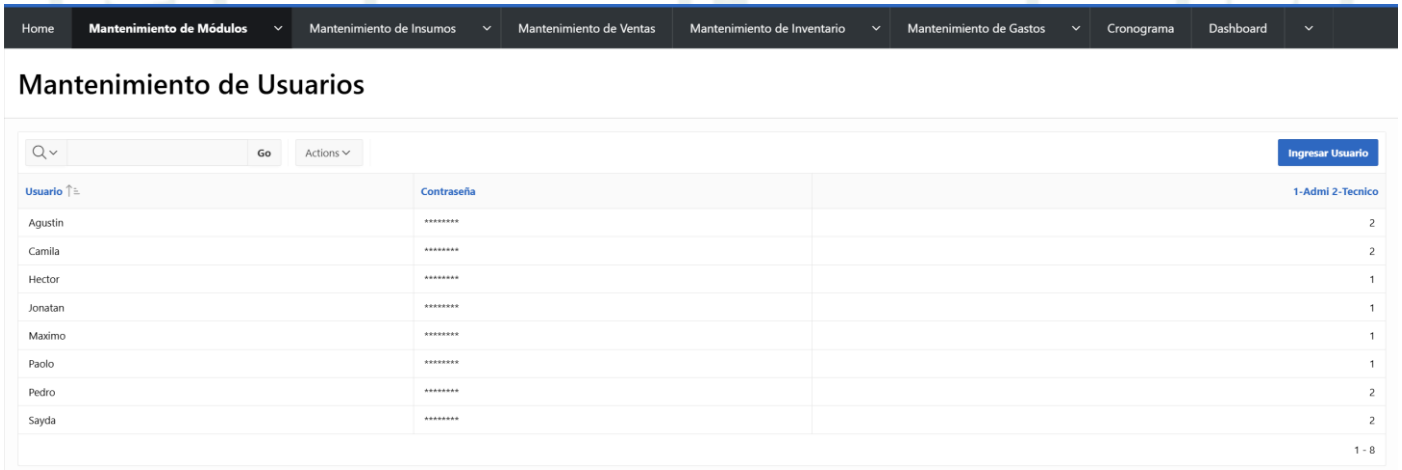
Desde este módulo, se puede dar de alta nuevos usuarios mediante el botón “Ingresar Usuario”, así como consultar o actualizar los registros existentes.

Por motivos de seguridad, las contraseñas del sistema son almacenadas utilizando funciones hash, evitando su visualización en texto plano y reduciendo vulnerabilidades críticas.

Esta funcionalidad permite gestionar de forma sencilla los accesos y roles dentro del aplicativo, cumpliendo con la validación establecida.

Figura 29

Módulo Mantenimiento de Usuario



Nota. Elaboración propia.

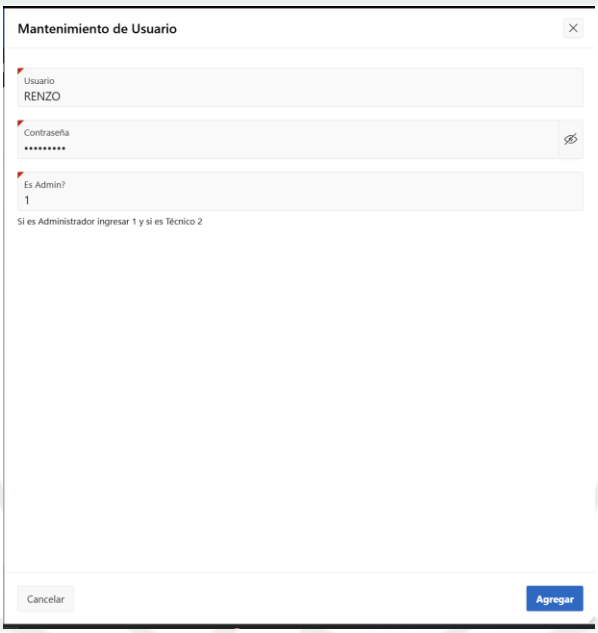
La figura 30 muestra el formulario utilizado para agregar un nuevo usuario dentro del módulo Mantenimiento de Usuarios del sistema Fundo Chusicani 2025.

En esta interfaz se ingresan los datos del nuevo usuario, ¿incluyendo el nombre, contraseña y el rol asignado mediante el campo “Es Admin?”, donde el valor 1 corresponde al perfil Administrador y el valor 2 al perfil Técnico.

El formulario cuenta con las opciones Agregar para registrar la información en la base de datos y Cancelar para salir sin guardar cambios.

Figura 30

Formulario de registro en el módulo de Mantenimiento de Usuario



Nota. Elaboración propia.

4.3.2. Pruebas

La Tabla 15 presenta las pruebas de aceptación correspondientes del primer entregable del Sprint 1, orientadas a validar el funcionamiento de las historias de usuario HU-01 (Iniciar sesión en el sistema), HU-12 (Gestión de usuarios y roles) y H-13 (Recuperación de contraseña).

Se detallan las precondiciones, los pasos de ejecución, las postcondiciones esperadas, así como las observaciones y acciones correctivas registradas durante la revisión del producto.

Estas pruebas permitieron verificar que el sistema Fundo Chusicani 2025 cumple con los criterios de aceptación definidos en la planificación del sprint, garantizando el acceso seguro de usuarios registrados y la correcta administración de cuentas con sus respectivos roles.

Tabla 17

Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 1

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario debe contar con un nombre de usuario y contraseña registrados en la base de datos del sistema.	1. El usuario abre la aplicación web "Fundo Chusicani 2025". 2. Ingresa su nombre de usuario y contraseña en los campos correspondientes. 3. Da clic en el botón "Sign In". 4. El sistema valida las credenciales.	Si las credenciales son correctas, se muestra la pantalla principal del sistema. Si no, se muestra un mensaje de error de autenticación.	✓	El sistema responde correctamente ante credenciales válidas e inválidas. Se verifica que solo usuarios registrados puedan acceder.	Se valida la autenticación y manejo de errores.	✓
El usuario se encuentra autenticado en el sistema y tiene perfil de administrador.	1. Desde el menú principal selecciona la opción "Mantenimiento de Módulos → Mantenimiento de Usuarios". 2. Visualiza la lista de usuarios con sus contraseñas y roles. 3. Da clic en "Ingresar Usuario" para registrar un nuevo usuario. 4. Completa los datos (nombre, contraseña y rol).	El nuevo usuario se registra correctamente en la base de datos y aparece en la lista con su rol asignado.	✓	El sistema permite la creación de usuarios y asignación de roles sin errores. Se verifica persistencia de datos.	Se valida el alta de usuarios nuevos y la correcta asignación de roles (1 = Admin, 2 = Técnico).	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 1 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

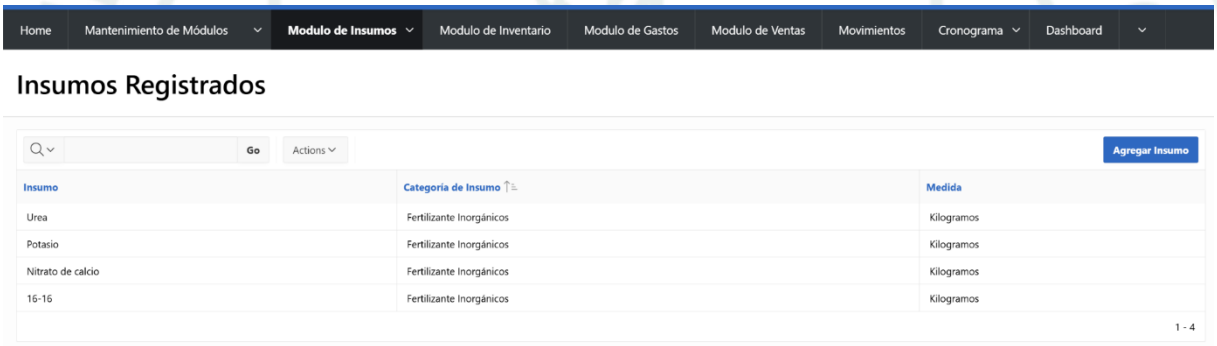
4.3.3. Entregable 2

4.3.3.1. Interfaz de Mantenimiento de insumos y control de inventario. La figura 31 muestra la interfaz del módulo de mantenimiento de insumos, donde se visualiza el listado de insumos registrados en el sistema, incluyendo el nombre del insumo, la categoría y su unidad de medida.

El usuario, ya sea administrador o técnico, puede realizar la gestión de insumos mediante el botón Agregar Insumo, lo que permite registrar nuevos materiales o fertilizantes con sus respectivas características.

Figura 31

Módulo de Mantenimiento de Insumos



Nota. Elaboración propia.

La figura 32 corresponde al módulo de inventario, donde se muestran los insumos disponibles en los diferentes almacenes, junto con su fecha de vencimiento, cantidad y unidad de medida.

El sistema permite realizar movimientos sobre el inventario mediante los botones Ingresar Insumo, Ingresar Movimiento y Borrar Insumo, acciones disponibles tanto para el perfil de administrador como para el de técnico.

Además, el sistema resalta con colores las filas según el estado de vencimiento del insumo: amarillo para los productos próximos a vencer y rojo para los insumos ya vencidos, optimizando el control y la toma de decisiones.

Figura 32

Módulo de control de inventario



Nota. Elaboración propia.

4.3.4. Pruebas

La Tabla 16 presenta las pruebas de aceptación correspondientes al segundo entregable, que abarca la implementación y validación de las interfaces de Mantenimiento de Insumos y Control de Inventario del sistema Fundo Chusicani 2025.

Estas pruebas tuvieron como objetivo verificar que tanto el administrador como el técnico puedan registrar, visualizar y actualizar insumos agrícolas, así como realizar movimientos dentro del inventario.

En la tabla, se detallan las precondiciones, los pasos ejecutados, las postcondiciones esperadas, además de las observaciones y acciones correctivas derivadas del proceso de revisión.

Los resultados obtenidos confirman que el sistema permite una gestión eficiente del inventario, mostrando alertas visuales para insumos próximos a vencer o vencidos, y garantizando la integridad de los datos almacenados.

Tabla 18

Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 1

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario debe encontrarse autenticado en el sistema y tener el rol de Administrador o Técnico.	1. Ingresar al menú “Módulo de Insumos”. 2. Visualizar la lista de insumos registrados con su categoría y unidad de medida. 3. Dar clic en el botón “Agregar Insumo”. 4. Completar los campos requeridos y guardar el registro.	El nuevo insumo se almacena correctamente en la base de datos y aparece en el listado general de insumos.	✓	El sistema permite agregar nuevos insumos sin errores, validando la categoría y la unidad de medida asociadas.	Se valida la inserción exitosa de nuevos registros en la tabla de insumos.	✓
El usuario debe encontrarse en el Módulo de Inventario y contar con permisos de edición.	1. Acceder al menú “Módulo de Inventario”. 2. Visualizar el listado de insumos con su almacén, cantidad, unidad de medida y fecha de vencimiento. 3. Seleccionar un registro y dar clic en “Ingresar Movimiento”. 4. Registrar una entrada o salida de insumo.	El inventario se actualiza correctamente y refleja la nueva cantidad disponible. Se muestran insumos por vencer o vencidos.	✓	El sistema actualiza de manera automática las cantidades en inventario y diferencia con colores el estado de vencimiento.	Se valida el correcto funcionamiento de los movimientos de inventario y las alertas de vencimiento.	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 1 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

4.4. Sprint 2

En el desarrollo del segundo sprint se resolvieron las siguientes tareas observadas en la Tabla 17 que representa las historias de usuario.

Tabla 19

Historias de Usuario Sprint 2

Sprint	Historia	Nombre	Prioridad	Riesgo	Estimación
2	HU-06	Modificación de inventario	Alta	Medio	6 días
2	HU-07	Ingreso con rol restringido	Alta	Alto	10 días
2	HU-08	Ingreso de terrenos y cultivos	Alta	Bajo	5 días
2	HU-09	Ingreso de temporadas	Media	Bajo	4 días
2	HU-11	Categorías de insumos	Media	Bajo	5 días

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

Se determinan los entregables ya con las tareas definidas en la Tabla 18, el primero será la capacidad de poder modificar el inventario, controlar el ingreso de los módulos según el rol del usuario, poder ingresar terrenos, cultivos, temporadas y categorías de insumos.

Tabla 20

Entregables Sprint 2

Entregable	Validación
Interfaz de modificación de inventario controlando el rol del usuario	Permitir al usuario administrador o técnico modificar los registros de inventario, actualizando cantidades, fechas de vencimiento y estado de los insumos en tiempo real. Validar que solo los usuarios autorizados según su rol puedan acceder a las funcionalidades correspondientes del sistema.

Entregable	Validación
Interfaz de ingreso de terrenos y cultivos	Registrar la información de los terrenos agrícolas y los cultivos asociados, garantizando la trazabilidad de la producción.
Interfaz de ingreso de temporadas	Registrar las temporadas de cultivo, permitiendo planificar y asociar las fechas con los terrenos y productos agrícolas.
Interfaz de categorías de insumos	Clasificar los insumos según su tipo (orgánicos, inorgánicos, biológicos, etc.), facilitando la gestión y búsqueda dentro del sistema.

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

4.4.1. Entregable 1

El primer entregable corresponde al desarrollo de la interfaz de mantenimiento de insumos y control de inventario, la cual permite al administrador y técnico visualizar, registrar, modificar y eliminar los insumos disponibles dentro del sistema. Este módulo tiene como objetivo principal brindar una gestión eficiente del inventario agrícola, garantizando la trazabilidad y actualización en tiempo real de los insumos utilizados en las distintas actividades productivas.

4.4.1.1. Interfaz de modificación de inventario. En la vista principal, denominada “Insumos Disponibles en el Inventario”, se muestra una tabla interactiva que lista los insumos

registrados junto con su almacén de origen, nombre del insumo, fecha de vencimiento, cantidad disponible y unidad de medida.

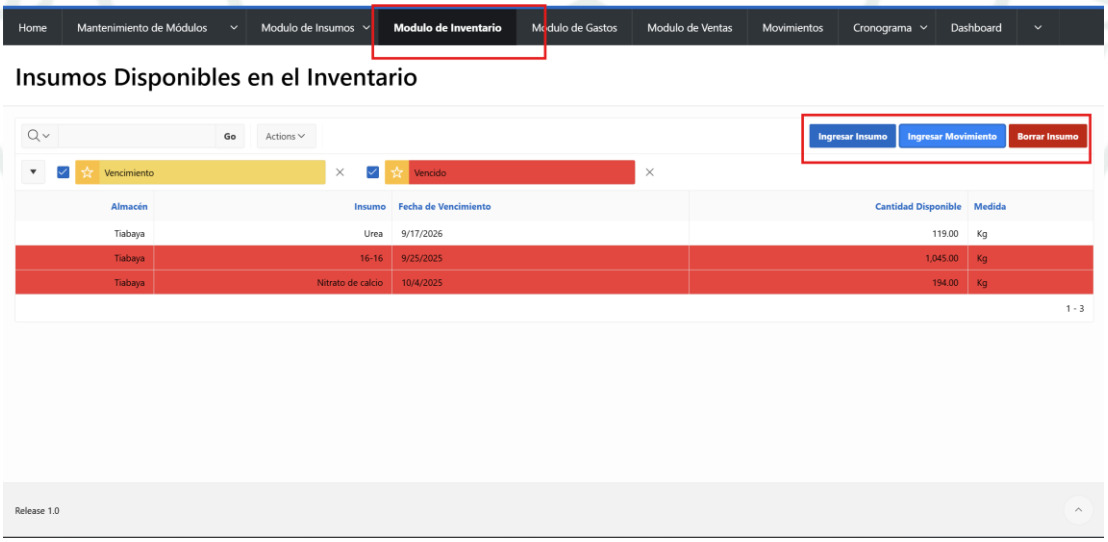
La interfaz incluye un filtro visual de vencimiento, que permite distinguir los productos próximos a vencer o ya vencidos mediante el uso de colores de alerta amarillo para Por vencer y rojo para Vencido.

Además, en la parte superior derecha se incorporan botones de acción rápida, que facilitan la administración de los registros:

- Ingresar Insumo: Permite el registro de un nuevo insumo dentro del inventario.
- Ingresar Movimiento: Funciona como el proceso de modificación de insumo, ya que cada actualización de cantidad, uso o cambio de estado genera un nuevo movimiento asociado que queda registrado para fines de trazabilidad.
- Borrar Insumo: Permite la eliminación controlada de un insumo del inventario, previa validación de permisos.

Figura 33

Módulo de control de inventario



Nota. Elaboración propia.

Al seleccionar la opción Ingresar Movimiento, se despliega un formulario modal que permite registrar las operaciones realizadas sobre un insumo específico.

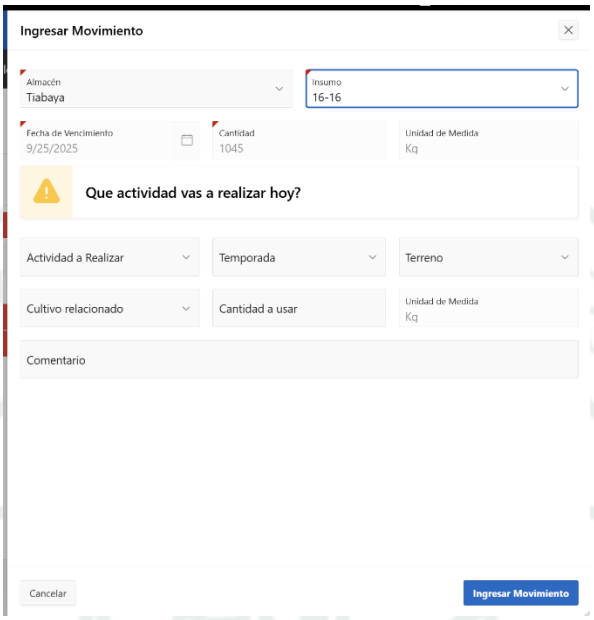
En esta vista se muestran los datos principales del insumo seleccionado almacén, nombre, fecha de vencimiento, cantidad y unidad de medida, junto con nuevos campos de control que deben ser completados por el usuario:

- Actividad Que Realizar: Indica la acción que se efectuará con el insumo, por ejemplo: aplicación, preparación, etc.
- Temporada y Terreno: Asocian el movimiento a una temporada agrícola y un terreno específico.
- Cultivo Relacionado: Permite vincular el movimiento al cultivo en el que se empleará el insumo.
- Cantidad Por Usar: Define la cantidad del insumo que será descontada del inventario.
- Comentario: Campo libre para observaciones o detalles adicionales del movimiento.

Al confirmar la acción mediante el botón Ingresar Movimiento, el sistema actualiza automáticamente el inventario, descontando la cantidad utilizada y registrando un nuevo movimiento histórico, lo que permite mantener un seguimiento de todas las operaciones realizadas sobre cada insumo.

Figura 34

Formulario de Modificación de Inventario



Nota. Elaboración propia.

4.4.2. Pruebas

La Tabla 19 presenta las pruebas de aceptación correspondientes al entregable que integra la modificación de inventario y el acceso con rol restringido del sistema Fundo Chusicani 2025.

Estas pruebas tuvieron como propósito verificar el correcto funcionamiento de los procesos relacionados con la gestión de inventario y la seguridad de acceso por roles de usuario.

En el primer caso, se validó que el sistema permita modificar los registros de insumos cantidad, fecha de vencimiento y estado, garantizando que los cambios se reflejen en tiempo real y manteniendo trazabilidad en la base de datos.

En el segundo caso, se comprobó que solo los usuarios autorizados, según su rol Administrador o Técnico, puedan acceder a las funcionalidades correspondientes, mostrando mensajes adecuados ante intentos de acceso no permitidos.

Los resultados obtenidos confirman que ambas funcionalidades cumplen con los criterios de aceptación definidos en el Sprint 2, fortaleciendo la confiabilidad, trazabilidad y control de seguridad del sistema.

Tabla 21

Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 2

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario está autenticado y posee rol Administrador o Técnico. Existe al menos un insumo registrado en inventario.	1. Ingresar al Módulo de Inventario. 2. Seleccionar el insumo. 3. Clic en Modificar. 4. Actualizar cantidad, fecha de vencimiento y/o estado. 5. Guardar los cambios.	Los cambios se persisten en la base de datos y se reflejan en tiempo real en la grilla. Se actualizan las alertas visuales (por vencer / vencido) y se registra el movimiento correspondiente.	✓	Validar que no se permitan cantidades negativas ni fechas inválidas; mantener traza de auditoría (usuario, fecha, antes/después).	Reglas de validación de campos; registro de movimiento (ingreso/egreso/ajuste); revisión de colorización por estado.	✓
Existen usuarios con roles diferenciados (Admin / Técnico). Esquema de autorización activo.	1. Iniciar sesión con cada rol. 2. Intentar acceder a menús y páginas restringidas. 3. Ejecutar acciones (crear/editar/borrar) según permisos.	El acceso y las acciones se permiten o bloquean de acuerdo con el rol. Se muestran mensajes claros ante intentos no autorizados.	✓	Verificar expiración de sesión y redirección segura; evitar exposición de datos en URL.	Comprobar autorizaciones por página/acción y políticas de sesión; registrar intentos fallidos.	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 2 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

4.4.3. Entregable 2

El segundo entregable corresponde al desarrollo de las interfaces de mantenimiento base que permiten la gestión y organización de los principales elementos de referencia del sistema: terrenos, cultivos, temporadas y categorías de insumos.

Estas interfaces forman parte del módulo de configuración general y son esenciales para alimentar las listas desplegables y relaciones utilizadas en otros procesos del sistema, como el registro de movimientos de inventario o la planificación de actividades agrícolas.

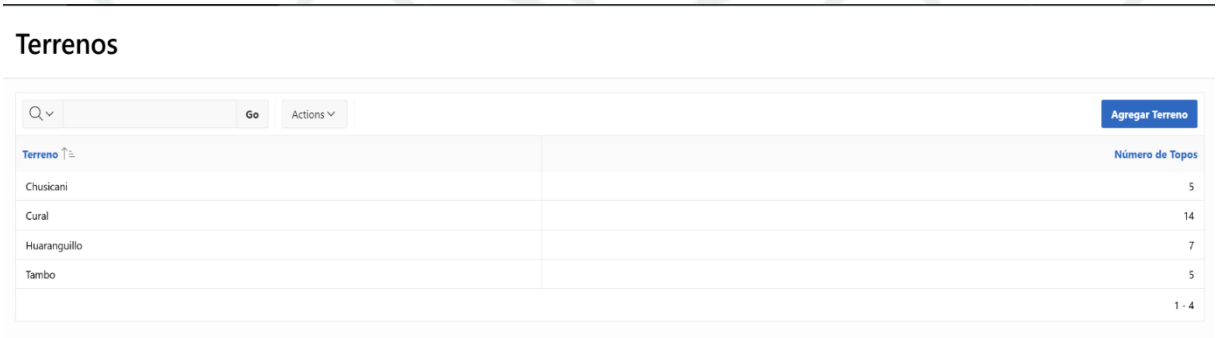
4.4.3.1. Interfaz de ingreso de terrenos y cultivos. La interfaz de Terrenos como se muestra en la figura 35 permite registrar y visualizar los espacios agrícolas disponibles para el cultivo.

Cada registro contiene el nombre del terreno y el número de topos. Además, se incluye el botón Agregar Terreno, que facilita la creación de nuevos registros sin necesidad de acceder a la base de datos directamente.

Esta funcionalidad permite que el usuario mantenga actualizada la información de las parcelas o áreas de trabajo, garantizando la correcta asignación de actividades y movimientos por ubicación.

Figura 35

Módulo de Terrenos



Nota. Elaboración propia.

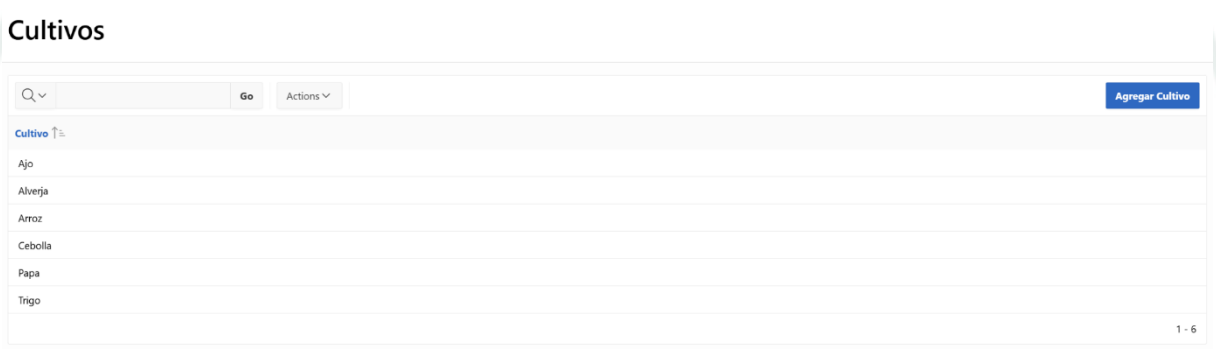
La interfaz de Cultivos como se muestra en la figura 36 muestra la lista de productos agrícolas gestionados en el sistema como ajo, alverja, arroz, cebolla, papa y trigo.

El botón Agregar Cultivo permite registrar nuevas especies o variedades según las necesidades productivas del fundo.

Este módulo asegura que las actividades de siembra, aplicación o cosecha se asocien de forma precisa al tipo de cultivo correspondiente, mejorando la trazabilidad de la información agrícola.

Figura 36

Módulo de Cultivos



Nota. Elaboración propia.

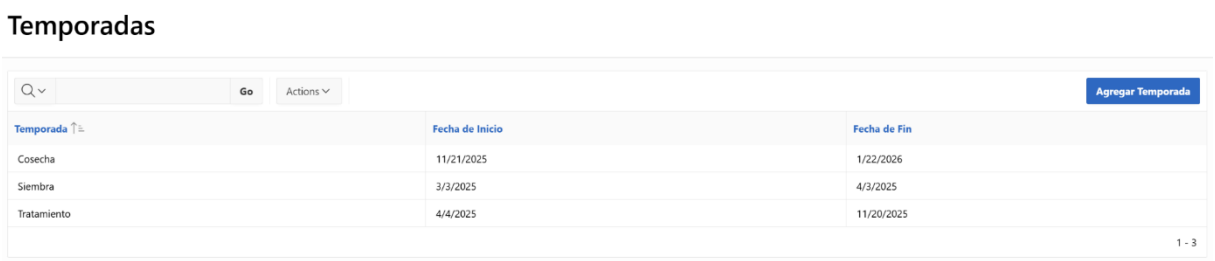
4.4.3.2. Interfaz de ingreso de temporadas. En el módulo de Temporadas como se muestra en la figura 37, permite registrar los diferentes ciclos productivos, como Siembra, Tratamiento y Cosecha, junto con sus fechas de inicio y fin.

La interfaz ofrece un diseño limpio y funcional, donde el usuario puede agregar nuevas temporadas mediante el botón Agregar Temporada, asegurando una correcta planificación temporal de las actividades agrícolas.

Gracias a esta configuración, el sistema puede asociar cada movimiento o registro de insumo a la temporada en la que se ejecuta, brindando una visión cronológica y estructurada del proceso productivo.

Figura 37

Módulo de Temporadas



Nota. Elaboración propia.

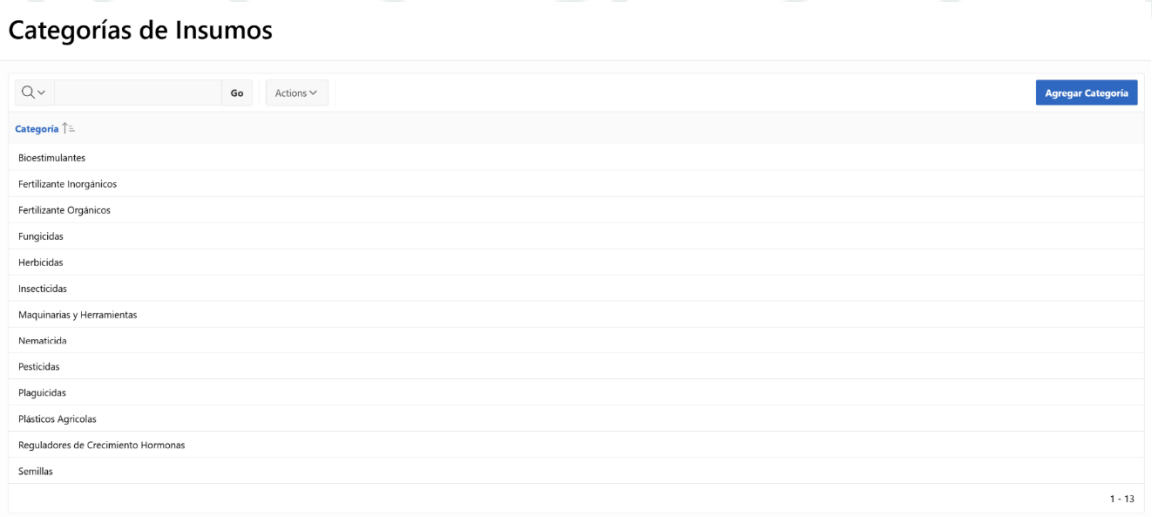
4.4.3.3. Interfaz de ingreso de categoría de Insumos. La interfaz de Categorías de Insumos permite clasificar los distintos tipos de productos empleados en la producción agrícola, tales como fertilizantes, herbicidas, insecticidas, fungicidas, semillas, maquinarias o plásticos agrícolas.

El botón Agregar Categoría facilita la incorporación de nuevas categorías en caso de que se introduzcan nuevos tipos de insumos.

Esta estructura de categorización mejora la organización y el filtrado dentro del módulo principal de inventario, optimizando la búsqueda y el control de existencias.

Figura 38

Módulo de Categorías



Nota. Elaboración propia.

4.4.4. Pruebas

La Tabla 20 presenta las pruebas de aceptación correspondientes al tercer entregable, enfocado en la validación de las interfaces de Ingreso de Terrenos, Cultivos, Temporadas y Categorías de Insumos del sistema Fundo Chusicani 2025.

Estas pruebas tuvieron como finalidad garantizar la correcta funcionalidad de los módulos encargados de gestionar los datos agrícolas, asegurando su consistencia, trazabilidad y asociación con los demás componentes del sistema.

En el caso del módulo de terrenos, se validó el registro de áreas productivas con su respectiva extensión; en cultivos, la incorporación de productos agrícolas vinculados a cada terreno; en temporadas, la programación de las etapas de siembra, tratamiento y cosecha; y finalmente, en categorías de insumos, la clasificación de productos agrícolas según su tipo (orgánicos, inorgánicos, biológicos, entre otros).

Los resultados obtenidos confirmaron que el sistema cumple con los criterios de aceptación definidos, consolidando una estructura de datos coherente y funcional que respalda la gestión agrícola integral dentro del Fundo Chusicani 2025.

Tabla 22

Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 2

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario debe estar autenticado en el sistema y tener permisos de registro.	1. Acceder al menú Terrenos. 2. Visualizar el listado de terrenos registrados. 3. Dar clic en Agregar Terreno. 4. Ingresar el nombre del terreno y número de topos.	El nuevo terreno se registra correctamente y aparece en el listado general, actualizando la base de datos.	✓	Se verifica que los datos ingresados sean válidos y se muestren correctamente en la tabla.	Validar inserción y visualización de nuevos terrenos.	✓
El usuario debe estar autenticado y tener acceso al módulo de cultivos.	1. Ingresar al menú Cultivos. 2. Visualizar la lista de cultivos existentes. 3. Dar clic en Agregar Cultivo. 4. Ingresar el nombre del cultivo y guardar.	El sistema almacena el nuevo cultivo y lo muestra en el listado, vinculado al terreno correspondiente.	✓	El sistema debe evitar duplicidad de nombres y validar campos vacíos.	Implementar validación de duplicados y campos obligatorios.	✓
El usuario tiene acceso al módulo de temporadas.	1. Entrar al menú Temporadas. 2. Dar clic en Agregar Temporada. 3. Registrar el nombre, fecha de inicio y fecha de fin.	Se registra correctamente la temporada, asociada al ciclo de cultivo.	✓	Validar que las fechas sean coherentes (inicio < fin).	Agregar verificación de fechas y asociación con cultivos.	✓

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario está autenticado con permisos de administrador o técnico.	1. Ingresar al menú Categorías de Insumos. 2. Visualizar las categorías existentes. 3. Dar clic en Agregar Categoría. 4. Ingresar nombre del tipo de insumo y guardar.	El sistema clasifica correctamente el insumo y lo muestra en el listado general.	✓	Se valida la correcta categorización de insumos dentro del sistema.	Comprobar consistencia en la clasificación y uso posterior en los módulos de insumos e inventario.	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 2 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

4.5. Sprint 3

En el desarrollo del tercer sprint se resolvieron las siguientes tareas observadas en la Tabla 21 que representa las historias de usuario.

Tabla 23

Historias de Usuario Sprint 3

Sprint	Historia	Nombre	Prioridad	Riesgo	Estimación
3	HU-04	Generar reporte de inventario	Alta	Bajo	3 días
3	HU-05	Gráficos interactivos	Alta	Medio	8 días
3	HU-10	Registro de gastos	Alta	Medio	6 días
3	HU-17	Reporte de costos/temporada	Alta	Medio	7 días
3	HU-18	Historial de modificaciones de inventario	Alta	Bajo	5 días

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

Se determinan los entregables en la Tabla 22, el primero será la capacidad de generar reporte del inventario a su vez reportes de costos por temporada, visualización de gráficos interactivos, registrar gastos y la visualización de un historial de modificaciones sobre el inventario.

Tabla 24

Entregables Sprint 3

Entregable	Validación
Generación de reportes de inventario	Permitir la generación de reportes detallados del inventario actual, incluyendo cantidades, fechas de vencimiento y movimientos realizados.
Interfaz de gráficos interactivos	Visualizar los datos del sistema mediante gráficos dinámicos que representen

Entregable	Validación
	indicadores de inventario, facilitando la toma de decisiones.
Interfaz de registro de gastos	Registrar los gastos operativos del fundo (insumos, mano de obra, mantenimiento, etc.), almacenando los datos por tipo, fecha y monto.
Generación de reportes de costos por temporada	Generar reportes comparativos de costos por temporada agrícola, integrando la información de terrenos, cultivos y gastos, con el fin de evaluar la rentabilidad.
Interfaz de historial de movimientos de inventario	Mostrar el historial completo de cambios en el inventario (fechas, usuarios, acciones y valores anteriores), garantizando la trazabilidad y control de las operaciones realizadas.

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

4.5.1. Entregable 1

Este entregable integra la interfaz de registro de gastos y la interfaz de historial de movimientos de inventario, constituyéndose como un componente clave para la toma de decisiones y el control administrativo.

A través de la interfaz de registro de gastos, el sistema permite almacenar de manera estructurada los gastos operativos del fundo, tales como insumos, mano de obra y mantenimiento, registrando información relevante como tipo de gasto, fecha, cantidad y monto.

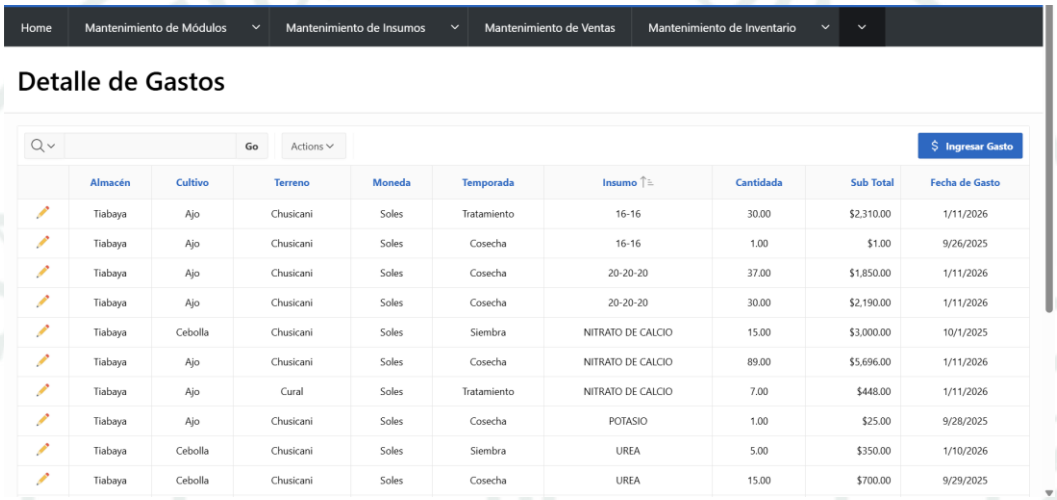
Finalmente, la interfaz de historial de movimientos de inventario proporciona un registro detallado de todos los cambios realizados, incluyendo fechas, usuarios, acciones ejecutadas y valores anteriores, garantizando la trazabilidad, transparencia y control de las operaciones.

En conjunto, estas funcionalidades contribuyen a una gestión más eficiente y confiable de los recursos del fundo, respaldando el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

4.5.1.1. Registro de Gastos e Historial de movimientos. La figura 39 muestra la interfaz de Detalle de Gastos e Insumos, desde la cual el sistema consolida información relevante del inventario, incluyendo almacén, cultivo, terreno, temporada, insumo, cantidad, subtotal y fecha de registro.

Figura 39

Módulo de Gastos



Almacén	Cultivo	Terreno	Moneda	Temporada	Insumo	Cantidad	Sub Total	Fecha de Gasto
Tiabaya	Ajo	Chusicani	Soles	Tratamiento	16-16	30.00	$2,310.00	1/11/2026
Tiabaya	Ajo	Chusicani	Soles	Cosecha	16-16	1.00	$1.00	9/26/2025
Tiabaya	Ajo	Chusicani	Soles	Cosecha	20-20-20	37.00	$1,850.00	1/11/2026
Tiabaya	Ajo	Chusicani	Soles	Cosecha	20-20-20	30.00	$2,190.00	1/11/2026
Tiabaya	Cebolla	Chusicani	Soles	Siembra	NITRATO DE CALCIO	15.00	$3,000.00	10/1/2025
Tiabaya	Ajo	Chusicani	Soles	Cosecha	NITRATO DE CALCIO	89.00	$5,696.00	1/11/2026
Tiabaya	Ajo	Cural	Soles	Tratamiento	NITRATO DE CALCIO	7.00	$448.00	1/11/2026
Tiabaya	Ajo	Chusicani	Soles	Cosecha	POTASIO	1.00	$25.00	9/28/2025
Tiabaya	Cebolla	Chusicani	Soles	Siembra	UREA	5.00	$350.00	1/10/2026
Tiabaya	Cebolla	Chusicani	Soles	Cosecha	UREA	15.00	$700.00	9/29/2025

Nota. Elaboración propia.

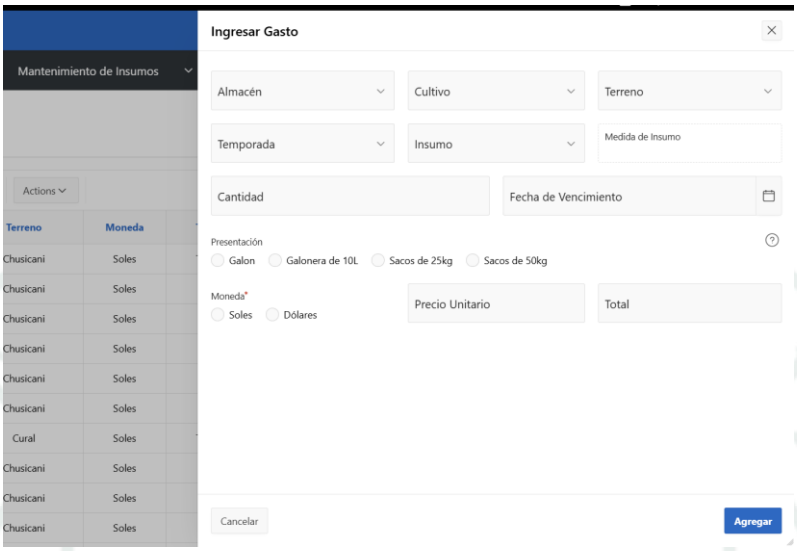
La figura 40 corresponde al formulario “Ingresar Gasto”, utilizado para el registro de gastos operativos del fundo.

En esta interfaz se ingresan datos como almacén, cultivo, terreno, temporada, insumo, cantidad, moneda, precio unitario y total, permitiendo registrar gastos asociados a insumos, mantenimiento y operaciones agrícolas.

La información almacenada sirve como base para la generación de reportes económicos y el análisis de costos por cultivo y temporada.

Figura 40

Formulario de Ingreso de Gastos



Nota. Elaboración propia.

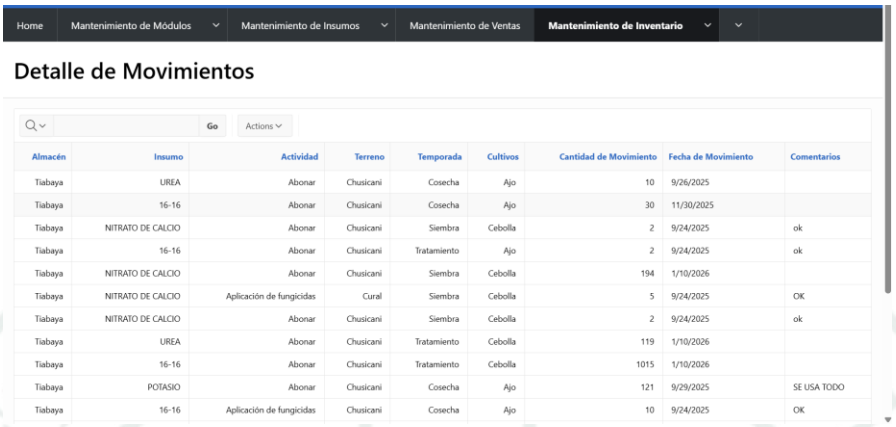
La figura 41 muestra la interfaz Detalle de Movimientos, donde se visualiza el historial completo de modificaciones del inventario.

En esta vista se registran datos como almacén, insumo, actividad realizada, terreno, temporada, cultivo, cantidad de movimiento, fecha y comentarios, garantizando la trazabilidad y control de las operaciones realizadas sobre el inventario.

Esta funcionalidad permite auditar los cambios efectuados, identificar responsables y mantener un control histórico de los movimientos de insumos.

Figura 41

Detalle de Movimientos



Almacén	Insumo	Actividad	Terreno	Temporada	Cultivos	Cantidad de Movimiento	Fecha de Movimiento	Comentarios
Tiabaya	UREA	Abonar	Chusicani	Cosecha	Ajo	10	9/26/2025	
Tiabaya	16-16	Abonar	Chusicani	Cosecha	Ajo	30	11/30/2025	
Tiabaya	NITRATO DE CALCIO	Abonar	Chusicani	Siembra	Cebolla	2	9/24/2025	ok
Tiabaya	16-16	Abonar	Chusicani	Tratamiento	Ajo	2	9/24/2025	ok
Tiabaya	NITRATO DE CALCIO	Abonar	Chusicani	Siembra	Cebolla	194	1/10/2026	
Tiabaya	NITRATO DE CALCIO	Aplicación de fungicidas	Cural	Siembra	Cebolla	5	9/24/2025	OK
Tiabaya	NITRATO DE CALCIO	Abonar	Chusicani	Siembra	Cebolla	2	9/24/2025	ok
Tiabaya	UREA	Abonar	Chusicani	Tratamiento	Cebolla	119	1/10/2026	
Tiabaya	16-16	Abonar	Chusicani	Tratamiento	Cebolla	1015	1/10/2026	
Tiabaya	POTASIO	Abonar	Chusicani	Cosecha	Ajo	121	9/29/2025	SE USA TODO
Tiabaya	16-16	Aplicación de fungicidas	Chusicani	Cosecha	Ajo	10	9/24/2025	OK

Nota. Elaboración propia.

4.5.2. Pruebas

La Tabla 23 presenta las pruebas de aceptación correspondientes al primer entregable, orientado a la validación de las interfaces de registro de gastos e historial de movimientos de inventario del sistema Fundo Chusicani 2025.

Estas pruebas tuvieron como finalidad garantizar la correcta funcionalidad de los módulos responsables de la gestión económica y el control operativo, asegurando la consistencia de la información, la trazabilidad de las operaciones y su correcta integración con los demás componentes del sistema.

En el caso del módulo de registro de gastos, se validó el ingreso de los gastos operativos del fundo, tales como insumos, mano de obra y mantenimiento, registrando datos como tipo de gasto, fecha y monto.

El módulo de historial de modificaciones de inventario, se verificó la visualización completa de los cambios realizados, incluyendo fechas, usuarios, acciones y valores anteriores, garantizando la trazabilidad y el control de las operaciones.

Los resultados obtenidos confirmaron que el sistema cumple con los criterios de aceptación definidos, consolidando una plataforma confiable y funcional que respalda la toma de decisiones y la gestión integral del Fundo Chusicani 2025.

Tabla 25

Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 3

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario debe estar autenticado en el sistema y contar con permisos para registrar gastos.	1. Acceder al módulo Registro de Gastos. 2. Seleccionar almacén, cultivo, terreno y temporada. 3. Elegir el insumo y la unidad de medida. 4. Ingresar cantidad, moneda y precio unitario. 5. Guardar el registro.	El gasto se registra correctamente en la base de datos y se refleja en el listado de gastos del sistema.	✓	El sistema valida los campos obligatorios y calcula automáticamente el total del gasto.	Verificar validación de datos y cálculo automático del monto total.	✓
El usuario está autenticado y se han realizado movimientos sobre el inventario.	1. Acceder al módulo Historial de Movimientos de Inventario. 2. Visualizar el listado de modificaciones realizadas. 3. Revisar fechas, usuarios, acciones y cantidades modificadas.	El sistema muestra el historial completo de cambios realizados en el inventario, garantizando la trazabilidad de las operaciones.	✓	La información presentada permite auditar los movimientos y responsables.	Verificar registro automático de cada modificación realizada.	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 3 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

4.5.3. Entregable 2

El presente entregable corresponde al desarrollo de la generación de reportes de inventario y la visualización de gráficos interactivos, los cuales permiten al usuario obtener información detallada del estado actual del inventario, incluyendo cantidades disponibles, fechas de vencimiento y movimientos realizados.

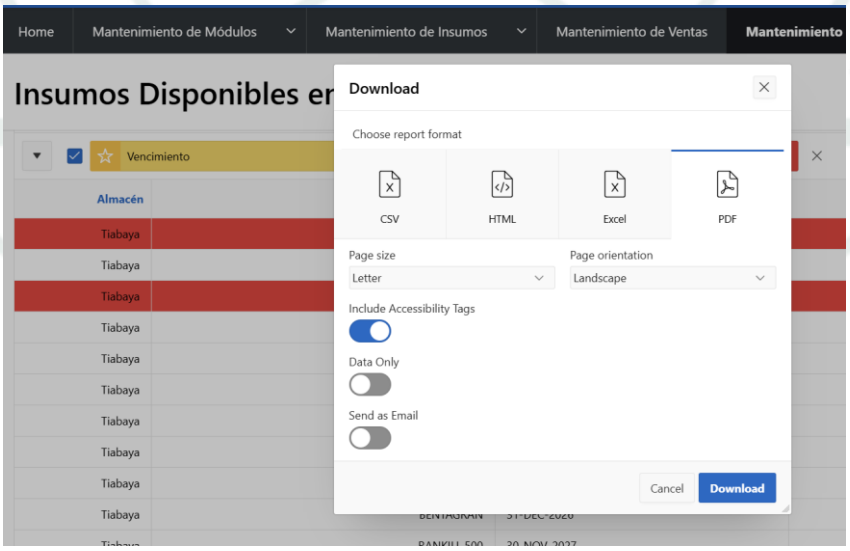
Este módulo tiene como objetivo principal facilitar el análisis y la toma de decisiones, mediante reportes estructurados y gráficos dinámicos que representan indicadores clave del inventario dentro del sistema.

4.5.3.1. Generación de Reportes y Gráficos interactivos. La figura 42 muestra la interfaz de descarga de reportes, donde el sistema permite generar reportes del inventario en diferentes formatos como CSV, HTML, Excel y PDF, además de configurar el tamaño y la orientación de la página.

Esta funcionalidad facilita la exportación y análisis de la información del inventario, permitiendo al usuario obtener reportes detallados según sus necesidades.

Figura 42

Generación de reportes de inventario en distintos formatos



Nota. Elaboración propia.

La figura 43 presenta un reporte del inventario actual, en el cual se visualizan datos como almacén, insumo, fecha de vencimiento, cantidad disponible y unidad de medida.

El reporte resalta visualmente los insumos vencidos o próximos a vencer, permitiendo un control oportuno del stock y contribuyendo a una adecuada gestión del inventario agrícola.

Figura 43

Reporte detallado del inventario de insumos

Almacén	Insumo	Fecha de Vencimiento	Cantidad Disponible	Medida
Tiabaya	UREA	26-JAN-2025	305.0000	Kg
Tiabaya	HELIOS	30-APR-2026	2.0000	Kg
Tiabaya	ACROBAT	30-SEP-2024	6.0000	Kg
Tiabaya	CITO CROPS	30-SEP-2027	1.7000	L
Tiabaya	PROTEXIN	28-FEB-2027	1.0000	L
Tiabaya	CICLON	31-MAR-2027	0.3000	L
Tiabaya	HERBASTOCK	30-SEP-2026	5.0000	L
Tiabaya	OBLIX	30-JUN-2026	0.2500	L
Tiabaya	XTRML	17-JUN-2028	0.2000	L
Tiabaya	BENTAGRAN	31-DEC-2026	2.0000	L
Tiabaya	RANKILL 500	30-NOV-2027	0.8000	L
Tiabaya	TRASLOCADOR	28-FEB-2026	0.1500	L
Tiabaya	PROTURON	25-FEB-2028	1.3000	Kg
Tiabaya	CATERON	20-NOV-2025	0.1000	Kg
Tiabaya	RANKIL 3% PS	31-JUL-2027	2.0000	Kg
Tiabaya	CENTURION	30-SEP-2026	0.5000	L
Tiabaya	PARA CGUPADERA 740PM	31-OCT-2026	0.2000	Kg
Tiabaya	TOP FLASH	10-APR-2028	1.0000	L
Tiabaya	STIMULATE	30-NOV-2026	0.3000	L
Tiabaya	CRECIGIB	30-SEP-2026	1.0000	L
Tiabaya	AGROGREEN PLUS	01-JAN-2029	1.0000	gal
Tiabaya	CITOPOWER	31-AUG-2028	1.0000	L
Tiabaya	GIBER TAB	31-AUG-2027	4.0000	gal

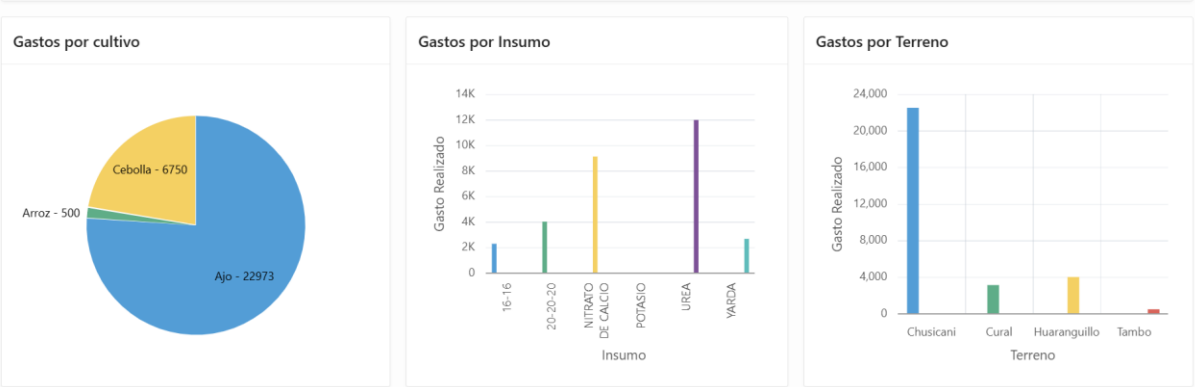
Nota. Elaboración propia.

La figura 44 muestra la interfaz de gráficos interactivos, donde se representan visualmente los gastos por cultivo, insumo y terreno mediante gráficos dinámicos.

Estos gráficos permiten analizar de manera rápida la distribución de los costos, identificar patrones de consumo y apoyar la toma de decisiones relacionadas con la gestión económica del fundo.

Figura 44

Gráficos interactivos de gastos del sistema



Nota. Elaboración propia.

4.5.4. Pruebas

La Tabla 24 presenta las pruebas de aceptación correspondientes al entregable de generación de reportes y gráficos interactivos del sistema Fundo Chusicani 2025.

Estas pruebas tuvieron como finalidad garantizar la correcta funcionalidad de los módulos encargados de procesar, visualizar y analizar la información del inventario, asegurando la consistencia de los datos, su actualización oportuna y su correcta integración con los demás componentes del sistema.

En el caso del módulo de generación de reportes de inventario, se validó la obtención de reportes detallados que incluyen cantidades disponibles, fechas de vencimiento y movimientos realizados, así como la posibilidad de exportar la información en distintos formatos.

Por su parte, en la interfaz de gráficos interactivos se comprobó la visualización de los datos mediante gráficos dinámicos, permitiendo representar indicadores clave del inventario y facilitando el análisis y la toma de decisiones.

Los resultados obtenidos confirmaron que el sistema cumple con los criterios de aceptación definidos, consolidando una herramienta analítica funcional que fortalece el control del inventario y respalda la gestión eficiente del Fundo Chusicani 2025.

Tabla 26

Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 3

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario debe estar autenticado en el sistema y contar con registros de inventario disponibles.	1. Acceder al módulo Inventario. 2. Visualizar el listado de insumos registrados. 3. Seleccionar la opción Generar Reporte. 4. Elegir el formato de salida (PDF, Excel, CSV, HTML). 5. Descargar el reporte.	El sistema genera correctamente un reporte detallado del inventario, mostrando cantidades disponibles, fechas de vencimiento y movimientos registrados.	✓	El reporte refleja información actualizada y consistente con los datos almacenados en el sistema.	Verificar consistencia de datos y correcto formato del archivo generado.	✓
Existen datos consolidados de inventario y gastos en el sistema.	1. Acceder al módulo Dashboard / Gráficos. 2. Visualizar los gráficos disponibles. 3. Seleccionar indicadores (por cultivo, insumo o terreno).	El sistema muestra gráficos interactivos que representan visualmente los indicadores del inventario y gastos, permitiendo su análisis.	✓	Los gráficos facilitan la interpretación de la información y permiten identificar tendencias y patrones.	Validar correcta carga de datos y actualización dinámica de los gráficos.	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 3 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

4.6. Sprint 4

En el desarrollo del cuarto sprint se resolvieron las siguientes tareas observadas en la Tabla 25 que representa las historias de usuario.

Tabla 27

Historias de Usuario Sprint 4

Sprint	Historia	Nombre	Prioridad	Riesgo	Estimación
4	HU-14	Búsqueda y filtrado de insumos	Alta	Bajo	6 días
4	HU-15	Interfaz optimizada para móviles	Alta	Medio	1 día
4	HU-19	Registro de ventas por cultivo	Alta	Bajo	5 días
4	HU-20	Cronograma de actividades	Alta	Bajo	3 días

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

Se determinan los entregables en la Tabla 26, el primero será la incorporar filtros de búsqueda, contar con una interfaz optimizada para móviles, realizar un registro de ventas por cultivo y poder gestionar un cronograma detallado desde el aplicativo.

Tabla 28

Entregables Sprint 4

Entregable	Validación
Interfaz de búsqueda y filtrado de insumos	Permitir al usuario buscar insumos específicos y aplicar filtros avanzados (categoría, fecha de vencimiento, stock, almacén), dentro del módulo de inventario.
Interfaz optimizada para dispositivos móviles	Validar que el sistema se adapte correctamente a pantallas móviles mediante un diseño responsivo, garantizando facilidad de uso y accesibilidad desde teléfonos o tabletas.

Entregable	Validación
Interfaz de registro de ventas por cultivo	Registrar ventas asociadas a cultivos específicos, ingresando datos como cantidades, precios y fechas, para mantener el control comercial.
Módulo de cronograma de actividades	Permitir la creación y visualización de un cronograma de actividades agrícolas (siembra, fertilización, riego, cosecha), garantizando la planificación adecuada de las labores.

Nota. Elaboración propia basada en las historias de usuario recopiladas en el Fundo Chusicani, 2025.

4.6.1. Entregable 1

El presente entregable corresponde al desarrollo de las opciones de búsqueda y filtrado de insumos, así como a la interfaz optimizada para dispositivos móviles, las cuales permiten al usuario localizar insumos específicos mediante filtros avanzados y acceder al sistema desde distintos dispositivos de forma cómoda y eficiente.

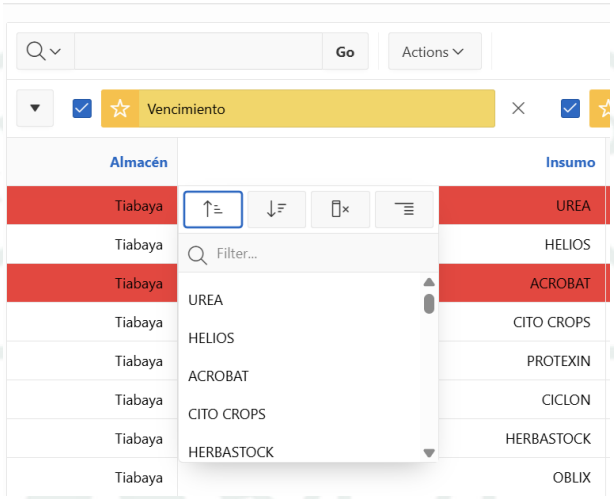
Este módulo tiene como objetivo principal mejorar la usabilidad y accesibilidad del sistema, facilitando la consulta de información del inventario y garantizando una correcta visualización y funcionamiento en pantallas móviles.

4.6.1.1. Opciones de búsqueda y filtrado de insumos. La figura 45 muestra la interfaz de búsqueda y filtrado de insumos dentro del módulo de inventario, donde el usuario puede aplicar filtros avanzados por insumo, almacén y estado de vencimiento. Esta funcionalidad

permite localizar información específica de manera rápida y eficiente, facilitando el control del inventario y la identificación de insumos vencidos o próximos a vencer.

Figura 45

Interfaz de búsqueda y filtrado de insumos



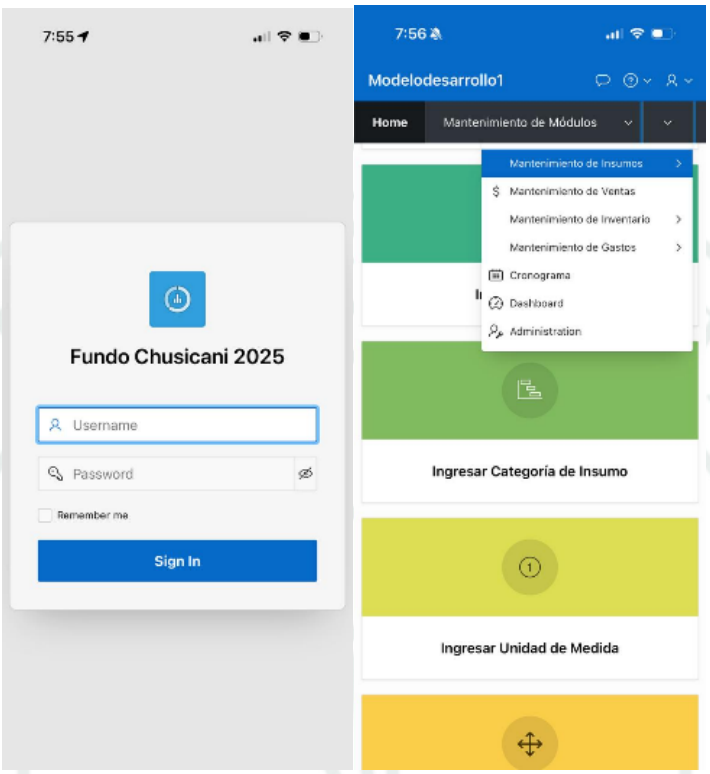
Nota. Elaboración propia.

4.6.1.2. Interfaz para dispositivos móviles. La figura 46 muestra la adaptación del sistema Fundo Chusicani 2025 a dispositivos móviles, evidenciando la pantalla de inicio de sesión y el menú principal con diseño responsivo.

La interfaz permite una correcta visualización y navegación de las opciones del sistema desde teléfonos móviles, garantizando facilidad de uso, accesibilidad y funcionalidad, sin afectar la experiencia del usuario ni las operaciones disponibles en la versión de escritorio.

Figura 46

Visualización desde dispositivos móviles



Nota. Elaboración propia.

4.6.2. Pruebas

La Tabla 27 presenta las pruebas de aceptación correspondientes al entregable de opciones de búsqueda y filtrado de insumos, así como de la interfaz optimizada para dispositivos móviles del sistema Fundo Chusicani 2025.

Estas pruebas tuvieron como finalidad garantizar la correcta funcionalidad de los módulos orientados a mejorar la usabilidad, accesibilidad y eficiencia en la consulta del inventario, asegurando la consistencia de la información y su correcta visualización en distintos dispositivos.

En el caso de la interfaz de búsqueda y filtrado de insumos, se validó la capacidad del sistema para localizar insumos específicos y aplicar filtros avanzados por categoría, fecha de

vencimiento, stock y almacén, facilitando la identificación oportuna de insumos disponibles, vencidos o próximos a vencer.

Por su parte, en la interfaz optimizada para dispositivos móviles se comprobó la correcta adaptación del sistema a pantallas de teléfonos y tabletas, garantizando una navegación fluida y el acceso a las principales funcionalidades sin pérdida de información.

Los resultados obtenidos confirmaron que el sistema cumple con los criterios de aceptación definidos, consolidando una plataforma accesible y funcional que mejora la experiencia del usuario y fortalece la gestión del inventario dentro del Fundo Chusicani 2025.

Tabla 29

Pruebas de aceptación del primer entregable Sprint 4

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario debe estar autenticado y contar con insumos registrados en el sistema.	1. Acceder al módulo Inventario. 2. Visualizar el listado de insumos disponibles. 3. Ingresar un criterio de búsqueda o seleccionar filtros (categoría, fecha de vencimiento, stock o almacén). 4. Aplicar los filtros seleccionados.	El sistema muestra únicamente los insumos que cumplen con los criterios de búsqueda y filtrado establecidos.	✓	Los resultados se actualizan de forma inmediata y reflejan información correcta.	Verificar funcionamiento de todos los filtros disponibles.	✓
El usuario accede al sistema desde un dispositivo móvil (teléfono o tableta).	1. Ingresar a la URL del sistema desde un navegador móvil. 2. Iniciar sesión con credenciales válidas. 3. Navegar por los módulos principales del sistema. 4. Utilizar la interfaz de inventario y filtros desde el dispositivo móvil.	El sistema se adapta correctamente al tamaño de la pantalla, permitiendo una navegación fluida y sin pérdida de funcionalidad.	✓	La interfaz mantiene legibilidad, accesibilidad y correcta disposición de los elementos.	Validar compatibilidad con distintos tamaños de pantalla.	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 4 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

4.6.3. Entregable 2

El presente entregable corresponde al desarrollo de la interfaz del módulo de ventas y del módulo de cronograma de actividades, los cuales permiten registrar las ventas asociadas a cultivos específicos, ingresando datos como cantidades, precios y fechas, así como planificar y visualizar las actividades agrícolas tales como siembra, fertilización, riego y cosecha.

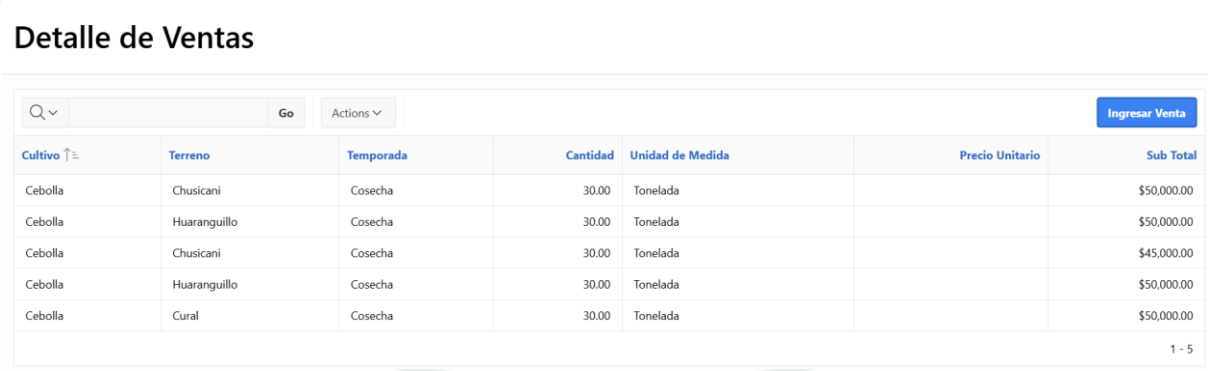
Este módulo tiene como objetivo principal mantener un control comercial adecuado y garantizar una planificación eficiente de las labores agrícolas, apoyando la gestión operativa y la toma de decisiones dentro del sistema.

4.6.3.1. Interfaz de Módulo de Ventas. La figura 47 muestra la interfaz Detalle de Ventas, donde se visualiza el listado de ventas registradas en el sistema, incluyendo información como cultivo, terreno, temporada, cantidad, unidad de medida, precio unitario y subtotal.

Esta vista permite llevar un control ordenado de las ventas realizadas por cultivo, facilitando el seguimiento de los ingresos generados durante cada temporada agrícola.

Figura 47

Detalle de ventas registradas por cultivo



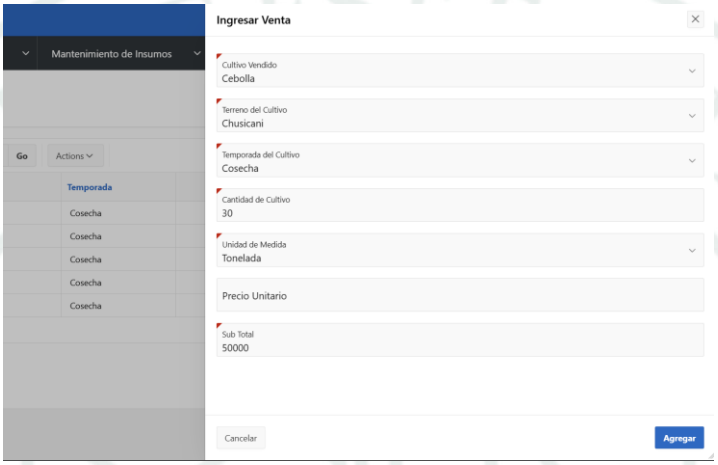
Nota. Elaboración propia.

La figura 48 presenta el formulario Ingresar Venta, utilizado para registrar nuevas ventas asociadas a un cultivo específico. En esta interfaz se ingresan datos como cultivo vendido, terreno, temporada, cantidad, unidad de medida y precio unitario.

Esta funcionalidad permite registrar de manera estructurada las operaciones comerciales del fundo, contribuyendo al control económico y a la generación de reportes de ventas.

Figura 48

Formulario de registro de ventas por cultivo



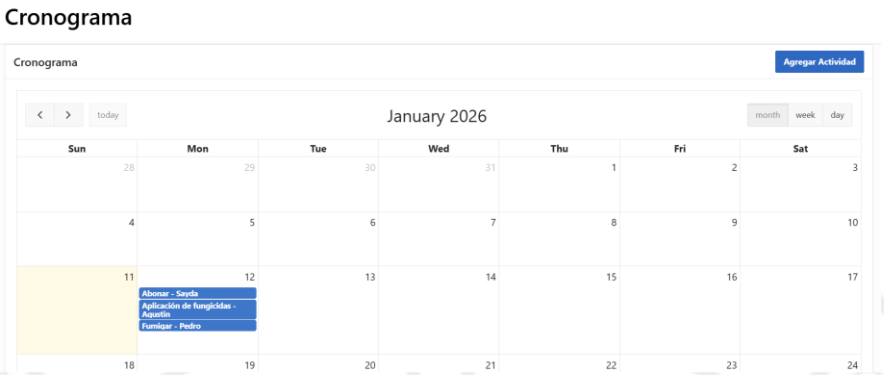
Nota. Elaboración propia.

4.6.3.2. Módulo de cronograma de actividades. La figura 49 muestra la interfaz del cronograma de actividades, donde se visualiza un calendario mensual que permite programar y consultar las actividades agrícolas planificadas, tales como siembra, abonado, aplicación de fungicidas y otras labores productivas.

Esta vista facilita la organización temporal de las actividades por fecha, permitiendo un seguimiento ordenado de las tareas programadas en el fundo.

Figura 49

Cronograma de actividades agrícolas



Nota. Elaboración propia.

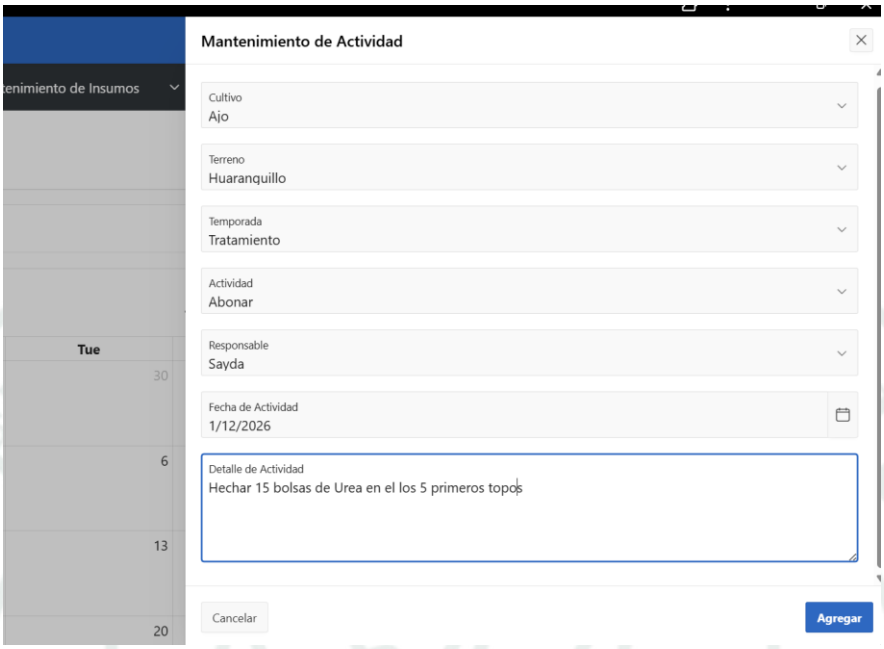
La figura 50 presenta el formulario de mantenimiento de actividades, utilizado para registrar nuevas actividades dentro del cronograma.

En esta interfaz se ingresan datos como cultivo, terreno, temporada, tipo de actividad, responsable, fecha y detalle de la actividad, permitiendo documentar de manera precisa las labores a realizar.

Esta funcionalidad garantiza una adecuada planificación y control de las actividades agrícolas, contribuyendo a una gestión eficiente de las operaciones del fundo.

Figura 50

Formulario de registro de actividades agrícolas



Nota. Elaboración propia.

4.6.4. Pruebas

La Tabla 28 presenta las pruebas de aceptación correspondientes al entregable del módulo de ventas y cronograma de actividades del sistema Fundo Chusicani 2025.

Estas pruebas tuvieron como finalidad garantizar la correcta funcionalidad de los módulos orientados al control comercial y a la planificación de las labores agrícolas, asegurando la consistencia de la información registrada, su correcta asociación con cultivos, terrenos y temporadas, así como su integración con los demás componentes del sistema.

En el caso de la interfaz de registro de ventas por cultivo, se validó el correcto ingreso de las ventas asociadas a cultivos específicos, considerando datos como cantidades, unidades de medida, precios y fechas, permitiendo mantener un control ordenado de los ingresos generados durante cada temporada agrícola.

Por su parte, en el módulo de cronograma de actividades se verificó la creación y visualización de actividades agrícolas tales como siembra, fertilización, riego y cosecha, asegurando una adecuada planificación temporal y el seguimiento de las labores programadas.

Los resultados obtenidos confirmaron que el sistema cumple con los criterios de aceptación definidos, consolidando una herramienta funcional que apoya la gestión comercial y la organización operativa del Fundo Chusicani 2025.

Tabla 30

Pruebas de aceptación del segundo entregable Sprint 4

Precondición	Pasos	Postcondición	Revisión Dueño del Producto	Observaciones	Acciones	Revisión Final
El usuario debe estar autenticado en el sistema y contar con cultivos, terrenos y temporadas previamente registrados.	1. Acceder al módulo Ventas. 2. Visualizar el listado de ventas registradas. 3. Seleccionar la opción Ingresar Venta. 4. Ingresar cultivo, terreno, temporada, cantidad, unidad de medida y precio unitario. 5. Guardar la información.	La venta se registra correctamente en la base de datos y se muestra en el listado de ventas con el cálculo automático del subtotal.	✓	El sistema valida los campos obligatorios y realiza correctamente el cálculo del subtotal.	Verificar consistencia de datos y correcto registro de montos.	✓
El usuario debe estar autenticado y contar con permisos para la planificación de actividades agrícolas.	1. Acceder al módulo Cronograma de Actividades. 2. Visualizar el cronograma existente. 3. Registrar una nueva actividad (siembra, fertilización, riego o cosecha). 4. Asignar fechas y cultivo correspondiente. 5. Guardar la actividad.	El sistema registra la actividad y la muestra en el cronograma, permitiendo su visualización y seguimiento.	✓	El cronograma permite una adecuada planificación de las labores agrícolas por cultivo y temporada.	Validar coherencia de fechas y correcta asociación con cultivos.	✓

Nota. Elaboración propia basada en las pruebas de aceptación del Sprint 4 del Sistema Web del Fundo Chusicani 2025.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la presente investigación se fundamentan en la comparación cuantitativa del proceso de adquisición y control de inventario de insumos agrícolas del Fundo Chusicani, evaluando el desempeño del proceso actual (AS-IS) frente al proceso rediseñado (TO-BE).

La comparación se realizó considerando los indicadores definidos en el marco metodológico: tiempo de adquisición, distancia recorrida, costo operativo y precisión del inventario.

5.1. Resultados

5.1.1. Comparación del Tiempo de Adquisición

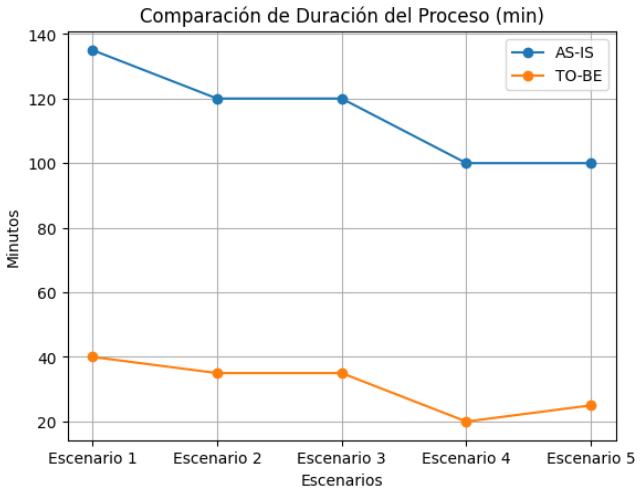
Como se observa en la figura 51, en el proceso actual el tiempo promedio requerido para completar una solicitud de insumos agrícolas varía entre 100 y 135 minutos, dependiendo del escenario analizado. Este tiempo incluye el desplazamiento al almacén, la verificación manual del stock, el traslado al proveedor y el retorno al terreno de cultivo.

Tras la implementación del proceso rediseñado, el tiempo promedio se redujo significativamente, oscilando entre 20 y 40 minutos. Esta mejora se debe principalmente a la eliminación de recorridos innecesarios, la consulta del inventario en tiempo real mediante el sistema web y la reorganización del flujo operativo, donde el técnico inicia el proceso y el administrador actúa únicamente cuando se detectan faltantes.

En promedio, el rediseño del proceso permitió una reducción del tiempo de adquisición superior al 65 %, evidenciando una mejora sustancial en la eficiencia operativa del fundo.

Figura 51

Comparación de Duración del Proceso (min)



Nota. Elaboración propia basada en el análisis realizado sobre los modelos AS-IS y TO-BE del Fundo Chusicani 2025.

5.1.2. Comparación de la Distancia Recorrida

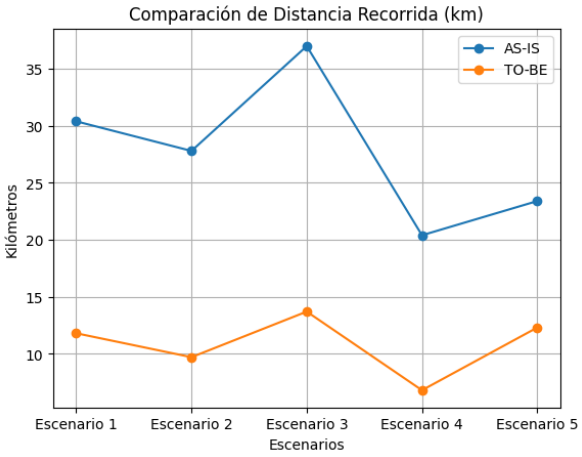
Como se observa en la figura 52 el administrador recorre entre 20,4 km y 37 km por solicitud de insumos, dependiendo del terreno de origen. Estas distancias se generan por la necesidad de desplazarse primero al almacén, luego al proveedor y finalmente al terreno agrícola.

Con el proceso rediseñado, la distancia recorrida se redujo considerablemente, registrándose valores entre 6,8 km y 13,7 km. Este resultado se explica por la centralización del punto de partida del administrador, el uso del sistema web para validar el inventario y la comunicación directa con el proveedor.

En términos generales, el proceso TO-BE logró una reducción promedio de la distancia recorrida de aproximadamente 55 %, lo que representa un impacto positivo tanto en la eficiencia logística como en la reducción del esfuerzo operativo.

Figura 52

Comparación de Distancia Recorrida (km)



Nota. Elaboración propia basada en el análisis realizado sobre los modelos AS-IS y TO-BE del Fundo Chusicani 2025.

5.1.3. Comparación del Costo Operativo

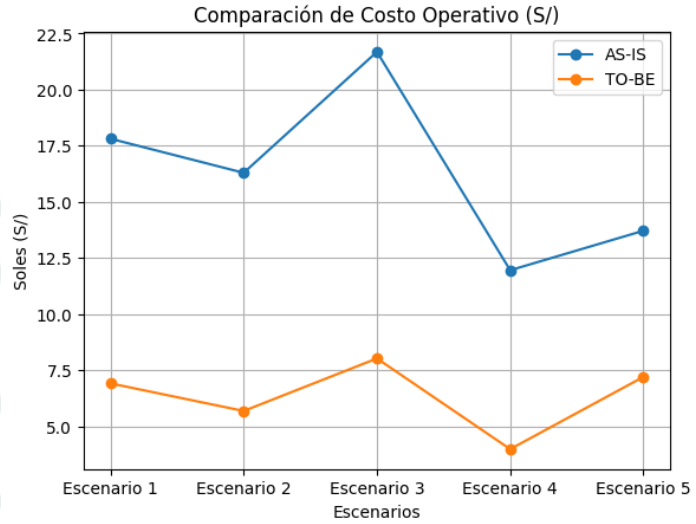
Como se observa en la figura 53 el costo operativo del proceso actual, calculado en función del consumo de combustible, varía entre S/ 11,95 y S/ 21,68 por solicitud, considerando el uso de una camioneta con un rendimiento de 27 km por galón y el precio del diésel vigente.

Tras la implementación del proceso rediseñado, el costo operativo se redujo significativamente, registrándose valores entre S/ 3,98 y S/ 8,02 por solicitud. Esta disminución está directamente relacionada con la reducción de distancias recorridas y tiempos de traslado.

En promedio, el proceso TO-BE permitió una reducción del costo operativo cercana al 60 %, generando un impacto económico positivo y contribuyendo a la sostenibilidad financiera del Fundo Chusicani.

Figura 53

Comparación de Costo Operativo (S/)



Nota. Elaboración propia basada en el análisis realizado sobre los modelos AS-IS y TO-BE del Fundo Chusicani 2025.

5.1.4. Comparación de la Precisión del Inventario.

Debido a que en la situación inicial el Fundo Chusicani carecía de un proceso formalmente definido para el control de inventario, no existía un registro estructurado, ya sea físico o digital, que permitiera medir una tasa de error previa. En el modelo AS-IS, el control del inventario se realizaba de manera empírica, sin trazabilidad ni mecanismos de verificación, lo que impedía la generación de información confiable.

A partir del rediseño del proceso bajo el enfoque BPM, utilizando BPMN para su modelado, se estableció un flujo estructurado que incorpora actividades específicas de registro, verificación y actualización del inventario, así como puntos de control definidos dentro del proceso. Esto permitió transformar un escenario caracterizado por la ausencia total de información en uno donde se dispone de datos en tiempo real.

En este sentido, la mejora no se limita a un indicador específico, sino a la capacidad de control generada por el nuevo proceso estructurado. El proceso pasó de un estado de incertidumbre operativa a un entorno controlado.

La implementación del sistema web permitió ejecutar y soportar este modelo, pero fue el rediseño del proceso bajo el enfoque BPM, modelado mediante BPMN, el que posibilitó la disponibilidad de información confiable, facilitando una planificación basada en datos reales y no en suposiciones.

Los resultados obtenidos permiten aceptar la Hipótesis Específica 1, ya que durante el análisis del proceso actual se identificaron deficiencias significativas en el flujo de adquisición y control de inventario agrícola, evidenciándose la ausencia de una estructura formal, registros centralizados y mecanismos de control que garanticen la disponibilidad de información confiable.

5.1.5. Usabilidad de la Propuesta.

Con el objetivo de validar el modelo de proceso propuesto, se realizaron pruebas de usabilidad con los usuarios del Fundo Chusicani, enfocadas en la ejecución real del flujo de trabajo definido en el modelo TO-BE.

A diferencia de una evaluación tradicional centrada únicamente en la interfaz del sistema, las pruebas de usabilidad en esta investigación se orientaron a verificar que los usuarios pudieran comprender, seguir y completar correctamente las actividades del proceso rediseñado.

Para ello, se plantearon escenarios de uso basados en las principales etapas del modelo rediseñado, tales como la solicitud de insumos, verificación de stock, registro de movimientos y actualización del inventario. Durante la ejecución de estas tareas, se evaluó la capacidad de los usuarios para interactuar con el sistema y seguir el flujo definido sin dificultad.

Asimismo, para garantizar la confiabilidad del instrumento utilizado en la medición de la usabilidad, se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach a los ítems de la escala de Likert, obteniéndose un valor de $\alpha = 0.87$. Este resultado indica una alta consistencia interna, al superar el umbral de 0.70 establecido en investigaciones sociales, lo cual confirma que los ítems del instrumento presentan coherencia y miden adecuadamente la variable de usabilidad.

Para una mejor interpretación de este resultado, en la Tabla 29 se presenta la escala de referencia del coeficiente Alfa de Cronbach.

Tabla 31

Interpretación del coeficiente Alfa de Cronbach

Rango del Alfa (α)	Nivel de confiabilidad
$\alpha \geq 0.90$	Excelente
$0.80 \leq \alpha < 0.90$	Buena
$0.70 \leq \alpha < 0.80$	Aceptable
$0.60 \leq \alpha < 0.70$	Cuestionable
$0.50 \leq \alpha < 0.60$	Pobre
$\alpha < 0.50$	Inaceptable

Nota. Adaptado de Hernández-Sampieri y Mendoza (2020).

De acuerdo con esta escala, el valor obtenido de $\alpha = 0.87$ se ubica en el nivel de confiabilidad “Buena”, lo que respalda la consistencia interna del instrumento aplicado.

En la Tabla 30 se presentan los resultados obtenidos de la encuesta de usabilidad aplicada a los usuarios del Fundo Chusicani, predominando respuestas en los niveles “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo” utilizando la escala de Likert de cinco niveles.

Tabla 32

Escala de Likert – Usabilidad

Ítem	1	2	3	4	5
El sistema es fácil de usar para realizar las actividades del proceso.				X	
La navegación dentro del sistema es clara y comprensible.					X
El sistema permite acceder rápidamente a la información en tiempo real.					X
Las opciones del sistema están organizadas de manera lógica.				X	
Es fácil aprender a utilizar el sistema sin necesidad de apoyo constante.				X	
Las actividades del sistema siguen un orden lógico.				X	
El sistema reduce el tiempo necesario para realizar las tareas.					X
El sistema evita realizar actividades innecesarias.					X
El sistema mejora la organización del trabajo.				X	
El sistema facilita el control del inventario.					X
El sistema cumple con mis necesidades para el proceso.				X	
Considero que el sistema mejora mi trabajo diario.				X	

Nota. Elaboración propia basada en las respuestas del usuario del Fundo Chusicani.

Los resultados evidencian una alta valoración en cuanto a la facilidad de uso, comprensión del flujo y eficiencia del proceso, lo cual confirma que el modelo BPMN propuesto presenta una estructura clara, lógica y comprensible para los usuarios.

Asimismo, la valoración positiva en los ítems relacionados con la reducción de tiempos, eliminación de actividades innecesarias y mejora en la organización del trabajo demuestra que las mejoras obtenidas se atribuyen directamente al rediseño del proceso bajo el enfoque BPM, utilizando BPMN para el modelado del flujo operativo, lo cual permitió optimizar la secuencia de actividades y establecer un proceso más eficiente.

En este sentido, las pruebas de usabilidad no solo validan la interacción con el sistema, sino que, respaldadas por el análisis de confiabilidad del instrumento, confirman que el proceso rediseñado bajo el enfoque BPM y modelado mediante BPMN es comprensible, aplicable y funcional en un entorno real, evidenciando el cumplimiento de los objetivos de eficiencia y control planteados en la investigación.

Los resultados permiten aceptar la Hipótesis Específica 3, puesto que la metodología Scrum facilitó el desarrollo e implementación de la aplicación web mediante entregas incrementales, permitiendo que la solución tecnológica se alineara con los requerimientos identificados durante el modelado y rediseño del proceso.

5.1.6. Satisfacción del Usuario

Se aplicó una escala de Likert de cinco niveles con el propósito de evaluar la percepción de los usuarios respecto a la ejecución del proceso de adquisición y control de inventario rediseñado bajo el enfoque BPM y modelado mediante BPMN, implementado a través del sistema web.

Asimismo, con el fin de garantizar la confiabilidad del instrumento utilizado para medir la satisfacción del usuario, se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach a los ítems de la escala, obteniéndose un valor de $\alpha = 0.89$. Este resultado evidencia una alta consistencia interna, al superar el umbral de 0.70 establecido en investigaciones sociales, lo cual confirma que los ítems del instrumento miden de manera adecuada la variable de satisfacción.

De acuerdo con esta escala, el valor obtenido de $\alpha = 0.89$ se ubica en el nivel de confiabilidad “Buena”, lo que respalda la consistencia interna del instrumento aplicado.

Los resultados evidenciaron una alta aceptación, predominando respuestas en los niveles “De acuerdo” y “Totalmente de acuerdo”, como se observa en la Tabla 31. Estos resultados no solo reflejan la satisfacción con el sistema, sino que validan que el modelo rediseñado presenta un flujo de trabajo claro, estructurado y comprensible para los usuarios.

Adicionalmente, los ítems relacionados con la reducción de errores, acceso a información en tiempo real y mejora en la organización del proceso evidencian que la optimización lograda se origina en el rediseño del proceso, el cual permitió establecer actividades definidas, puntos de control y una secuencia lógica de trabajo.

Tabla 33

Escala de Likert - Satisfacción del Usuario

Ítem	1	2	3	4	5
El sistema web facilita el control del inventario agrícola.				X	
La información del inventario es clara y fácil de entender.					X
El sistema permite acceder rápidamente a la información en tiempo real.					X
El uso del sistema ha reducido los errores en el registro de insumos.				X	
El sistema mejora la organización del proceso de adquisición de insumos.				X	
Me siento satisfecho con el funcionamiento general del sistema.					X
El sistema es fácil de usar (interfaz amigable).					X

Ítem	1	2	3	4	5
El sistema ayuda a tomar mejores decisiones en el manejo del inventario.				X	
El tiempo para realizar tareas se ha reducido gracias al sistema.					X
Recomendaría el uso del sistema a otros fundos agrícolas.				X	

Nota. Elaboración propia basada en las respuestas del usuario del Fundo Chusicani.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten aceptar la Hipótesis Específica 4, ya que la implementación del modelo BPM apoyado en una aplicación web mejoró la eficiencia del proceso de adquisición y control de inventario agrícola, evidenciándose reducciones en tiempo, distancia recorrida y costo operativo, además de una mejora en la disponibilidad de información, precisión del inventario y satisfacción de los usuarios.

5.1.7. Mejoras Logradas

En la Tabla 32 se presenta el resumen de las mejoras logradas del proyecto desarrollado.

Tabla 34

Resumen de las mejoras logradas con el proceso rediseñado

Aspecto evaluado	Mejoras logradas
Respecto al proceso de adquisición de insumos agrícolas	Se redujo el tiempo de adquisición de insumos al eliminar recorridos innecesarios entre el terreno, el almacén y el proveedor.
	Se sistematizo la verificación del stock mediante el sistema web, evitando validaciones manuales y retrasos en la toma de decisiones.
	Se reorganizó el flujo operativo, permitiendo que el técnico inicie el proceso y que el administrador intervenga solo cuando se detecta un faltante real.
Respecto al control de inventario	Con el proceso rediseñado se dispone de información centralizada y en tiempo real.
	Se eliminó el uso de registros manuales y hojas físicas para el control de insumos agrícolas.
	Se mejoró la trazabilidad de los insumos desde su adquisición hasta su uso en el terreno agrícola.
	Se redujeron errores de duplicidad y omisiones en el registro del stock disponible.

Aspecto evaluado	Mejoras logradas
Respecto a la gestión logística	Se disminuyeron las distancias recorridas por el administrador al optimizar los puntos de desplazamiento. Se optimizó la coordinación con los proveedores al contar con información precisa sobre los insumos requeridos. Se logró una logística más ordenada y eficiente en todos los escenarios evaluados.
Respecto al costo operativo	Se redujo el consumo de combustible como consecuencia de la disminución de recorridos. Se logró una reducción significativa del costo operativo por solicitud de insumos. Se optimizó el uso de recursos económicos asociados al proceso logístico. Se contribuyó a la sostenibilidad financiera del Fundo Chusicani.
Respecto a la Precisión del Inventario	Se logró una mejor precisión en el registro inicial y una actualización inmediata ante cada despacho, logrando que el stock virtual sea un reflejo fiel del stock físico por primera vez en la organización
Respecto a la toma de decisiones	Se facilitó la toma de decisiones mediante reportes claros y oportunos generados por el sistema. Se eliminó la dependencia de información empírica o no actualizada y mejoró la planificación de las actividades agrícolas al contar con datos confiables sobre disponibilidad de insumos.
Respecto al desarrollo de la aplicación web mediante Scrum	Se implementaron las funcionalidades definidas en el Product Backlog, permitiendo cubrir los requerimientos identificados durante el análisis y rediseño del proceso. Los resultados de usabilidad y satisfacción evidenciaron la aceptación de la aplicación web por parte de los usuarios finales, respaldando la efectividad de la metodología Scrum utilizada durante el desarrollo.

Nota. Elaboración propia basada en el análisis realizado sobre los modelos AS-IS y TO-BE del Fundo Chusicani 2025.

Los resultados obtenidos permiten aceptar la Hipótesis Específica 2, debido a que el rediseño del proceso mediante el enfoque BPM y su modelado utilizando BPMN permitió estructurar un flujo de trabajo más eficiente, eliminando actividades redundantes, optimizando la secuencia operativa y fortaleciendo el control del inventario agrícola.

5.2. Discusión

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian una mejora significativa en la eficiencia del proceso de adquisición y control de inventario agrícola, reflejada en la reducción de tiempos, costos operativos y mejora en la precisión del inventario.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Castañeda y Montañez (2023), quienes, mediante la aplicación de Scrum, lograron mejoras en la gestión agrícola a través de una plataforma digital. Asimismo, se relaciona con López (2019), quien demuestra que la aplicación de BPM permite optimizar procesos y reducir tiempos operativos mediante la sistematización.

De igual manera, los hallazgos son consistentes con Espinoza (2023), donde se evidenció que la implementación de una aplicación web bajo un enfoque ágil mejora la eficiencia operativa y la disponibilidad de información en tiempo real.

Sin embargo, a diferencia de los estudios mencionados, la presente investigación integra el enfoque BPM, utilizando BPMN para el modelado de procesos, con el desarrollo de una aplicación web en Oracle APEX, lo cual permite no solo rediseñar el proceso, sino también garantizar su ejecución sistematizada, aportando un enfoque más integral.

En este sentido, se confirma que la combinación del enfoque BPM, utilizando BPMN para el modelado de procesos, y metodologías ágiles como Scrum constituye una estrategia efectiva para la optimización de procesos en el sector agrícola.

5.3. Conclusiones

El modelado de procesos mediante BPMN permitió analizar de manera estructurada el proceso de adquisición y control de inventario agrícola del Fundo Chusicani, identificando deficiencias como actividades redundantes, falta de control del flujo operativo y ausencia de roles definidos.

El rediseño del proceso bajo el enfoque BPM, representado mediante el modelo BPMN TO-BE, permitió optimizar la secuencia de actividades, eliminar recorridos innecesarios y establecer un flujo de trabajo más eficiente, logrando una reducción significativa en los tiempos de adquisición, superior al 60%.

La mejora en la eficiencia operativa del proceso se debe principalmente al rediseño estructural realizado bajo el enfoque BPM y modelado mediante BPMN, el cual permitió transformar un proceso empírico en un proceso formal, estandarizado y orientado a resultados medibles.

Adicionalmente, el modelado BPMN facilitó la definición clara de responsabilidades mediante la asignación de roles, mejorando la coordinación entre los actores involucrados y reduciendo la dependencia de una sola persona en la toma de decisiones.

La reducción de la distancia recorrida y del costo operativo del proceso es consecuencia directa de la optimización del flujo de actividades definida durante el rediseño del proceso y representada en el modelo BPMN, evidenciando que la mejora no depende únicamente de la tecnología, sino del rediseño del proceso.

La aplicación web desarrollada en Oracle APEX actuó como herramienta de soporte para la sistematización del proceso rediseñado, permitiendo ejecutar de manera eficiente el modelo BPM propuesto y garantizar la disponibilidad de información en tiempo real.

En consecuencia, se confirma que el uso del enfoque BPM, utilizando BPMN como herramienta de modelado y análisis de procesos, constituye una estrategia eficaz para mejorar

la gestión de inventarios en el sector agrícola, aportando valor tanto en la optimización operativa como en la toma de decisiones.

5.4. Recomendaciones

En función del desarrollo, implementación y evaluación del sistema propuesto, se plantean las siguientes recomendaciones:

Se recomienda a la administración del Fundo Chusicani mantener un enfoque de mejora continua en los procesos operativos, bajo la metodología de Gestión por Procesos (BPM), con el objetivo de asegurar la eficiencia, calidad y sostenibilidad de las actividades agrícolas a lo largo del tiempo.

Se sugiere extender el proceso rediseñado de adquisición y control de inventarios a otros procesos relacionados con la gestión agrícola, tales como la planificación de labores, el control de insumos por campaña y la evaluación del consumo por terreno, con la finalidad de lograr una gestión integral y estandarizada.

Se recomienda continuar con el desarrollo y evolución de la aplicación web implementada, incorporando nuevas funcionalidades como reportes comparativos por campaña, alertas automáticas de stock mínimo y vencimiento de insumos, a fin de fortalecer el control y la toma de decisiones.

Se propuso integrar herramientas de análisis y visualización de datos que permitan evaluar tendencias, identificar patrones de consumo y analizar el comportamiento del inventario agrícola, contribuyendo a una planificación más precisa y a la optimización de los recursos disponibles.

Se recomienda capacitar de manera continua al personal involucrado en el proceso de adquisición y control de insumos agrícolas, con el propósito de garantizar el correcto uso del sistema, reducir errores operativos y asegurar la adopción efectiva de la solución tecnológica implementada.

REFERENCIAS

Agrozapiens. (2024). ¿Qué son los insumos agrícolas? Te lo explico al detalle. https://agrozapiens.com/que-son-los-insumos-agricolas-te-lo-explico-al-detalle/

Araujo Arce, J. I. (2023). Implementación de un sistema web para monitoreo de actividades de producción y comercialización de banano en la finca María #2 [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. Repositorio Institucional CIA. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/ARAUJO%20ARCE%20JOSUA%20IRVIN.pdf

Arteaga Untiveros, L., & Villarroel Núñez, E. J. (2023). Plataformas digitales y rentabilidad de agricultores del valle del Mantaro, Huancayo. Quipukamayoc, 31(66), 33–44. https://doi.org/10.15381/quipu.v31i66.26270

BASF. (2023). Gestión de insumos agrícolas y sus beneficios. https://agriculture.basf.com/ec/es/contenidos-de-agricultura/como-una-buena-gestion-de-los-insumos-agricolas-puede-generar-ma

BBVA. (2023). *¿Qué es la agricultura de precisión? La gestión digital del campo*. https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-agricultura-de-precision-la-gestion-digital-del-campo/

Castañeda, M. M., & Montañez, A. C. (2023). Implementación de una plataforma web para mejorar la gestión agrícola en una cooperativa agraria en la provincia de Tocache - Perú 2023 [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/

ComexPerú. (2022). Escasez de fertilizantes en el Perú: Amenaza para nuestra agricultura. https://www.comexperu.org.pe/articulo/escasez-de-fertilizantes-en-el-peru-amenaza-para-nuestra-agricultura

Delgado Delgado, J. A. (19 de mayo de 2022). Optimización del proceso de control y solicitud de materia prima en una empresa textil utilizando ORACLE y SCRUM [Tesis de

licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de la Universidad Católica de Santa María. https://hdl.handle.net/20.500.12920/11776

Diccionario usual del Poder Judicial. (2020). *Fundo agrario*. Poder Judicial de Costa Rica. https://diccionariousual.poder-judicial.go.cr/index.php/diccionario/39435:fundo-agrario

Espinoza Torres, A. D. (2023). Implementación de una aplicación web para la mejora de la gestión del inventario en una empresa de venta de suministros y repuestos [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú]. https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/10490

Fernández-Caramés, T. M., & Fraga-Lamas, P. (2021). Blockchain-Empowered Mobile Edge Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning for Smart Farming. En T. M. Fernández-Caramés & P. Fraga-Lamas (Eds.), Advances in the Convergence of Blockchain and Artificial Intelligence. IntechOpen. doi.org

FreshFruit. (2025). *La cebolla: Un mercado donde el Perú se está quedando atrás*. https://freshfruit.pe/2025/10/20/la-cebolla-un-mercado-donde-el-peru-se-esta-quedando-atras/

FreshPlaza. (2025). *Resumen del mercado global del ajo*. https://www.freshplaza.es/spain/article/9789416/resumen-del-mercado-global-del-ajo/

Gartner. (2025). Business Process Management (BPM). https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/business-process-managementbpm

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2020). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill.

López, J. (2019). Aplicación web basada en BPM para apoyar la gestión de pedidos [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. Repositorio Institucional USAT. https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2451.

Lopez-Torres, C., Herrera-Herrera, N., & Flores-Perez, A. (2025). Modelo de gestión de procesos basado en la aplicación de BPM y CRM para incrementar la productividad en una entidad financiera. Actas del Congreso Internacional de Ingeniería Industrial, (003). https://doi.org/10.26439/ciii2024.7783.

Medici, M., Pedersen, S. M., Canavari, M., Anken, T., Stamatelopoulos, P., Tsiropoulos, Z., Zotos, A., & Tohidloo, G. (2020). A web-tool for calculating the economic performance of precision agriculture technology. *Computers and Electronics in Agriculture, 181*, 105930. https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105930

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI]. (2024). *Nota técnica N.° 015: Alza de los precios del ajo por menores siembras y producción*. MIDAGRI-DGPA-DEE. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6827133/5063792-nota-tecnica-n-015-alza-de-los-precios-del-ajo-por-menores-siembras.pdf

Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. https://sdgs.un.org/2030agenda

Oracle. (2023). *Oracle application express (APEX)*. Oracle. https://apex.oracle.com/en/

Ortega Rojas, M. J., Parra Ortega, E. F., & Martínez Melo, O. D. (2023). Implementación de estrategias BPM y TIC en la cadena de manipulación y distribución de productos agrícolas para la disminución del impacto generado por la pandemia COVID-19 en los municipios de Pasto, Ipiales y Tumaco. Revista Politécnica, 19(38), 231-241. https://doi.org/10.33571/rpolitec.v19n38a15.

Osinergmin. (2025, febrero 13). Reporte diario de precios de combustibles líquidos – 13/02/2025. Gobierno del Perú.

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/7634391/6472679-reporte-diario-13-02-2025.pdf.

Ramos Ramos, G. Y. (25 de mayo de 2023). Optimización del proceso de seguimiento y control de materiales Core mediante la aplicación de inteligencia de negocios en una empresa minera en el Sur del Perú [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de la Universidad Católica de Santa María. https://doi.org/20.500.12920/12762 (repositorio.ucsm.edu.pe)

Ríos, L. (2022). ¿Qué es la metodología de cascada? Definición, fases, ventajas y desventajas. Pipedrive.

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2020). *The Scrum guide: The definitive guide to Scrum: The rules of the game*. Scrum.org. https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf

Serrano Gamarra, J. C. (3 de marzo de 2023). Optimización del proceso posventa en una empresa comercializadora de productos y servicios TI, aplicando técnicas de Process Mining para mejorar la eficiencia en la toma de decisiones [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de la Universidad Católica de Santa María. https://hdl.handle.net/20.500.12920/12407

Sommerville, I. (2020). *Software engineering* (10th ed.). Pearson. https://epage.pub/doc/software-engineering-9ed-354prljv4e

Sutherland, J., & Sutherland, J. J. (2014). *Scrum: The art of doing twice the work in half the time*. Crown Business. https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/9780784486368.013

Teixeira, A. R., Ferreira, J. V., & Ramos, A. L. (2024). Optimization of Business Processes Through BPM Methodology: A Case Study on Data Analysis and Performance Improvement. Information, 15(11), 724. https://doi.org/10.3390/info15110724.

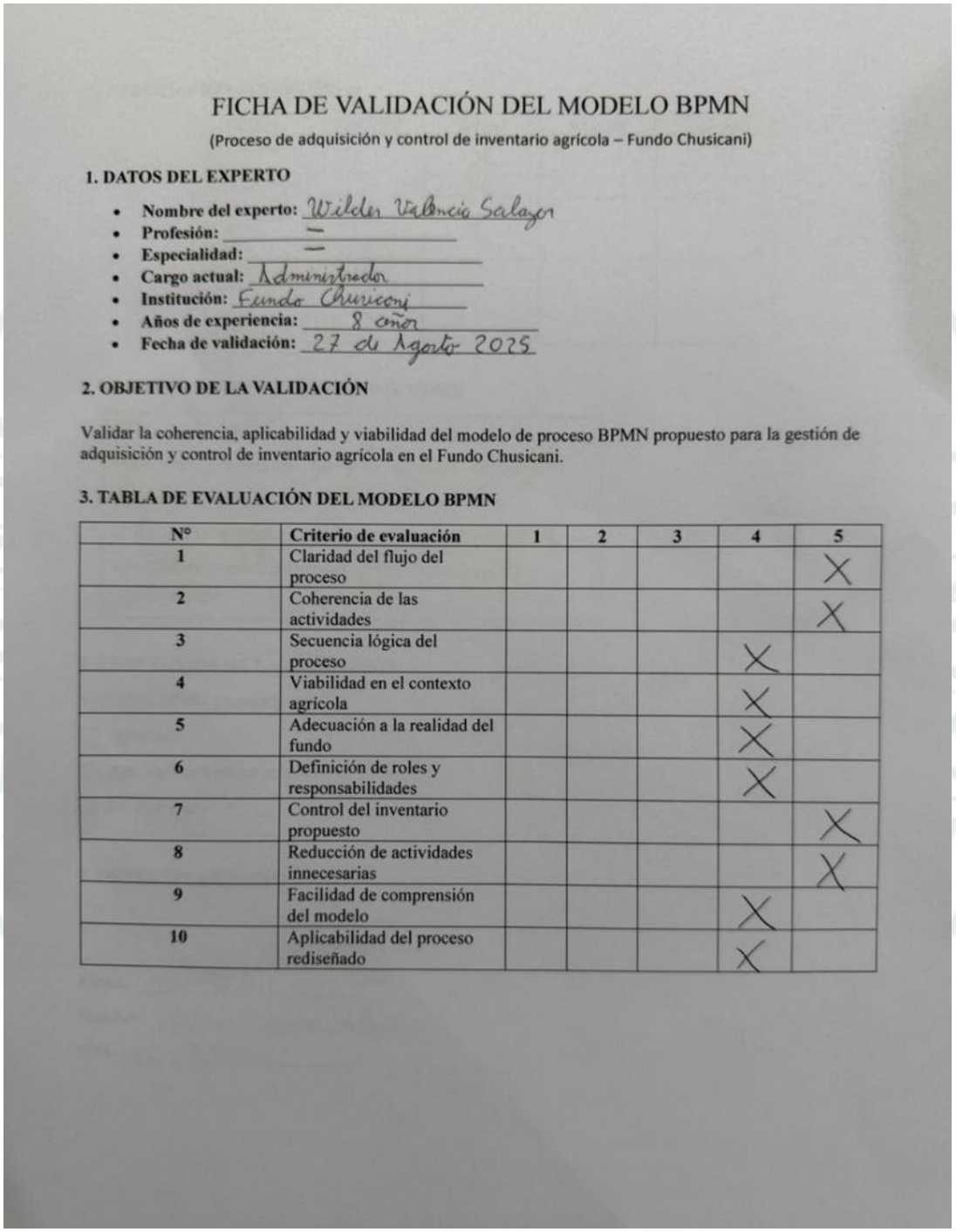
Valdivia Urquizo, V. Y. (2025). Desarrollo de un Ecommerce para la mejora del proceso de venta de productos de una pastelería de Arequipa [Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de la Universidad Católica de Santa María. https://hdl.handle.net/20.500.12920/15142

Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2020). Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural Systems, 153, 69-80. doi.org

ANEXOS

Anexo 1

Ficha de validación del Modelo BPMN



FICHA DE VALIDACIÓN DEL MODELO BPMN

(Proceso de adquisición y control de inventario agrícola – Fundo Chusicani)

1. DATOS DEL EXPERTO

- **Nombre del experto:** Wilder Valencia Salazar
- **Profesión:** —
- **Especialidad:** —
- **Cargo actual:** Administrador
- **Institución:** Fundo Chusicani
- **Años de experiencia:** 8 años
- **Fecha de validación:** 27 de Agosto 2025

2. OBJETIVO DE LA VALIDACIÓN

Validar la coherencia, aplicabilidad y viabilidad del modelo de proceso BPMN propuesto para la gestión de adquisición y control de inventario agrícola en el Fundo Chusicani.

3. TABLA DE EVALUACIÓN DEL MODELO BPMN

N°	Criterio de evaluación	1	2	3	4	5
1	Claridad del flujo del proceso					X
2	Coherencia de las actividades					X
3	Secuencia lógica del proceso				X	
4	Viabilidad en el contexto agrícola				X	
5	Adecuación a la realidad del fundo				X	
6	Definición de roles y responsabilidades				X	
7	Control del inventario propuesto					X
8	Reducción de actividades innecesarias					X
9	Facilidad de comprensión del modelo				X	
10	Aplicabilidad del proceso rediseñado				X	

4. APRECIACIÓN CUALITATIVA

Criterio	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
Diseño del proceso		X		
Aplicabilidad		X		
Claridad del modelo BPMN		X		
Mejora respecto al proceso actual	X			

5. OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES

El modelo presenta una mejora clara de la organización del proceso ya que permite identificar de mejor manera las actividades y roles.
Se sugiere se debe evaluar progresivamente la capacitación del personal para una correcta aplicación

6. CONCLUSIÓN DE LA VALIDACIÓN

El modelo BPMN propuesto es:

- ☐ Aprobado
- ☒ Aprobado con observaciones
- ☐ No Aprobado

7. FIRMA DEL EXPERTO

Firma: _____

Nombre: Wilder Valencia Salazar

DNI: 72034091