

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**Modelo Prolab: “Implementación de una Plataforma Digital para Mejora
en la Producción Arrocera, Mediante Imágenes Satelitales, Drones y
Sensores”**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS
QUE PRESENTA:**

Gloria Milagros Chalco Bejarano

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS
QUE PRESENTA:**

Fredy Álvarez Bejarano
André Jean Paul Lozada Postigo

ASESOR

Sergio Andrés López Orchard


Surco, Agosto 2024

Declaración Jurada de Autenticidad

Yo, Sergio Andrés López Orchard, docente del Departamento Académico de Posgrado en Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado **Modelo Prolab: “Implementación de una Plataforma Digital para Mejora en la Producción Arrocera, Mediante Imágenes Satelitales, Drones y Sensores”**, de los autores Fredy Álvarez Bejarano, DNI: 47679638, André Jean Paul Lozada Postigo, DNI: 40383949, y Gloria Milagros Chalco Bejarano, DNI: 43898682 dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 16%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 31/07/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 31 de Julio de 2024

López Orchard, Sergio Andrés	
DNI: 44560848	Firma
ORCID: 0000-0001-8455-4833	

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía, por su presencia constante y por darme la fortaleza necesaria para no desviar mi objetivo ante los obstáculos. A mi asesor de tesis, Sergio Andrés López Orchard, por su orientación, apoyo constante y valiosos consejos a lo largo de este trabajo. A mis docentes, por las enseñanzas que marcaron mi formación académica. Y a mi familia, por su compañía, aliento y apoyo incondicional para alcanzar este logro.

Gloria Milagros Chalco Bejarano

A mi madre, por su amor incondicional y su fuerza silenciosa, raíz de todo lo que hoy logro. A mi familia, maestros y mentores, por ser guía, apoyo e inspiración constante. Este título es también suyo: refleja su fe, sus enseñanzas y su amor en cada paso del camino.

Fredy Álvarez Bejarano

Expreso mi más sincero agradecimiento a mis padres, quienes han sido mi pilar, mi fortaleza y mi mayor fuente de inspiración. Su apoyo incondicional, amor y confianza me han impulsado a alcanzar cada meta con determinación. A mi hija, mi motor y razón de seguir creciendo, gracias por ser la luz que me guía en este camino de desarrollo profesional.

André Jean Paul Lozada Postigo

Dedicatoria

A mi madre, que desde el cielo acompaña este logro y siempre soñó con verme llegar hasta aquí. A mi hijo, para que sea de su conocimiento que nunca es tarde para alcanzar lo que uno desea, y que el esfuerzo siempre vale la pena.

A mi compañero de vida, por su aliento y constante apoyo; a mi cuñada, por estar a mi lado en este proceso. Y a mis hermanas, por creer en mí y motivarme a ser diferente.

Gloria Milagros Chalco Bejarano

A mi madre, cuyo amor incondicional ha sido mi fuerza y mi refugio. Por cada sacrificio callado, por cada palabra de aliento, por ser el motor que me impulsa a ser mejor persona y la razón por la que quiero ser un mejor hombre.

A mis maestros, quienes abrieron mis ojos a un mundo que me asombró y me enseñaron que el conocimiento no tiene límites. Este logro es, ante todo, suyo

Fredy Álvarez Bejarano

Dedico este trabajo a todas aquellas personas que, con su sabiduría, experiencia y ejemplo, han contribuido a mi formación y crecimiento. A quienes con sus enseñanzas han hecho de mí una persona con sueños, valores y con la capacidad de inspirar a otros.

André Jean Paul Lozada Postigo

Resumen Ejecutivo

La provincia de Castilla, ubicada en Arequipa, Perú, es un centro clave para la producción arrocerá debido a su clima cálido y semi húmedo, que permite el cultivo extensivo de arroz. En 2020-2021, la producción de arroz cáscara alcanzó 97,021 toneladas, con una superficie cultivada de 6,527 hectáreas. A pesar de desafíos como el fenómeno del Niño y plagas, las proyecciones para 2024 son optimistas, con una expectativa de 97,500 toneladas. La producción nacional de arroz ha crecido un 2.8% en los últimos 20 años, aunque sigue dependiendo de importaciones durante periodos de baja producción.

El proyecto "Implementación de una Plataforma Digital para Mejora en la Producción Arrocerá mediante Imágenes Satelitales, Drones y Sensores", con el nombre comercial Agro Exacta, busca transformar significativamente la agricultura arrocerá en Castilla inicialmente y posteriormente en Perú, mediante la adopción de tecnologías avanzadas. Estas incluyen el uso de imágenes satelitales, drones y sensores en el suelo para mejorar la eficiencia y calidad de la producción. La elección del Valle de Corire como punto inicial se debe a su importancia en la producción regional de arroz y su potencial para servir como modelo replicable en otras regiones. Esta iniciativa tiene el potencial de incrementar la productividad y reducir el impacto ambiental, sin embargo, también tiene obstáculos la posible resistencia a nuevas tecnologías por parte de los agricultores.

Desde una perspectiva financiera, el proyecto presenta una estructura sólida con un Valor Actual Neto Económico (VANE) de S/3,725,358 y un Valor Actual Neto Financiero (VANF) de S/3,445,083.79, además de tasas internas de retorno superiores al costo promedio ponderado del capital. Las Tasas Internas de Retorno Económica (TIRE) y Financiera (TIRF) son de 117.7% y 135.1%, respectivamente, lo cual es considerablemente superior al costo promedio ponderado del capital (WACC) del 19.8% y al K_e del 21.9%. A pesar del consumo energético anual proyectado y las emisiones de CO₂, los beneficios sociales del proyecto,

incluyendo la generación de empleo y un aumento significativo en la productividad agrícola, superan ampliamente estos costos, validando la viabilidad socioeconómica del proyecto y destacando sus impactos positivos en la comunidad y el medio ambiente - Valor Actual Neto Social (VANS) de S/ 99,827,534. El proyecto apunta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), 12 (Producción y consumo responsables) y 13 (Acción por el clima).



Tabla de Contenidos

Capítulo I – Definición del Problema.....	1
1.1. Contexto del Problema a Resolver.....	1
1.1.1. Antecedentes	1
1.1.2. Población afectada	2
1.1.3. Locación.....	3
1.2. Presentación del Problema a Resolver.....	3
1.2.1. Definición	3
1.2.2. Causas	4
1.3. Sustento de la Relevancia y Complejidad del Problema a Resolver	4
1.3.1. Datos	4
Capítulo II – Análisis del Mercado.....	6
2.1. Descripción del Mercado	6
2.1.1. Producción de Arroz:	6
2.1.2. Consumo de Arroz	8
2.2. Análisis Competitivo Detallado.....	9
2.2.1. Matriz <i>ERIC Blue Ocean Strategy</i>	9
2.2.2. Identificación de Competidores	9
2.2.3. Análisis competitivo para los principales competidores identificados	10
2.2.4. Comparación de Servicios	10
2.2.5. Estrategias competitivas.....	11
Capítulo III – Investigación del Usuario.....	13
3.1. Perfil del usuario	13
3.1.1. Características Sociodemográficas	13
3.1.2. Necesidades y Objetivos del Usuario	14

3.2.	Mapa de Experiencia del Usuario	15
3.3.	Identificación de las Necesidades	16
Capítulo IV – Diseño del Producto.....		17
4.1.	Concepción del Producto o Servicio.....	17
4.2.	Desarrollo de la Narrativa.....	23
4.3.	Carácter Innovador del Producto o Servicio.....	24
4.3.1.	Análisis de patentes.....	24
4.3.2.	Carácter innovador.....	24
4.4.	Propuesta de Valor.....	25
4.5.	Producto Mínimo Viable.....	28
Capítulo V – Modelo de negocio		30
5.1.	Lienzo del modelo de negocio – Flourishing Business CANVAS.....	30
5.2.	Viabilidad del modelo de negocio	31
5.2.1.	Mercado y Demanda.....	31
5.2.2.	Análisis Competitivo y Estratégico	35
5.2.3.	Innovación y Tecnología.....	36
5.2.4.	Sostenibilidad Ambiental:.....	36
5.2.5.	Propuesta de Valor y Diferenciación:.....	37
5.2.6.	Riesgos identificados	37
5.3.	Escalabilidad / exponencialidad y tracción del modelo de negocio.	38
5.3.1.	Tracción	38
5.4.	Sostenibilidad del modelo de negocio	39
Capítulo VI: Solución Deseable, Factible y Viable		40
6.1.	Validación de la Deseabilidad de la Solución.....	40
6.1.1.	Hipótesis para Validar la Deseabilidad de la Solución.....	40

6.1.2.	Experimentos Empleados para Validar la Deseabilidad de la Solución	40
6.2.	Validación de la factibilidad de la solución	43
6.2.1.	Definición del propósito, misión, visión, objetivos y estrategias del negocio.	43
6.2.2.	Plan de mercadeo	44
6.2.3.	Plan de operaciones.....	47
6.2.4.	Validación de la viabilidad de la solución	53
Capítulo VII: Solución Sostenible		64
7.1.	Relevancia social de la solución	64
7.2.	Rentabilidad social de la solución.....	66
Capítulo VIII: Decisión e implementación		69
8.1.	Plan de implementación y equipo de trabajo	69
8.2.	Conclusiones	72
8.3.	Recomendaciones	74
Lista de Referencias		75
Apéndices		79
Apéndice 1. Guía de entrevista		79
Apéndice 2. Depreciación de activos		80
Apéndice 3. Estructura de financiamiento (intereses y amortización)		81
Apéndice 4. Valor de recupero		82
Apéndice 5. Detalle de la inversión y planillas.....		83

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz ERIC</i>	9
Tabla 2 <i>Análisis competitivo</i>	10
Tabla 3 <i>Principales características sociodemográficas</i>	13
Tabla 4 <i>Necesidades identificadas</i>	16
Tabla 5 <i>Resumen de servicios</i>	18
Tabla 6 <i>Lienzo 6 x 6</i>	21
Tabla 7 <i>Matriz de costo impacto</i>	22
Tabla 8 <i>Demanda esperada</i>	31
Tabla 9 <i>Ingresos potenciales del proyecto (primera etapa)</i>	32
Tabla 10 <i>Precio ponderado esperado por cada agricultor interesado en los servicios de pago</i>	33
Tabla 11 <i>Ingresos potenciales del proyecto (etapa de expansión a nivel nacional)</i>	35
Tabla 12 <i>Precios por servicio</i>	47
Tabla 13 <i>Características de dron con capacidad para la toma de imágenes multiespectrales, especializado para agricultura de precisión</i>	49
Tabla 14 <i>Tiempo que toma cubrir una hectárea</i>	50
Tabla 15 <i>Detalle de actividades realizada durante la campaña con respecto al uso de drones</i>	50
Tabla 16 <i>Cantidad de vuelos por etapa de desarrollo del arroz</i>	51
Tabla 17 <i>Cantidad de vuelos de dron para el primer año de funcionamiento</i>	52
Tabla 18 <i>Desarrollo de la plataforma</i>	53
Tabla 19 <i>Inversión en oficina</i>	54
Tabla 20 <i>Inversión en activos (directamente asociados al servicio)</i>	54
Tabla 21 <i>Inversión para la expansión</i>	55
Tabla 22 <i>Gastos en planilla (primera etapa)</i>	56

Tabla 23 <i>Gastos administrativos y operativos</i>	57
Tabla 24 <i>Planilla proyectada por años</i>	57
Tabla 25 <i>Estructura de capital</i>	58
Tabla 26 <i>Costo de deuda</i>	59
Tabla 27 <i>Costo de patrimonio</i>	59
Tabla 28 <i>WACC</i>	60
Tabla 29 <i>Estructura de capital y financiamiento</i>	60
Tabla 30 <i>Módulo de IGV</i>	61
Tabla 31 <i>Flujo de caja proyectado y evaluación económico- financiera</i>	63
Tabla 32 <i>ODS y metas del proyecto</i>	65
Tabla 33 <i>Acciones e impactos</i>	65
Tabla 34 <i>Gasto energético para la ejecución del proyecto</i>	66
Tabla 35 <i>Proyección de gasto energético</i>	67
Tabla 36 <i>Precio social por gastos energéticos</i>	67
Tabla 37 <i>Evaluación social del proyecto</i>	68
Tabla 38 <i>Cronograma de implementación</i>	71
Tabla 39 <i>Depreciación</i>	80
Tabla 40 <i>Servicio de deuda</i>	81
Tabla 41 <i>Valor de recupero</i>	82
Tabla 42 <i>Detalle de la inversión</i>	83
Tabla 43 <i>Detalle de la planilla</i>	84

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Superficie Sembrado y Cosechada de Arroz (Hectáreas), 2018-2022</i>	6
Figura 2 <i>Precios Promedio de Arroz Cáscara en Chacra, ENE 2018-FEB 2023</i>	7
Figura 3 <i>Mapa de la experiencia del usuario</i>	15
Figura 4 <i>Diferencia de toma aérea de un área agrícola (imagen satelital e imagen de dron)</i>	20
Figura 5 <i>Media de impacto</i>	23
Figura 6 <i>Lienzo de propuesta de valor</i>	26
Figura 7 <i>Lienzo Canvas</i>	27
Figura 8 <i>Interfaz informativa para el cliente</i>	28
Figura 9 <i>Ejemplo de información del servicio básico</i>	29
Figura 10 <i>Ejemplo de información de los servicios premium</i>	29
Figura 11 <i>Lienzo Flourishing CANVAS</i>	30
Figura 12 <i>Cantidad de agricultores encuestados interesados</i>	42
Figura 13 <i>Imagen referencial del Dron Phantom 4 - Multiespectral</i>	48

Capítulo I – Definición del Problema

1.1. Contexto del Problema a Resolver

1.1.1. Antecedentes

La provincia de Castilla se encuentra ubicada en el departamento de Arequipa, en la zona sur del Perú. Cuenta con un clima cálido y semi húmedo durante la mayor parte del año, lo que permite el cultivo de arroz en la zona, siendo uno de los principales productos agrícolas de la región. De acuerdo con estadísticas del Ministerio de Agricultura y Riego [MIDAGRI, 2022], en el 2020 - 2021 se registró una producción de arroz cáscara de 97,021 toneladas en la provincia de Castilla, principal centro productivo arrocero de Arequipa. La superficie cultivada de arroz fue de 6,527 hectáreas. Con respecto a las proyecciones para el 2024, los productores esperan obtener 97,500 toneladas (6500 hectáreas – 15 toneladas por cada una) a pesar de los retos como el fenómeno del Niño y plagas (AgroPerú, 2024).

En relación con la producción nacional, la producción arrocera ha experimentado un crecimiento histórico de 2.8% en los últimos 20 años, y se proyecta una producción anual en el Perú de 2.18 toneladas de arroz pilado. No obstante, debido a la estacionalidad del cultivo, especialmente en la costa, y a la naturaleza de la economía abierta del Perú, se realizan importaciones de arroz pilado en momentos de baja producción nacional (Ministerio de Agricultura y Riego, 2020). Además, de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI] (2022), el incremento en la producción nacional se debe, entre otros motivos, al incremento en la superficie de cultivo en departamentos principales como La Libertad, Lambayeque, Cajamarca y San Martín.

Con respecto al lugar donde se planea iniciar el presente proyecto, de acuerdo con L. Salinas (comunicación personal, 5 de diciembre de 2023), la producción en esta zona suele emplear técnicas anticuadas y la gestión de información es deficiente, lo que implica un atraso notable con respecto a uso de tecnologías propias de la agricultura 4.0. A partir de esto, el

proyecto busca mejorar significativamente a la industria arrocera mediante el desarrollo de una plataforma digital avanzada, destinada a agricultores, marcando un hito en la adopción de la agricultura 4.0. Con el objetivo de optimizar la eficiencia y calidad en la producción del arroz, se propone la implementación de tecnologías de vanguardia, como el uso integrado de imágenes satelitales, drones y sensores en el suelo agrícola. Estas herramientas permitirán un monitoreo preciso de aspectos críticos como la salud del cultivo, rendimientos y condiciones de humedad, lo que permitirá reducir el uso de agua, pesticidas y hacer más eficiente el empleo de fertilizantes. Todo ello, apoyado en analítica predictiva y aprendizaje automático, de modo que brinde información precisa y especializada, de modo que se refleje en un notable incremento en la productividad para los agricultores.

1.1.2. Población afectada

El proyecto propuesto se enfoca inicialmente en los productores de arroz de la provincia de Castilla, Arequipa, donde, de acuerdo con el Censo Nacional Agropecuario del (Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2022), existen 4,382 productores agropecuarios, siendo el 35% de ellos dedicados al cultivo de arroz. Esta iniciativa no solo promete agregar valor a la producción arrocera local, enfrentando problemas como los bajos niveles de productividad, sino también generar empleo y dinamizar la economía en la provincia. Beneficiando directamente a los agricultores y, de manera indirecta, a toda la comunidad por el aumento de actividad económica. Cabe precisar que este proyecto no solamente se limita a la zona inicial, pues tiene el potencial de expandirse gradualmente a otras zonas arroceras del Perú e incluso con el tiempo, se contempla la posibilidad de extender los servicios a otros cultivos, tras consolidar la especialización en el sector arrocero, lo que ampliaría aún más el impacto positivo sobre los productores a nivel nacional.

1.1.3. Locación

Inicialmente, el proyecto se situará en Arequipa, específicamente dentro de la provincia de Castilla, cercano a las principales zonas de cultivo de arroz, aprovechando la estratégica ubicación para el inicio de sus operaciones, dado que se trata de uno de los principales centros productores de arroz del Perú. Sin embargo, dada la naturaleza expansiva del proyecto, se anticipa que su alcance variará y se extenderá hacia las principales regiones arroceras del Perú, incluyendo La Libertad, Cajamarca, San Martín, entre otras. Esta expansión permitirá adaptar y aplicar las soluciones tecnológicas desarrolladas a una gama más amplia de contextos productivos, abordando las necesidades específicas de diferentes zonas arroceras y contribuyendo a la modernización y mejora continua del sector agrícola a nivel nacional.

1.2. Presentación del Problema a Resolver

Varios de los siguientes puntos presentados surgen de comunicaciones personales con personas que ocupan cargos directivos en importantes molineras de la zona, como Molino La Ponderosa, Molino Mirko y Molino Edu, quienes brindaron información sobre principales aspectos de la industria arroceras, ya que tienen contacto directo y continuo con los productores arroceros de la zona, quienes son el mercado principal para el presente proyecto.

1.2.1. Definición

De acuerdo con las entrevistas realizadas a cinco agricultores productores de arroz (Apéndice 1), se concluye que los problemas principalmente son: (1) pérdidas económicas y una disminución en la calidad del producto debido a problemas relacionados con la producción, como el alto porcentaje de quebrado (alrededor de 30%), a causa de exceso de humedad, entre otros factores de producción (2) falta de uso de tecnologías modernas, especialmente con respecto a la disponibilidad de información importante para la mejora de los cultivos.

1.2.2. Causas

La principal causa es la falta de adopción de tecnologías modernas y la escasez de información pertinente sobre el cultivo, que contribuyen a dificultades en la producción. Esta situación se ve agravada por la inaccesibilidad a datos que podrían mejorar el manejo de los cultivos, como los que se esperan obtener a través de imágenes satelitales y drones, enfatizando la necesidad de métodos modernos de producción que integren tecnologías avanzadas para optimizar el rendimiento y la calidad del arroz.

Falta de acceso a alternativas tecnológicas avanzadas, importantes para la implementación de la Agricultura 4.0. A pesar de los avances tecnológicos en el sector agrícola, muchos agricultores enfrentan barreras significativas para acceder a estas herramientas. La disponibilidad limitada de soluciones tecnológicas asequibles y adaptadas a las condiciones locales impide que los agricultores aprovechen tecnologías como la automatización de procesos, sistemas de gestión integrados y análisis de datos en tiempo real.

1.3. Sustento de la Relevancia y Complejidad del Problema a Resolver

1.3.1. Datos

De acuerdo con datos del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) en 2022, la provincia de Castilla produce anualmente 97,021 toneladas métricas de arroz cáscara y cuenta con 6,527 hectáreas cultivadas. Existen 4,382 productores agropecuarios en la región, de los cuales aproximadamente 1,533 (35%) se dedican al cultivo de arroz. Para la campaña 2023/2024, se espera una producción nacional de 2.5 millones de toneladas de arroz.

Este proyecto busca agregar valor a los 1533 agricultores arroceros de Arequipa inicialmente, implementando técnicas modernas como el análisis avanzado mediante imágenes satelitales y el uso de drones. Estas herramientas ofrecen datos precisos para optimizar las condiciones de cultivo y el momento de la cosecha, reduciendo los niveles de humedad que

afectan el secado y el rendimiento final del arroz. El Banco Interamericano de Desarrollo (2017) indica que, con la agricultura de precisión, los cereales pueden aumentar su producción hasta en un 29%, mejorando además su calidad. Esto, a su vez, incrementa la competitividad de los productores al aumentar la producción.

En cuanto a las consecuencias, se espera que la implementación de estas tecnologías mejore los ingresos de los pequeños y medianos agricultores, desarrolle la economía local y provincial, y mejore el acceso a arroz de mayor calidad en la macro región sur. Además, se reducirá el impacto ambiental gracias al uso más eficiente de pesticidas, fertilizantes y agua, facilitado por la tecnología de imágenes satelitales, drones y sensores en tierra.

Sin embargo, también podrían surgir externalidades tales como un cambio en las preferencias de los consumidores hacia otros tipos de cereales, lo que disminuiría la demanda de arroz. Asimismo, podrían aparecer nuevos competidores con tecnologías más eficientes, enfrentarse a inestabilidad social o política que interrumpa las actividades, sufrir variaciones climáticas extremas que impacten el cultivo de arroz y complicar la aplicación de imágenes satelitales, y observar falta de interés de los agricultores para adoptar nuevas tecnologías.

El proyecto aborda directamente varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos por Naciones Unidas (2015). Primordialmente, se enfoca en el ODS 2: Hambre cero, mediante la mejora de la productividad y la producción agrícola sostenible. También contribuye al ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, a través de la implementación de tecnologías innovadoras en el sector agrícola. Adicionalmente, al promover prácticas agrícolas más eficientes que optimizan el uso de recursos naturales, el proyecto apoya el ODS 12: Producción y consumo responsables. Por último, con la mejora en la gestión de pesticidas y fertilizantes, se alinea con el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, contribuyendo a la sostenibilidad medioambiental y el uso eficiente de los recursos hídricos.

Capítulo II – Análisis del Mercado

2.1. Descripción del Mercado

Se selecciona el Valle de Corire, ubicado en la provincia de Castilla, región de Arequipa, como el punto de inicio geográfico para el despliegue de la plataforma digital. Este valle, en conjunto con el Valle de Camaná y otros adyacentes, se destaca como una zona crítica en la producción arrocera, crucial para el abastecimiento tanto de la región de Arequipa como de la macro región sur del Perú (Agro Perú, 2024).

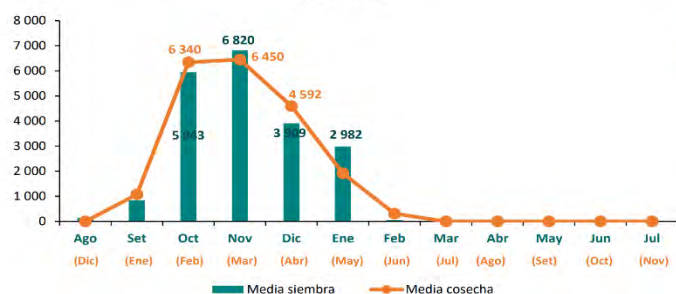
La elección de esta ubicación responde a su importancia en el suministro de arroz, un componente vital para la seguridad alimentaria y la economía local. La iniciativa busca demostrar el impacto positivo de la incorporación de soluciones tecnológicas avanzadas en la cadena de valor arrocera, en concreto en la producción agrícola. Desde Arequipa, como punto de inicio, se pretende que el proyecto sirva como modelo replicable y escalable, con el objetivo de expandirse progresivamente hacia otras áreas productoras fundamentales en el Perú, ampliando así su impacto y beneficiando a una mayor proporción de la cadena de valor agrícola.

2.1.1. Producción de Arroz:

Figura 1

Superficie Sembrado y Cosechada de Arroz (Hectáreas), 2018-2022

AREQUIPA: PROM. SUPERFICIE SEMBRADA Y COSECHADA DE ARROZ CÁSCARA, 2018-2022 (Hectáreas)



AREQUIPA: COEFICIENTES ESTACIONALES DE ARROZ CÁSCARA, 2018-2022

Campaña agrícola	Superficie sembrada	Año calendario (Cosecha)	Superficie cosechada
Ago	0,1	dic	0,0
Set	4,1	ene.	0,0
Oct	29,0	feb.	5,2
Nov	33,2	mar.	30,9
Dic	19,0	abr.	31,5
Ene	14,6	may.	22,4
Feb	0,0	jun.	9,3
Mar	0,0	jul.	0,6
Abr	0,0	ago.	0,0
May	0,0	set.	0,0
Jun	0,0	oct.	0,0
Jul	0,0	nov.	0,0
TOTAL	100,0	TOTAL	100,0

Nota. Tomado de “Observatorio: siembras y perspectivas de la Producción”, por MIDAGRI, 2022

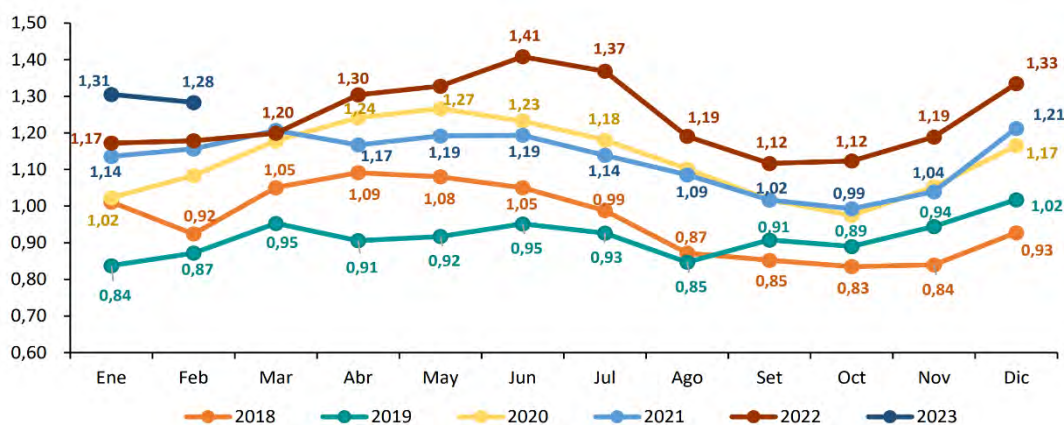
(<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4785923/Observatorio%20de%20siembras%20y%20perspectiv>)

as%20de%20producci%C3%B3n%3A%20Arroz.pdf?v=1688167719#:~:text=Al%20a%C3%B1o%202021%2C%20dicha%20superficie,productores%20dedicados%20a%20dicho%20cultivo.)

La Figura 1 presenta datos relacionados con el cultivo de arroz cáscara en Arequipa entre los años 2018-2022. Los meses de mayor siembra y cosecha son octubre y noviembre, alcanzando su punto máximo en noviembre con aproximadamente 6820 hectáreas sembradas y una cosecha que coincide en volumen con la siembra. A partir de diciembre, tanto la siembra como la cosecha disminuyen progresivamente, siendo mínimas de febrero a julio. Por su parte, en diciembre se siembra el 0,1% y no se cosecha nada, mientras que en marzo se cosecha el 30,9% sin sembrar nada nuevo en ese mes. Esto refleja un patrón estacional en el cultivo de arroz en Arequipa, con periodos de alta actividad seguidos por periodos de inactividad o actividad mínima.

Figura 2

Precios Promedio de Arroz Cáscara en Chacra, ENE 2018-FEB 2023



Nota. Tomado de “Observatorio: siembras y perspectivas de la Producción”, por MIDAGRI, 2022

(<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4785923/Observatorio%20de%20siembras%20y%20perspectivas%20de%20producci%C3%B3n%3A%20Arroz.pdf?v=1688167719#:~:text=Al%20a%C3%B1o%202021%2C%20dicha%20superficie,productores%20dedicados%20a%20dicho%20cultivo.>)

Como se aprecia en la Figura 2, los precios promedio del arroz cáscara en chacra han experimentado variaciones a lo largo de los años, oscilando entre aproximadamente 0.84 y 1.41 soles por kg. Hubo un aumento notable en los precios alrededor del inicio de 2020, seguido de una disminución y luego una recuperación gradual. A finales de 2022 y principios de 2023, los precios parecen estar en una tendencia a la baja. Es importante mencionar que, aunque los

precios fluctúan, no parecen haber caído por debajo de un cierto umbral, lo que indica posiblemente un precio base o mínimo aceptable para los productores.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2019) Cajamarca, Arequipa, y La Libertad son los departamentos líderes en este sector, aportando el 69.4% de la producción nacional.

Dentro de la agricultura de subsistencia en Perú, los productores de arroz se encuentran entre los más afectados por el desabastecimiento mundial de fertilizantes. El 84% de la superficie cosechada de arroz depende exclusivamente de fertilizantes para mejorar el rendimiento de la tierra, lo que resalta su vulnerabilidad frente al incremento en el precio de estos insumos (Fondo Nacional de Arroz, 2019). Además, factores como la disponibilidad de agua y la calidad de la tierra son importantes para determinar la capacidad de resistencia del cultivo de arroz a la ausencia de fertilizantes.

2.1.2. Consumo de Arroz

Actualmente, el suministro de arroz en la región se sostiene principalmente gracias a la producción de los valles locales en el sur, aunque también se ha identificado un flujo de arroz procedente de la selva, que representa uno de los principales centros de producción a nivel nacional (MIDAGRI, 2018).

De acuerdo con lo señalado por MIDAGRI (2023), el arroz es uno de los productos más importantes dentro de la canasta básica familiar de los peruanos. El consumo per cápita de arroz pilado en el Perú ha ido en aumento con el paso de los años. En el 2000, el consumo por persona era de 42 kilos al año. Este volumen se ha incrementado progresivamente, alcanzando en la actualidad un volumen aproximado de 61 kilos por persona al año (2022), siendo el más alto entre los países de América Latina.

2.2. Análisis Competitivo Detallado

2.2.1. Matriz *ERIC Blue Ocean Strategy*

Tabla 1

Matriz ERIC

Eliminar	Reducir
Dependencia en prácticas agrícolas tradicionales que no utilizan datos precisos para la toma de decisiones.	Uso excesivo de recursos como agua y fertilizantes, minimizando el desperdicio.
Barreras para el acceso a tecnología avanzada debido a altos costos o falta de conocimiento.	Impacto ambiental de la agricultura mediante la aplicación precisa de pesticidas y fertilizantes.
Incrementar	Crear
Adopción de tecnologías avanzadas (imágenes satelitales, drones, sensores de campo) entre los productores de arroz.	Nuevas oportunidades de negocio para agricultores mediante la venta de cultivos de mayor calidad y mayor rendimiento.
Conciencia y conocimientos sobre gestión de cultivos basada en datos precisos y análisis detallado para optimizar la productividad y eficiencia.	Servicios personalizados de asesoramiento y monitoreo que se ajusten a las condiciones específicas de cada agricultor, mejorando el manejo de cultivos y reduciendo riesgos.

2.2.2. Identificación de Competidores

- Telemática: Proporciona imágenes satelitales diarias para el monitoreo agrícola, facilitando la toma de decisiones informadas con acceso a datos histórico (Telemática, 2024).
- SGS: Mejora la productividad y eficiencia en el uso de recursos en la agricultura mediante servicios de agricultura de precisión, incluyendo mapeo satelital y análisis de suelos (SGS, 2024).
- Agros Tech: Introduce soluciones digitales para el sector rural, como identidad digital para productores, plataformas de gestión para organizaciones y aplicaciones móviles para la recolección de datos en el campo (Agros Tech, 2024).

2.2.3. Análisis competitivo para los principales competidores identificados

Tabla 2

Análisis competitivo

Empresa	Ventajas	Debilidades
John Deere	Amplia gama de maquinaria agrícola de última generación con tecnología integrada para optimización de cultivos. Fuerte presencia de marca y confiabilidad en el mercado.	Sus soluciones pueden ser generalizadas y no enfocadas en cultivos específicos como el arroz, lo que puede no satisfacer necesidades particulares de optimización y manejo.
Telemática	Capacidad de proporcionar imágenes satelitales diarias, ofreciendo una visión detallada y actualizada de las condiciones de los cultivos. Acceso a un archivo histórico extenso para análisis de tendencias.	Aunque ofrece datos valiosos, puede no centrarse en soluciones específicas para el cultivo de arroz ni proporcionar asesoramiento personalizado en la implementación de tecnologías en el campo.
SGS	Servicios especializados en agricultura de precisión que pueden mejorar significativamente la eficiencia del uso de recursos y la productividad de los cultivos. Experiencia y credibilidad en análisis y certificaciones.	Sus servicios, aunque avanzados, pueden no estar diseñados a medida para cultivos específicos como el arroz, y la implementación de sus soluciones podría no integrarse totalmente con las necesidades operativas y logísticas de los agricultores de arroz.
Agros Tech	Ofrece soluciones digitales adaptadas a las necesidades del sector rural, incluyendo identidad digital y plataformas de gestión, lo que facilita el acceso a servicios financieros y de mercado.	A pesar de su enfoque en soluciones a medida, puede que no tenga un enfoque tan especializado en el cultivo de arroz o en la integración de tecnologías avanzadas específicas para mejorar la producción y procesamiento del mismo.

Nota. Realizado a partir de la información publicada por Agros Tech (2024), John Deere (2024), Telemática (2024) y SGS (2024).

2.2.4. Comparación de Servicios

El proyecto propuesto se distingue en el mercado de soluciones tecnológicas para la agricultura en Perú por su enfoque altamente especializado en el cultivo de arroz, en contraste con competidores como John Deere, Planet, SGS y agros Tech, que ofrecen soluciones más generalizadas y no específicas para cultivos determinados. Mientras que John Deere se centra en maquinaria agrícola avanzada y Planet en el monitoreo mediante imágenes satelitales sin un

enfoque particular en el arroz, SGS ofrece servicios de agricultura de precisión que, aunque valiosos, no están personalizados para las necesidades específicas del cultivo de arroz. Agros Tech, por su parte, proporciona soluciones digitales adaptadas, pero sin centrarse en la mejora específica de la producción y procesamiento del arroz. En contraste, este proyecto pretende integrar tecnologías avanzadas, como imágenes satelitales y drones, de manera específica para mejorar la producción, la eficiencia y la calidad del arroz, ofreciendo soluciones personalizadas que maximizan el valor para los agricultores involucrados en la cadena de valor del arroz.

2.2.5. Estrategias competitivas

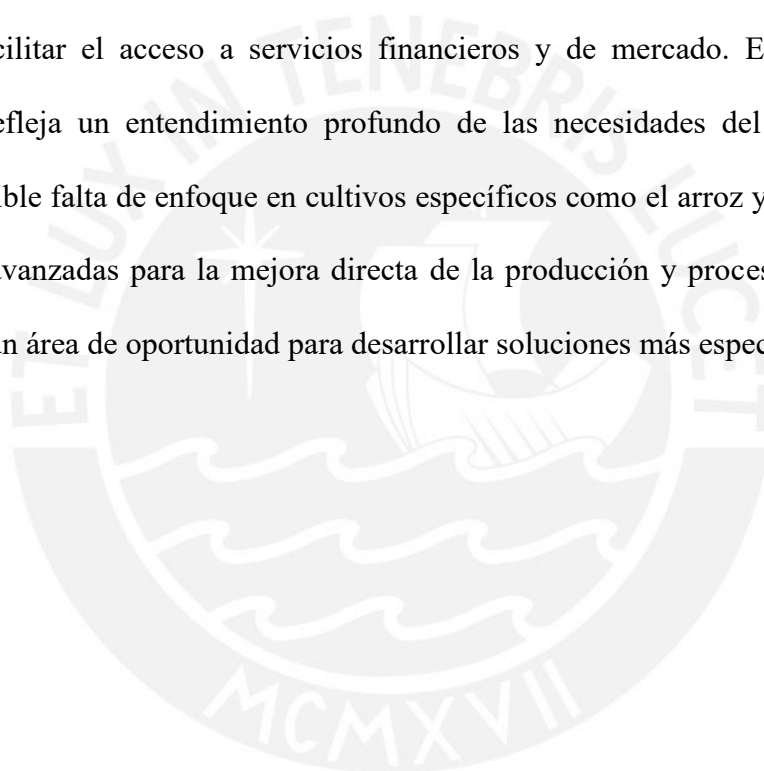
John Deere: implementa una estrategia competitiva basada en la innovación tecnológica y la robustez de su maquinaria agrícola, ofreciendo una amplia gama de equipos con tecnología integrada para la optimización de diversos cultivos. Su fuerte presencia de marca y la confiabilidad percibida por el mercado fortalecen su posición competitiva. Sin embargo, la estrategia generalista de John Deere en cuanto a soluciones podría limitar su capacidad para satisfacer necesidades específicas de cultivos como el arroz, lo que abre oportunidades para soluciones más personalizadas.

Telemática adopta una estrategia competitiva centrada en la innovación a través del monitoreo global con imágenes satelitales, proporcionando datos actualizados diariamente para una gestión agrícola informada. Su capacidad para ofrecer acceso a un archivo histórico amplio para análisis de tendencias posiciona a Planet como líder en el monitoreo de cambios globales. No obstante, su enfoque amplio puede no satisfacer completamente las necesidades de cultivos específicos como el arroz, lo que destaca la importancia de soluciones personalizadas en este segmento.

Estrategias Competitivas de SGS: se enfoca en una estrategia de especialización en servicios de agricultura de precisión, utilizando su experiencia y credibilidad en análisis y

certificaciones para mejorar la eficiencia en el uso de recursos y la productividad de los cultivos. Aunque ofrece soluciones avanzadas, la falta de personalización para cultivos específicos como el arroz puede representar una debilidad en su estrategia, subrayando la necesidad de integrar sus servicios con soluciones más enfocadas y adaptadas a las necesidades particulares de los agricultores de arroz.

Agros Tech se distingue por su estrategia de ofrecer soluciones digitales específicamente diseñadas para el sector rural, incluyendo identidad digital y plataformas de gestión para facilitar el acceso a servicios financieros y de mercado. Esta aproximación personalizada refleja un entendimiento profundo de las necesidades del sector rural. No obstante, su posible falta de enfoque en cultivos específicos como el arroz y en la integración de tecnologías avanzadas para la mejora directa de la producción y procesamiento de estos cultivos señala un área de oportunidad para desarrollar soluciones más especializadas.



Capítulo III – Investigación del Usuario

3.1. Perfil del usuario

Son productores de arroz que desarrollan la actividad agrícola en el Valle de Majes en la provincia de Castilla del departamento de Arequipa. Este es el usuario base, pues se planea iniciar el proyecto en esta zona.

3.1.1. Características Sociodemográficas

Según el conocimiento propio de los autores del presente documento, quienes se desempeñan en el sector y lo indicado por especialistas: L. Salinas, M. Riega y E. Reynoso (comunicaciones personales, 5 de diciembre), se ha determinado las características sociodemográficas de los potenciales usuarios. En la siguiente tabla se presenta una síntesis de estas características.

Tabla 3

Principales características sociodemográficas

Característica	Descripción
Edad	Los productores tienen predominantemente entre 30 a 65 años, siendo adultos y jefes de familia a cargo de las labores agrícolas.
Sexo	Mayormente las personas dedicadas a esta actividad han sido de género masculino, pero en los últimos años se ve una creciente participación de mujeres en labores de cultivo y cosecha.
Nacionalidad	Son predominantemente peruanos nacidos en la región Arequipa. Algunos provienen de familias que migraron de otros departamentos.
Profesión/Empleo	Se dedican a la agricultura como actividad y empleo principal. Algunos complementan con otras labores o microempresas familiares de comercio y servicios.
Nivel Educativo	El nivel alcanzado es primaria completa o secundaria incompleta en la mayoría de los casos. Los más jóvenes acceden a niveles de educación secundaria completa y superior técnica.
Ingresos	Sus ingresos familiares dependen mayormente de lo que obtienen por la venta de arroz, complementado por otros cultivos menores. Se ubican principalmente en niveles socioeconómicos C y D.
Organización	Algunos pertenecen a asociaciones locales de productores de arroz. Otros operan de forma independiente.
Acceso a tecnología	Cuenta con telefonía móvil básica, aunque la penetración de smartphones va en aumento (CEPLAN, 2023).
Uso de tecnologías en cultivos	El uso de tecnologías en los cultivos aún es limitado.

3.1.2. Necesidades y Objetivos del Usuario

Necesidades:

- Optimización en el uso de recursos (agua, fertilizantes).
- Mejora en la productividad y calidad del cultivo.
- Acceso a tecnologías avanzadas de monitoreo y gestión.
- Detección temprana y manejo eficiente de plagas y enfermedades.





Objetivos:

- Reducir costos operativos y minimizar impacto ambiental.
- Incrementar los rendimientos y la calidad del arroz producido.
- Facilitar la adopción de drones, imágenes satelitales y sensores de campo.
- Mejorar la toma de decisiones a través de datos precisos y análisis detallado.

3.2. Mapa de Experiencia del Usuario

Figura 3

Mapa de la experiencia del usuario

	Descubrimiento	Consideración	Acción	Seguimiento
Interacciones y actividades	Investigación: Agricultores buscan mejorar la eficiencia y calidad en la producción de arroz.	Evaluación: Comparan la plataforma con otras soluciones, considerando la especialización en arroz, la tecnología avanzada ofrecida, y casos de éxito.	Implementación: Se registran en la plataforma, empiezan a utilizar servicios de análisis por drones e imágenes satelitales, y acceden a informes detallados sobre su cultivo.	Soporte y mejora: Reciben asistencia técnica, participan en capacitaciones, y proveen retroalimentación para la optimización continua de los servicios. Observan y reportan mejoras en la producción.
Sensaciones				
Emociones	Esperanza de encontrar soluciones efectivas.	Confianza al encontrar una solución que parece adecuada.	Alivio al iniciar la mejora en la producción.	Gratitud por las mejoras conseguidas.
Puntos de dolor	Frustración por la alta tasa de rotura de grano y procesos ineficientes.	Incertidumbre sobre el cambio a nuevas tecnologías.	Desafíos técnicos y adaptación a nuevas herramientas.	Preocupaciones por mantener las mejoras a largo plazo.
Puntos de placer	Optimismo al encontrar una plataforma especializada en arroz.	Satisfacción al reconocer el potencial de mejora específico para el arroz.	Alegría por las mejoras visibles en la producción y calidad.	Contento por el reconocimiento de esfuerzos y resultados.
Oportunidades	Identificar tecnologías específicas que pueden solucionar problemas existentes.	Seleccionar la solución más efectiva y especializada.	Maximizar el uso de la tecnología para obtener beneficios tangibles.	Aprovechar el feedback para perfeccionar el servicio y expandir su alcance.

3.3. Identificación de las Necesidades

A partir del análisis realizado se identificaron las siguientes necesidades:

Tabla 4

Necesidades identificadas

Necesidad	Descripción
Mejora de eficiencia y calidad	Falta de optimización en el uso de recursos y aplicación de prácticas agrícolas precisas, lo que resulta en rendimientos subóptimos, altas pérdidas y baja calidad del producto final. Producción actual: 97,021 toneladas (2020-2021) en 6,527 hectáreas. Proyección: 97,500 toneladas en 6,500 hectáreas para 2024 (MIDAGRI, 2022; AgroPerú, 2024).
Adopción de tecnología especializada	Uso limitado de soluciones tecnológicas especializadas en arroz, con prevalencia de técnicas anticuadas y gestión deficiente de información. El 35% de los 4,382 productores agropecuarios dedicados al cultivo de arroz en Castilla no utilizan tecnologías avanzadas (Salinas, L. 2023, comunicación personal).
Soporte técnico y capacitación	Insuficiente asistencia técnica y capacitaciones continuas, dificultando la adaptación a nuevas herramientas y tecnologías. Baja adopción de tecnologías modernas entre los 1,533 productores de arroz en Castilla (INEI, 2022).
Gestión del cambio y la incertidumbre	Alta incertidumbre y resistencia al cambio hacia nuevas tecnologías, causando dificultades en la implementación de mejoras. Alta incertidumbre y resistencia al cambio tecnológico entre los agricultores (INEI, 2022; MIDAGRI, 2022).
Retroalimentación y mejora continua	Falta de un canal estructurado de retroalimentación para ajustar y mejorar continuamente los servicios recibidos, lo que impide la sostenibilidad a largo plazo de las mejoras en la producción (BID, 2017).

Capítulo IV – Diseño del Producto

4.1. Concepción del Producto o Servicio

La concepción del producto o servicio está diseñada para revolucionar la gestión agrícola de los productores de arroz mediante una plataforma de Agricultura de Precisión. Esta innovadora plataforma aprovecha tecnologías avanzadas, como imágenes satelitales, drones y sensores de campo, para ofrecer desde monitoreo básico de cultivos y condiciones climáticas hasta estrategias avanzadas de manejo, como optimización del riego, detección temprana de enfermedades y plagas, y asesoramiento personalizado en la aplicación de pesticidas y fertilizantes. El objetivo es incrementar la productividad y eficiencia de los cultivos de arroz, minimizando el impacto ambiental y fomentando prácticas agrícolas sostenibles.

La oferta se estructura en torno a tres paquetes de servicios diferenciados, permitiendo a los agricultores seleccionar el nivel de soporte tecnológico que mejor se adapte a sus necesidades. Desde un servicio básico que facilita una visión general del estado de los cultivos, hasta servicios premium que combinan tecnologías para proporcionar análisis detallados y monitoreo continuo. Se busca dotar a los productores de arroz de las herramientas necesarias para realizar decisiones informadas y mejorar continuamente la gestión de sus cultivos, avanzando hacia una agricultura más inteligente y rentable, y mejorando significativamente la productividad y sostenibilidad de sus operaciones agrícolas.

Además, la integración del uso de imágenes satelitales y de drones, complementadas con sensores en el suelo, marcará un antes y un después en la capacidad de monitoreo de variables clave como la salud del cultivo, rendimientos, presencia de plagas y humedad del suelo. La aplicación de analítica predictiva y *machine learning* a estos datos recopilados permitirá generar informes útiles para productores. Este enfoque innovador es especialmente relevante para abordar el desafío de la alta tasa de rotura de arroz, permitiendo optimizar el momento de la cosecha y las condiciones del cultivo para minimizar este riesgo. Al trabajar

con plataformas avanzadas como el ESSD Copernicus y Google Earth Engine, y complementar con datos obtenidos directamente a través de drones equipados con sensores de temperatura y cámaras multispectrales, se maximiza la capacidad de análisis de datos agrícolas a gran escala.

Tabla 5

Resumen de servicios

Paquete	Tecnología involucrada	Servicio	Cómo se logra el servicio	Detalle
Servicio básico	Imágenes satelitales	<p>Análisis de Cobertura de Cultivo</p> <p>Vigilancia de la Salud del Cultivo</p> <p>Monitoreo de Condiciones Climáticas</p> <p>Recomendaciones Generales de Riego</p> <p>Detección de Anomalías</p>	<p>Identifica y sigue el desarrollo del cultivo.</p> <p>Detecta estrés en cultivos con índices de vegetación.</p> <p>Provee datos sobre el clima y su impacto en el cultivo.</p> <p>Ajustes de riego basados en datos climáticos.</p> <p>Identifica variaciones en crecimiento y salud.</p>	Puede acceder 1 vez a la semana al servicio de forma gratuita
Servicio premium 1	Imágenes satelitales + drones	<p>Todo lo del servicio básico más:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Información Detallada sobre el Estrés Hídrico - Detección de Enfermedades y Plagas - Evaluación de Riesgos para los Cultivos - Recomendaciones de Aplicación de Pesticidas y fertilizantes - Predicción de Producción. 	<p>Medición precisa de humedad y estrés hídrico con drones.</p> <p>Identifica enfermedades y plagas con imágenes de alta resolución.</p> <p>Análisis de riesgo basado en historial y condiciones actuales.</p> <p>Orientación sobre el uso de pesticidas y fertilizantes según análisis detallado.</p> <p>Estimaciones de rendimiento basadas en datos históricos y actuales.</p>	10 vuelos por campaña
Servicio premium 2	Imágenes satelitales + drones + sensores de campo	<p>Todo lo del servicio premium 1 más:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Monitoreo Continuo de la Humedad del Suelo - Mediciones de Temperatura y Humedad Ambiental - Detección Temprana de Deficiencias Nutricionales - Gestión Avanzada de Riego - Alertas de Condiciones Extremas 	<p>Datos en tiempo real de humedad del suelo por sensores de campo.</p> <p>Datos de temperatura y humedad ambiental.</p> <p>Identifica y ajusta deficiencias nutricionales mediante análisis del suelo.</p> <p>Recomendaciones de riego basadas en datos precisos de sensores.</p> <p>Notificaciones inmediatas sobre condiciones adversas para acción rápida.</p>	Un sensor de suelo por cada hectárea de cultivo

El uso de imágenes satelitales y drones en la agricultura se justifica ampliamente por su capacidad para proporcionar datos de alta resolución espacial y temporal, superando las limitaciones de las técnicas de monitoreo tradicionales. Estas tecnologías avanzadas permiten una gestión del agua más eficiente mediante la evaluación precisa de la evapotranspiración y el estrés hídrico, así como un monitoreo en tiempo real de la salud de los cultivos, facilitando la detección temprana de enfermedades, plagas y deficiencias nutricionales. Además, el análisis detallado de índices como el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) y NDRE (Índice de Borde Rojo Normalizado) ofrece una base sólida para tomar decisiones informadas sobre el manejo agrícola, promoviendo prácticas de agricultura de precisión y climáticamente inteligentes (Nhamo et al., 2020).

La combinación de imágenes satelitales y el uso de drones en la agricultura es clave para lograr una gestión agrícola integral y sostenible. Mientras que las imágenes satelitales ofrecen un seguimiento continuo de las áreas cultivadas, revelando tendencias y cambios a lo largo del tiempo, los drones aportan la capacidad de capturar imágenes de alta resolución, incluso en condiciones climáticas adversas y en áreas de difícil acceso. Este enfoque combinado permite un monitoreo detallado y actualizado de los campos, mejorando la eficiencia, rentabilidad y resiliencia de la agricultura frente a desafíos ambientales, y subraya la importancia de integrar ambas tecnologías para optimizar la productividad agrícola. En la Figura 4 se muestra la diferencia entre imágenes satelitales y provenientes de drones de una misma área agrícola.

Figura 4

Diferencia de toma aérea de un área agrícola (imagen satelital e imagen de dron)



Nota. Tomado de “Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles”, por Abdullahi et al. (2015), p. 394. A la izquierda imagen satelital, a la derecha imagen de dron.

Con esta visión, se propone ofrecer inicialmente un servicio gratuito basado exclusivamente en reportes generados a partir de imágenes satelitales. Este servicio básico permitirá a los productores realizar un seguimiento constante de sus cultivos, aprovechando la capacidad de las imágenes satelitales para cubrir grandes extensiones de terreno y proporcionar información histórica valiosa. Posteriormente, para aquellos que busquen un análisis más detallado y una gestión agrícola avanzada, se ofrecerán servicios premium que integren la precisión de los drones. Este enfoque combinado no solo mejora la calidad de la información disponible para el productor, sino que también facilita el uso de análisis predictivos, mejorando la toma de decisiones y optimizando las prácticas agrícolas para una mayor productividad y sostenibilidad.

Tabla 6*Lienzo 6 x 6*

	¿Cómo incrementar la eficiencia en el uso del agua y fertilizantes?	¿Cómo mejorar la calidad y reducir la tasa de rotura de arroz?	¿Cómo incrementar el uso de tecnologías modernas en la producción?	¿Cómo mejorar la disponibilidad de información para la mejora de cultivos?	¿Cómo asegurar la sostenibilidad ambiental en la producción de arroz?	¿Cómo potenciar la adaptación al cambio climático en la producción de arroz?
Solución 1	Sensores de humedad del suelo para riego preciso.	Varietades de arroz de cáscara más resistente.	Talleres sobre tecnología agrícola moderna.	Boletines informativos mensuales sobre prácticas agrícolas.	Implementación de prácticas agrícolas regenerativas y orgánicas.	Fomento de cultivos intercalados y diversificación de cultivos para reducir la vulnerabilidad al cambio climático. Creación de un sistema de alertas tempranas basado en la plataforma para fenómenos climáticos adversos. Capacitación en prácticas agrícolas resilientes al cambio climático mediante talleres virtuales y presenciales.
Solución 2	Aplicaciones móviles para cálculo de dosis de fertilizantes.	Tecnología de cosecha que minimiza el daño.	Subvenciones para la adquisición de tecnología avanzada.	Bases de datos en línea con información sobre cultivos.	Programas de certificación en sostenibilidad para granjas y molinos.	Desarrollo de modelos predictivos de cambio climático específicos para zonas arroceras utilizando datos satelitales y de drones.
Solución 3	Sistemas de riego automatizado basados en IoT.	Análisis de vibración en maquinaria para ajuste óptimo.	Grupos de estudio para compartir mejores prácticas.	Redes sociales para compartir experiencias y conocimientos.	Uso de tecnologías de riego eficiente y gestión de recursos hídricos.	Implementación de seguros agrícolas basados en índices climáticos accesibles a través de la plataforma.
Solución 4	Drones para mapeo de necesidades de fertilización.	Análisis predictivo basado en datos de drones para determinar el momento óptimo de cosecha.	Uso de imágenes satelitales y sensores en el suelo para monitoreo.	Análisis predictivo y machine learning para generar informes útiles.	Monitoreo de la salud del suelo mediante la plataforma.	Integración de datos climáticos históricos y actuales en la plataforma para informar decisiones agrícolas sostenibles.
Solución 5	Capacitaciones en técnicas de agricultura de conservación.	Mejora en infraestructuras de almacenamiento y secado.	Plataformas de intercambio de datos entre agricultores.	Foros en línea para discusión entre expertos y agricultores.	Incentivos y subvenciones para la adopción de energías renovables en procesos agrícolas.	
Solución 6	Redes de intercambio de experiencias sobre manejo eficiente de recursos.	Implementación de inspecciones regulares de calidad en el proceso.	Aplicaciones móviles para el control de plagas y enfermedades.	Seminarios web con actualizaciones sobre investigaciones agrícolas.	Proyectos de reforestación y conservación de biodiversidad en áreas agrícolas.	

Nota. En negrita alternativa seleccionada.

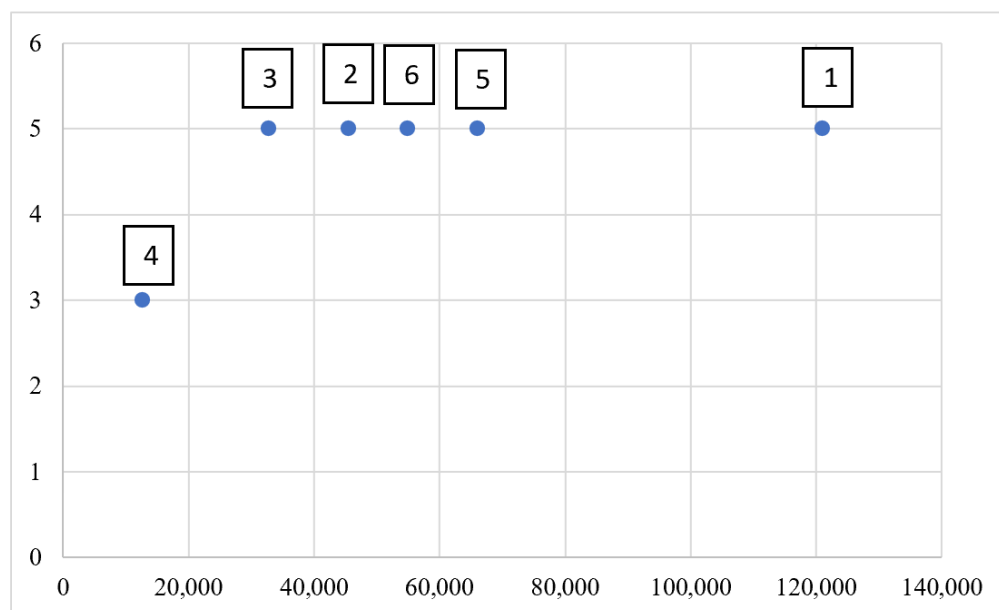
La siguiente tabla presenta las necesidades identificadas para mejorar la producción arrocera, junto con las alternativas tecnológicas ganadoras para satisfacer dichas necesidades. Se detallan los costos estimados, el impacto esperado y una medida del impacto en una escala del 1 al 5.

Tabla 7

Matriz de costo impacto

Necesidad	Alternativa Seleccionada	Costo (S/)	Impacto	Medida de Impacto
Eficiencia	Uso de imágenes satelitales, drones y sensores en el suelo para monitoreo.	121,088	alto	5
Calidad	Análisis predictivo basado en datos de drones para determinar el momento óptimo de cosecha.	45,498	alto	5
Accesibilidad	Drones para mapeo de necesidades de fertilización.	32,786	Alto	5
Costo-Efectividad	Análisis predictivo y machine learning para generar informes útiles.	12,712	medio	3
Confiabilidad	Monitoreo de la salud del suelo y uso de fertilizantes orgánicos mediante la plataforma.	66,102	alto	5
Soporte al Cliente	Desarrollo de modelos predictivos de cambio climático específicos para zonas arroceras utilizando datos satelitales y de drones.	54,986	alto	5

Como se aprecia en la siguiente figura, las alternativas 2, análisis predictivo basado en datos de drones para determinar el momento óptimo de cosecha, y 3, drones para mapeo de necesidades de fertilización, destacan por ofrecer una excelente relación entre costo e impacto, siendo ambas opciones con un costo moderado y un impacto alto con una medida de 5. Por lo tanto, se considerarán como parte del primer servicio de pago en la plataforma, posterior al servicio gratuito inicial.

Figura 5*Media de impacto*

4.2. Desarrollo de la Narrativa

Este proyecto ofrecerá una plataforma de Agricultura de Precisión diseñada para optimizar la gestión de cultivos de arroz mediante la integración de tecnologías avanzadas, incluyendo imágenes satelitales, drones y sensores de campo. Estas herramientas se desplegarán para proporcionar desde monitoreo básico de los cultivos y sus condiciones ambientales hasta la implementación de estrategias de manejo avanzadas, tales como la optimización del riego, detección temprana de enfermedades y plagas, y asesoramiento personalizado en la aplicación de pesticidas y fertilizantes. El proyecto busca incrementar la productividad y la eficiencia de los cultivos de arroz, al mismo tiempo que minimiza el impacto ambiental y promueve prácticas agrícolas sostenibles. Los agricultores podrán acceder a tres niveles de servicio, desde opciones básicas que proporcionan una visión general del estado de sus cultivos hasta paquetes premium que ofrecen análisis detallados y monitoreo constante. Además, la incorporación de análisis predictivo y machine learning a los datos recopilados generará informes valiosos que contribuirán a resolver problemas específicos, como la alta tasa

de rotura de arroz, permitiendo una optimización en el momento de la cosecha y las condiciones del cultivo para mitigar estos riesgos. La colaboración con plataformas avanzadas y la complementación de los datos obtenidos directamente de drones equipados con la tecnología adecuada maximizarán las capacidades de análisis de datos agrícolas, estableciendo así un nuevo estándar en la agricultura de precisión.

4.3. Carácter Innovador del Producto o Servicio

4.3.1. Análisis de patentes

De acuerdo con INDECOPI (2019) Una patente, concedida por el gobierno, permite comercializar un invento durante un tiempo determinado, donde gozará de la exclusividad. En Perú, las patentes se dividen en invenciones, modelos de utilidad (protegidos por 10 años) y secretos industriales, con las invenciones protegidas por 20 años. No obstante, según la entidad, es difícil patentar software como aplicativos en el Perú y en muchos países, ya que los programas informáticos suelen basarse en mejoras de tecnologías existentes y, por ende, a menudo no se consideran suficientemente inventivos.

Además, no se ha visto una plataforma en el Perú que ofrezca un servicio similar especializado en el arroz. Existen empresas que ofrecen análisis con drones o análisis satelitales, pero ninguna combina ambos métodos ni se especializa en el cultivo de arroz. Esta falta de una solución integral y especializada en el arroz resalta la oportunidad única de desarrollar una plataforma que combine estas tecnologías avanzadas, ofreciendo un valor añadido significativo a los agricultores arroceros del país.

4.3.2. Carácter innovador

El carácter innovador del proyecto radica en su enfoque tecnológicamente avanzado para resolver los problemas endémicos de la industria arrocera en Perú, especialmente en Arequipa. Al integrar tecnologías de vanguardia como imágenes satelitales, drones, y sensores

en el suelo con análisis predictivo, mediante *machine learning*, el proyecto no solo se propone mejorar la eficiencia y calidad en la producción y procesamiento del arroz, sino también abordar problemas de sostenibilidad ambiental mediante la optimización del uso de recursos. Esta plataforma digital representa una ruptura con las prácticas convencionales, ofreciendo a los agricultores información puntual y personalizada para sus cultivos. Su escalabilidad y capacidad para adaptarse a diferentes contextos productivos y cultivos adicionales sugieren un potencial transformador no solo para Arequipa sino para todo el sector agrícola peruano.

En concreto, este proyecto representa una innovación disruptiva al integrar tecnologías avanzadas y análisis predictivo específicamente para mejorar la producción de arroz en Perú.

4.4. Propuesta de Valor

En las figuras 6 y 7 se presentan el lienzo de la propuesta de valor y el lienzo Canvas que configuran la idea de negocio y el modelo que seguirá, conforme lo planteado y especificado hasta este punto en el documento.

Figura 6

Lienzo de propuesta de valor

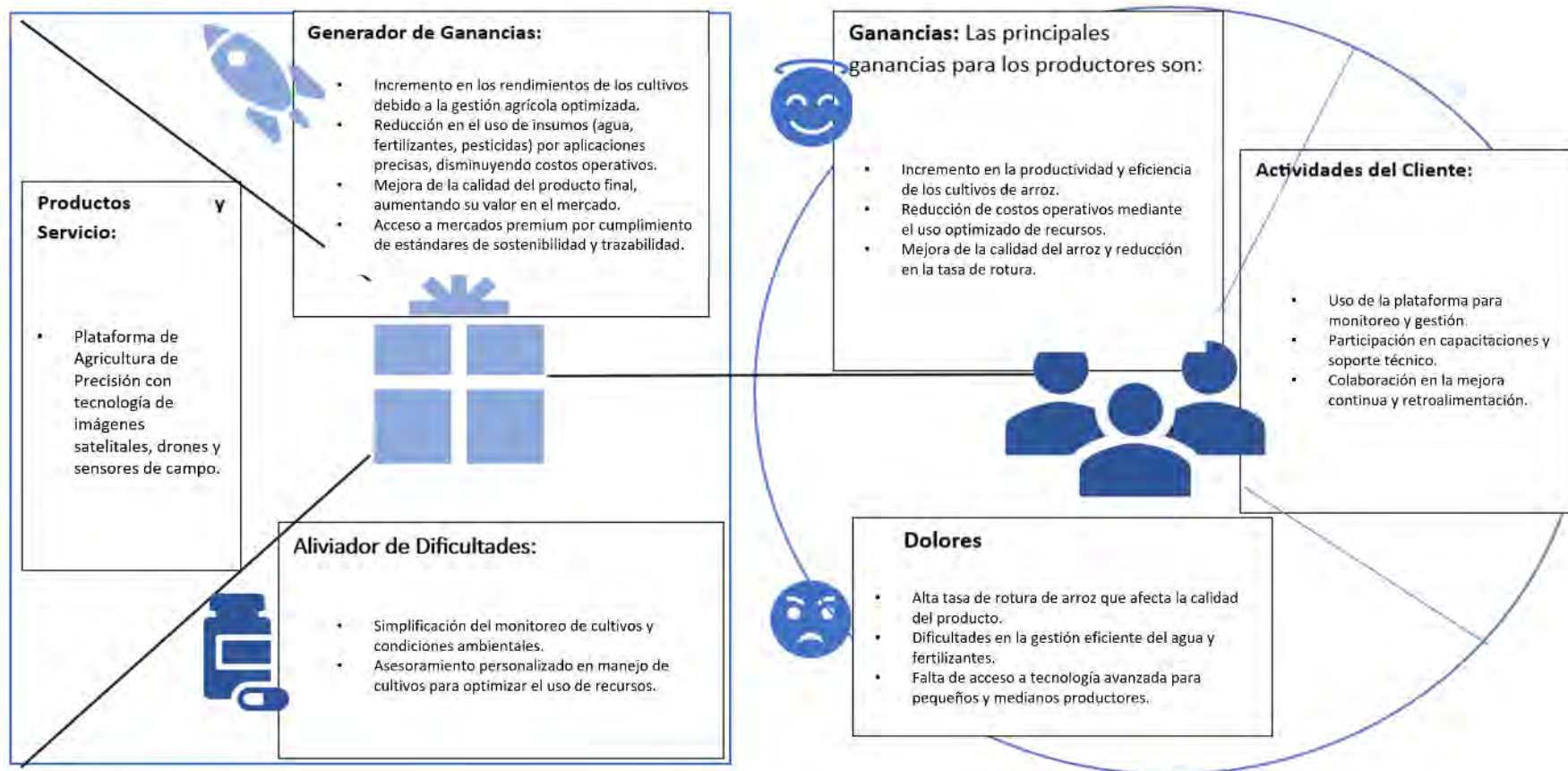


Figura 7

Lienzo Canvas

Socios Claves	Actividades Claves	Propuesta de Valor	Relación con Clientes	Segmento de Clientes
<p>Proveedores de tecnología para drones y sensores.</p> <p>Ministerio de Agricultura para actividades de capacitación</p> <p>Plataformas tecnológicas como Copernicus y Google Earth Engine.</p>	<p>Procesamiento y análisis de datos de imágenes satelitales y de drones. Desarrollo y actualización de la plataforma digital. Análisis de datos y generación de informes predictivos.</p>	<p>Esta plataforma de Agricultura de Precisión ofrece a productores de arroz una gestión optimizada de cultivos mediante tecnologías avanzadas. Como imágenes satelitales, drones y sensores agrícolas, para aumentar la productividad, mejorar la sostenibilidad y reducir costos operativos.</p>	<p>Soporte técnico de alta disponibilidad con AI y número telefónico. Capacitación continua y recursos formativos. Educación sobre los beneficios de la tecnología agrícola. Estudios de caso y demostraciones</p>	<p>Agricultores de arroz: Buscan optimizar la producción y reducir la pérdida por rotura del grano.</p>
	<p>Recursos Claves</p> <p>Plataformas ESSD Copernicus y Google Earth Engine para análisis de datos.</p> <p>Drones con sensores térmicos y cámaras multispectrales.</p> <p>Sensores para el suelo agrícola</p> <p>Infraestructura de TI para el procesamiento y almacenamiento de datos.</p> <p>Plataformas de Análisis de Datos y Machine Learning</p>		<p>Canales - Distribución</p> <p>Plataforma digital accesible vía web y móvil. Talleres y seminarios educativos.</p>	
<p>Estructura de Costos</p> <p>Desarrollo y mantenimiento de la plataforma digital. Adquisición y operación de drones y tecnología de sensores. Realización de talleres, seminarios y actividades de soporte técnico.</p>			<p>Fuentes de Ingresos</p> <p>Suscripciones a la plataforma para acceso a análisis y monitoreo avanzados.</p>	

4.5. Producto Mínimo Viable

Como Producto Mínimo Viable (PMV), se presenta un prototipo de la aplicación (Figuras 8, 9 y 10), enfocado en las necesidades esenciales de información y gestión para el agricultor. Este PMV destaca por su capacidad de proporcionar actualizaciones en tiempo real sobre la producción agrícola.

Figura 8

Interfaz informativa para el cliente



Figura 9

Ejemplo de información del servicio básico



Nota. En verde se resaltan los conceptos que pueden generar dudas en el usuario. Al hacer clic sobre éstos el usuario podrá conocer la explicación sencilla del concepto agrícola.

Figura 10

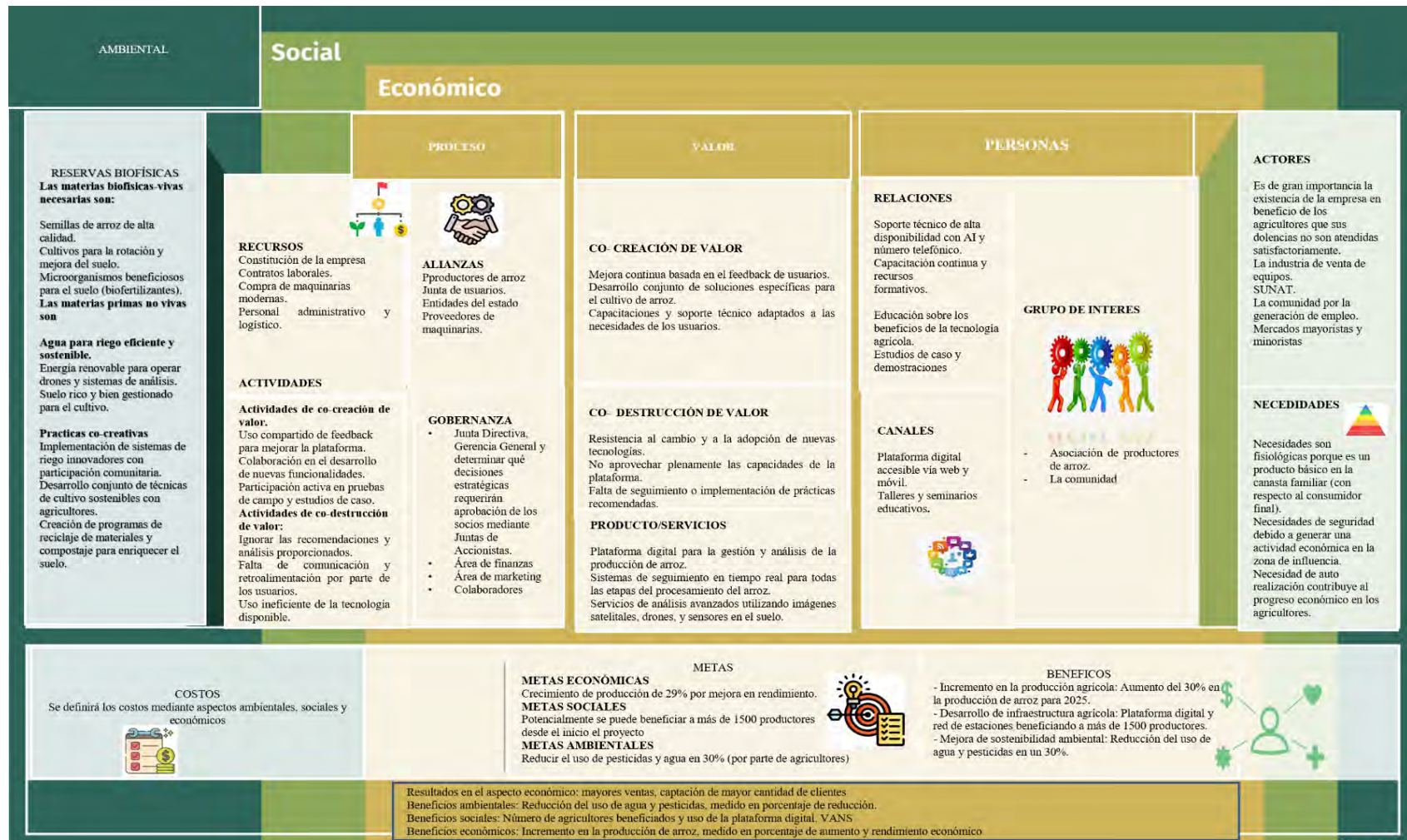
Ejemplo de información de los servicios premium



Nota. En verde se resaltan los conceptos que pueden generar dudas en el usuario. Al hacer clic sobre éstos el usuario podrá conocer la explicación sencilla del concepto agrícola.

Capítulo V – Modelo de negocio

5.1. Lienzo del modelo de negocio – Flourishing Business CANVAS Figura 11



Lienzo Flourishing CANVAS

5.2. Viabilidad del modelo de negocio

5.2.1. Mercado y Demanda

La provincia de Castilla en Arequipa presenta un clima favorable para el cultivo de arroz, siendo uno de los principales productos agrícolas de la región. Según datos de MIDAGRI (2022), la producción alcanzó 97,021 toneladas en 2020-2021, cultivadas en 6,820 hectáreas. La población directamente beneficiada en la provincia de Castilla serían los productores de arroz de la zona. Según INEI (2022) hay alrededor de 4,382 productores agropecuarios de los cuales el 35% se dedica a la producción arrocería. Por lo tanto, el mercado potencial total son 1,534 productores de arroz. Cabe precisar que este mercado es el considerando inicialmente previamente a la expansión esperada hacia otras regiones del Perú e incluso a otros cultivos. Se ha tomado en cuenta solo una participación de 10% para mantener expectativas prudentes de potenciales ingresos; pues en el estudio de mercado se ha visto que alrededor del 90% de los encuestados estaría interesado o al menos consideraría un servicio de este tipo. Por tanto, una participación del 10% sería razonable.

Tabla 8

Demanda esperada

Descripción	Mercado Total	Participación esperada (10%)
Número de Productores de Arroz	1,534	153
Producción de Arroz (en toneladas)	97,021	9,702

La Tabla 9 desglosa el impacto potencial y los ingresos esperados. Con un mercado objetivo de 153 agricultores y una producción base de 9,702 toneladas, el proyecto aspira a aumentar la productividad en un 29%, lo que resultaría en una producción adicional de 2,814 toneladas. Cabe precisar que según el Banco Interamericano de Desarrollo (2017) la mejora en el rendimiento de cereales es aproximadamente 29% luego de aplicar técnicas de agricultura

de precisión, como las que se ofrecen en el presente proyecto. Dado el precio de S/1.2 por kilogramo de arroz (aproximado en chacra), este incremento en la producción tendría un valor de mercado de aproximadamente S/3,376,331. Los ingresos proyectados para la plataforma, derivados de ofrecer servicios que contribuyan a este aumento de la productividad, se estiman en el 20% del valor de la producción adicional (que potencialmente podrían pagar los agricultores por un servicio de este tipo), es decir, alrededor de S/675,266. En promedio cada agricultor, que opte por los servicios de pago, pagaría S/208 por cada hectárea de cultivo por cada uno de los cinco meses de la campaña.

Tabla 9

Ingresos potenciales del proyecto (primera etapa)

Información	Montos
Cantidad de agricultores (mercado objetivo) de Arequipa	153
Cantidad de Ha de mercado objetivo	650
Producción regular del mercado objetivo (toneladas)	9,702
Incremento potencial en la productividad	29%
Producción adicional del mercado objetivo (toneladas) (+29%)	2,814
Precio por Kg de arroz en chacra	S/1.2
Valor de la producción adicional del mercado objetivo	S/3,376,331
Ingresos generados por servicio (aproximadamente el 20% del incremento en la producción)	S/675,266
Ingresos generados promedio por cada agricultor	S/4,402
Ingresos por Ha	S/1,039
Ingresos por Ha por mes (5 meses de campaña)	S/208

Cabe precisar que los ingresos esperados por el proyecto se estimaron según lo hallado en el estudio de mercado realizado, donde el 25% de los agricultores se mostraron interesados en el servicio premium 1, mientras que el 75% restante lo estuvo en el servicio premium 2. Por lo tanto, considerando los precios fijados para cada servicio, detallados en la Tabla 12, el precio ponderado de pago por cada hectárea durante cada uno de los cinco meses de campaña productiva es de S/208. A partir de esta cantidad se estima que el proyecto estaría recibiendo alrededor del 20% del valor adicional por mejoras en la producción de los agricultores. Esto muestra que es una cantidad razonable de pago, ya que el agricultor estaría recibiendo un 80% de este incremento de la producción.

Tabla 10

Precio ponderado esperado por cada agricultor interesado en los servicios de pago

	Precio con IGV	Precio sin IGV	Porcentaje de interés por cada servicio	Precio ponderado
Precio servicio premium 1	S/ 208	S/176	25.0%	S/ 208
Precio servicio premium 2	S/ 258	S/219	75.0%	

La expansión del proyecto a nivel nacional en Perú para el 2024 proyecta alcanzar una participación de mercado del 5%, enfocándose en una producción de arroz de 125,000 toneladas. Con un incremento de productividad del 29%, se espera generar una producción adicional de 36,250 toneladas. A un precio de S/1.20 por kilogramo de arroz, esto equivale a un valor de producción adicional estimado en S/43,500,000. Este incremento en la producción se traduce en ingresos generados por el servicio del proyecto de aproximadamente S/6,525,000, que representa el 15% del valor de la producción adicional, que los agricultores pagarían por este tipo de servicio. Este ingreso refleja el potencial económico significativo del proyecto al

escalar a nivel nacional, ofreciendo un impacto positivo tanto en la rentabilidad de los productores de arroz como en la viabilidad financiera del proyecto de Agricultura de Precisión.



Tabla 11*Ingresos potenciales del proyecto (etapa de expansión a nivel nacional)*

Información	Montos
Producción proyectada de arroz en toneladas para el 2024 (a nivel nacional)	2,500,000
Participación esperada	5.0%
Producción regular del mercado objetivo nacional (toneladas)	125,000
Incremento potencial en la productividad	29%
Producción adicional del mercado objetivo nacional (toneladas) (+29%)	36,250
Precio por Kg de arroz en chacra	S/1.20
Valor de la producción adicional del mercado objetivo	S/43,500
Ingresos generados por servicio (aproximadamente el 15% del incremento en la producción)	S/6,525,000

5.2.2. Análisis Competitivo y Estratégico

Para asegurar el éxito del proyecto propuesto, es importante adoptar estrategias competitivas y estratégicas que se diferencien y superen las ofertas de los competidores en el mercado agrícola peruano. En primer lugar, es esencial capitalizar la especialización en el cultivo de arroz, ofreciendo soluciones a medida que traen directamente los problemas específicos de este cultivo, como la alta tasa de rotura del grano y las ineficiencias en el proceso de producción y procesamiento. Esto contrasta con la aproximación más general de competidores como John Deere y SGS, cuyas soluciones, aunque avanzadas, no están completamente adaptadas a las necesidades específicas del arroz.

Por otro lado, frente a competidores como Telemática (Planet) y Agros Tech, que proporcionan tecnologías y soluciones digitales, pero sin un enfoque especializado en arroz, el proyecto debe enfocarse en la integración y análisis avanzado de datos obtenidos a través de

imágenes satelitales, drones y sensores, ofreciendo conocimiento y recomendaciones personalizadas que permitan una mejora tangible en la calidad y eficiencia de la producción de arroz.

Además, una estrategia para superar a los competidores implica el fortalecimiento de las relaciones con los agricultores a través de un soporte técnico excepcional, capacitaciones continuas y un modelo de ingresos que beneficie tanto a los proveedores de tecnología como a los usuarios finales. La flexibilidad en el modelo de precios, adaptándose a las capacidades y necesidades de los agricultores, así como la implementación de un sistema de *feedback* que permita la mejora continua de la plataforma, son aspectos fundamentales que pueden diferenciar al proyecto en el mercado. Al centrarse en la sostenibilidad ambiental y la promoción de prácticas agrícolas que minimizan el impacto ecológico, el proyecto no solo atiende a la demanda creciente por productos agrícolas sostenibles, sino que también establece una ventaja competitiva significativa.

5.2.3. Innovación y Tecnología

- Integración de tecnologías avanzadas: utilización de imágenes satelitales, drones y sensores en el suelo para un monitoreo preciso de las condiciones de cultivo.
- Análisis predictivo y *machine learning*: generación de informes detallados y recomendaciones personalizadas para optimizar la producción y reducir la tasa de rotura del grano.

5.2.4. Sostenibilidad Ambiental:

- Uso eficiente del agua: a través de una gestión avanzada del riego basada en el monitoreo de la humedad del suelo y las condiciones ambientales, se optimiza el uso del agua, reduciendo el desperdicio y la sobre irrigación.

- Reducción del uso de pesticidas y fertilizantes: el análisis detallado de la salud de los cultivos y la detección temprana de enfermedades y plagas permiten aplicar pesticidas y fertilizantes de manera más precisa y sólo cuando es necesario.
- Prevención de enfermedades y plagas: el monitoreo continuo y el manejo personalizado de los cultivos conducen a una detección temprana de posibles enfermedades y plagas, lo que puede reducir la necesidad de intervenciones y preservar el ecosistema de forma general.

5.2.5. Propuesta de Valor y Diferenciación:

- Soluciones especializadas para el arroz: enfoque directo en mejorar la producción y procesamiento de arroz, abordando necesidades específicas no cubiertas por soluciones más generalizadas.
- Mejora directa en la eficiencia y calidad: a través del uso de tecnología avanzada, se busca una mejora tangible en la eficiencia de producción y la calidad del producto final.
- Apoyo continuo y capacitación: oferta de soporte técnico de alta disponibilidad, capacitaciones continuas y un modelo de ingresos adaptativo que favorece una colaboración a largo plazo con agricultores.
- Compromiso con el impacto ambiental positivo: diferenciación clara a través del énfasis en la sostenibilidad y el impacto ambiental positivo, alineando las operaciones del proyecto con las crecientes demandas de prácticas agrícolas sostenibles.

5.2.6. Riesgos identificados

Riesgos identificados incluyen fluctuaciones en el precio del arroz, que podría impactar negativamente en las finanzas de los productores y hacer más difícil que adquieran el servicio. Por otro lado, desastres naturales y cambios climáticos también son elementos de riesgo importantes.

5.3. Escalabilidad / exponencialidad y tracción del modelo de negocio.

La escalabilidad y potencial de exponencialidad del modelo de negocio propuesto para la plataforma digital enfocada en el cultivo de arroz radica en su capacidad de adaptación y expansión a múltiples regiones, comenzando con un enfoque inicial en Arequipa. Esta región, reconocida por su significativa producción de arroz y la alta tasa de rotura de grano, sirve como el punto de partida ideal para implementar y afinar la plataforma, ofreciendo soluciones tecnológicas avanzadas que tratan problemas específicos de eficiencia, calidad y rentabilidad. La estrategia de iniciar en Arequipa aprovecha la proximidad de los gestores del proyecto y la necesidad de innovación en la producción de arroz, estableciendo un caso de uso y una base sólida para la demostración de la efectividad de la plataforma. Posteriormente, con esta base, se espera expandir las operaciones a otras regiones con producción arroceras importante. Cabe destacar que el arroz es un producto de producción y consumo masivos, por lo tanto, es un mercado muy amplio. No obstante, una vez se llegue a una participación importante en éste, se optará por ampliar el mercado a otros cultivos. Es importante destacar que la especialización inicial en un solo cultivo es favorable para los procedimientos de analítica predictiva a través de *machine learning*, dado que estas técnicas requieren de una alta cantidad de datos para un óptimo entrenamiento.

5.3.1. Tracción

La tracción del modelo de negocio se anticipa a través de la implementación efectiva de la plataforma en Arequipa, seguido de una expansión cuidadosamente planificada a otras áreas clave de producción de arroz en Perú, como La Libertad, Lambayeque, Cajamarca, y San Martín. Este plan de expansión no solo amplía el mercado objetivo de la plataforma, sino que también prepara el terreno para diversificar hacia otros cultivos, adaptando la solución tecnológica a nuevos contextos agrícolas. Al especializarse primero en el arroz y luego

expandirse a otros cultivos, la plataforma promueve un crecimiento sostenido, aprovechando las lecciones aprendidas y las mejoras tecnológicas para beneficiar a un espectro más amplio de la agricultura peruana.

5.4. Sostenibilidad del modelo de negocio

La sostenibilidad del modelo de negocio se enfoca en contribuir a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), propuestos por Naciones Unidas (2015):

- ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico): al generar empleo directo e indirecto, se fomenta el crecimiento económico, además de la mejora en el nivel de la producción, que tiene efectos positivos sobre el trabajo decente.
- ODS 12 (Producción y consumo responsables): este objetivo se aborda mediante la implementación de procesos de producción eficientes que minimizan el desperdicio y mejoran el uso de recursos.
- ODS 13 (Acción por el clima): a través de la implementación de tecnologías avanzadas como imágenes satelitales, drones y sensores en el suelo, el proyecto no solo busca mejorar la eficiencia y calidad en la producción y procesamiento del arroz, sino que también enfatiza la sostenibilidad ambiental. Al promover prácticas agrícolas que reducen el consumo de agua y el uso de químicos, el proyecto contribuye a la mitigación del cambio climático al disminuir la huella de carbono asociada a estas actividades agrícolas.

Capítulo VI: Solución Deseable, Factible y Viable

6.1. Validación de la Deseabilidad de la Solución

6.1.1. Hipótesis para Validar la Deseabilidad de la Solución

- Hipótesis 1: Los agricultores de Arequipa son capaces y están interesados en utilizar una herramienta digital, accesible tanto en PC como en dispositivos móviles, que les proporcione información sencilla y puntual sobre el estado y manejo de sus cultivos basada en datos de imágenes satelitales y drones.
- Hipótesis 2: Los agricultores arroceros de Arequipa están dispuestos a pagar entre S/200 y S/250 mensuales por hectárea durante la campaña de cultivo de cinco meses por un servicio avanzado, mediante una plataforma digital, de imágenes satelitales y drones que incluye monitoreo integral del cultivo, detección de enfermedades y plagas, y asesoramiento en riego y fertilización.
- Hipótesis 3: Los agricultores arroceros de Arequipa están dispuestos a pagar entre S/250 y S/300 mensuales por hectárea durante la campaña de cultivo de cinco meses por un servicio avanzado, mediante una plataforma digital, de imágenes satelitales, drones y sensores de campo que incluye monitoreo integral del cultivo, detección de enfermedades, medición de humedad del suelo, detección de plagas, y asesoramiento en riego y fertilización.
- Hipótesis 4: el proyecto es viable económica y financieramente, generando un valor actual neto por encima de S/ 0.

6.1.2. Experimentos Empleados para Validar la Deseabilidad de la Solución

Se realizó un estudio de mercado a agricultores de la zona arrocera de Arequipa: Castilla y Camaná mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia llegando a un total de 191 encuestados. Los resultados de las preguntas planteadas validan las hipótesis incluidas en el punto anterior. Entre las preguntas incluidas en el estudio se hallan estas:

¿Qué tan cómodo se sentiría utilizando una aplicación en su computadora o dispositivo móvil que le proporciona información actualizada y fácil de entender sobre el estado de su cultivo, incluyendo datos sobre salud del cultivo, condiciones climáticas y recomendaciones de manejo? (para esta pregunta, se les mostró la plantilla base de la aplicación).

Esta pregunta se respondió mediante una escala de Likert de cinco niveles que va desde Nada cómodo (1) hasta muy cómodo (5). El promedio de respuestas indica que hay un nivel de 4.31 en promedio de respuestas, lo que sugiere que los agricultores se hallan altamente familiarizados con este tipo de tecnologías y no les resultaría incómodo su empleo. Esto va en línea con lo planteado por CEPLAN (2023), que afirma que en el sector agrícola el empleo de smartphones crece de forma constante, lo que naturalmente facilita el uso de este tipo de servicios. Pues, en caso contrario, sería un obstáculo significativo para cualquier proyecto de este tipo.

Para verificar completamente la hipótesis también se planteó esta pregunta en el cuestionario:

¿Estaría interesado en servicios de monitoreo de cultivos a través de imágenes satelitales, drones y sensores en la tierra?

Imágenes satelitales: fotografías de su campo tomadas desde el espacio para ver cómo están sus cultivos y detectar problemas como zonas secas o afectadas por plagas. Permiten conocer en tiempos muy rápido la situación de sus cultivos.

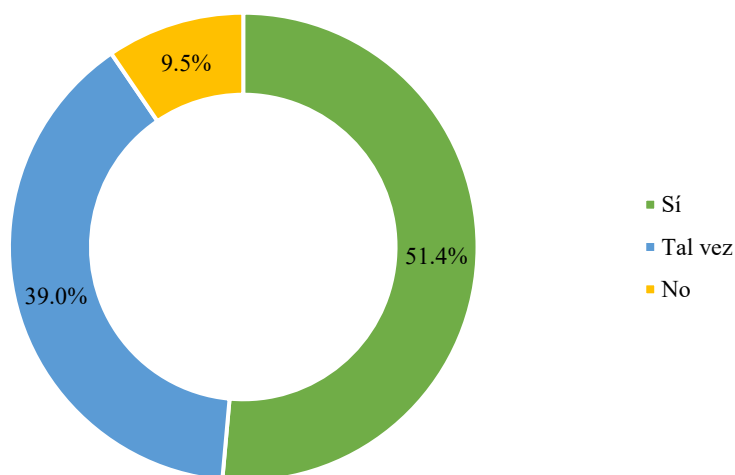
Drones: pueden volar sobre su arrozal tomando fotos y videos detallados, lo que ayuda a identificar áreas que necesitan más agua o tratamiento contra enfermedades.

Sensores en la tierra: Dispositivos colocados en su campo que miden la humedad del suelo, la temperatura y otros factores importantes para el crecimiento saludable de su arroz.

Los resultados indican que más del 50% sí estaría interesado en este tipo de servicio y un interesante 39.9% tal vez. Es resaltante que solo el 9.5% no muestra ningún tipo de interés en un servicio de esta naturaleza.

Figura 12

Cantidad de agricultores encuestados interesados



Tomando en cuenta estos dos resultados, se acepta la hipótesis 1: “Los agricultores de Arequipa son capaces y están interesados en utilizar una herramienta digital, accesible tanto en PC como en dispositivos móviles, que les proporcione información sencilla y puntual sobre el estado y manejo de sus cultivos basada en datos de imágenes satelitales y drones.”

Con respecto a las otras dos hipótesis, en el mismo estudio de mercado se realizaron preguntas sobre los rangos de precio que los agricultores hallan adecuados para determinados servicios.

Con respecto al servicio premium 1: Imágenes satelitales + drones, el 56.5% de los encuestados está dispuesto a pagar entre 200 y 250 soles mensuales por hectárea de cultivo (durante 5 meses) por un servicio avanzado, mediante una plataforma digital, de imágenes satelitales y drones que incluye monitoreo integral del cultivo, detección de enfermedades y

plagas, y asesoramiento en riego y fertilización. El promedio ponderado es de S/208. Por lo tanto, se acepta la hipótesis 2.

Con respecto al servicio premium 2: Imágenes satelitales + drones + sensores de campo, el 53.3% de los encuestados está dispuesto a pagar entre 250 y 300 soles mensuales por hectárea de cultivo (durante 5 meses) por un servicio avanzado, mediante una plataforma digital, de imágenes satelitales, drones y sensores de campo que incluye monitoreo integral del cultivo, detección de enfermedades, medición de humedad del suelo, detección de plagas, y asesoramiento en riego y fertilización. El promedio ponderado fue de S/258. Por lo tanto, se acepta la hipótesis 3.

Finalmente, el análisis financiero realizado en el punto 6.2.4. indica que el valor actual neto es mayor a 0 soles. Por tanto, la hipótesis 4 también se acepta, apoyando la viabilidad económica- financiera del proyecto.

6.2. Validación de la factibilidad de la solución

6.2.1. Definición del propósito, misión, visión, objetivos y estrategias del negocio

6.2.1.1. Misión

Proveer a los agricultores de arroz con soluciones avanzadas de agricultura de precisión que mejoren la productividad y la sostenibilidad de sus cultivos. Nos comprometemos a ofrecer un servicio adaptativo que responda a las necesidades individuales de cada agricultor, mejorando continuamente nuestras tecnologías de monitoreo satelital, drones y sensores de campo para una gestión agrícola inteligente.

6.2.1.2. Visión

Ser líderes a nivel nacional en el cambio hacia una agricultura sostenible y de alta precisión, donde cada campo de arroz se maneje con la máxima eficiencia.

6.2.1.3. Objetivos

- Rentabilidad: alcanzar una rentabilidad del 35% anual (ROE) promedio durante los próximos cinco años.
- Sostenibilidad: reducir el uso de recursos hídricos y químicos en un 30% entre los usuarios para el 2026, a través de la implementación efectiva de los sistemas de monitoreo y gestión de cultivos.
- Crecimiento: luego de lograr una participación del 10% en el mercado de Arequipa, ampliar la cobertura nacional, alcanzando un 5% del mercado de productores de arroz en Perú en los próximos cinco años.

6.2.1.4. Estrategias de negocio

La estrategia de negocio para la implementación de la plataforma de Agricultura de Precisión comienza con el ingreso al mercado de arroz en Arequipa, que no solo representa un segmento significativo a nivel local sino también un punto estratégico en el panorama agrícola nacional. La entrada en este mercado servirá como piedra angular para la futura expansión a nivel nacional. Además, un componente crucial de la estrategia es la capacitación constante de los agricultores. Dado que la tecnología y los servicios ofrecidos podrían percibirse inicialmente como complejos, se implementará un programa de formación intensiva que asegure la comprensión y adopción efectiva del servicio. Esta educación continuada facilitará la integración de las soluciones tecnológicas en las prácticas cotidianas de los agricultores, maximizando así el impacto y la eficacia de la plataforma.

6.2.2. Plan de mercadeo

El plan de marketing para la introducción de la plataforma de Agricultura de Precisión en Arequipa incluye una táctica de captación inicial orientada a ganar la confianza y el interés de los agricultores ofreciendo el Servicio Básico de forma gratuita. Este servicio gratuito

incluye análisis de cobertura de cultivo, vigilancia de la salud del cultivo, monitoreo de condiciones climáticas, recomendaciones generales de riego y detección de anomalías. Se logra mediante el uso de imágenes satelitales que permiten identificar y seguir el desarrollo del cultivo, detectar estrés en los cultivos con índices de vegetación, proporcionar datos sobre el clima y su impacto en el cultivo, ajustar el riego basado en datos climáticos y identificar variaciones en el crecimiento y salud del cultivo. Los agricultores podrán acceder a este servicio una vez a la semana simplemente ingresando su correo electrónico.

Dado que el servicio es gratuito, se espera una alta participación inicial. Esta estrategia no solo familiariza a los agricultores con la tecnología y los beneficios potenciales de la plataforma, sino que también establece una base de datos de clientes potenciales. Una vez que los agricultores experimenten el impacto positivo y vean el valor tangible del servicio básico, estarán más inclinados a considerar la suscripción a los servicios de pago, que son más sofisticados. Este enfoque gradual asegura que los agricultores puedan evaluar la tecnología sin compromiso inicial y facilita una transición suave hacia servicios más avanzados una vez que reconozcan su utilidad y efectividad.

6.2.2.1. Objetivos de marketing

Llegar a una participación de mercado arrocero en Arequipa del 10% en el primer año y 5% de participación a nivel nacional para el quinto año de operaciones

6.2.2.2. Segmentación de mercado

La estrategia de segmentación del mercado para la implementación de esta plataforma de Agricultura de Precisión se desarrolla en dos etapas claramente definidas:

- Agricultores arroceros de Arequipa (Primera Etapa): en esta fase inicial, la plataforma se enfoca en los agricultores de arroz en la región de Arequipa. Esta área se selecciona como

el punto de partida debido a su accesibilidad y a la concentración de agricultores que podrían beneficiarse inmediatamente de las tecnologías avanzadas propuestas.

- Agricultores arroceros de Perú (Segunda Etapa): tras consolidar la presencia y los procesos en Arequipa, la segunda etapa implica la expansión a nivel nacional, abarcando a los agricultores arroceros de todo Perú. Este escalado está planeado para captar un segmento más amplio y diversificado de productores, extendiendo los beneficios de la tecnología a una base mayor y más variada.

6.2.2.3. Posicionamiento

La plataforma quiere ser percibida como la solución líder en Agricultura de Precisión para productores de arroz, destacándose por su capacidad de transformar y optimizar prácticas agrícolas a través de tecnologías avanzadas, ofreciendo servicios personalizados que aumentan la productividad y promueven la sostenibilidad.

6.2.2.4. Análisis de precio

La estructura de precios de los servicios ofrecidos por la plataforma durante la campaña de cinco meses del cultivo de arroz incluye tres paquetes diferenciados. El Servicio Básico es gratuito y proporciona análisis de cobertura de cultivo, vigilancia de la salud del cultivo, monitoreo de condiciones climáticas, recomendaciones generales de riego y detección de anomalías, utilizando imágenes satelitales. El Servicio Premium 1, a un costo mensual de S/208 por hectárea (incluyendo IGV), añade servicios como información detallada sobre el estrés hídrico, detección de enfermedades y plagas, evaluación de riesgos para los cultivos, recomendaciones de aplicación de pesticidas y fertilizantes y predicción de producción, incorporando tanto imágenes satelitales como drones. El Servicio Premium 2, por S/258 mensuales por hectárea (incluyendo IGV), expande aún más los servicios incluyendo monitoreo continuo de la humedad del suelo, mediciones de temperatura y humedad ambiental,

detección temprana de deficiencias nutricionales y gestión avanzada de riego, mediante la combinación de imágenes satelitales, drones y sensores de campo. Estos precios se fijaron de acuerdo con el promedio ponderado de respuestas de los agricultores, con respecto a la cantidad que estarían dispuestos a pagar por cada servicio.

Tabla 12
Precios por servicio

Paquete	Tecnología involucrada	Servicio	Precio
Servicio básico	Imágenes satelitales	Análisis de Cobertura de Cultivo Vigilancia de la Salud del Cultivo Monitoreo de Condiciones Climáticas Recomendaciones Generales de Riego Detección de Anomalías	Gratis
Servicio premium 1	Imágenes satelitales + drones	Todo lo del servicio básico más: - Información Detallada sobre el Estrés Hídrico - Detección de Enfermedades y Plagas - Evaluación de Riesgos para los Cultivos - Recomendaciones de Aplicación de Pesticidas y fertilizantes - Predicción de Producción.	Costo mensual por Ha: S/208
Servicio premium 2	Imágenes satelitales + drones + sensores de campo	Todo lo del servicio premium 1 más: - Monitoreo Continuo de la Humedad del Suelo - Mediciones de Temperatura D4y Humedad Ambiental - Detección Temprana de Deficiencias Nutricionales - Gestión Avanzada de Riego - Alertas de Condiciones Extremas	Costo mensual por Ha: S/ 258

Nota. Los precios incluyen el IGV.

6.2.3. Plan de operaciones

Una de las inversiones clave en el proyecto para la optimización de la agricultura de precisión en la producción de arroz son los drones, cuyas características avanzadas son fundamentales para la eficiencia de la plataforma. Equipados con un sistema de imágenes multiespectrales, estos drones no solo poseen una cámara RGB sino también cinco cámaras multiespectrales que abarcan diversas bandas espectrales, permitiendo un análisis detallado de la salud vegetal, la detección de enfermedades, el estrés hídrico y la deficiencia de nutrientes.

Además, su capacidad de ofrecer vistas NDVI en vivo facilita la toma de decisiones inmediatas en el campo, optimizando los tratamientos y la gestión de los cultivos.

Los drones también están equipados con módulo RTK y TimeSync, lo que mejora la alineación precisa de los datos de posicionamiento a nivel centimétrico, esencial para el mapeo y seguimiento detallado. Su larga duración y amplio rango de vuelo les permiten cubrir grandes áreas rápidamente, lo que es ideal para el monitoreo extensivo de los campos. La estabilización mediante gimbales de tres ejes y la calibración detallada de cámaras aseguran imágenes claras y precisas, cruciales para un análisis confiable. Adicionalmente, el sensor de luz solar espectral captura la irradiancia solar, mejorando la coherencia y calidad de los datos bajo diversas condiciones de luz. Finalmente, la compatibilidad con software de planificación y análisis de vuelo como GS PRO simplifica la gestión de datos y la operación en el campo, haciendo de estos drones una herramienta indispensable para promover una agricultura más inteligente y rentable.

Figura 13

Imagen referencial del Dron Phantom 4 - Multiespectral



Nota. Tomado de “Phantom 4 Multispectral”, por Aerodrones, 2024

(<https://aerodrones.pe/producto/phantom-4-multiespectral/>)

Tabla 13

Características de dron con capacidad para la toma de imágenes multiespectrales, especializado para agricultura de precisión

Característica	Descripción	Beneficio para la Agricultura de Precisión
Sistema de Imágenes Multiespectrales	Equipado con una cámara RGB y cinco cámaras multiespectrales que cubren distintas bandas espectrales.	Permite análisis detallado de la salud vegetal y detección de enfermedades, estrés hídrico y nutrientes.
Vista NDVI en Vivo	Capacidad de alternar entre vistas RGB y NDVI para análisis inmediatos.	Facilita decisiones rápidas en el campo, optimizando tratamientos y gestión de cultivos.
Módulo RTK y TimeSync	Alineación precisa de datos de posicionamiento a nivel centimétrico.	Mejora la precisión de los datos geoespaciales, crucial para el mapeo y seguimiento detallado de los cultivos.
Duración y Rango de Vuelo	Vuelo de hasta 27 minutos y rango de transmisión de hasta 7 km.	Permite cubrir grandes áreas de cultivo rápidamente, ideal para monitoreo extensivo.
Estabilización y Precisión	Gimbales de 3 ejes y calibración detallada de cámaras.	Asegura imágenes claras y precisas, fundamentales para un análisis fiable.
Sensor de Luz Solar Espectral	Captura irradiancia solar para maximizar la precisión y coherencia de datos.	Mejora la calidad y consistencia de los datos recogidos bajo diferentes condiciones de luz.
Compatibilidad con Software	Integración con GS PRO y otros sistemas para planificación y análisis de vuelo.	Facilita la gestión de datos y la planificación de misiones, simplificando la operación en el campo.

Para determinar el tiempo que se demora un dron en cubrir una hectárea de terreno utilizando imágenes para la agricultura de precisión, se toman en cuenta varias variables importantes. El dron opera a una altitud de vuelo de 30 metros y se desplaza a una velocidad de 5 metros por segundo. Cada imagen capturada por el dron cubre un área de 0.01 hectáreas, y para garantizar una cobertura total de la zona, es necesario que las imágenes tengan una superposición del 70%. En cuanto a la operación en campo, cada pasada longitudinal que realiza el dron dura 20 segundos, y para cubrir completamente el ancho de una hectárea se requieren 10 pasadas. Sumando el tiempo de todas estas pasadas, el tiempo total de vuelo

necesario para cubrir una hectárea es de aproximadamente 200 segundos, lo que equivale a 3.3 minutos. áreas, clave para implementar técnicas de gestión agrícola avanzadas en tiempos reducidos.

Partiendo de este cálculo, es posible determinar que un dron puede cubrir la totalidad de las hectáreas objetivo del primer año de operaciones. Pues, en tal caso, se requiere de 357 horas de vuelo de dron en un periodo de 5 meses.

Tabla 14

Tiempo que toma cubrir una hectárea

Variable	Descripción	Valor
Altitud de vuelo	Altura a la que opera el dron	30 metros
Velocidad de vuelo	Velocidad a la que se desplaza el dron	5 m/s
Área de cobertura por imagen	Área que cubre cada imagen capturada	0.01 hectáreas
Superposición de imágenes	Superposición necesaria para cobertura total	0.7
Duración por pasada	Tiempo para completar una pasada longitudinal	20 segundos
Número de pasadas necesarias	Número de pasadas para cubrir el ancho	10 pasadas
Tiempo total de vuelo	Tiempo total necesario para cubrir 1 hectárea	200 segundos = 3.3 minutos

Tabla 15

Detalle de actividades realizada durante la campaña con respecto al uso de drones

Etapas del Cultivo	Objetivo del Vuelo	Momento Recomendado	Vuelos	Descripción de Actividades
Pre-siembra	Evaluación del terreno y preparación inicial.	Antes de la siembra	1 vuelo	Realizar un vuelo inicial para obtener un mapa de base del estado previo a la siembra, identificar áreas problemáticas o de manejo diferente.
Post-siembra	Verificación de la siembra y emergencia de plántulas.	2-3 semanas después de la siembra	2 vuelos	Verificar la uniformidad de la siembra, la emergencia inicial de plántulas y detectar problemas tempranos como zonas húmedas o secas.
Crecimiento vegetativo	Monitoreo de salud, nutrición y detección temprana de enfermedades o plagas.	Mensual durante el crecimiento vegetativo	1 vuelo cada mes	Realizar vuelos mensuales para seguir la evolución del cultivo, ajustar aplicaciones de nutrientes y agua, y detectar y tratar problemas de plagas o enfermedades a tiempo.
Floración y desarrollo del fruto	Monitoreo crítico durante la floración y formación del fruto.	Inicio de floración y desarrollo del fruto	2 vuelos	Dos vuelos claves para monitorear el estrés hídrico, salud de la planta y detectar enfermedades que pueden impactar el rendimiento durante estas fases críticas de desarrollo.

Maduración y pre-cosecha	Estimación del rendimiento y preparación para la cosecha.	Fase de maduración	2 vuelo	Un vuelo en la fase de maduración para realizar estimaciones finales del rendimiento, ajustar tratamientos finales y planificar la cosecha.
--------------------------	---	--------------------	---------	---

La siguiente tabla muestra la distribución del número de vuelos de dron planificados para cada etapa del ciclo de cultivo a lo largo de cinco meses. En el mes cero, se realiza un vuelo durante la etapa de pre-siembra. Después de la siembra, en el mes uno, se programan dos vuelos para la etapa post-siembra. Durante la fase de crecimiento vegetativo, que abarca los meses dos a cuatro, se efectúa un vuelo por mes, sumando tres vuelos en total. La floración y el desarrollo del fruto, que ocurren en los meses 4 y 5, también requieren un vuelo por mes. Finalmente, en la etapa de maduración y pre-cosecha, durante el mes 5, se realizan dos vuelos adicionales. Esta programación permite un monitoreo detallado y continuo del desarrollo del

Etapa del Cultivo	Mes					4	5
	0	1	2	3			
Pre-siembra	1						
Post-siembra		2					
Crecimiento vegetativo			1	1	1		
Floración y desarrollo del fruto					1	1	
Maduración y pre-cosecha							2

cultivo, optimizando el manejo agrícola mediante la intervención precisa.

Tabla 16

Cantidad de vuelos por etapa de desarrollo del arroz

La tabla siguiente proporciona una visión detallada de la planificación de vuelos de drones para monitorear el cultivo de arroz de 153 agricultores en Arequipa, representando el 10% del total de agricultores arroceros de la región. En el mes cero, durante la etapa de pre-siembra, se programan 153 vuelos, uno por agricultor. En el mes uno, para la post-siembra, el

número de vuelos se duplica a 306, indicando dos vuelos por agricultor. Para los meses dos a cinco, durante las etapas de crecimiento vegetativo, floración, desarrollo del fruto, y maduración y pre-cosecha, el número de vuelos fluctúa entre 153 y 306 dependiendo de la necesidad de mayor monitoreo en ciertos meses. No hay vuelos programados para la post-cosecha.

Diariamente, el número de vuelos varía de 15 a 31, dependiendo del mes y la etapa del cultivo. Con un dron disponibles, se realizaría entre 15 y 31 vuelos por día para cubrir las necesidades de monitoreo de todos los agricultores. Esta programación asegura un monitoreo constante y efectivo de los campos, permitiendo intervenciones agrícolas oportunas y precisas basadas en los datos recopilados. Este enfoque intensivo de vuelos está diseñado para maximizar la eficiencia de la agricultura de precisión en un mercado inicial focalizado.

Tabla 17

Cantidad de vuelos de dron para el primer año de funcionamiento

Etapa del Cultivo	Mes					
	0	1	2	3	4	5
Pre-siembra	153					
Post-siembra		306				
Crecimiento vegetativo			153	153	153	
Floración y desarrollo del fruto				153	153	
Maduración y pre-cosecha						306
Post-cosecha						0
Total vuelos	153	306	153	306	306	306
Vuelos en 10 días	153	306	153	306	306	306
Vuelos por día	15	31	15	31	31	31
Vuelos por dron diarios	15	31	15	31	31	31

Por su parte, con respecto al desarrollo de la plataforma, se han considerado los siguientes procesos.

Tabla 18
Desarrollo de la plataforma

Fase	Tarea	Descripción
Planificación	Definición de Requisitos	Identificar necesidades específicas del mercado arrocero y establecer objetivos claros para la plataforma.
	Selección de Tecnologías	Elegir AWS como proveedor de la nube y definir las tecnologías de frontend (React, Vue.js, etc.).
Backend - AWS	Configuración de Infraestructura	Establecer y configurar instancias EC2 para servidores, utilizar S3 para almacenamiento de datos y RDS para bases de datos.
	Integración de Datos	Configurar la adquisición y almacenamiento de datos desde sensores, drones y Google Earth Engine mediante API Gateway y Lambda.
	Procesamiento y Análisis	Implementar servicios de AWS como Lambda para ejecutar funciones de procesamiento de datos y utilizar herramientas de machine learning con SageMaker.
	Seguridad y Conformidad	Implementar grupos de seguridad, políticas de IAM y cifrado de datos con KMS para asegurar la protección de datos.
Frontend	Diseño de Interfaz de Usuario	Crear wireframes y diseños visuales para las interfaces de usuario utilizando herramientas como Adobe XD o Sketch.
	Desarrollo Frontend	Construir la interfaz utilizando frameworks como React o Vue.js, integrar con AWS Amplify para conectar con el backend.
	Implementación de Mapas	Integrar mapas y herramientas de visualización utilizando Leaflet o Google Maps API para mostrar datos geoespaciales.
Pruebas y Lanzamiento	Pruebas de Sistema	Realizar pruebas integrales para asegurar la funcionalidad y seguridad de la plataforma. Realizar pruebas de carga para evaluar el rendimiento bajo diferentes volúmenes de uso.
	Despliegue y Monitoreo	Desplegar la plataforma en un entorno de producción de AWS, utilizar CloudWatch para monitorear el rendimiento y la salud del sistema.
Mantenimiento y Escalado	Actualizaciones y Mejoras Continuas	Implementar un ciclo de feedback continuo con usuarios para mejorar y actualizar la plataforma, escalando recursos de AWS según la demanda.

6.2.4. Validación de la viabilidad de la solución

6.2.4.1. Presupuesto de inversión

La plataforma ofrece servicios que van desde el monitoreo básico hasta la gestión avanzada del riego y la detección temprana de enfermedades, adaptándose a las necesidades de cada agricultor con paquetes que varían desde servicios básicos hasta opciones premium con

análisis detallados. En cuanto a la inversión inicial, los costos de equipamiento de oficina son relativamente moderados y consisten en artículos comunes como computadoras, impresoras, sillas y escritorios, sumando un total de S/12,067. Por otro lado, la inversión inicial en activos asciende a S/209,058, destinada a la compra de drones, una camioneta pick-up 4x2 y sensores de suelo, así como al desarrollo de la plataforma misma. Estas inversiones estratégicas son fundamentales para el despliegue y éxito de las soluciones tecnológicas ofrecidas.

Tabla 19

Inversión en oficina

Inversiones	Cantidad	Precio + IGV	Precio sin IGV	Total sin IGV
Computadoras	3	S/3,250	S/2,754	S/8,263
Impresoras	1	S/759	S/643	S/643
Sillas	3	S/130	S/110	S/330
Escritorios	3	S/387	S/328	S/984
Constitución de la empresa				S/750
Otros				S/1,097
Total				S/12,067

Tabla 20

Inversión en activos (directamente asociados al servicio)

Inversiones	Cantidad	Precio + IGV	Precio sin IGV	Total sin IGV
Drones	2	19,344	S/16,393	S/32,786
Camioneta pick up 4x2	1	S/55,000	S/46,610	S/46,610
Sensores de suelo	488	S/160	S/136	S/66,102
Desarrollo de la plataforma	1	S/75,000		S/63,559
Total				S/209,058

La empresa planea una expansión significativa de sus operaciones hasta 2028, proyectando aumentar el número de hectáreas bajo gestión de 650 en 2024 a 8,374 en 2028. Con una inversión en activos creciente año tras año, se anticipa la adquisición adicional de drones, camionetas pick-up 4x2 y sensores de suelo, junto con la expansión de las hectáreas manejadas.

Esta estrategia de inversión está diseñada para apoyar una expansión a nivel nacional, con el objetivo de alcanzar al menos el 5% de los agricultores de arroz en el país. El desglose financiero revela una inversión escalonada en drones, camionetas pick-up 4x4, y sensores de suelo, que aumenta anualmente desde S/122,136 en 2025 hasta S/717,142 en 2028. Estos fondos se destinan a fortalecer la infraestructura tecnológica y operativa necesaria para ampliar la cobertura de la plataforma. Cabe precisar que las cifras incluidas en la siguiente tabla están sin IGV.

Tabla 21

Inversión para la expansión

Inversión para expansión (cantidad)	2024	2025	2026	2027	2028
Hectáreas	650	1,231	2,333	4,420	8,374
Hectáreas adicionales		581	1,102	2,087	3,954
Drones		1	2	4	5
Camioneta pick up 4x2		1	2	4	5
Sensores de suelo		436	826	1,565	2,966
Desarrollo de la plataforma					
Inversión para expansión (S/)	2024	2025	2026	2027	2028
Drones		S/16,393	S/32,786	S/65,573	S/81,966
Camioneta pick up 4x2		S/46,610	S/93,220	S/186,441	S/233,051
Sensores de suelo		S/59,133	S/112,031	S/212,251	S/402,125
Desarrollo de la plataforma					
Total		S/122,136	S/238,038	S/464,265	S/717,142

Los gastos en planilla detallados en la tabla corresponden a la primera etapa de la operación de la empresa en Arequipa. Este esquema inicial incluye la contratación de un equipo clave compuesto por un Gerente General, un Gerente Operativo, un Director de Tecnología, un Programador y un Piloto de Dron. Cada posición tiene asignado un salario mensual base más beneficios sociales, que incluyen contribuciones a pensiones (ONP/AFP), cobertura de salud (EsSalud), compensación por tiempo de servicio (CTS), provisión para vacaciones, y dos

gratificaciones anuales. En conjunto, la planilla anual para estos cinco puestos clave en la primera etapa en Arequipa asciende a S/342,131.

Tabla 22

Gastos en planilla (primera etapa)

Planilla	Nro.	Salario mes sin beneficios sociales	ONP/AFP (mes)	EsSalud (mes)	CTS (anual)	Provisión para vacaciones (año)	Dos gratificaciones (año)	Salario anual (incluyendo beneficios sociales)
Gerente general	1	S/5,500	S/715	S/495	S/3,208	S/2,750	S/11,000	S/97,478
Gerente operativo	1	S/2,200	S/286	S/198	S/1,283	S/1,100	S/4,400	S/38,991
Director de tecnología	1	S/5,000	S/650	S/450	S/2,917	S/2,500	S/10,000	S/88,617
Programador	1	S/3,154	S/410	S/284	S/1,840	S/1,577	S/6,308	S/55,899
Piloto de dron	1	S/3,450	S/449	S/311	S/2,013	S/1,725	S/6,900	S/61,146
								S/342,131

La estructura de personal de la empresa está diseñada para escalar progresivamente durante los cinco años del proyecto, como parte de su estrategia de expansión. En 2024, la plantilla comienza con un equipo básico que incluye un Gerente General, un Gerente Operativo, un Director de Tecnología, un Programador y un Piloto de Dron. Para el año 2025, la empresa planea duplicar el número de Programadores y Pilotos de Dron, reflejando un incremento en las operaciones y la necesidad de más soporte técnico y operativo. Esta tendencia continúa en 2026, y para 2027 se anticipa un crecimiento significativo, duplicando el número de Directores de Tecnología y aumentando aún más los Programadores y Pilotos de Dron, con un total de cinco de cada uno. En 2028, la plantilla se ajusta nuevamente para incluir seis Programadores y Pilotos de Dron, manteniendo dos Directores de Tecnología. Este aumento

planificado en la plantilla refleja un gasto total que crece de S/342,131 en 2024 a S/1,015,972 en 2028.

Tabla 23

	Precio por mes	Gasto por año
Alquiler del local	S/678	S/8,136
Google Earth Engine	S/1,850	S/22,200
Microsoft Azure	S/925	S/11,100
Servicio	S/400	S/4,800
Gasolina		S/2,000
Gastos en marketing y capacitación		S/67,527
Total		S/115,762

Gastos administrativos y operativos

Nota. Las cifras se presentan sin IGV.

Tabla 24

Planilla proyectada por años

Planilla	Cantidad				
	2024	2025	2026	2027	2028
Gerente general	1	1	1	1	1
Gerente operativo	1	1	1	1	1
Director de tecnología	1	1	1	2	2
Programador	1	2	3	5	6
Piloto de dron	1	2	3	5	6
Gasto total	S/342,131	S/459,176	S/576,221	S/898,927	S/1,015,972

6.2.4.2. Cálculo de la tasa de descuento

Para determinar la tasa de descuento, se utilizan los siguientes supuestos y parámetros financieros:

- Tasa de interés (i): según la Superintendencia de Banca, Seguros y AFP (SBS, 2024), la tasa promedio para préstamos de largo plazo (más de un año) a pymes es del 21.28%.
- Tasa libre de riesgo (Rf): El Banco Central de Reserva del Perú (BCRP, 2024) indica que el rendimiento del Bono del Tesoro de EE.UU. a 10 años se mantiene en 4.55%.

- Impuesto a la renta: 29.5%.
- Beta desapalancado del sector de sistemas y aplicaciones: Según Damodaran (2024), es de 1.24. El ajuste para obtener el beta apalancado, que refleja el riesgo de financiación, se realiza con la fórmula del beta apalancado, resultando en un valor de 1.61.
- Retorno promedio del mercado (R_m): El rendimiento anual promedio del índice S&P 500 entre 2014 y 2023 es del 14.39%, según Yahoo Finance (2024).
- Riesgo país para Perú ($R_{país}$): Establecido en 1.46% por el BCRP (2024).
- Estructura de capital: Definida con un 30% de deuda (D) y un 70% de patrimonio (E).

Para la estimación de la tasa de descuento (WACC) se emplearán los siguientes supuestos (drivers):

Tabla 25

Estructura de capital

Estructura Capital		
Deuda =	109,911	30%
Patrimonio =	256,459	70%
Valor total de la inversión =	366,371	100%

Esta tabla calcula el costo de la deuda después de impuestos. Aquí, la tasa de interés nominal (i) es del 21.28%, y el impuesto a la renta (t) es del 29.5%. Usando la fórmula indicada se obtiene un costo de deuda efectivo de 15.00%. Este valor refleja lo que la empresa realmente paga por su deuda una vez ajustado por el beneficio fiscal que implica la deducibilidad de los intereses.

Tabla 26*Costo de deuda*

$K_d = i(1-t)$	
$i =$	21.28%
$t =$	29.5%
$K_d =$	15.00%

En esta tabla se determina el costo de patrimonio utilizando el modelo de valoración de activos de capital (CAPM). La tasa libre de riesgo (R_f) es del 4.55%, y el rendimiento excedente del mercado ($R_p = R_m - R_f$) es del 9.84%. El beta desapalancado del sector es 1.24, ajustado por endeudamiento a una beta apalancado de 1.61. El rendimiento del mercado (R_m) es del 14.39%, y el riesgo país adicional es del 1.46%. Aplicando la fórmula, el costo de patrimonio se calcula en 21.90%.

Tabla 27*Costo de patrimonio*

$K_e = R_f + \beta(R_m - R_f) + R_{país}$	
R_f (tasa libre de riesgo)	4.55%
$R_p = (R_m - R_f)$	9.84%
β unlevered (system & application)	1.24
β levered	1.61
R_m (Retorno de mercado)	14.39%
Riesgo país	1.46%
K_e	21.90%

El WACC representa la tasa de descuento que refleja el costo promedio de los fondos de la empresa, tanto de deuda como de patrimonio. Utiliza los resultados de las tablas anteriores, considerando el costo de la deuda (K_d) y el costo de patrimonio (K_e). Este cálculo

resulta en un WACC de 19.83%, indicando el costo promedio de los fondos usados por la empresa.

Tabla 28

WACC

WACC= Costo de Capital Propio Promedio	
WACC =	$K_d*(D/V)+K_e*(P/V)$
WACC =	19.83%

6.2.4.3. Estructura de financiamiento

La estructura de capital y financiamiento para el proyecto, incluyendo el IGV requerido en las inversiones, se detalla en la siguiente tabla. El monto total de la inversión es de S/ 366,371, de los cuales S/ 109,911 (30% del total) serán financiados a través de préstamos bancarios con una tasa de interés anual estimada en 21.28%, según la información de la SBS (2024) sobre la tasa promedio a más de 360 días en el sistema bancario peruano. El período de financiamiento será de 5 años. El restante 70% del capital será aportado por los socios del proyecto. Cabe precisar que toda esta inversión incluye el monto de IGV respectivo. En el apéndice 3 se presenta la tabla completa del financiamiento.

Tabla 29

Estructura de capital y financiamiento

Monto	Tipo
S/ 366,371	Total inversión
S/ 109,911	Financiamiento 30%
S/ 256,459	Aporte de socios (70%)
Tasa banco i =	21.28%
Período n =	5 años

6.2.4.4. Presupuesto de IGV

La siguiente tabla presenta el módulo de IGV para los años 2024 a 2028, mostrando cómo las inversiones permiten reducir el pago del IGV a través del crédito fiscal. Aunque las inversiones ayudan a disminuir el IGV a pagar, no logran eliminar completamente el pago, sino que lo reducen considerablemente año tras año. En el primer año (2024), el crédito fiscal generado por la inversión es de S/42,840, lo que reduce el IGV a pagar a S/35,887. Sin embargo, en los años siguientes, aunque el IGV pagado sigue siendo considerablemente reducido, nunca llega a ser cero. Esta estructura indica que, a pesar de los beneficios del crédito fiscal, la empresa mantendrá un nivel de pago de IGV.

Tabla 30

Módulo de IGV

Módulo de IGV	0	2024	2025	2026	2027	2028
IGV de inversión	-S/42,840	-S/21,984	-S/42,847	-S/83,568	-S/129,086	
IGV recibido		S/121,548	S/230,281	S/436,284	S/826,572	S/1,566,000
IGV pagado		-S/20,837	-S/28,063	-S/36,423	-S/46,200	-S/55,062
IGV a pagar sin crédito fiscal		-S/78,726	-S/159,372	-S/316,294	-S/651,286	-S/1,510,938
Crédito fiscal	S/42,840	S/0	S/0	S/0	S/0	S/0
IGV neto		-S/35,887	-S/159,372	-S/316,294	-S/651,286	-S/1,510,938

6.2.4.5. Evaluación económico - financiera

El análisis financiero del proyecto muestra un crecimiento sostenido en la utilidad operativa antes de impuestos, desde S/298,097 en 2024 hasta S/8,639,903 en 2028. La utilidad neta después de impuestos también refleja un incremento significativo, subiendo de S/259,854 en 2024 a S/6,786,020 en 2028. Además, el flujo de caja económico, aunque negativo en los primeros dos años, mejora considerablemente, alcanzando S/6,400,306 en 2028. En todos los casos, se ha considerado el efecto del IGV en el flujo de caja, asegurando un análisis completo

y preciso. Es importante destacar que los años en los que se presentan flujos de caja negativos requerirán un nuevo aporte de capital por parte de los socios. Esto es necesario debido a la fuerte expansión que se planifica, y por lo tanto, en realidad no son pérdidas del negocio como tal, sino el resultado de la expansión. Si no se deseara esta expansión, el proyecto sería positivo desde el inicio. El proyecto muestra que las inversiones permitirán reducir el pago del IGV mediante la generación de crédito fiscal, aunque no al punto de eliminar completamente el pago del IGV. Este crédito fiscal disminuye considerablemente el IGV neto a pagar cada año, pero nunca llega a ser cero. El Valor Actual Neto Económico (VANE) del proyecto es de S/3,725,358, y el Valor Actual Neto Financiero (VANF) es de S/3,445,083.79, ambos positivos, lo que indica que los flujos de efectivo futuros esperados superan ampliamente los costos iniciales y operativos. Las Tasas Internas de Retorno Económica (TIRE) y Financiera (TIRF) son de 117.7% y 135.1%, respectivamente, lo cual es considerablemente superior al costo promedio ponderado del capital (WACC) del 19.8% y el K_e (21.9%). Esto demuestra que el proyecto no solo es capaz de cubrir sus costos de capital, sino que también promete retornos atractivos, subrayando su potencial de éxito a largo plazo. El valor de recupero se detalla en el apéndice 4.

Tabla 31*Flujo de caja proyectado y evaluación económico-financiera*

Año	0	2024	2025	2026	2027	2028
Total ingresos		S/675,266	S/1,279,340	S/2,423,802	S/4,592,067	S/8,700,000
<i>IGV (correspondiente a los ingresos)</i>		S/121,548	S/230,281	S/436,284	S/826,572	S/1,566,000
Total egresos		-S/457,893	-S/615,081	-S/778,569	-S/1,155,597	-S/1,321,873
<i>IGV (correspondiente a egresos gravados)</i>		-S/20,837	-S/28,063	-S/36,423	-S/46,200	-S/55,062
Depreciación		-S/19,986	-S/39,320	-S/77,364	-S/152,270	-S/249,161
Utilidad operativa		S/298,097	S/827,158	S/1,967,731	S/4,064,571	S/8,639,903
Impuesto		-S/58,229	-S/184,357	-S/462,521	-S/968,839	-S/2,103,045
Utilidad operativa después de impuestos		S/239,868	S/642,801	S/1,505,209	S/3,095,732	S/6,536,858
Depreciación		S/19,986	S/39,320	S/77,364	S/152,270	S/249,161
Utilidad neta después de impuestos		S/259,854	S/682,121	S/1,582,573	S/3,248,002	S/6,786,020
Inversión en activos	-S/209,058	-S/122,136	-S/238,038	-S/464,265	-S/717,142	
<i>IGV (correspondiente a activos)</i>	-S/37,630	-S/21,984	-S/42,847	-S/83,568	-S/129,086	
Capital de trabajo	-S/114,473					
<i>IGV (correspondiente a capital de trabajo)</i>	-S/5,209					
Valor de recupero y capital de trabajo						S/1,222,083
IGV (valor de recupero)						-S/96,858
<i>Pago de IGV Neto</i>		-S/35,887	-S/159,372	-S/316,294	-S/651,286	-S/1,510,938
Flujo de caja económico	-S/366,371	S/79,847	S/241,864	S/718,447	S/1,750,489	S/6,400,306
Préstamo	S/109,911					
Amortización		-S/14,403	-S/17,468	-S/21,185	-S/25,694	-S/31,161
Interés		-S/23,389	-S/20,324	-S/16,607	-S/12,099	-S/6,631
Ahorro fiscal		S/6,900	S/5,996	S/4,899	S/3,569	S/1,956
Flujo de caja financiero	-S/256,459	S/48,955	S/210,068	S/685,553	S/1,716,266	S/6,364,470
WACC	19.8%	Ke	21.9%			
VANE	S/3,725,358	VANF	S/3,445,083.79			
TIRE	117.7%	TIRF	135.1%			

Nota. El capital de trabajo se ha estimado para cubrir un periodo de 4 meses.

Capítulo VII: Solución Sostenible

7.1. Relevancia social de la solución

Contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

El proyecto no solo representa una innovación disruptiva, sino que también está alineado con los ODS de las Naciones Unidas, específicamente:

- ODS 2: Hambre cero: Mejora de la productividad y producción agrícola sostenible.
- ODS 9: Industria, innovación e infraestructura: Implementación de tecnologías innovadoras en el sector agrícola.
- ODS 12: Producción y consumo responsables: Promoción de prácticas agrícolas eficientes que optimizan el uso de recursos naturales.
- ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres: Mejora en la gestión de pesticidas y fertilizantes, contribuyendo a la sostenibilidad medioambiental.

En la tabla se presentan las metas puntuales del proyecto alineadas con los ODS. Para el ODS 2: Hambre cero, se incluyen metas relacionadas con el incremento de la producción de arroz. En el ODS 9: Industria, innovación e infraestructura, las metas abarcan el desarrollo de una plataforma digital para la gestión agrícola y la implementación de estaciones de sensores y drones. En cuanto al ODS 12: Producción y consumo responsables, se detallan metas para reducir el uso de agua y fertilizantes químicos en la producción de arroz. Finalmente, para el ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres, las metas se enfocan en la implementación de prácticas sostenibles para el manejo de pesticidas y la restauración de áreas agrícolas con técnicas de cultivo sostenible.

Tabla 32*ODS y metas del proyecto*

ODS	Meta del Proyecto
ODS 2: Hambre cero	Meta 1: Incrementar la producción de arroz en un 29% para finales de 2025 mediante la implementación de tecnologías avanzadas como drones e imágenes satelitales.
ODS 9: Industria, innovación e infraestructura	Meta 1: Desarrollar e implementar una plataforma digital para la gestión agrícola que será utilizada por al menos 153 agricultores locales para 2024.
	Meta 2: Establecer una red de estaciones de drones y sensores de suelo operativos para 2024, mejorando así la infraestructura agrícola de precisión.
ODS 12: Producción y consumo responsables	Meta 1: Reducir el uso de agua en la producción de arroz en un 20% mediante prácticas agrícolas eficientes y tecnologías de monitoreo para 2025.
	Meta 2: Disminuir el uso de fertilizantes químicos en un 25% a través de la optimización del manejo de nutrientes para 2026.
ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres	Meta 1: Implementar prácticas de manejo sostenible de pesticidas que resulten en una reducción del 30% en el uso de pesticidas tóxicos para 2024.
	Meta 2: Mejorar la salud del suelo en un 25% para 2025 mediante el uso de tecnologías de monitoreo y análisis de imágenes satelitales.

La siguiente tabla presenta las acciones e impactos del proyecto alineados con los ODS, destacando mejoras en la productividad agrícola, la implementación de tecnologías innovadoras, la promoción de prácticas agrícolas eficientes y la gestión sostenible de pesticidas y fertilizantes, contribuyendo así a la sostenibilidad y conservación de los recursos naturales y ecosistemas.

Tabla 33*Acciones e impactos*

Objetivo	Acción	Impacto
ODS 2	Mejorar la productividad y producción agrícola sostenible.	Incremento en la producción arroceras y reducción del hambre.
ODS 9	Implementar tecnologías innovadoras en el sector agrícola.	Desarrollo de infraestructuras agrícolas avanzadas.
ODS 12	Promover prácticas agrícolas eficientes.	Reducción en el uso de recursos naturales y mejora de la sostenibilidad.
ODS 15	Mejorar la gestión de pesticidas y fertilizantes.	Conservación de los ecosistemas terrestres y uso eficiente de los recursos hídricos.

7.2. Rentabilidad social de la solución

En 2024, el proyecto generará un consumo total de energía de 484,596 kWh. Este consumo se desglosa en dos categorías principales: inversión en oficina e inversión en activos. La inversión en oficina incluye el uso de computadoras y una impresora. La inversión en activos, que abarca drones, sensores de suelo y servidores para el desarrollo de la plataforma, así como la pick up, lo que representa un consumo anual de 18,695 kWh.

Tabla 34

Gasto energético para la ejecución del proyecto

Elemento	Cantidad	Uso de Energía (kWh)	Horas de Uso Diario	Días de Uso Anual	Consumo Anual (kWh)
<i>Inversión en Oficina</i>					
Computadoras	3	0.72	8	365	6,307
Impresoras	1	0.3	1	180	54
Total Oficina	-	-	-	-	6,361
<i>Inversión en Activos</i>					
Drones	2	200	4	300	480,000
Camioneta pick up 4x2	1	53.4	4	300	
Sensores de suelo	488		24	365	1,092
Plataforma (servidor)	1	0.4	24	365	3,504
Total Activos	-	-	-	-	484,596

Nota. El consumo de la camioneta se estimó de acuerdo con su equivalencia energética de gasolina con kWh. 1 litro por 8.9 kWh. De este modo los cálculos se uniformizan.

La tabla siguiente presenta la proyección del gasto energético del proyecto según la expansión esperada. Incluye el consumo de energía de la oficina, los activos asociados al servicio, y la expansión prevista, con un costo energético calculado anualmente.

Tabla 35*Proyección de gasto energético*

Año	Total Oficina (kWh)	Total Activos (kWh)	Total Consumo Anual (kWh)	Costo energético (S/)
2024	6,361	484,596	490,957	417,314
2025	12,052	918,102	930,154	790,631
2026	22,833	1,739,410	1,762,243	1,497,906
2027	43,259	3,295,437	3,338,696	2,837,891
2028	81,956	6,243,442	6,325,399	5,376,589

Nota. La tarifa por kWh (S/0.80) se estimó de acuerdo con el BCRP (2023)

Según Ceroco2 (2024), el cálculo de la huella de carbono para la energía eléctrica es de 0.25 kg de CO2 por cada kWh. Basado en esta tasa, el precio social por los gastos energéticos proyectados para el proyecto es el siguiente es el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 36*Precio social por gastos energéticos*

Año	Kg de CO2	Precio social
2024	122,739	S/ 3,309
2025	232,538	S/ 6,269
2026	440,561	S/ 11,877
2027	834,674	S/ 22,502
2028	1,581,350	S/ 42,632

El costo social de la energía, calculado según lo indicado por el MEF (2021) a un costo equivalente de 27 soles por kWh debido a las emisiones de carbono, muestra que los costos sociales de los equipos energéticos. El Valor Actual Neto Social (VANS) del proyecto es de S/ 99,827,534, lo que indica que los beneficios sociales generados por el proyecto superan significativamente los costos sociales, descontados al 8% anual. Los beneficios sociales incluyen la generación de empleo directo, aumentos en la productividad, y ahorros en el uso de agua, fertilizantes y pesticidas. Estos beneficios crecen sustancialmente año tras año, desde S/ 6,080,367 en el primer año hasta S/ 63,842,623 en el quinto año. En contraste, los costos sociales, que representan principalmente los costos de energía de los equipos, son mucho menores, incrementando de S/ 3,309 en el primer año a S/ 42,632 en el quinto año. La diferencia

entre beneficios y costos es positiva en todos los años, lo que refuerza la viabilidad social del proyecto, alcanzando S/ 63,799,991 en el quinto año.

Tabla 37

Evaluación social del proyecto

	1	2	3	4	5
Costos					
Energía (costo social) de equipos	S/ 3,309	S/ 6,269	S/ 11,877	S/ 22,502	S/ 42,632
Total costos	-S/ 3,309	-S/ 6,269	-S/ 11,877	-S/ 22,502	-S/ 42,632
Beneficios					
Generación de empleo (Directo)	S/ 342,131	S/ 459,176	S/ 576,221	S/ 898,927	S/ 1,015,972
Productividad incrementada	S/ 3,376,331	S/ 5,942,342	S/ 10,458,522	S/ 18,406,999	S/ 32,396,319
Ahorro en uso de agua	S/ 2,331,680	S/ 4,417,535	S/ 8,369,337	S/ 15,856,311	S/ 30,040,919
Ahorro en uso de fertilizantes	S/ 4,875	S/ 9,236	S/ 17,498	S/ 33,152	S/ 62,809
Ahorro en uso de pesticidas	S/ 25,350	S/ 48,027	S/ 90,991	S/ 172,390	S/ 326,605
<i>Total beneficios</i>	<i>S/ 6,080,367</i>	<i>S/ 10,876,317</i>	<i>S/ 19,512,570</i>	<i>S/ 35,367,779</i>	<i>S/ 63,842,623</i>
Diferencia beneficios - costos	S/ 6,077,058	S/ 10,870,048	S/ 19,500,693	S/ 35,345,277	S/ 63,799,991
Tasa de descuento	8.00%				
VANS	S/ 99,827,534				

Nota. Los costos (ahorros) de agua, fertilizantes y pesticidas se han determinado en función de los objetivos sociales de reducción planteados previamente para un área de cultivo de 650 hectáreas en el primer año. Para el agua, se considera un consumo de 7,600 m³ por hectárea, resultando en un total de 4,940,000 m³; con una reducción del 20%, se ahorran 988,000 m³, equivalente a S/ 2,331,680 a un precio de S/ 2.4 por m³. Para fertilizantes, el consumo es de 1.50 litros por hectárea, totalizando 975 litros; una reducción del 25% (244 litros) genera un ahorro de S/ 4,875 a un precio de S/ 20 por litro. En el caso de los pesticidas, con un consumo de 2.60 kg por hectárea (totalizando 1,690 kg), la reducción del 30% equivale a 507 kg, con un ahorro de S/ 25,350 a un precio de S/ 50 por kg. La proyección para los siguientes años simplemente siguió el crecimiento esperado del proyecto.

Capítulo VIII: Decisión e implementación

8.1. Plan de implementación y equipo de trabajo

El proyecto "Implementación de una Plataforma Digital para Mejora en la Producción Arrocera mediante Imágenes Satelitales, Drones y Sensores" se desplegará en varias fases, cada una con actividades específicas a lo largo de los primeros siete meses.

La primera fase, dedicada a la preparación y el diseño, se llevará a cabo durante los primeros cuatro meses. Esta etapa incluirá la definición de roles y recursos, la constitución de la empresa, la gestión de trámites legales y la contratación de personal técnico. El principal hito será tener un prototipo funcional de la plataforma y todo el equipamiento tecnológico operativo.

La segunda fase, que abarcará el quinto y sexto mes, se centrará en la implementación técnica y las pruebas piloto. Durante estos meses, se procederá a instalar y configurar el equipamiento tecnológico en el campo y se realizarán pruebas para adaptar la tecnología a las condiciones específicas del cultivo de arroz. Esta fase buscará asegurar que la plataforma y las herramientas de monitoreo funcionen correctamente y estén completamente integradas.

En la tercera fase, que se desarrollará en el séptimo mes, la plataforma se lanzará oficialmente y se iniciará su operacionalización. Se llevarán a cabo actividades de marketing para promocionar la plataforma entre los agricultores, además de sesiones de formación para enseñarles a utilizar las nuevas tecnologías de monitoreo y gestión del riego. También se establecerá un sistema de soporte técnico para resolver cualquier incidencia rápidamente.

La cuarta y última fase, que se extenderá más allá del séptimo mes, se enfocará en el seguimiento y la optimización de la plataforma. Durante este periodo, se recolectará feedback de los usuarios para identificar áreas de mejora y ajustar la plataforma y sus funcionalidades según sea necesario. Además, se preparará un informe final que detalle los logros del proyecto y las lecciones aprendidas, facilitando así futuras actualizaciones o expansiones.

Cada fase del proyecto incluirá actividades claramente definidas con responsables asignados, garantizando que se cumplen todos los hitos establecidos.



8.2. Conclusiones

Primera. El proyecto "Implementación de una Plataforma Digital para Mejora en la Producción Arrocera mediante Imágenes Satelitales, Drones y Sensores" promete una transformación significativa en la agricultura arrocerera de Castilla, mejorando la productividad y calidad del arroz mediante la adopción de tecnologías avanzadas. Este enfoque no solo optimiza las condiciones de cultivo y cosecha, reduciendo la humedad y mejorando el rendimiento, sino que también incrementa los ingresos de los agricultores, estimula la economía local y reduce el impacto ambiental. Sin embargo, el proyecto debe enfrentar desafíos potenciales como la variabilidad climática y la posible resistencia a nuevas tecnologías, todo mientras se alinea con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Segunda. La elección del Valle de Corire en Castilla, Arequipa, como punto inicial para la implementación de la plataforma digital, es una estrategia clave dada su importancia en la producción arrocerera regional. Este enfoque permitirá demostrar el impacto positivo de la tecnología en la productividad agrícola, sirviendo como un modelo replicable para otras regiones. A través de esta iniciativa, se espera mejorar la eficiencia y sostenibilidad de la producción arrocerera, beneficiando a una amplia cadena de valor agrícola y enfrentando desafíos como la dependencia de fertilizantes y la fluctuación de precios, mientras se asegura un suministro constante y de alta calidad de arroz para la región.

Tercera. La propuesta de valor de este proyecto se destaca por ofrecer soluciones especializadas para mejorar la producción y procesamiento del arroz, mediante el uso de tecnología avanzada, capacitación continua, y un fuerte compromiso con la sostenibilidad ambiental. A pesar de los riesgos asociados, como las fluctuaciones en los precios del arroz y los desastres naturales, el modelo de negocio presenta una alta escalabilidad, comenzando con un enfoque en Arequipa y planeando expandirse a otras regiones.

Cuarta. El análisis financiero del proyecto revela una estructura sólida con una tasa de descuento del 19.8%, derivada de un costo de deuda efectivo y un costo de patrimonio del 21.9%. A pesar de las pérdidas iniciales proyectadas para 2024 y 2025 debido a las inversiones significativas necesarias para la expansión, el proyecto muestra una rentabilidad creciente a largo plazo. Con un Valor Actual Neto Económico (VANE) de S/3,725,358 y un Valor Actual Neto Financiero (VANF) de S/3,445,083.79, además de Tasa Interna de Retorno Económica (TIRE) y Financiera (TIRF) de 117.7% y 135.1%, respectivamente, se demuestra que el proyecto es financieramente viable y capaz de generar retornos superiores al costo promedio ponderado del capital, justificando la inversión a largo plazo.

Quinta. El proyecto generará un consumo total de energía de 490,957 kWh en 2024, distribuido entre la inversión en oficina y activos tecnológicos como drones, sensores de suelo, servidores y una camioneta pick-up. Este consumo refleja el compromiso del proyecto con la implementación de tecnologías avanzadas para optimizar la producción agrícola de arroz. A lo largo de cinco años, el consumo energético aumentará significativamente, alcanzando 6,325,399 kWh en 2028, con una huella de carbono asociada de 1,581,350 kg de CO₂ y un costo social de S/ 42,632 anuales para ese año. A pesar de este incremento en el consumo energético y las emisiones de CO₂, los beneficios sociales del proyecto, que incluyen la generación de empleo y un aumento significativo en la productividad agrícola, superan ampliamente estos costos, culminando en un Valor Actual Neto Social (VANS) de S/ 99,827,534. Esto valida la viabilidad socioeconómica del proyecto, subrayando su impacto positivo en la comunidad y su alineación con objetivos sostenibles.

8.3. Recomendaciones

Primera. Para maximizar los beneficios del proyecto, se recomienda a los inversionistas priorizar la inversión en tecnologías avanzadas como drones, sensores de suelo e imágenes satelitales, así como en la capacitación continua de los agricultores. Estas herramientas tecnológicas no solo optimizan la productividad y calidad del arroz, sino que también reducen el impacto ambiental, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Además, la capacitación constante asegurará una adopción eficiente de estas tecnologías por parte de los agricultores, fomentando la sostenibilidad y el éxito a largo plazo del proyecto.

Segunda. Dada la importancia de enfrentar desafíos como la variabilidad climática y las fluctuaciones en los precios del arroz, se recomienda a los inversionistas desarrollar un plan de gestión de riesgos robusto y una expansión gradual. Comenzar en el Valle de Corire y luego expandirse a otras regiones permitirá afinar la plataforma tecnológica y demostrar su efectividad antes de escalar. Esta estrategia minimizará los riesgos y maximizará el impacto positivo, garantizando una implementación más segura y efectiva del proyecto en otras áreas productoras de arroz en Perú.

Lista de Referencias

- Abdullahi, H., Mahieddine, F., & Sherif, R. (2015). Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles. *Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, 388–400.
- Abdullahi, H., Mahieddine, F., & Sheriff, R. (2015). Technology Impact on Agricultural Productivity: A Review of Precision Agriculture Using Unmanned Aerial Vehicles. *Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, 388–400. doi:10.1007/978-3-319-25479-1_29
- AgroPerú. (2024). *Arequipa: Productores prevén cosechar 97 500 TM de arroz en el valle de Majes*. Obtenido de <https://www.agroperu.pe/arequipa-productores-preven-cosechar-97-500-tm-de-arroz-en-el-valle-de-majes/>
- Agros Tech. (2024). *Agros*. Obtenido de <https://agros.tech/>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2017). *Agricultura de precisión: una posible respuesta al cambio climático y a la seguridad alimentaria*. Obtenido de <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/agricultura-de-precision-una-posible-respuesta-al-cambio-climatico-y-a-la-seguridad-alimentaria-pero-es-asequible-para-todos-2/>
- BCRP. (2023). *Las tarifas eléctricas y residenciales en las regiones del Perú*. Obtenido de <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Revista-Moneda/moneda-196/moneda-196-12.pdf>
- CEPLAN. (2023). *Incremento de la agricultura 4.0*. Obtenido de https://observatorio.ceplan.gob.pe/ficha/ts_5_agro

Ceroco2. (2024). *Cálculo de Huella de Carbono por consumo eléctrico*. Obtenido de

<https://www.ceroco2.org/calculadoras/electrico>

Fondo Nacional de Arroz. (2019). *Fundamentos técnicos para la nutrición del cultivo de*

arroz. Obtenido de

https://fedearroz.s3.amazonaws.com/media/documents/cartilla_fundamentos_nutricio_n.pdf

INDECOPI. (2019). *Aproximación a las Inversiones Implementadas por Ordenador*.

Recuperado el 15 de Octubre de 2022, de

https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1205036/Aproximaci%C3%B3n_a_la_s_inversiones_implementadas_por_ordenador.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2019). *Producción de arroz cáscara fue*

mayor en 7,5% durante abril de 2019. Obtenido de

[https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-fue-mayor-en-75-durante-abril-de-2019-](https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-fue-mayor-en-75-durante-abril-de-2019-11621/#:~:text=Entre%20los%20departamentos%20que%20destacaron,Amazonas%20(0%2C2%25))

[11621/#:~:text=Entre%20los%20departamentos%20que%20destacaron,Amazonas%20\(0%2C2%25\)](https://m.inei.gov.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-fue-mayor-en-75-durante-abril-de-2019-11621/#:~:text=Entre%20los%20departamentos%20que%20destacaron,Amazonas%20(0%2C2%25))

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Cuatro departamentos aportaron el*

82,9% de la producción de arroz cáscara a nivel nacional durante mayo de este año.

Obtenido de [https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/635428-cuatro-](https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/635428-cuatro-departamentos-aportaron-el-82-9-de-la-produccion-de-arroz-cascara-a-nivel-nacional-durante-mayo-de-este-ano)

[departamentos-aportaron-el-82-9-de-la-produccion-de-arroz-cascara-a-nivel-nacional-durante-mayo-de-este-ano](https://www.gob.pe/institucion/inei/noticias/635428-cuatro-departamentos-aportaron-el-82-9-de-la-produccion-de-arroz-cascara-a-nivel-nacional-durante-mayo-de-este-ano)

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2022). *Encuesta Nacional Agropecuaria*.

Obtenido de

https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1912/ibro.pdf

John Deere. (2024). *John Deere*. Obtenido de <https://www.deere.com/latin-america/es/index.html>

MIDAGRI. (2018). *variedades de Arroz*. Obtenido de <https://www.midagri.gov.pe/portal/26-sector-agrario/arroz/218-produccion?start=7>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2020). *Perú: Producción, importaciones y precios del arroz*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1230425/nota-informativa_arroz_02.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego. (2022). *Consumo per cápita de arroz en Perú alcanza un volumen aproximado de 61 kilos*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/470962-consumo-per-capita-de-arroz-en-peru-alcanza-un-volumen-aproximado-de-61-kilos>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2022). *Observatorio: siembras y perspectivas de la producción*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/4785923/Observatorio%20de%20siembras%20y%20perspectivas%20de%20producci%C3%B3n%3A%20Arroz.pdf?v=1688167719#:~:text=Al%20a%C3%B1o%202021%2C%20dicha%20superficie,productos%20dedicados%20a%20dicho%20cultivo>

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). *Observatorio de Commodities*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5221699/Commodities%20Arroz%20abr->

%20jun%202023.pdf?v=1696354092#:~:text=Para%20la%20nueva%20campa%C3%
B1a%202023,hect%C3%A1rea%20(4%2C2%20%25).

Ministerio de Economía y Finanzas. (2021). *Nota técnica para el uso del precio social del carbono en la evaluación social de proyectos de inversión*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/anexos/anexo3_RD006_2021EF6301.pdf

Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Nhamo, L., Magidi, J., Nyamugama, A., Clulow, A., Sibanda, M., Chimonyo, V., & Mabhaudhi, T. (2020). Prospects of Improving Agricultural and Water Productivity through Unmanned Aerial Vehicles. *Agriculture*, 10(7), 256-266.
doi:10.3390/agriculture10070256

SBS. (2024). *Tasa de interés promedio del sistema bancario*. Obtenido de <https://www.sbs.gob.pe/app/pp/EstadisticasSAEEPportal/Paginas/TIActivaTipoCreditoEmpresa.aspx?tip=B>

SGS. (2024). *Optimiza tus cultivos con agricultura de precisión SGS*. Obtenido de <https://www.sgs.pe/es-es/campaigns/agricultura-precision-sgs>

Telemática. (2024). *Planet*. Obtenido de <https://www.telematica.com.pe/plataforma/planet/>

Apéndices

Apéndice 1. Guía de entrevista

- ¿Cuáles son los principales problemas que enfrenta en su producción de arroz actualmente?
- ¿Ha considerado o utilizado tecnologías modernas en su producción de arroz? Si no, ¿cuáles son las principales barreras para su adopción?
- ¿Cómo gestiona la información y los datos relacionados con su cultivo? ¿Tiene acceso a asesoramiento técnico o digital?
- ¿Cómo ha afectado el clima y las condiciones ambientales su cosecha de arroz en los últimos años?
- ¿Qué mejoras considera necesarias para aumentar la eficiencia y rentabilidad de su producción de arroz?

Entrevistas realizadas a:

- Armando Urquiza Álvarez
- Luis Bejarano Valdez
- Lilia Ascensión Chancolla Vera
- Willian Chipana Tapia
- Richard Bernal Medrano

Apéndice 2. Depreciación de activos

Tabla 39

Depreciación

Año 0	Tasa de depreciación	Valor	Depreciación					Valor en libros
			2024	2025	2026	2027	2028	
Drones	25%	S/32,786	S/8,197	S/8,197	S/8,197	S/8,197		S/0
Vehículos	20%	S/46,610	S/9,322	S/9,322	S/9,322	S/9,322	S/9,322	S/0
Maquinaria y otros	10%	S/2,411	S/241	S/241	S/241	S/241	S/241	S/1,205
Equipo de cómputo	25%	S/8,906	S/2,226	S/2,226	S/2,226	S/2,226		S/0
		S/90,713	S/19,986	S/19,986	S/19,986	S/19,986	S/9,563	S/1,205



Apéndice 3. Estructura de financiamiento (intereses y amortización)

Tabla 40

Servicio de deuda

Tabla servicio de deuda				
n	Saldo de Deuda	Intereses	Amortización Deuda	Servicio Deuda
0	S/109,911			
1	S/95,508	S/23,389	S/14,403	S/37,792
2	S/78,040	S/20,324	S/17,468	S/37,792
3	S/56,855	S/16,607	S/21,185	S/37,792
4	S/31,161	S/12,099	S/25,694	S/37,792
5	S/0	S/6,631	S/31,161	S/37,792



Apéndice 4. Valor de recupero**Tabla 41***Valor de recupero*

Venta de Activos (50%)	S/ 1,266,349
Valor en libros	S/ 728,248
Utilidad	S/ 538,101
Impuesto a la renta	S/ 158,740
Valor de recupero neto	S/ 1,107,609
IGV (por valor de recupero)	S/ 96,858



Apéndice 5. Detalle de la inversión y planillas

Tabla 42

Detalle de la inversión

Inversiones	Cantidad	Precio + IGV	Precio sin IGV	Total sin IGV
Computadoras	3	S/3,250	S/2,754	S/8,263
Impresoras	1	S/759	S/643	S/643
Sillas	3	S/130	S/110	S/330
Escritorios	3	S/387	S/328	S/984
Constitución de la empresa				S/750
Otros				S/1,097
Total				S/12,067

Inversión equipo de operaciones

Inversiones	Cantidad	Precio + IGV	Precio sin IGV	Total sin IGV
Drones	2	19,344	S/16,393	S/32,786
Camioneta pick up 4x2	1	S/55,000	S/46,610	S/46,610
Sensores de suelo	488	S/160	S/136	S/66,102
Desarrollo de la plataforma	1	S/75,000		S/63,559
Total				S/209,058

1 por ha

Inversión para expansión (cantidad)	2024	2025	2026	2027	2028
Hectáreas	650	1,231	2,333	4,420	8,374
Hectáreas adicionales		581	1,102	2,087	3,954
Drones		1	2	4	5
Camioneta pick up 4x2		1	2	4	5
Sensores de suelo		436	826	1,565	2,966
Desarrollo de la plataforma					
Inversión para expansión (S/)	2024	2025	2026	2027	2028
Drones		S/16,393	S/32,786	S/65,573	S/81,966
Camioneta pick up 4x2		S/46,610	S/93,220	S/186,441	S/233,051
Sensores de suelo		S/59,133	S/112,031	S/212,251	S/402,125
Desarrollo de la plataforma					
Total		S/122,136	S/238,038	S/464,265	S/717,142

Tabla 43

Detalle de la planilla

Planilla	Nro.	Salario mes sin beneficios sociales	ONP/AFP (mes)	EsSalud (mes)	CTS (anual)	Provisión para vacaciones (año)	Dos gratificaciones (año)	Salario anual (incluyendo beneficios sociales)
Gerente general	1	S/5,500	S/715	S/495	S/3,208	S/2,750	S/11,000	S/97,478
Gerente operativo	1	S/2,200	S/286	S/198	S/1,283	S/1,100	S/4,400	S/38,991
Director de tecnología	1	S/5,000	S/650	S/450	S/2,917	S/2,500	S/10,000	S/88,617
Programador	1	S/3,154	S/410	S/284	S/1,840	S/1,577	S/6,308	S/55,899
Piloto de dron	1	S/3,450	S/449	S/311	S/2,013	S/1,725	S/6,900	S/61,146
S/342,131								
2025								
Planilla	Nro.	Salario mes sin beneficios sociales	ONP/AFP (mes)	EsSalud (mes)	CTS (anual)	Provisión para vacaciones (año)	Dos gratificaciones (año)	Salario anual (incluyendo beneficios sociales)
Gerente general	1	S/5,500	S/715	S/495	S/3,208	S/2,750	S/11,000	S/97,478
Gerente operativo	1	S/2,200	S/286	S/198	S/1,283	S/1,100	S/4,400	S/38,991
Director de tecnología	1	S/5,000	S/650	S/450	S/2,917	S/2,500	S/10,000	S/88,617
Programador	2	S/3,154	S/410	S/284	S/1,840	S/1,577	S/6,308	S/111,799
Piloto de dron	2	S/3,450	S/449	S/311	S/2,013	S/1,725	S/6,900	S/122,291
S/459,176								
2026								
Planilla	Nro.	Salario mes sin beneficios sociales	ONP/AFP (mes)	EsSalud (mes)	CTS (anual)	Provisión para vacaciones (año)	Dos gratificaciones (año)	Salario anual (incluyendo beneficios sociales)
Gerente general	1	S/5,500	S/715	S/495	S/3,208	S/2,750	S/11,000	S/97,478
Gerente operativo	1	S/2,200	S/286	S/198	S/1,283	S/1,100	S/4,400	S/38,991
Director de tecnología	1	S/5,000	S/650	S/450	S/2,917	S/2,500	S/10,000	S/88,617
Programador	3	S/3,154	S/410	S/284	S/1,840	S/1,577	S/6,308	S/167,698
Piloto de dron	3	S/3,450	S/449	S/311	S/2,013	S/1,725	S/6,900	S/183,437
S/576,221								
2027								
Planilla	Nro.	Salario mes sin beneficios sociales	ONP/AFP (mes)	EsSalud (mes)	CTS (anual)	Provisión para vacaciones (año)	Dos gratificaciones (año)	Salario anual (incluyendo beneficios sociales)
Gerente general	1	S/5,500	S/715	S/495	S/3,208	S/2,750	S/11,000	S/97,478
Gerente operativo	1	S/2,200	S/286	S/198	S/1,283	S/1,100	S/4,400	S/38,991
Director de tecnología	2	S/5,000	S/650	S/450	S/2,917	S/2,500	S/10,000	S/177,233
Programador	5	S/3,154	S/410	S/284	S/1,840	S/1,577	S/6,308	S/279,497
Piloto de dron	5	S/3,450	S/449	S/311	S/2,013	S/1,725	S/6,900	S/305,728
S/898,927								
2018								
Planilla	Nro.	Salario mes sin beneficios sociales	ONP/AFP (mes)	EsSalud (mes)	CTS (anual)	Provisión para vacaciones (año)	Dos gratificaciones (año)	Salario anual (incluyendo beneficios sociales)
Gerente general	1	S/5,500	S/715	S/495	S/3,208	S/2,750	S/11,000	S/97,478
Gerente operativo	1	S/2,200	S/286	S/198	S/1,283	S/1,100	S/4,400	S/38,991
Director de tecnología	2	S/5,000	S/650	S/450	S/2,917	S/2,500	S/10,000	S/177,233
Programador	6	S/3,154	S/410	S/284	S/1,840	S/1,577	S/6,308	S/335,396
Piloto de dron	6	S/3,450	S/449	S/311	S/2,013	S/1,725	S/6,900	S/366,873
S/1,015,972								