

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



**Business Consulting para FRUTAS DEL SUR SRL-FUNDO SAN
CARLOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN GERENCIA DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN**

QUE PRESENTA:

Díaz Garcia, Miguel Angel

Jacobo Castilla, David

Lara Ferrel, Elton Hamilton

Sullón Zapata, Martin Rigoberto

ASESOR(A)(ES)

Dr. Giulio Marchena Sekli

Surco, 02 de diciembre de 2024

Declaración Jurada de Autenticidad

Yo, Giulio Franz Marchena Sekli docente del Departamento Académico de Posgrado en Negocios de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación Business Consulting para FRUTAS DEL SUR SRL-FUNDO SAN CARLOS


del/del autor(a)/ de los(as) autores(as) de los autores Miguel Ángel Díaz Garcia, David Jacobo Castilla, Elton Hamilton Lara Ferrel, y Martin Rigoberto Sullón Zapata,

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 19%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 22/11/2024.
- 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, 22 de noviembre del 2024

.....

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Marchena Sekli, Giulio Franz	
DNI: 41585269	Firma
ORCID: 0000-0003-3854-2879	

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad evaluar la situación actual del sector agrícola y proponer un plan para la implementación de soluciones tecnológicas avanzadas que permitan la transición hacia el Agro 4.0. Este concepto hace referencia a la integración de tecnologías como la inteligencia artificial, el Internet de las Cosas (IoT), o la automatización en los procesos agrícolas, con el objetivo de optimizar la producción, mejorar la sostenibilidad y aumentar la competitividad del sector.

En la actualidad, el sector agrícola en el Perú ha tenido un crecimiento significativo en los últimos 10 años gracias a una serie de reformas estructurales y políticas públicas que han facilitado el desarrollo de una industria agrícola exportadora. Sin embargo, este sector tiene limitaciones en la adopción de tecnologías, factor clave en relación con la productividad que les permita incrementar sus ganancias y competitividad.

Bajo este contexto, la presente propuesta de consultoría tiene como objetivo realizar un análisis exhaustivo de las causas raíz de los problemas actuales en los procesos de producción agrícola, con el propósito de identificar soluciones tecnológicas que impulsen la eficiencia. Esta consultoría será implementada en la empresa Fundo San Carlos - Frutas del Sur, a fin de proporcionar alternativas que optimicen su desempeño y rendimiento en la producción.

Palabras clave: Agro 4.0, sector agrícola, productividad, Internet de las cosas

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the current state of the agricultural sector and propose a plan for the implementation of advanced technological solutions to facilitate the transition to Agro 4.0. This concept refers to the integration of technologies such as artificial intelligence, the Internet of Things (IoT), and automation in agricultural processes, with the aim of optimizing production, improving sustainability, and increasing the sector's competitiveness.

Currently, the agricultural sector in Peru has experienced significant growth over the past 10 years due to a series of structural reforms and public policies that have facilitated the development of an export-oriented agricultural industry. However, this sector faces limitations in adopting new technologies, which is a key factor in improving productivity, increasing profits, and enhancing competitiveness.

In this context, the present consultancy proposal aims to conduct an in-depth analysis of the root causes of the current issues in agricultural production processes, with the goal of identifying technological solutions that drive efficiency. This consultancy will be implemented at the company Fundo San Carlos - Frutas del Sur, providing alternatives to optimize its performance and productivity.

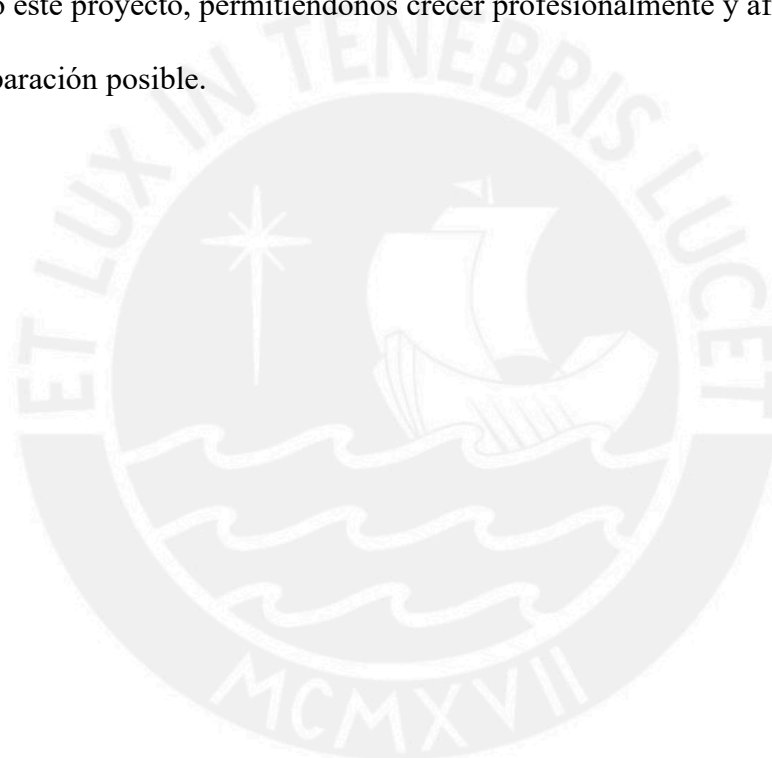
Keywords: Agro 4.0, agricultural sector, productivity, Internet of Things

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a nuestras familias, quienes nos han brindado su amor, apoyo incondicional, y la fuerza necesaria para alcanzar este logro.

A Dios, por guiarnos, darnos sabiduría y permitirnos llegar hasta aquí con perseverancia y dedicación.

A la institución CENTRUM PUCP, por proporcionarnos la enseñanza y las herramientas para llevar a cabo este proyecto, permitiéndonos crecer profesionalmente y afrontar este reto con la mejor preparación posible.



Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la empresa Frutas del Sur por brindarnos su apoyo y por proporcionar toda la información necesaria para la realización de este proyecto.

Esperamos que este trabajo contribuya significativamente en el proceso de transformación digital hacia el Agro 4.0, integrando tecnologías IoT y permitiendo una modernización que impulse la productividad y la competitividad de la empresa.



Tabla de contenidos

I.	Situación General de la Empresa	12
1.1	Presentación de la Empresa.....	12
1.1.1	Misión	12
1.1.2	Visión.....	12
1.1.3	Valores institucionales	13
1.2	Análisis de la industria.....	13
1.2.1	Normativa del sector Agrícola del Perú.....	18
1.2.2	Cadena de Valor.....	19
1.3	Análisis Externo (PESTEL).....	23
1.3.1	Factores Políticos, Gubernamentales y Legales (P).....	23
1.3.2	Factores Económicos (E).....	24
1.3.3	Factores Tecnológicos (T)	24
1.3.4	Oportunidades y Amenazas	27
1.4	Análisis interno (AMOFHIT)	28
1.4.1	Administración y Gerencia (A).....	28
1.4.2	Marketing y Ventas (M).....	29
1.4.3	Operaciones (O).....	30
1.4.4	Finanzas (F)	30
1.4.5	Recursos Humanos (H).....	31
1.4.6	Innovación Tecnológica (IT)	32
1.4.7	Fortalezas y Debilidades	32

1.5 Conclusiones	34
II. Problema Clave	36
2.1 Identificación de Problemas.....	36
2.2 Indicadores por problema específico:	42
2.2.1 <i>Baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas</i>	42
2.2.2 <i>Altos niveles de productos en mal estado por cambios de temperatura</i> ...	44
2.3 Brechas operativas o de performance identificadas	47
2.4 Implicancias sociales del problema.....	48
III. Revisión Literaria.....	51
3.1 Mapa de búsqueda.....	51
3.2 Metodología de trabajo	53
3.3 Trabajos relacionados a Agro 4.0	54
3.4 Implementación de Agro 4.0.....	58
3.5 Factores Críticos de Éxito	63
3.6 Conclusiones	65
IV. Análisis de la causa raíz del problema	67
4.1 Análisis cualitativo.....	67
4.2 Análisis cuantitativo.....	71
4.3 Causas identificadas	75
4.4 Principales causas del problema.....	83
4.5 Conclusiones	85
V. Alternativas de solución evaluadas	86
5.1 Alternativas para resolver el problema	87

5.2 Evaluación de alternativas.....	89
5.2.1 Evaluación de proveedores de Red de Conectividad.....	92
5.2.2 Evaluación de proveedores de servicios en la nube.....	94
5.2.3 Evaluación de proveedores de sensores IoT.....	98
VI. Solución Propuesta.....	102
VII. Plan de Implementación y factores clave de éxito.....	125
7.1 Desglose de Actividades.....	126
7.2 Diagrama de Gantt.....	127
7.3 Presupuesto.....	128
7.4 Factores clave para el éxito.....	130
7.5 Criterios de Aceptación.....	131
7.6 Puesta en Marcha, Seguimiento y Control.....	133
7.6.1 Despliegue y Mantenimiento de Plataforma IoT.....	133
7.6.2 Procesos y mejora continua.....	135
7.6.3 Riesgos asociados.....	138
VIII. Resultados Esperados.....	140
8.1 Resultados esperados en la implementación / Mejora de tecnologías de información.....	140
8.1.1 Flujo de Caja Económica Proyectado.....	145
8.2 Resultados esperados en el frente social vinculado a la implementación / Mejora de tecnologías de información.....	147
IX. Conclusiones y Recomendaciones.....	148
9.1 Conclusiones.....	148
9.2 Recomendaciones.....	148
Referencias.....	150
Anexos.....	161

Lista de Tablas

Tabla 1 Población Económicamente Activa Agraria Ocupada-Censo 2017 estimado por INEI	15
Tabla 2 MEFE de Frutas del Sur SRL – Fundo San Carlos.....	27
Tabla 3 <i>MEFI de Frutas del Sur S.R.L</i>	32
Tabla 4 Problemas identificados	42
Tabla 5 Publicaciones relevantes según la investigación en curso	53
Tabla 6 Factores Críticos de Éxito para innovación tecnológica en Agro 4.0.....	64
Tabla 7 Cargos, roles y procesos a cargo de los entrevistados para análisis cualitativo	69
Tabla 8 Resumen de respuestas en base a los alcances definidos para identificar causas raíz	69
Tabla 9 <i>Producción 2023</i>	72
Tabla 10 Ingresos por producción.....	72
Tabla 11 Análisis de Pérdida (Merma)	73
Tabla 12 Ingresos vs Pérdidas.....	73
Tabla 13 Principales causas identificadas	84
Tabla 14 Actividades realizadas en campo	86
Tabla 15 Alternativas de solución según las causas identificadas	88
Tabla 16 Matriz de alternativas seleccionadas para el problema de baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas	90
Tabla 17 Comparativa de Proveedores LPWAN	93
Tabla 18 Comparativa de Servicios en la Nube	97
Tabla 19 Comparativa de proveedores para Sensores de PH - (IoT) Nivel de Agua	98
Tabla 20 Comparación de proveedores para Sensores de detección y monitoreo remoto de plagas (IoT).....	99

Tabla 21	Comparativa de proveedores para Sensores Climáticos (IoT).....	100
Tabla 22	Comparativa de proveedores para Sensores de Temperatura (IoT).....	101
Tabla 23	Arquitectura Tecnológica - Aplicaciones actuales	102
Tabla 24	Propuestas de Innovación Tecnológica Parte 1	105
Tabla 25	Propuestas de Innovación Tecnológica Parte 2	106
Tabla 26	Comparación con otras plataformas.....	114
Tabla 27	Comparación de Azure de Microsoft vs Amazon Web Serices (AWS) para Agro 4.0.....	115
Tabla 28	Componentes Tecnológicos de la Arquitectura Azure para Agro 4.0	119
Tabla 29	Beneficios Esperados de la Implementación de Agro 4.0 en Azure.....	120
Tabla 30	<i>Plan de Implementación IoT</i>	122
Tabla 31	Fases de implementación	125
Tabla 32	Desglose de actividades en Fases	126
Tabla 33	Presupuesto para la implementación del proyecto.....	129
Tabla 34	Criterios de Aceptación.....	132
Tabla 35	Indicadores de Integración Eficiente de Sensores	140
Tabla 36	Indicadores de Eficiencia de la Plataforma Centralizada de Datos Agrícolas.....	141
Tabla 37	Indicadores de Automatización de Procesos Agrícolas	142
Tabla 38	Indicadores de Conectividad y Comunicación Efectiva	143
Tabla 39	Indicadores de Capacitación y Adopción Tecnológica.....	144
Tabla 40	Indicadores de Monitoreo Ambiental y Sostenibilidad	145
Tabla 41	Flujo de Ingresos y Ahorros Proyectado.....	146
Tabla 42	Flujo de Caja Económica Proyectado	146
Tabla 43	Tasa Interna de Retorno Proyectado	146
Tabla 44	Impacto de la implementación del proyecto en el frente social.....	147

Tabla 45 <i>Cronograma del PoC</i>	196
Tabla 46 Cronograma General del Proyecto.....	209



Lista de Figuras

Figura 1 Participación del Empleo Agrícola por Región 2022.....	14
Figura 2 PBI Agrícola-Pecuario 2044-2023 (Variación porcentual real anual)	16
Figura 3 Cadena de Valor de Frutas del Sur.....	21
Figura 4 Incremento de la conectividad digital-Internet de las cosas (IoT)	26
Figura 5 Organigrama de Frutas del Sur S.R.L	29
Figura 6 Diagrama de Pareto – problemas identificados.....	41
Figura 7 <i>Diagrama de Ishikawa para el problema principal</i>	71
Figura 8 Resumen de Ingresos y Perdidas	74
Figura 9 <i>Cuadrante Mágico de Gartner para servicios estratégicos de plataforma en la nube</i>	96
Figura 10 Arquitectura Tecnológica AS-IS	103
Figura 11 Arquitectura IoT con Sigfox propuesta.....	107
Figura 12 Arquitectura de Datos Línea Base (AS- IS)	108
Figura 13 Arquitectura de Datos Propuesta (To Be)	109
Figura 14 Diagrama de Gannt – Fundo San Carlos.....	127

Lista de Anexos

Anexo 1. Producción Caqui 2023	161
Anexo 2. Producción Mandarina Tanto 2023	165
Anexo 3. Producción Palta Hass 2023	166
Anexo 4. Resumen de Actividades en Campo	167
Anexo 5. Revisión del Estado Actual del Negocio	171
Anexo 6. Detalle de Revisión Actual del Negocio	175
Anexo 7. Acta de Reunión con Agrónomos y Técnicos Agrícolas	179
Anexo 8. Acta de reunión con responsables de TI del Fundo	183
Anexo 9. Acta de reunión con Financieros y Contables	186
Anexo 10. Acta de reunión con empresas de tecnología	189
Anexo 11. Desarrollo del Proof Of Concept (PoC)	193
Anexo 12. Preparación para la Implementación	198
Anexo 13. Plan de Implementación	205

I. Situación General de la Empresa

1.1 Presentación de la Empresa

Frutas del SUR -S.R. L – Fundo San Carlos, es una empresa agropecuaria que cuenta con 50 años de experiencia en el sector, dedicado a la producción de paltas hass, mangos, mandarinas, toronjas, papayas y caqui de gran calidad con mayor posicionamiento en Huaral. Ubicada en Irrigación Santa Rosa San Miguel Alto S/N, Sayán, Lima, tiene el compromiso de mantener el volumen y la calidad de sus productos y encaminarlos a la mejora continua. Busca ser reconocida por mantener una agricultura con alto nivel de organización y modelos de mejora; además forma parte de agroexportadores peruanos consolidados en exportación de frutales (CPF).

Además, cuenta con las certificaciones: NSF (National Science Foundation) y GLOBALG.A.P, reconocido como el estándar mundial que asegura las Buenas Prácticas Agrícolas (en inglés Good Agricultural Practice G.A.P.) la cual demanda una mayor eficiencia en la producción y mejora el desempeño del negocio, además de reducir el desperdicio de recursos necesarios entre otros beneficios. Las ventas de Frutas del sur en el año 2019 fueron de 4'592,224 soles con un 20% mayor al 2018, resultados que permitieron llegar a Frutas del sur a sus metas trazadas con un EBITDA de 85.97%.

1.1.1 Misión

Somos una empresa agrícola comprometida con el cultivo y exportación de frutas de alta calidad, cumpliendo con rigurosos estándares internacionales y promoviendo prácticas sostenibles que contribuyen al desarrollo del sector agrícola.

1.1.2 Visión

Ser reconocida como el fundo líder en el Perú por implementar una agricultura

innovadora, sustentada en tecnología de alta calidad, que impulsa la eficiencia, la sostenibilidad y la excelencia en la producción.

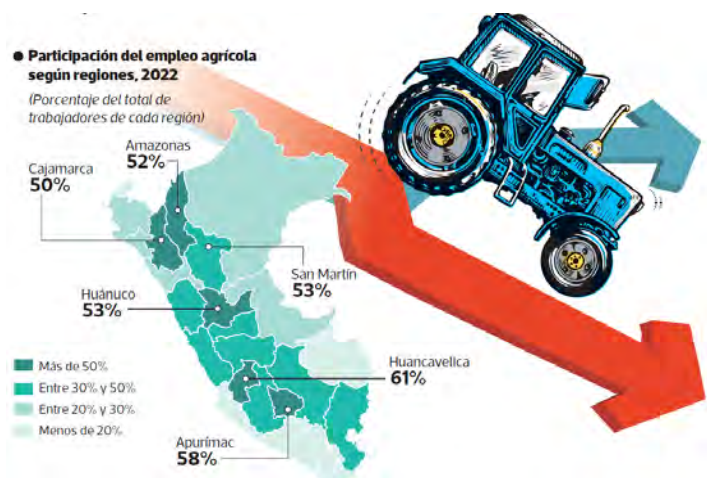
1.1.3 Valores institucionales

Frutas del sur SRL – Fundo San Carlos ha establecido que los valores para guiar su accionar cotidiano son los siguientes:

- Calidad en Producción
- Gestión Humana a nuestro personal
- Responsabilidad social
- Protección al medio ambiente

1.2 Análisis de la industria

El sector agrícola del Perú ha tenido un crecimiento significativo en los últimos 10 años gracias a una serie de reformas estructurales y políticas públicas que han facilitado el desarrollo de una industria agrícola exportadora. Estas políticas han creado un entorno empresarial favorable, atrayendo inversores de todos los tamaños y clases socioeconómicas, contribuyendo al PIB y garantizando medios de vida favorables para las familias rurales. Según el censo de 2017 realizado por INEI, un promedio del 21% se indica vive en zonas de sierra o rural (Figura 1) donde la agricultura, como actividad económica, representa un 22% de empleo (Tabla 1), lo cual representa un gran porcentaje de la población nacional. Es por ello que se genera una necesidad de evaluar las mejores condiciones para automatizar los procesos que en este rubro se requieren.

Figura 1*Participación del Empleo Agrícola por Región 2022*

Nota: La figura muestra el porcentaje de participación de empleo agrícola según regiones, 2022.

Recuperado de <https://www.gob.pe/midagri>

Tabla 1

Población Económicamente Activa Agraria Ocupada-Censo 2017 estimado por INEI

	Personas	%	Urbana	Rural
Económicamente ocupada	15,677,384		12,235,379	3,442,005
rango de 14 a más años	100%		78.0%	22.0%
Subtotal PEA ocupada	3,918,041	100%	1,196,214	2,721,827
Agricultura y Ganadería	100%		30.5%	69.5%
	2,863,900	73.1%	611,100	2,252,900
Económicamente ocupada				
Unidades Familiares del	100%		21.3%	78.7%
Agro				
I- Trabajador Independiente				
(por	1,913,000	49%	459,600	1,453,400
cuenta propia)				
II- Trabajador Familiar No				
Remunerado	950,900	24%	151,500	799,500

Fuente: Censos Nacionales 2017: XII de Población data ENAHO

2017-2018 (INEI - agosto 2019)

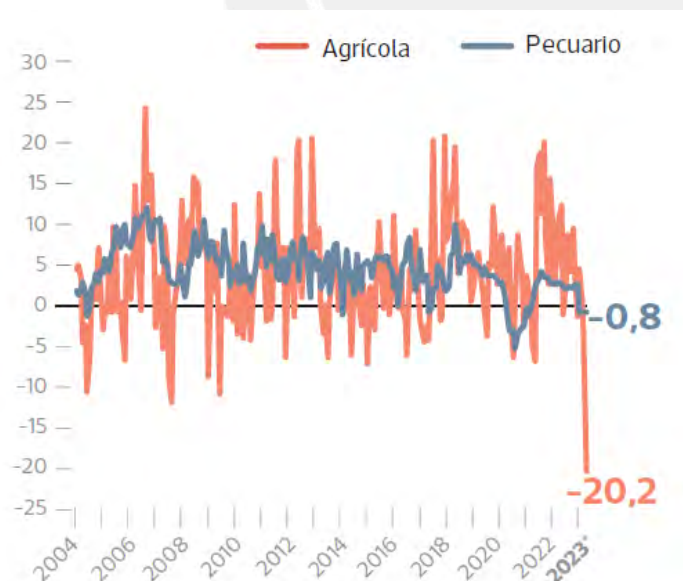
El sector agrícola peruano enfrenta una serie de riesgos que pueden afectar la productividad y la rentabilidad tales como:

➤ **Cambio Climático:** El cambio climático plantea riesgos importantes para el sector agrícola del Perú. Numerosos estudios muestran que el calentamiento del sistema climático es real y que los escenarios climáticos extremos son inminentes a menos que la región aplique políticas ambientales internacionales estrictas. A finales de siglo, la temperatura había superado

los 5 °C. Esto corresponde a una pérdida de hasta el 20% del PIB mundial. los países que más acumulación de gases de efecto invernadero son China y Estados Unidos son los menos afectados. Los más afectados son los que poseen cultivos más sensibles al clima África, el sur y el este de Asia y América latina. En el caso del Perú, según el marco teórico propuesto por Dell et al. (2008), Se tiene estimado que un aumento de 2°C en las temperaturas máximas y un aumento del 20% en la variabilidad de las precipitaciones para 2050 podría aumentar el PIB en un 6% para 2030, y estas pérdidas serían de más del 20%, se podrían reducirse en más de un tercio si se toman medidas globales para estabilizar el cambio climático para 2030. Como se indica la figura 2 haciendo una comparativa del 2004 al 2023 se observa una gran inestabilidad del PIB agropecuario con un gran descenso en el 2023 debido a cambios drásticos en el clima originados por el Fenómeno del Niño

Figura 2

PBI Agrícola-Pecuario 2004-2023 (Variación porcentual real anual)



Nota. Información hasta abril 2023. Fuentes: Midagri, BCR

➤ **Inestabilidad política:** La inestabilidad política puede conducir a cambios normativos y regulatorios que afecten al sector agrícola. Esto puede crear incertidumbre y dificultar la planificación y la inversión a largo plazo. Los hechos de corrupción y diferentes antecedentes negativos políticos generan preocupación en la inversión privada. Este tipo de inversión es vital para que el sector agro pueda empezar a repuntar, ya que con mejores inversiones se puede adquirir mejor maquinaria y a la vez invertir en tecnología de punta.

➤ **Riesgos de mercado:** Los agricultores también están expuestos a riesgos de mercado, las altas y bajas de precios de los productos agrícolas y las materias primas, lo cual puede afectar la rentabilidad de la agricultura.

➤ **Riesgos para la salud:** Los brotes de enfermedades en animales o plantas pueden tener un impacto significativo en la productividad agrícola. El Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria (SENASA) del Perú desempeña un papel clave para abordar estos riesgos.

➤ **Riesgos tecnológicos:** La falta de tecnologías modernas y eficientes puede limitar la productividad y la eficiencia de las actividades agrícolas. Esto es especialmente cierto en las zonas rurales donde el acceso a la tecnología puede ser limitado. El acceso a Internet por satélite y las innovaciones tecnológicas están aportando mejoras significativas en este ámbito.

➤ **Riesgos financieros:** Los agricultores también enfrentan riesgos financieros como la falta de crédito y de seguros agrícolas. Esto puede limitar las inversiones en mejoras de la productividad y gestión de riesgos. En 2015, Perú exportó aproximadamente \$2.1 mil millones en frutas y verduras, y muchos mercados nuevos ayudaron a Perú a alcanzar sus objetivos de exportación para 2015 y 2016. El apoyo a la industria representó un promedio del 8% de los ingresos totales de los agricultores entre 2014 y 2018. (PAE) como estimado. La mayor parte del apoyo de soporte de precios de mercado (MPS).

1.2.1 Normativa del sector Agrícola del Perú

En Perú, existen muchas reglas y regulaciones diferentes que rigen el sector agrícola. Entre ellas se incluye una ley que promueve el desarrollo de actividades industriales en la sierra andina, anunciada por el presidente Alan García en diciembre de 2009. Esta ley tiene como objetivo acelerar, simplificar y eliminar todos los derechos e impuestos aduaneros para las empresas ubicadas en la sierra andina en un período de 10 años

Ley General Agraria - Ley N° 27360: Aprobada en 2000, como objetivos de esta ley son apoyar el desarrollo sostenible del sector agrícola, garantizar la seguridad alimentaria nacional y mejorar la calidad de vida de los pobladores de la zona, da las pautas generales para la planificación, promoción, protección y regulación de las actividades agrícolas en el país. (Diario El Peruano 2000)

Ley - la Inversión en el Sector Agropecuario - Ley N° 27360: Esta ley, aprobada en 2000, tiene como objetivo fomentar la inversión privada en el sector agrícola proporcionando incentivos fiscales y simplificando los procedimientos administrativos. La Ley también proporciona una base para promover la competitividad y la innovación en la industria. (Diario el Peruano 2000)

Ley - Soberanía y Seguridad Alimentaria - Ley núm. 30021: Aprobada en 2013 y garantiza el derecho de las personas a una alimentación adecuada mediante la promoción de la producción, comercialización y consumo de alimentos sanos y nutritivos. Da bases para el desarrollo de la explotación familiar y la protección de la biodiversidad agrícola. (Revista Perú 2013)

Ley de Promoción de las Actividades Industriales en la Región Alto Andina - Ley N° 28846: La ley, aprobada en 2006, apunta a impulsar la manufactura en los Andes a través de incentivos fiscales e incentivos a la inversión privada. Da la base para la protección y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad en estas áreas (Diario el Peruano 2006)

En resumen, el sector agrícola del Perú se rige por diversas leyes y regulaciones encaminadas a promover el desarrollo sostenible del sector y garantizar la seguridad alimentaria del país. Sin embargo, la realidad no apoya el aumento de estos impuestos y el desarrollo comunitario es más importante en lugar de pasar por procedimientos de exención de impuestos. Por lo tanto, es necesario analizar la efectividad de estas leyes y reglamentos en el sector agrícola

1.2.2 Cadena de Valor

Según lo documentado por el área de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en lo concerniente a las actividades primarias y de soporte de Frutas del Sur EIRL (2020) hace referencia a las siguientes unidades de negocio:

- Frutas Del Sur: Dedicadas a cultivar frutas.
- Frutas del Sur Internacional (división comercial): Establece relaciones con los clientes potenciales y con una cartera establecida.

Además, tomando como base la cadena de valor propuesta por Michael Porter se tiene que los modelos de ventaja competitiva comunes utilizados por Frutas del Sur EIRL son:

- **Efectividad y nueva innovación agrícola en Frutas del Sur:** También cuenta con sus propios métodos de cultivo y proceso de maduración para que la fruta pueda consumirse directamente y exportarse mediante métodos de conservación. En Frutas del sur tener madures de calidad significa mejorar las ventas, con su certificación global G.A.P, aspiramos a convertirnos en el líder del mercado.

(Frutas del Sur 2019)

- **Procesos de calidad:** Frutas del Sur, revisa y supervisa cada proceso de su cadena empresarial (Bell y Kindred, 2016), es por eso que brindan Frutas de calidad como Mandarina, Palta Hans, toronja, Caqui, Papaya etc. (Frutas del sur 2020).
- **Productos de alta calidad:** Están comprometidos a producir paltas Hass, mangos, naranjas, mandarinas, papayas y caquis de alta calidad gracias a su personal que trabaja con estándares de calidad (Frutas del Sur 2020).
- **Excelencia operativa:** Frutas del Sur tienen calidad de frutas lo cual aventaja con los competidores, esto hace que Metro, Wong, Vivanda, Plaza vea entre otros supermercados no tengan que escoger la variedad entre otros proveedores (Bell y Kindred, 2016).
- **Cliente feliz:** Se tiene una cartera de clientes internacionales ya establecida.

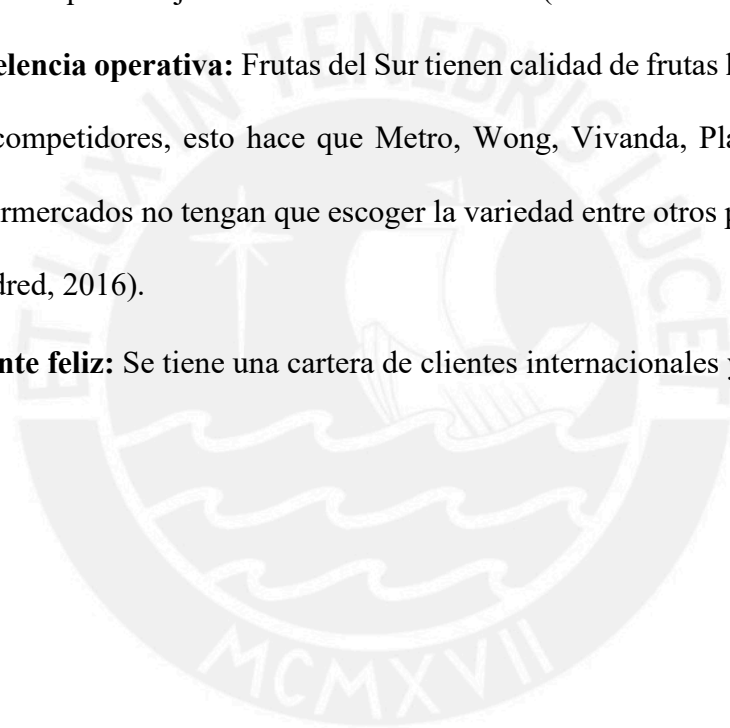
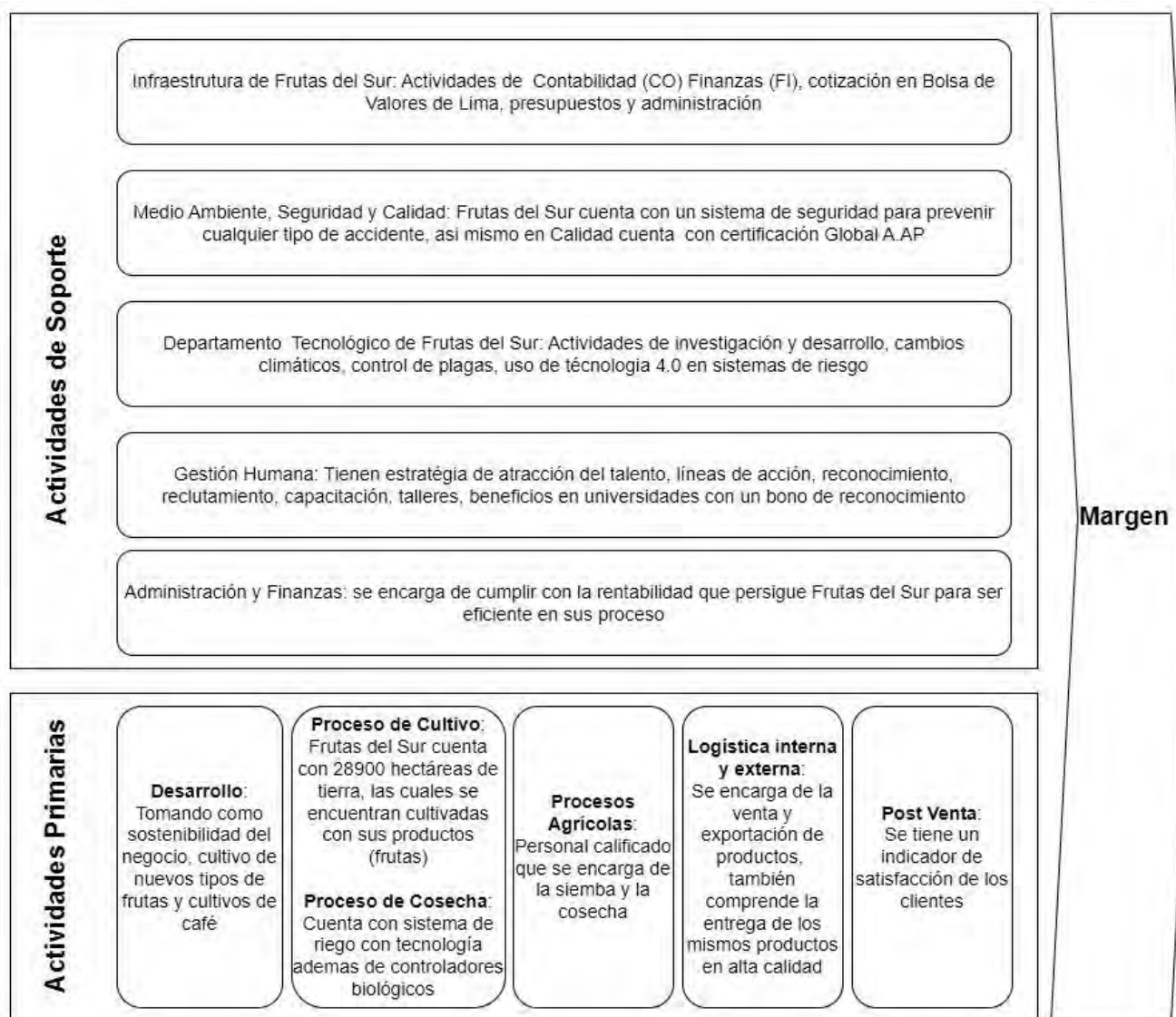


Figura 3*Cadena de Valor de Frutas del Sur*

Nota. RSE - Frutas del sur EIRL (2021)

Análisis de la cadena de valor

Actividades primarias:

- **Logística interna:** En esta etapa incluye la recepción de insumos, el almacenamiento y la preparación de la tierra para el cultivo.

- **Operaciones:** En esta etapa incluye el cultivo, la cosecha y el empaquetado de las frutas.
- **Logística externa:** En esta etapa incluye el transporte de las frutas a los clientes.

Actividades de Soporte:

- **Infraestructura:** En esta etapa incluye la oficina principal, las instalaciones de producción y el almacén.
- **Recursos humanos:** En esta etapa incluye la contratación, la capacitación y la gestión del personal.
- **Desarrollo tecnológico:** En esta etapa incluye la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia y la calidad de los productos.
- **Compras:** En esta etapa incluye la adquisición de insumos, como semillas, fertilizantes y pesticidas.

Oportunidades y Amenazas:

- En la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE) (Ver Tabla 2), la tecnología 4.0 es una de las principales oportunidades para el Fundo debido a que aún no se está explotando para mejorar sus procesos.

Análisis de la Productividad:

- El factor de incremento de productividad por el uso de tecnología 4.0 tiene un peso significativo, pero aún es uno de los menos explotados, impactando en el puntaje ponderado del análisis.

Innovación Tecnológica (IT):

- Se establece una propuesta estratégica que promueve el uso de tecnologías innovadoras para mejorar la productividad, sostenibilidad y eficiencia en los

procesos agrícolas.

1.3 Análisis Externo (PESTEL)

Para realizar el análisis PESTEL del sector agroindustrial se utilizará el modelo de análisis externo propuesto por Michael Porter. Es importante señalar que este análisis enumera todos los factores que pueden colaborar o deteriorar el negocio. En última instancia, los componentes que se desarrollarán son políticos, económicos, sociales y tecnológicos. componentes que afectan actualmente al mercado peruano y al sector agroindustrial.

1.3.1 Factores Políticos, Gubernamentales y Legales (P)

El Perú ha tenido una historia de cambios políticos y crisis por corrupción que han desestabilizado la gobernabilidad del país y esto tiene un impacto en el sostenimiento del agro. En el 2018 se tuvo la renuncia de expresidente Pedro Pablo Kuczynski, el cual generó buenas expectativas políticas y económicas, pero tuvo que renunciar debido a casos de corrupción. Así mismo el expresidente Martín Vizcarra fue vacado por el congreso por casos de corrupción y ahora último el expresidente Pedro Castillo sale elegido con mínima puntuación y con indicios de quebrantar el orden constitucional lo cual crea incertidumbre política.

En base a estos antecedentes podemos concluir que el Perú sufre una estabilidad jurídica nula lo cual generaría desconfianza en los inversionistas, por ellos la Cámara de Comercio de Lima indica que debemos tener como punto principal la estabilidad jurídica (CLL 2019).

No obstante, las exportaciones agrícolas a Estados Unidos crecieron en promedio 14% gracias al TLC con Estados Unidos firmado en 2009 (Castillo, 2019). Este tratado genera más empleo además de fomentar la competitividad en las empresas agrícolas ya que los productos deben garantizar la mejor calidad posible.

1.3.2 Factores Económicos (E)

En 2022, la economía peruana, medido por el PBI (pc) de 2007, registró un crecimiento del 2,7%, tasa inferior al crecimiento registrado en 2022, cuando registró una tasa de crecimiento del 13,4%; Sin embargo, esta cifra es superior al nivel observado en 2019 (período pre pandémico) del 2,2% , el cual estuvo influenciado por el comportamiento favorable de la demanda interna (2,3%), explicado principalmente por el crecimiento del consumo final privado (3,6%) y de la formación bruta de capital (0,8%), pero también por una disminución del consumo final del público. administrativo (-1,1%). Las exportaciones aumentaron un 5,9% y las importaciones un 4,2%. (INEI 2022).

El crecimiento del PIB se produjo en el contexto de una economía mundial que experimentaba una disminución en su tasa de crecimiento. La persistencia de una elevada inflación, el aumento de los tipos de interés, el impacto de la guerra entre Rusia y Ucrania y el cierre de China derivado de la política de cero COVID influyeron en la caída de la actividad económica mundial en 2019. En el 2022 a pesar de la resiliencia del mercado laboral. La economía mundial tiene una tasa de crecimiento del 3,4% en 2022, inferior al crecimiento observado (6,0%) en 2021.

Descenso de la pobreza en los trabajadores del agro del 57% al 20% (Paro agrario 2019).

Se estima que el tipo de cambio tiene previsión de crecimiento desde el 2020, pues en agosto de este año cerró en su nivel más alto de S/.3.38. Se espera que permanezca vigente hasta 2024.

1.3.3 Factores Tecnológicos (T)

Actualmente la tecnología está en constante evolución y cada día nos encontramos con nuevas herramientas tecnológicas que de una u otra manera tienen un impacto positivo en el

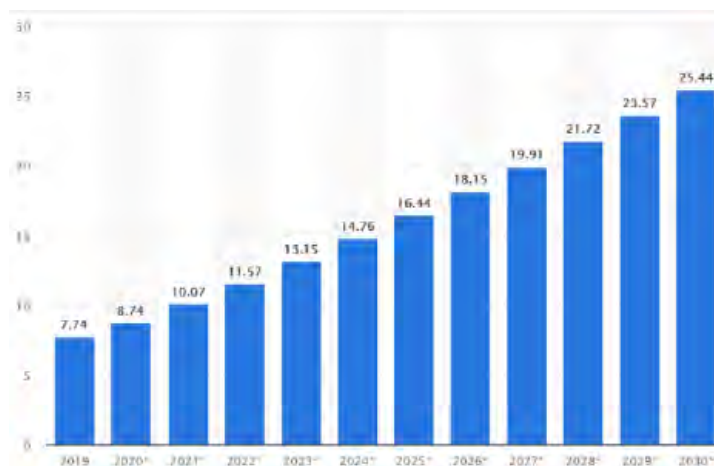
avance del sector Agro a nivel mundial. Tecnologías como el uso de drones, dispositivos IoT, agricultura de precisión o machine learning para predecir plagas o cambios climáticos; están siendo cada vez más importantes por lo cual muchas empresas están adoptando estas nuevas herramientas.

Para el sector Agro, los dispositivos IoT se vuelven una necesidad ya que son dispositivos que auto almacenan, procesan y envían información a través de una red, compuestos principalmente por sensores y actuadores: Dispositivos RFID, Bluetooth, redes de sensores inalámbricos (WSN), sistemas integrados y comunicaciones de campo corto (NFC). Varios sensores forman una red que recopila información sobre tierras aptas para la agricultura, analiza los resultados en tiempo real y los envía a los agricultores, ayudándoles a tomar decisiones óptimas. Áreas pequeñas e irregulares que requieren soluciones de bajo mantenimiento, escalables y de bajo costo, disponibilidad, facilidad de operación y tolerancia a fallas.

En la figura 4 podemos ver como el uso de dispositivos IoT está creciendo exponencialmente y se prevé que para el 2030 haya 25.44 mil millones de dispositivos conectados generando una vasta información que luego puede ser analizada y explotada según el rubro de la empresa. Precisamente, si sumamos esta tecnología a la de predicción con modelos entrenados (machine learning) que hagan uso de esta información recolectada y con ello puedan estimar comportamientos futuros, se podría generar un valor incalculable para la empresa ya que los líderes empresariales podrían tomar mejores decisiones logrando tener una ventaja competitiva importante.

Figura 4

Incremento de la conectividad digital-Internet de las cosas (IoT)



Nota. El gráfico indica el número de dispositivos conectados a Internet de las cosas (IoT), periodo 2019 2030 (en miles de millones). Tomado de Sujay, 2024, por Statista (<https://www.statista.com/statistics/1183457/iot-connected-devices-worldwide>).

Así mismo, el aprovechamiento de las plataformas digitales como el big data y el análisis de datos impulsa el uso racional de los recursos, aumentando la productividad y los beneficios.

Algunas de estas tecnologías se mencionan a continuación:

- Uso de Tecnología de riego por goteo o tecnología de riego asistida
- Biotecnología
- Uso del internet Satelital el cual permite llegar a las zonas donde no hay internet o su señal es débil.
- Creación de agentes microorganismos que remplazaran a los pesticidas.
- Robótica
- Agricultura de precisión

1.3.4 Oportunidades y Amenazas

Para analizar las Oportunidades y Amenazas del Fundo se hará uso de la Matriz de Evaluación de Factores Externos (MEFE). Estos factores fueron identificados en base al análisis PESTEL realizado con las diferentes gerencias del Fundo. Los pesos y valores fueron determinados en conjunto con la Gerencia General donde se consideró al uso de tecnología 4.0 como la principal oportunidad que el Fundo aún no está explotando para mejorar sus diferentes procesos. En la Tabla 2 se puede notar que el factor de incremento de productividad por el uso de tecnología 4.0 es el que menos peso tiene, lo cual impacta en gran medida en el puntaje ponderado el cual se estimó en 2.33 en un rango de 1 a 4. Este puntaje nos indica que el Fundo está por debajo del promedio, el cual debe ser lo más cercano a 4, al exhibir una limitada capacidad de reacción ante las oportunidades y amenazas existentes en la industria. Podemos concluir que el peso ponderado total de las oportunidades es de 0.65 y el de las amenazas es 0.35, lo cual establece que el ambiente externo es favorable para el Fundo.

Tabla 2

MEFE de Frutas del Sur SRL – Fundo San Carlos

Factores determinantes de éxito	Peso	Valor	Ponderación
Oportunidades			
1. Los indicadores macroeconómicos todavía se mantienen favorables.	0.19	3	0.57
2. La pobreza de los trabajadores del sector agrario disminuyo.	0.16	4	0.64
3. Mayor empleo de la tecnología en el sector agrario nacional	0.18	2	0.36
4. Incremento de la productividad agrícola del país por el uso más frecuente de plataformas digitales, Big Data y Análisis de Datos	0.12	2	0.24
	0.65		1.81
Amenazas			
1. Altos niveles de corrupción.	0.17	2	0.34
2. Falta de confianza por la turbulencia política exhibida	0.18	1	0.18
	0.35		0.52
Total	1.00		2.33

1.4 Análisis interno (AMOFHIT)

1.4.1 Administración y Gerencia (A)

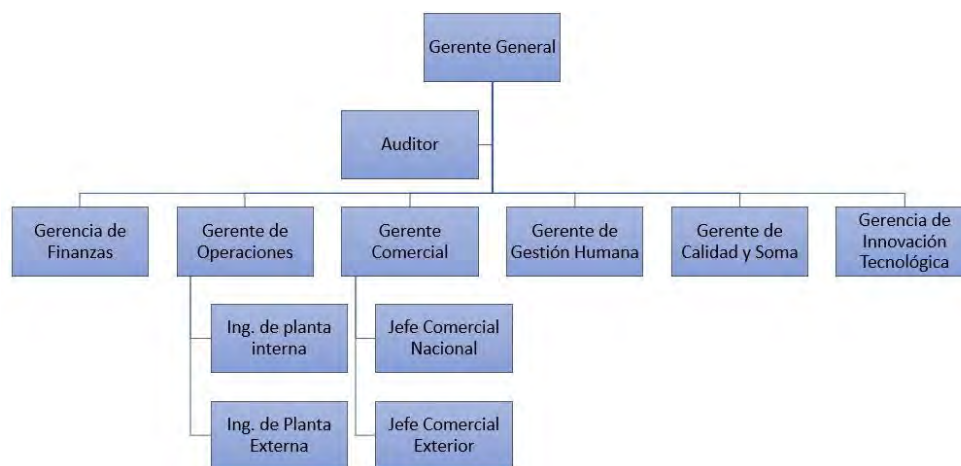
Para empezar, cabe establecer que es el área responsable del gerenciamiento, así como de la verificación de los procedimientos administrativos que ocurran en Frutas del Sur S.R.L, buscándose mantener el diálogo con los grupos de interés para posicionar al negocio como líder del mercado en Huaral. Asimismo, el crecimiento de la empresa fue acelerado, aunque esto ocasionó falta de planificación y reducido control.

A su vez, es necesario considerar que la gerencia de Frutas del Sur S.R.L se ha esforzado por promover tanto la responsabilidad corporativa como la ética, lo cual resulta indispensable para una compañía de su tamaño orientada a la conservación de frutas o verduras, así como a la fabricación de alimentos, en el sector agrícola de importación y exportación. Igualmente, la gerencia de la firma ha impulsado un adecuado empleo de sus recursos durante los últimos cuatro años.

Para terminar, debe considerarse que la estructura organizacional de Frutas del Sur S.R.L presenta las tres características siguientes: (a) hay un director general, (b) un contador, y (c) seis áreas de actividades, entre las que destacan tanto la gerencia de operaciones como la gerencia comercial. En la Figura 8 se brinda mayores detalles.

Figura 5

Organigrama de Frutas del Sur S.R.L



1.4.2 Marketing y Ventas (M)

Primeramente, se puede decir que Frutas del Sur S.R.L obtuvo una certificación Global G.A.P y aprovechando que tiene por competencia a fundos que han paralizado la comercialización de algunos productos debido a las condiciones climáticas, ha desplegado una estrategia de *marketing* digital que ha permitido alcanzar los cuatro logros siguientes: (a) aumentar las ventas, (b) generar *leads*, (c) aumentar la visibilidad de la marca, y (d) mejorar la retención de clientes tanto internos como externos. Igualmente, se identificó al público objetivo del negocio, creándose perfiles de compradores o *buyer* persona para entender sus necesidades, deseos y comportamientos de forma tanto digital como presencial.

De igual forma, sirve destacar que a nivel comercial Frutas del Sur S.R.L ha logrado analizar a sus competidores para entender mejor su accionar, ayudando esto a desplegar acciones para diferenciarse. Además, se eligieron los canales de *marketing* digital que mejor se adaptaban a los objetivos de la empresa, incluyéndose *webs*, redes sociales, *email*, optimización de motores de búsqueda, y demás. También, se ha creado contenido valioso y relevante en la compañía, lo cual fue compartido en sus diversos canales, *blogs*, videos, infografías, publicaciones en redes

sociales, entre otros.

Finalmente, es preciso tener en cuenta que Frutas del Sur S.R.L planeó promocionar empleando Google Ads, Facebook Ads, y demás, para llegar a clientes específicos y mostrar las diferentes variedades de frutas ofrecidas. Asimismo, la gestión de las redes sociales fue relevante para la organización, publicándose contenido de manera frecuente para interactuar con los seguidores, lo cual ha implicado el empleo de indicadores para redes sociales con la finalidad de evaluar el rendimiento en este aspecto. Igualmente, se otorgó prioridad a la protección de datos, siguiendo la Ley 29733 o Ley de protección de datos personales.

1.4.3 Operaciones (O)

Frutas del Sur S.R.L delegó a esta área la trazabilidad de todas las operaciones de cultivo, desde la cosecha en el campo hasta la venta final. Además, la ciudad de Huaral, como terreno agrícola, se ha caracterizado por representar la zona climática y región más apta, resultando viable ofrecer productos de alta calidad y clase mundial, lo que permitió consolidar la certificación Global G.A.P. Sin embargo, el método de cultivo empleado por la empresa se basa en la experiencia de los ingenieros agrícolas, descartándose por el momento el uso de tecnología que permita conseguir productos sin mermas y que la cosecha sea de mayor calidad, lo cual ha implicado descartar el aprovechamiento de modelos predictivos o exploración de datos. Además, por el momento no se tienen un historial de análisis de suelos, así como de cambios climáticos, lo que perjudica a los niveles de producción.

1.4.4 Finanzas (F)

Frutas del Sur S.R.L decidió que esta área tuviera como función principal gestionar y controlar los recursos para asegurar tanto la estabilidad económica como la capacidad de alcanzar los objetivos financieros propuestos. Además, las ventas de la organización durante el

2019 fueron de S/ 4'592,224, lo cual evidenció una mejora de 20% con relación al 2018, posibilitándose alcanzar un EBITDA de 85.97%.

En última instancia, debe entenderse que Frutas del Sur S.R.L ha encargado a este departamento las cinco funciones siguientes: (a) efectuar los análisis financieros, empleando ratios o métricas que ayuden a tomar decisiones informadas tanto sobre inversiones como recortes de gastos; (b) realizar la planificación financiera, desarrollando estrategias a largo plazo que ayuden a cumplir con el plan de presupuesto del año mediante el reconocimiento de oportunidades de crecimiento; (c) lograr el cumplimiento normativo y fiscal, asegurando el respeto de las regulaciones aplicables mediante la presentación de informes que sigan todas las pautas contables para la gestión de impuestos; (d) mantener relaciones financieras externas, interactuando con inversiones o bancos para asegurar la creación de relaciones económicas sólidas; y (e) gestionar los riesgos financieros, advirtiendo de manera oportuna situaciones como cambios en los tipos de interés o variaciones en los tipos de cambio.

1.4.5 Recursos Humanos (H)

Frutas del Sur S.R.L en el 2018 dispuso de un número de colaboradores equivalente a 50,000 personas, perteneciendo un 98% a la ciudad de Huaral, ya que en este lugar se concentra la mano obrera encargada del proceso de cultivo y producción. Además, la empresa posee una buena relación con los sindicatos que operan en la zona, priorizándose la seguridad y salud del trabajador, aunque existen problemas en cuanto a la retención de talentos, lo que retrasa los procesos de producción.

Para la Gerencia de Recursos Humanos, la falta de innovación tecnológica influye directamente en la retención de personal administrativo, ya que no ven un crecimiento a nivel profesional y muchas de las herramientas que se usan actualmente suponen un trabajo manual

excesivo, por lo cual se genera mucha rotación de personal. Con el objetivo de actualizar tecnológicamente toda la suite de herramientas con las que cuenta el Fundo, una de las prioridades que tiene esta gerencia es la capacitación al personal en estas nuevas tecnologías.

1.4.6 Innovación Tecnológica (IT)

Frutas del Sur S.R.L quiere proponer un enfoque estratégico que promueva el uso de tecnologías innovadoras en los procesos agrícolas para mejorar la productividad, la sostenibilidad y la eficiencia de la fruta. Asimismo, el sector viene adquiriendo cada vez más importancia a medida que la agricultura enfrenta desafíos como la creciente demanda de frutas, la escasez de recursos naturales, la necesidad de reducir su impacto ambiental, entre otros.

Por último, vale entender que Frutas del Sur S.R.L ha delegado a esta área las cinco tareas siguientes: (a) identificar y evaluar las tecnologías emergentes, lo cual implica investigar sobre tendencias innovadoras en el ámbito de la agricultura de precisión o uso de robots; (b) efectuar investigación y desarrollo, lo que demanda financiar proyectos de investigación que desarrollen nuevas tecnologías o mejoren las existentes; (c) impulsar la aplicación de tecnologías por parte de los agricultores, necesitándose incluir tanto la realización de programas de capacitación como la financiación para adquirir equipos; (d) desplegar monitoreo y evaluación, lo que significa verificar el impacto de las tecnologías implementadas en el negocio para garantizar que las inversiones en innovación sean efectivas; y (e) alcanzar sostenibilidad, lo cual requiere utilizar tecnologías innovadoras que fomenten tanto la preservación de los recursos naturales como el logro de una mayor rentabilidad para los agricultores.

1.4.7 Fortalezas y Debilidades

Para analizar las fortalezas y Debilidades del Fundo se hará uso de la Matriz de Evaluación de Factores Internos (MEFI). Estos factores fueron identificados en base al análisis

AMOFHIT realizado con las diferentes gerencias del Fundo. Los pesos y valores fueron determinados en conjunto con la Gerencia General donde se consideró como principal debilidad los métodos de cultivo empleados por el Fundo, los cuales se basan solo en la experiencia de los Ingenieros, prescindiendo de la tecnología. En la Tabla 2 se puede notar que el factor de falta de tecnología 4.0 es uno de los que menos peso tiene, lo cual impacta en gran medida en el puntaje ponderado el cual se estimó en 2.53 en un rango de 1 a 4. Como conclusión del análisis podemos determinar que las fuerzas internas son favorables a la organización con un peso ponderado total de 0.64 contra 0.36 de las debilidades, es decir, el Fundo tiene más fortalezas que debilidades. No obstante, el valor total por debajo de 2.5, indica que el Fundo es débil en el factor interno en su conjunto.

Tabla 3

MEFI de Frutas del Sur S.R.L

Factores determinantes de éxito	Peso	Valor	Ponderación
Fortalezas			
1. Promoción de la responsabilidad social corporativa.	0.10	4	0.40
2. Logro de la certificación global G.A.P.	0.05	3	0.15
3. Empleo de estrategia de <i>marketing</i> digital.	0.08	3	0.24
4. Creación de contenido valioso para la compañía.	0.06	3	0.18
5. Uso intensivo de redes sociales.	0.06	3	0.18
6. Alcance de un EBITDA de 85.97%.	0.09	4	0.36
7. Mantiene buena relación con los sindicatos.	0.08	3	0.24
8. Se ha procurado cuidar la seguridad y salud de los trabajadores.	0.07	3	0.21
9. Apoya las tecnologías innovadoras.	0.05	3	0.15
	0.64		2.11
Debilidades			
1. Reducido nivel de planificación y control.	0.11	1	0.11
2. Los métodos de cultivo empleados se basan solo en la experiencia, prescindiendo de la tecnología.	0.12	1	0.12
3. Se carece de un historial del análisis de suelos.	0.07	1	0.07
4. Alta rotación laboral.	0.06	2	0.12
	0.36		0.42
Total	1.00		2.53

Nota. 1 = debilidad mayor, 2 = debilidad menor, 3 = fortaleza menor, 4 = fortaleza mayor

1.5 Conclusiones

En base al análisis de la cadena de valor de Porter, PESTEL y AMOFHIT, se presentan las siguientes conclusiones:

El Análisis Porter nos revela que el Fundo Frutas del Sur tiene un gran potencial para la producción en la zona de Huaral. Cuenta con productos estrella, como mandarinas, los dulces caquis y paltas Hass, Estos productos están catalogados por la gerencia como los productos insignia. Sin embargo, Frutas del Sur se enfrenta constantemente a desafíos que podrían ocasionar problemas en la demanda y exportación de productos. Por un lado, la inversión necesaria para el cultivo de estos productos es considerablemente alta por lo cual se requiere de un esfuerzo económico importante. Además, la falta de control de calidad, la no predicción de plagas y como enfrentarlas, la falta de control de calidad en los envíos al extranjero podría afectar la reputación de Frutas del Sur y hacer que pierda clientes.

A pesar de estos desafíos, Frutas del Sur tiene el potencial para buscar soluciones oportunas y seguir creciendo en este mercado con alta competencia. La principal apuesta de la alta gerencia es innovar tecnológicamente con las mejores herramientas que se encuentran hoy en el mercado y potenciar su capital humano con capacitaciones constantes en el rubro tecnológico.

En cuanto al análisis PESTEL, Frutas del Sur quiere aprovechar al máximo las tecnologías avanzadas para impulsar su productividad y rentabilidad. Actualmente el enfoque de transformación digital que promueve la gerencia le ha permitido ir mejorando el uso de sus recursos y mantener los niveles de productividad que se requiere. No obstante, para mejorar los procesos de cultivo y cosecha de la empresa y con eso mejorar la productividad y rentabilidad de la empresa se requiere enfocar los esfuerzos en solucionar problemas claves que se analizarán en

el siguiente capítulo. Pero, A pesar de su enfoque tecnológico, Frutas del Sur no está exenta de los desafíos políticos y económicos que pueden afectar su éxito. Los cambios en las políticas gubernamentales y las fluctuaciones en la economía pueden poner en peligro su posición en el mercado.

Por otro lado, el Análisis AMOFHIT permite identificar diversas fortalezas que cuenta Frutos del Sur, siendo la principal el alto compromiso de la alta gerencia para apostar por la innovación tecnológica dentro del Fundo. Con una innovación tecnológica progresiva y a medida, el Fundo busca superar sus principales debilidades, tales como la falta de planificación interdepartamental y la ausencia de control de calidad, control y predicción de plagas, como también la calidad en los envíos al extranjero.

En conclusión, Frutas del Sur cuenta con ciertas ventajas competitivas que le permiten posicionarse favorablemente en el mercado, pero también enfrenta importantes desafíos que debe abordar para mantener y mejorar su posición competitiva.

II. Problema Clave

Luego del análisis interno y externo realizado en el capítulo I, se pudo identificar las fortalezas, debilidades oportunidades y amenazas del Fundo. El presente capítulo tiene como objetivo identificar el problema clave de la investigación, así como el análisis de la metodología de trabajo que más se asocia con el problema identificado, la cual posteriormente implementaremos. Además, se analiza la complejidad y la importancia de proporcionar una solución adecuada y estructurada.

2.1 Identificación de Problemas

Para la identificación de los problemas claves del Fundo, se tomó como consideración inicial el análisis interno realizado en el capítulo anterior (AMOFHIT) logrando identificar cinco posibles problemas los cuales fueron validados con el Gerente de Innovación tecnológica. Tomando como base esta identificación inicial de problemas se procedió a realizar encuestas entre los responsables de las principales gerencias que actúan como stakeholders dentro del proyecto con la finalidad de obtener desde su punto de vista cuales de estos problemas identificados son los más prioritarios de abordar.

Los problemas identificados se listan a continuación:

- Problema 1: Baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas.

Este problema se sustenta en lo descrito en el Análisis PESTEL precisamente en el área de Operaciones ya que es el área encargada del proceso de cultivo. La problemática que enfrenta el Fundo dedicada a la siembra y cosecha de frutas radica en las deficiencias significativas en la detección de plagas en sus cultivos. A pesar de los avances tecnológicos y las innovaciones en el ámbito agrario durante este período, la empresa ha experimentado dificultades para implementar sistemas eficaces de monitoreo y detección

temprana de plagas que amenazan la salud de sus cultivos. La falta de integración de tecnologías avanzadas, como sensores remotos, inteligencia artificial y análisis de datos, ha limitado la capacidad de la empresa para anticipar y gestionar eficientemente la presencia de plagas. Además, la escasa aplicación de conocimientos provenientes de la literatura especializada en este lapso ha contribuido a un enfoque sub óptimo en las estrategias de control de plagas. La necesidad urgente de una solución integral y basada en evidencia científica se vuelve evidente, ya que las deficiencias en la detección de plagas amenazan la sostenibilidad y la productividad a largo plazo de la empresa en el sector agrario

- Problema 2: Altos costos de mano de obra al no tener procesos de automatización.

Este problema tiene su fundamento en el área de Operaciones y Finanzas quienes son los encargados de ver la parte operativa del fundo y los costos asociados a la siembra.

Actualmente el Fundo necesita contar con mucho personal de campo para poder mitigar los problemas a los que se enfrenta durante un proceso de siembra y cosecha, y esto se debe en gran medida a que no cuenta con mecanismos óptimos para la detección de estos problemas, como por ejemplo el problema de las plagas, el cambio de clima o el nivel de alcalinidad o acidez del suelo. Esta falta de procesos automatizados, genera gastos que merman la rentabilidad de la cosecha y así mismo no garantiza que la productividad de la cosecha sea buena.

- Problema 3: Falta de planificación y control entre las diferentes áreas de la empresa ocasionado por crecimiento acelerado que ha experimentado.

La empresa especializada en la siembra y cosecha de frutas enfrenta un desafío crítico relacionado con la falta de planificación y control entre las diferentes áreas, consecuencia

directa del rápido crecimiento experimentado. A medida que la empresa se expandió rápidamente para abordar la creciente demanda del mercado, se generó una brecha significativa en la coordinación y comunicación efectiva entre los departamentos. Esta carencia ha llevado a la falta de alineación estratégica y a una planificación deficiente, afectando negativamente la eficiencia operativa y la calidad del producto final. La ausencia de una estructura organizativa adaptada al crecimiento ha generado redundancias, superposiciones y conflictos internos, comprometiendo la capacidad de la empresa para anticipar y abordar proactivamente los desafíos agrícolas. Es necesario destacar la importancia de la gestión integrada en empresas agrarias en crecimiento, pero la falta de implementación de estos principios ha dejado a la empresa vulnerable a problemas operativos y de gestión que podrían afectar su sostenibilidad a largo plazo.

- Problema 4: No se cuenta con protocolos de automatización industrial para monitorear de forma remota maquinaria agrícola móvil.

La empresa dedicada a la siembra y cosecha de frutas se encuentra actualmente ante un desafío crítico, caracterizado por la ausencia de protocolos de automatización industrial para el monitoreo remoto de maquinaria agrícola móvil. A pesar de los avances, es necesario destacar la importancia de la automatización y la telemetría en la gestión eficiente de operaciones agrícolas, la empresa ha experimentado carencias significativas en la implementación de sistemas que permitan el seguimiento y control a distancia de sus equipos. Esta laguna tecnológica no solo compromete la eficiencia operativa, sino que también limita la capacidad de respuesta ante eventos imprevistos en el campo. La adopción de protocolos de automatización industrial puede mejorar la precisión en el monitoreo de maquinaria agrícola, optimizando el uso de recursos y reduciendo los

tiempos de inactividad. La falta de integración de estas tecnologías emergentes deja a la empresa en desventaja competitiva y expuesta a riesgos operativos que podrían afectar la productividad y rentabilidad a largo plazo.

➤ Problema 5: Baja calidad de embalaje de los productos enviados al exterior.

La problemática que enfrenta la empresa especializada en la siembra y cosecha de frutas radica en la baja calidad del embalaje de los productos destinados a exportación. A pesar de los avances, la empresa ha experimentado dificultades para implementar prácticas de embalaje que cumplan con los estándares internacionales. La falta de atención sobre técnicas de embalaje adecuadas, resistentes y que preserven la calidad de las frutas durante el transporte, ha resultado en pérdidas significativas y disminución de la competitividad en los mercados internacionales. Es imperativa una selección cuidadosa de materiales y métodos de embalaje para garantizar la frescura y la integridad de los productos agrícolas durante la distribución global. La empresa se enfrenta a un desafío crítico en la actualización de sus prácticas de embalaje, ya que la falta de conformidad con los estándares internacionales podría comprometer su reputación y posición en el mercado internacional de frutas.

Para determinar los principales problemas identificados, se realizó un diagrama de Pareto en base a la puntuación que los encuestados realizaron sobre las problemáticas listadas en una encuesta (los detalles de la encuesta serán descritos más adelante en el capítulo 4). Según las respuestas de los encuestados, el equipo de investigación usó el criterio de frecuencia estimada de identificación del problema para ordenar de mayor a menor según el puntaje que se le fue asignado a cada problema (Tabla 4).

Como se muestra en la Figura 6 se identificaron 5 problemas con un alto índice de frecuencia, de los cuales la baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas representa el 80% de los problemas identificados. Los otros problemas con más peso identificados son: (a) Altos costos de mano de obra al no tener procesos de automatización, (b) Falta de planificación y control entre las diferentes áreas de la empresa ocasionado por crecimiento acelerado que ha experimentado, (c) No se cuenta con protocolos de automatización industrial para monitorear de forma remota maquinaria agrícola móvil y (d) Baja calidad de embalaje de los productos enviados al exterior.

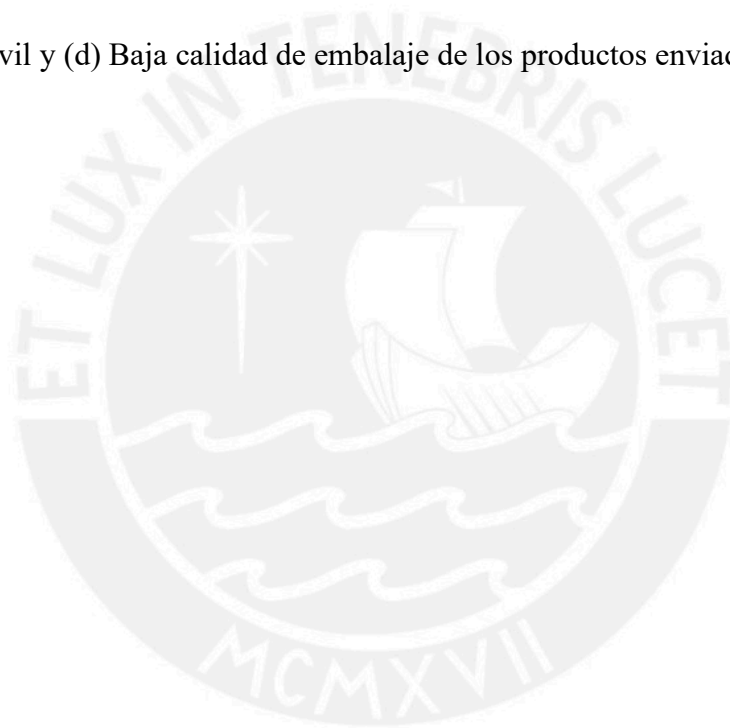
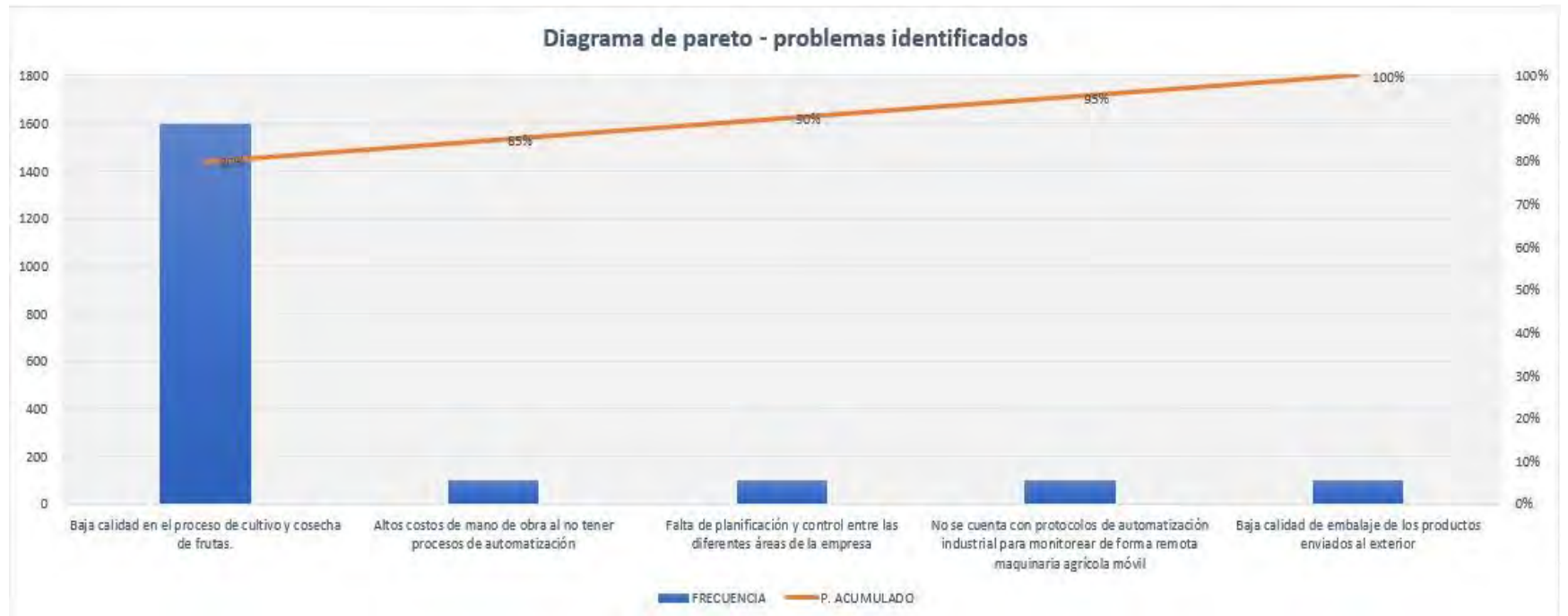


Figura 6*Diagrama de Pareto – problemas identificados*

A través de una matriz de ponderación se determinó que la baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas es el problema principal con mayor índice de gravedad.

Tabla 4*Problemas identificados*

Problema	Gravedad	Factibilidad	Beneficio	Total
Baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas.	0.25	2	3	1.50
Altos costos de mano de obra al no tener procesos de automatización.	0.20	3	2	1.20
Falta de planificación y control entre las diferentes áreas de la empresa ocasionado por crecimiento acelerado que ha experimentado.	0.15	3	1	0.45
No se cuenta con protocolos de automatización industrial para monitorear de forma remota maquinaria agrícola móvil.	0.20	2	3	1.20
Baja calidad de embalaje de los productos enviados al exterior.	0.20	3	2	1.20

Nota. 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto

2.2 Indicadores por problema específico:

En el presente capítulo, se identifican los indicadores por cada uno de los problemas específicos determinados en el análisis de situación actual, en este proceso el uso de indicadores es de gran importancia ya que, a través de ellos, facilitará la planificación, evaluación e implementación de estrategias que permitan mejorar la efectividad y eficiencia en la solución de problemas.

2.2.1 Baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas

Para abordar el problema de baja calidad, es importante definir indicadores clave que permitan monitorear y gestionar eficazmente la cosecha. Entre los indicadores más útiles se

tiene:

- **Nivel de inventario actual:** Este indicador proporcionará una visión en tiempo real de cuántos productos tienes en existencia en comparación con la demanda actual. Se puede establecer un punto de reordenamiento o un umbral mínimo que, cuando se alcance, desencadene un pedido.
- **Índice de rotación de inventario:** Este indicador mide con qué rapidez se venden los productos y se reemplazan con nuevos pedidos. Un alto índice de rotación puede indicar una buena gestión del inventario, pero también puede llevar a la falta de productos si no se tiene en cuenta adecuadamente.
- **Tiempo de entrega de proveedores:** Este indicador te informará cuánto tiempo tardan tus proveedores en entregarte los productos una vez que realizas un pedido. Un tiempo de entrega largo puede causar problemas de stock, especialmente si la demanda es alta.
- **Precisión de pronóstico de demanda:** Evalúa con qué precisión puedes prever la demanda futura de tus productos. Si tus pronósticos son imprecisos, podrías terminar con un exceso o una falta de stock.
- **Nivel de servicio al cliente:** Mide la satisfacción de los clientes en relación con la disponibilidad de productos. Los clientes insatisfechos debido a la falta de stock pueden afectar negativamente a tu negocio.
- **Costo de almacenamiento:** Este indicador evalúa cuánto te cuesta mantener un inventario más grande del necesario. Puedes calcularlo teniendo en cuenta los costos de almacenamiento, seguros, depreciación, etc.
- **Índice de obsolescencia:** Si tienes productos que no se venden y se vuelven obsoletos en el almacén, este indicador te ayudará a identificarlos. La obsolescencia puede ser

costosa y afectar tus márgenes de ganancia.

➤ **Cantidad de pedidos en espera:** Llevar un registro de los pedidos pendientes o en espera te ayudará a entender cuántos clientes están esperando productos agotados. Esto puede ser un indicador de la demanda insatisfecha.

➤ **Nivel de satisfacción del cliente:** Encuestas o comentarios de los clientes pueden proporcionar información valiosa sobre cómo perciben la disponibilidad de productos y si están satisfechos con el servicio.

2.2.2 Altos niveles de productos en mal estado por cambios de temperatura

El problema de que algunas frutas no estén disponibles debido a cambios de temperatura (clima) está relacionado con la gestión de inventario y la cadena de suministro de productos frescos. Para abordar este problema, es importante contar con indicadores que te permitan monitorear y gestionar eficazmente la disponibilidad de frutas. Aquí tienes algunos indicadores útiles:

➤ **Tasa de falta de stock por clima:** Mide cuántas veces las frutas no están disponibles debido a condiciones climáticas adversas en comparación con el número total de veces que se espera que estén disponibles. Esto te proporciona una visión de la frecuencia de este problema.

➤ **Historial de pérdidas por clima:** Lleva un registro de las pérdidas económicas relacionadas con la falta de disponibilidad de frutas debido al clima. Esto te ayudará a evaluar el impacto financiero.

➤ **Índice de rotación de inventario:** Mide la velocidad con la que los productos se venden y se reponen en el inventario. Un bajo índice de rotación puede indicar problemas relacionados con la falta de disponibilidad de productos frescos.

- **Estimación de demanda vs. Disponibilidad:** Compara la estimación de demanda de frutas con la disponibilidad real durante cambios climáticos. Esto puede ayudarte a identificar diferencias y tomar decisiones informadas.
- **Calidad de los productos disponibles:** Evalúa la calidad de las frutas disponibles durante condiciones climáticas desafiantes. Esto es esencial para asegurarte de que los productos cumplen con los estándares de calidad.
- **Costo de almacenamiento y refrigeración:** Calcula los costos asociados con el almacenamiento y la refrigeración de frutas adicionales para mitigar los efectos del clima. Esto te ayudará a entender el impacto en los costos operativos.
- **Índice de obsolescencia:** Mide la cantidad de frutas que se vuelven obsoletas en el almacén debido a la falta de disponibilidad en el mercado. La obsolescencia puede afectar los márgenes de ganancia.
- **Índice de pérdidas en la cadena de suministro:** Evalúa las pérdidas en la cadena de suministro que ocurren debido a cambios climáticos, desde la cosecha hasta la entrega a los puntos de venta.
- **Tiempo de respuesta y adaptación a cambios climáticos:** Mide cuánto tiempo se necesita para ajustar la cadena de suministro y la disponibilidad de productos cuando ocurren cambios climáticos inesperados.
- **Satisfacción del cliente:** Recopila retroalimentación de los clientes sobre su satisfacción con la disponibilidad y calidad de las frutas. Los comentarios de los clientes son fundamentales para la toma de decisiones.

Control de calidad repetitivo por cada producto ya que son productos frágiles: El problema de que el control de calidad sea repetitivo para cada producto puede generar

ineficiencia y retrasos en la producción. Para abordar esta situación, es importante contar con indicadores que te permitan evaluar y optimizar el proceso de control de calidad. A continuación, te presento algunos indicadores útiles:

- **Tiempo promedio de control de calidad por producto:** Este indicador mide cuánto tiempo se dedica al proceso de control de calidad para cada tipo de producto. Un tiempo excesivamente largo puede indicar problemas en el proceso.
- **Número de revisiones por producto:** Lleva un registro de cuántas veces se realiza el control de calidad en un mismo producto antes de ser aprobado. Un número alto de revisiones puede ser un indicativo de problemas en la eficiencia del proceso.
- **Índice de productos rechazados:** Mide la proporción de productos que son rechazados en el control de calidad en comparación con el total de productos controlados. Un alto índice de productos rechazados puede indicar problemas en el proceso o en la formación del personal.
- **Costo de control de calidad:** Calcula el costo total asociado al control de calidad, incluyendo tiempo de personal, equipos y recursos. Un aumento en los costos puede ser un indicio de ineficiencia.
- **Calidad del control de calidad:** Implementa un sistema de evaluación de la calidad del proceso de control de calidad. Esto puede involucrar auditorías internas o encuestas de satisfacción del personal encargado del control de calidad.
- **Tiempos de respuesta a problemas de calidad:** Mide cuánto tiempo se necesita para identificar y abordar problemas de calidad una vez que son detectados en el proceso de control. Un tiempo largo de respuesta puede afectar la eficacia del control de calidad.
- **Eficiencia en la detección de defectos:** Evalúa cuántos defectos o problemas de

calidad son detectados en el proceso de control en comparación con los que son identificados posteriormente por los clientes o usuarios.

- **Retroalimentación de los operarios:** Recaba información de los operarios o técnicos de control de calidad sobre los aspectos del proceso que consideran ineficientes o repetitivos.
- **Índice de mejora continua:** Evalúa cuántas mejoras o cambios se implementan en el proceso de control de calidad a lo largo del tiempo.
- **Cumplimiento de estándares de calidad:** Evalúa si se están siguiendo los estándares de calidad definidos por la empresa. La no conformidad puede ser una señal de problemas en el proceso de control de calidad.

2.3 Brechas operativas o de performance identificadas

Frutas del Sur ha identificado varias brechas operativas y de rendimiento en relación con las tecnologías de innovación. Algunas de estas brechas incluyen:

- ✓ **Falta de publicidad y presencia en línea:** A pesar de la creciente importancia de la presencia en línea en el mundo empresarial moderno, Frutas del Sur no tiene publicidad ni una página web para sus productos. Esta brecha puede limitar su capacidad para llegar a nuevos mercados y competir eficazmente con otras empresas en el sector.
- ✓ **Costos elevados de tecnología:** La implementación de tecnología para automatizar procesos puede aumentar significativamente los costos operativos de la empresa. Esto puede ser un desafío particularmente grande para Frutas del Sur, ya que también enfrenta altos costos de inversión para el cultivo de palta Hass y mandarina, que son sus frutas con mayor salida.

- ✓ **Falta de capacitación en tecnología:** La adopción de nuevas tecnologías a menudo requiere capacitación y asistencia técnica para los agricultores. Frutas del Sur ha identificado esto como un punto débil en su operación.
- ✓ **Necesidad de tecnologías de gestión de cultivos y predicción del clima:** Es importante tener tecnologías para manejar los cultivos y predecir el clima en la agricultura. Si no se tienen estas tecnologías, la eficiencia y la productividad de Frutas del Sur pueden verse limitadas.
- ✓ **Falta de uso de Big Data:** El Big Data puede ser una herramienta valiosa en la agricultura, permitiendo extraer datos, estadísticas y cifras que ayudan a definir qué tipo de agricultura es la más productiva. Sin embargo, Frutas del Sur aún no ha adoptado plenamente el uso de Big Data en sus operaciones.
- ✓ **Limitaciones de conectividad:** Aunque el Internet Satelital, como el servicio de Starlink, está revolucionando la agricultura de precisión, Frutas del Sur aún no ha adoptado plenamente esta tecnología. Esto puede limitar su capacidad para acceder.

2.4 Implicancias sociales del problema

La aplicación de la tecnología Agro 4.0 en Frutas del Sur - Fundo San Carlos puede tener varias implicancias sociales y puede optimizar varios procesos en el cultivo para mejorar la calidad del producto. Principalmente se busca tener un impacto positivo en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) creados por la ONU. Las ODS que se busca tener impacto son (1) Fin de la pobreza, (2) Hambre cero, (8) Trabajo decente y crecimiento económico, (9) Industria, innovación e infraestructura y (13) Acción por el clima. Algunas de estas implicancias y optimizaciones incluyen:

- *Mejorar la vida de los productores:* La tecnología de la industria 4.0 puede ayudar a los productores a vivir mejor al hacer sus operaciones más eficientes y productivas.

- *Creación de nuevas oportunidades de empleo:* La adopción de tecnologías de la industria 4.0 puede crear nuevas oportunidades de empleo en áreas como la gestión de datos, la robótica y la inteligencia artificial.
- *Mejora de la calidad del producto:* La tecnología Agro 4.0 puede ayudar a mejorar la calidad del producto al permitir un mejor seguimiento y control de los procesos de cultivo. Esto puede incluir la monitorización en tiempo real de las condiciones del suelo y del clima, la optimización del uso de recursos como el agua y los fertilizantes, y la detección temprana de enfermedades y plagas.
- *Creación de nuevas oportunidades laborales:* La implementación de tecnologías de la industria 4.0 puede generar nuevas oportunidades de empleo en sectores como la gestión de datos, la robótica y la inteligencia artificial.
- *Mejora de la calidad del producto:* La tecnología Agro 4.0 puede ayudar a mejorar la calidad del producto al permitir un mejor seguimiento y control de los procesos de cultivo. Esto incluye monitorear en tiempo real las condiciones del suelo y del clima, usar de manera óptima los recursos como el agua y los fertilizantes, y detectar enfermedades y plagas tempranamente.
- *Reducción del impacto ambiental:* La tecnología Agro 4.0 puede contribuir a disminuir el impacto ambiental de las actividades agrícolas al posibilitar un uso más eficiente de los recursos y reducir la necesidad de utilizar productos químicos perjudiciales.
- *Mejora de la seguridad alimentaria:* Al incrementar la eficiencia y la productividad de las labores agrícolas, la tecnología Agro 4.0 puede colaborar en mejorar la seguridad alimentaria a nivel local y regional.

- Fomento de la inclusión social: La adopción de tecnologías de la industria 4.0 puede promover la inclusión social al brindar a los agricultores rurales acceso a las mismas herramientas y oportunidades que sus contrapartes en zonas urbanas.



III. Revisión Literaria

La Tecnología Agro 4.0 apertura múltiples oportunidades que se presentan en el camino para fortalecer este sector como uno de los más importantes dentro del sostenimiento de los países de cara a un futuro en franco aumento poblacional (Da Silveira, 2021 y F Costa et al., 2023). Estas oportunidades vienen siendo impulsadas en gran medida por la necesidad de transformar digitalmente a las empresas agrícolas y así aprovechar todo el potencial tecnológico en vanguardia (V Sharma et al., 2022).

Pero no solo podemos hablar de innovación tecnológica sin estar francamente alineados a los procesos comerciales que las empresas manejan (Michael Oberle, 2023). Esto nos indica que TI emerge como el soporte tecnológico para el logro de los objetivos comerciales de la empresa (Elena Kornyshova, 2021). Por lo cual, en la presente revisión literaria se exploraron diversas fuentes de información con el objetivo de conocer la evolución del sector agrícola en lo concerniente a innovación tecnológica alineado con una metodología en cascada como soporte para lograr una transformación digital consistente.

3.1 Mapa de búsqueda

Para la revisión de la literatura se realizó diferentes búsquedas en Bases de Datos Indexadas, esto con la finalidad de evidenciar el proceso de análisis literario realizado. Las bases de datos que se incluyeron para el análisis fueron: Science Direct, IEEE Xplore, MDPI, Springer y Scielo. En el estudio se tuvo en consideración revisar dos frentes de búsqueda teniendo como primer alcance todo lo relacionado con implementación de soluciones tecnológicas en Agro 4.0 y en segundo lugar se revisó como estas tecnologías se pueden implementar teniendo en cuenta nuestra metodología seleccionada.

Para abordar la mayor cantidad de papers según el objeto de nuestra investigación se usaron diferentes términos clave aplicados en las bases de datos seleccionadas. Así mismo tenemos que términos como Agro 4.0, Cascade Method, Agile Method, IoT e Innovation Technology fueron los que mejores resultados arrojaron.

Como criterios de inclusión se tomaron en cuenta los siguientes criterios: (a) que sea del idioma inglés, (b) si el paper responde a una o más de las variables ingresadas. Mientras que para los criterios de exclusión se tomaron en cuenta los siguientes criterios: (a) papers duplicados en más de una base de datos, (b) títulos que no hacen referencia al objeto de estudio, (c) abstract que no hacen referencia al objeto de estudio.

Como se muestra en la Tabla 5, sumando los papers relacionados, según los criterios de búsqueda ingresados en las diferentes bases de datos, tenemos que se encontraron un total de 847 publicaciones respectivamente, de las cuales no se encontraron artículos repetidos en ambas bases de datos. Luego de analizar todos los títulos de la primera lista se acotó el resultado a 89 ya que 758 publicaciones no guardaban una relación cercana con el objeto de estudio propuesto. De las publicaciones restantes, se procedió a analizar los abstract de cada informe con el objetivo de acotar aún más el número de publicaciones y se obtuvo como resultado un total de 25 publicaciones que están relacionadas con la investigación en curso.

Tabla 5*Publicaciones relevantes según la investigación en curso*

Nro.	Base de datos	Publicaciones totales	Publicaciones Candidatas	Publicaciones relevantes
1	Sciencedirect	753	75	19
2	Ieee Xplore	10	2	2
3	MDPI	12	4	1
4	Springer	69	6	2
5	Scielo	3	2	1

3.2 Metodología de trabajo

En el desarrollo del proyecto de implementación relacionado a tecnologías Agro 4.0, se han utilizado diferentes metodologías de trabajo con el fin de estructurar de manera efectiva el proceso de transformación digital. En particular, se empleó la metodología cascada para la planificación y desarrollo de los componentes más estructurales del proyecto, como la infraestructura tecnológica y la configuración inicial de los sistemas.

La metodología cascada es adecuada cuando las actividades tienen un inicio y un fin bien definido, como es el caso de la instalación de sensores IoT y el diseño de la infraestructura de comunicación (Sagarna Garcia & Pereira Jerez, 2020). Además de la metodología permite un enfoque secuencial que asegura que cada fase esté completamente implementada antes de avanzar a la siguiente, lo cual es esencial para los sistemas de monitoreo del suelo, riego automatizado y control de plagas en el fondo.

3.3 Trabajos relacionados a Agro 4.0

Francisco Tardelli da Silva et al. (2020) en su artículo “Open Innovation in Agribusiness: Barriers and Challenges in the Transition to Agriculture 4.0” analiza la integración de la innovación abierta en el sector Agro, particularmente en el contexto de una transición hacia la Agricultura 4.0, donde se abordan básicamente los desafíos y barreras que presenta esta transición, así como el papel crucial que juega la innovación abierta para facilitarla.

Describe como la Agricultura 4.0 se presenta como una Revolución Digital en el Campo, la cual emerge como un paradigma similar a la Industria 4.0, donde la adopción de tecnologías digitales como el Internet de las Cosas (IoT), Big Data, Inteligencia Artificial y agricultura inteligente buscan optimizar la productividad y la eficiencia en las labores agrícolas.

Pero esta implementación Agro 4.0 también presenta desafíos y barreras además de retos importantes que deben considerarse, entre los cuales tenemos: Inversión en tecnología, ya que se requiere un alto nivel de inversión para adquirir e implementar las nuevas tecnologías necesarias. Necesidad de nuevas habilidades, sobretodo en la especialización que deben tener los nuevos perfiles para que puedan adaptarse y adquirir estas nuevas competencias y así poder operar y gestionar las tecnologías digitales. Gestión de datos, ya que se requieren sistemas robustos para recopilar, analizar y proteger la gran cantidad de datos generados por las tecnologías 4.0.

También plantea la innovación abierta como un motor para la Transformación Digital, siendo esta una estrategia clave para superar los desafíos de la implementación de Agro 4.0. Esta metodología promueve la colaboración entre diversos actores del sector, incluyendo agricultores, proveedores de tecnología, instituciones de investigación y otros, para compartir conocimientos y experiencias que permitan facilitar el intercambio de información y mejores prácticas entre las partes interesadas, desarrollo de soluciones conjuntas buscando colaborar en el diseño y

desarrollo de tecnologías y soluciones adaptadas a las necesidades específicas de cada empresa o región y por último en la reducción de costos y riesgos donde la necesidad de compartir recursos y costos asociados al desarrollo e implementación de nuevas tecnologías se hace indispensable.

El artículo de Silva et al. (2020) también describe casos de éxito en la innovación abierta en acción, presentando ejemplos de casos exitosos donde la innovación abierta ha impulsado la implementación de Agro 4.0 en la agroindustria. Estos casos demuestran cómo la colaboración entre diversos actores puede conducir a avances significativos y una mayor competitividad en el sector.

Finalmente, se concluye que la implementación de Agro 4.0 representa una oportunidad para transformar el sector agrícola y mejorar la productividad, la eficiencia y la sostenibilidad. Sin embargo, es importante reconocer los desafíos que presenta esta transición. La innovación abierta surge como una herramienta fundamental para superar estas barreras y facilitar la adopción de las tecnologías 4.0 en las empresas agrícolas. Al fomentar la colaboración entre diversos actores del sector, la innovación abierta permite compartir conocimientos, desarrollar soluciones conjuntas y reducir costos, impulsando así la transformación digital del agro y posicionando a las empresas para un futuro más competitivo y sostenible.

Lezoche et al. (2020) en su artículo "Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture" analiza la integración de las tecnologías de la Industria 4.0 en el sector agro. Examina las tecnologías clave, así como su impacto en las cadenas de suministro agrícolas y el papel fundamental de la colaboración para una implementación exitosa.

También presenta un análisis exhaustivo de más de 100 artículos que identifican y evalúan el impacto de las tecnologías 4.0 en las cadenas de suministro agrícolas. Entre las tecnologías clave se encuentran: Internet de las Cosas (IoT) siendo los sensores y dispositivos

conectados los que permiten la monitorización en tiempo real de condiciones como el suelo, el clima y la salud de los cultivos, optimizando la toma de decisiones. Big Data y Análisis Predictivo, básicamente para la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos los cuales facilitan la identificación de patrones y tendencias, permitiendo la toma de decisiones estratégicas y la optimización del rendimiento de los cultivos. Inteligencia Artificial (IA) con sus algoritmos inteligentes que buscan automatizar tareas, analizar datos y generar predicciones, mejorando con ellos la eficiencia y la precisión en las operaciones agrícolas. Blockchain, para garantizar la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumidor final, mejorando la confianza y la seguridad alimentaria. Robótica, donde se busca realizar tareas repetitivas y peligrosas usando robots automatizados, aumentando la productividad y reduciendo los riesgos laborales.

También describe el impacto significativo que tienen las Cadenas de Suministro Agrícolas con la adopción de tecnologías 4.0 obteniendo mayor eficiencia y productividad donde la automatización y la optimización impulsadas por la tecnología 4.0 reducen costos, aumentan la producción y minimizan el desperdicio. Además, generan Trazabilidad y buscan la seguridad alimentaria en base al seguimiento y la verificación de productos a lo largo de la cadena de suministro mejorando la transparencia, la calidad y la confianza del consumidor.

Abordan conceptos de sostenibilidad y reducción del impacto ambiental incluyendo prácticas agrícolas precisas y la gestión eficiente de recursos optimizando el uso de agua, fertilizantes y pesticidas, minimizando así el impacto ambiental.

Otro de los puntos importantes que se describen en su informe es la resiliencia y adaptación al cambio donde concluyen que la capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real permite a las empresas adaptarse a condiciones climáticas cambiantes y eventos disruptivos.

En esa misma línea describe como la colaboración de diversos actores se vuelve un punto sustancial para una implementación efectiva de las tecnologías Agro 4.0. Entre diversos actores consideran: Agricultores, los cuales deben estar dispuestos a adoptar nuevas tecnologías y adaptar sus prácticas agrícolas. Proveedores de tecnología, los cuales deben desarrollar soluciones robustas y adaptables a las necesidades específicas del sector agrícola. Instituciones de investigación, los cuales deben generar conocimiento y apoyar la innovación en tecnologías agrícolas. Formuladores de políticas, los cuales deben crear un marco regulatorio que fomente la adopción de tecnologías 4.0 y aborde los desafíos éticos y sociales.

Finalmente, como conclusión se tiene que la integración de tecnologías 4.0 en el sector agroalimentario representa una oportunidad transformadora para mejorar la productividad, la sostenibilidad y la seguridad alimentaria. Al comprender las tecnologías clave, su impacto y la importancia de la colaboración, las empresas agrícolas pueden navegar con éxito la revolución digital de Agro 4.0 y posicionarse para un futuro más resilientes y competitivo.

Muhammad Shoaib Farooq et al. (2019) en su artículo “A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming” analiza cómo la tecnología del Internet de las Cosas (IoT) está revolucionando la agricultura mediante la adopción de prácticas de agricultura inteligente.

Este trabajo se centra en los componentes clave del IoT aplicados a la agricultura, detallando la infraestructura de red, topologías y protocolos empleados en este ámbito. Además, explora cómo el IoT se integra con tecnologías relevantes como la computación en la nube y el análisis de big data, ofreciendo soluciones automatizadas y eficientes para el monitoreo y mantenimiento de granjas con una intervención humana mínima.

El estudio también aborda los desafíos de seguridad en los sistemas agrícolas basados en IoT y presenta aplicaciones que utilizan teléfonos inteligentes y sensores para gestionar diversos aspectos de las granjas. Asimismo, se mencionan las regulaciones y políticas implementadas por varios países para estandarizar la agricultura basada en IoT y se discuten casos de éxito.

Finalmente, el artículo identifica algunos desafíos pendientes y áreas de investigación futura en el campo de la agricultura inteligente basada en IoT.

3.4 Implementación de Agro 4.0

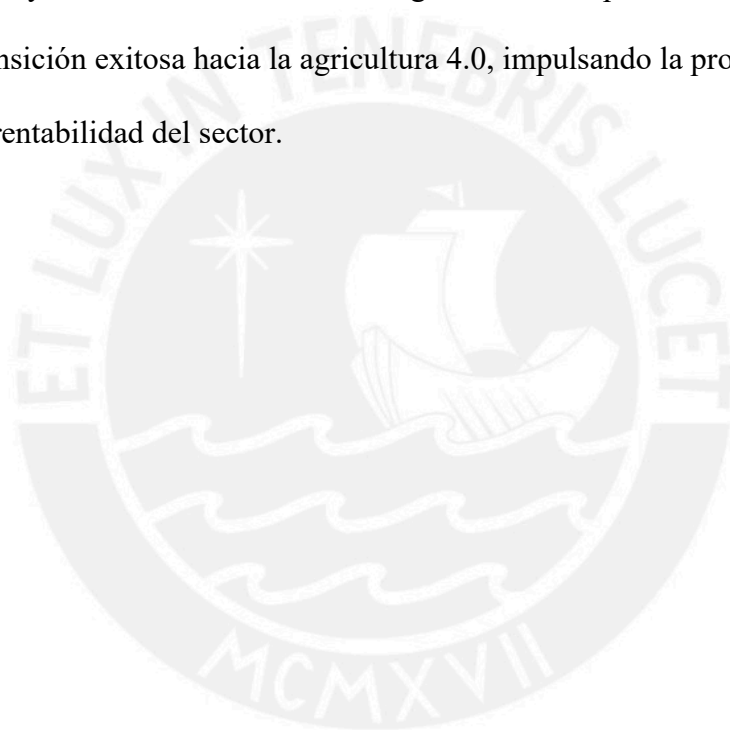
Lalband Neelu y D. Kavitha (2021) en su artículo “Estimation of software quality parameters for hybrid agile process model” analizan la aplicación con una metodología que permite el análisis de Parámetros de Calidad en el contexto de la implementación de Agro 4.0. Se examinan las características del modelo, el enfoque en los atributos de calidad y su relevancia para el desarrollo de sistemas IoT en la agricultura.

La metodología que utiliza se basa en un enfoque integral que combina elementos de metodologías como Scrum y Extreme Programming, buscando superar las limitaciones de cada una. Esta integración permite: Mayor flexibilidad y adaptación a los cambios en los requisitos del proyecto. Fomento de la colaboración y comunicación entre los equipos de desarrollo y negocio. Entrega incremental de software funcional, permitiendo retroalimentación temprana y ajustes continuos.

Un aspecto diferenciador de un método de evaluación de la calidad que pone especial énfasis en atributos como: Rendimiento, enfocado en la capacidad que tiene un software para responder de manera eficiente y oportuna a las solicitudes de los usuarios. Confiabilidad, enfocado en la capacidad del software para funcionar de manera consistente y libre de errores durante un período de tiempo determinado. Usabilidad, enfocado en la facilidad de uso,

aprendizaje y comprensión del software por parte de los usuarios. Este modelo permite evaluar estos atributos de calidad durante todo el ciclo de desarrollo de software, identificando y abordando posibles problemas de manera temprana.

Finalmente, a modo de conclusión el modelo se presenta como una herramienta valiosa para la implementación de Agro 4.0. Su combinación de flexibilidad, colaboración y énfasis en los atributos de calidad lo convierte en una opción adecuada para el desarrollo de sistemas IoT confiables, eficientes y fáciles de usar en el sector agrícola. La adopción de este modelo puede contribuir a una transición exitosa hacia la agricultura 4.0, impulsando la productividad, la sostenibilidad y la rentabilidad del sector.



Alam et al. (2023) en su artículo “Analysis of the drivers of Agriculture 4.0 implementation in the emerging economies: Implications towards sustainability and food security” analiza los factores que impulsan la adopción de la Agricultura 4.0 (Ag 4.0) en las empresas agrícolas de economías emergentes. Se examinan las tecnologías clave de Ag 4.0, los desafíos para su implementación y el papel de la innovación abierta como estrategia para superar estos obstáculos.

Ag 4.0 representa la integración de tecnologías digitales avanzadas como Internet de las Cosas (IoT), Big Data e Inteligencia Artificial (IA) en las prácticas agrícolas. Esta transformación tiene el potencial de: Mejorar la productividad y la eficiencia en base a la automatización y la optimización impulsadas por la tecnología 4.0 y como estas pueden reducir costos, y a la vez aumentar la producción y minimizar el desperdicio. Aumentar la sostenibilidad en base a prácticas agrícolas precisas y la gestión eficiente de recursos para optimizar el uso de agua, fertilizantes y pesticidas, minimizando así el impacto ambiental. Mejorar la seguridad alimentaria en base a la trazabilidad y el control de calidad mejorados desde la producción hasta el consumidor final para garantizar la seguridad alimentaria y la confianza del consumidor.

A pesar de los beneficios potenciales, la adopción de Ag 4.0 en economías emergentes enfrenta desafíos como: Altos costos de inversión por la adquisición e implementación de tecnologías 4.0 que puede representar una carga financiera significativa para las empresas agrícolas. Necesidad de capacitación de la fuerza laboral ya que los trabajadores agrícolas requieren capacitación para operar y mantener las nuevas tecnologías de manera efectiva. Infraestructura digital limitada con un acceso a internet confiable y una infraestructura digital robusta los cuales son esenciales para el funcionamiento de Ag 4.0. Falta de conocimiento y

experiencia ya que la comprensión y la experiencia en tecnologías 4.0 pueden ser limitadas en algunas regiones.

La innovación abierta surge como una estrategia prometedora para superar los desafíos de la implementación de Ag 4.0. Este enfoque fomenta la colaboración entre: Empresas agrícolas, ya que las empresas pueden compartir recursos, conocimientos y experiencias para desarrollar e implementar soluciones Ag 4.0 de manera conjunta. Proveedores de tecnología ya que las empresas tecnológicas pueden adaptar sus soluciones a las necesidades específicas de las empresas agrícolas y brindar asistencia técnica. Instituciones de investigación ya que las universidades y centros de investigación pueden aportar conocimiento científico y expertise para el desarrollo de tecnologías Ag 4.0 innovadoras. Gobiernos ya que las políticas gubernamentales pueden apoyar la inversión en investigación, desarrollo y capacitación en Ag 4.0.

Como conclusión la integración de Ag 4.0 en las empresas agrícolas de economías emergentes ofrece un camino hacia una agricultura más productiva, sostenible y segura. Si bien existen desafíos, la innovación abierta presenta una estrategia viable para superar estos obstáculos y acelerar la adopción exitosa de estas tecnologías. Al fomentar la colaboración entre diversos actores, las empresas agrícolas pueden aprovechar el potencial transformador de Ag 4.0 y contribuir a un futuro más próspero para el sector agroalimentario.

Virginia Fani, Chiara Falchi, Bianca Bindi y Romeo Bandinelli (2021) en su artículo “Implementation framework for PLM: a case study in the fashion industry” proponen un marco integral para la implementación de la gestión del ciclo de vida del producto (PLM) en la industria de la moda. Este estudio aborda los desafíos específicos de este sector, que frecuentemente carece de directrices claras para la adopción de PLM. El marco propuesto se divide en varias fases:

- **Análisis de procesos:** Esta fase inicial implica mapear los procesos de negocio e identificar las necesidades de los usuarios utilizando el modelo y notación de procesos de negocio (BPMN).
- **Análisis de necesidades:** Durante esta etapa, se determinan las principales funcionalidades de PLM necesarias para satisfacer las demandas del cliente. Se utiliza un enfoque de despliegue de la función de calidad (QFD) para crear una matriz de relaciones que ayuda a alinear las necesidades del usuario con las funcionalidades adecuadas de PLM.
- **Implementación detallada:** Se adopta un enfoque basado en cascada para desarrollar e implementar las funcionalidades de PLM priorizadas. Esta fase se divide en fases de duración fija, que incluye el diseño detallado, implementación y pruebas unitarias.
- **Prueba final y capacitación:** Esta fase comprende la integración y prueba del sistema por parte de usuarios clave, seguida de una capacitación exhaustiva para todos los usuarios, garantizando así que estén bien preparados para utilizar el nuevo sistema PLM. Este paso es crucial para evitar errores comunes en la adopción de software, como una capacitación inadecuada de los usuarios.
- **Soporte posterior a la puesta en funcionamiento:** Una vez que el sistema está en operación, se brinda soporte continuo para resolver cualquier problema que pueda surgir durante el período inicial de uso.

Como conclusión el estudio demuestra la efectividad del marco en una empresa real del sector de la moda, mostrando mejoras significativas en la eficiencia de los procesos y la gestión de datos de productos. Los autores destacan la importancia de adaptar las funcionalidades de PLM a las necesidades específicas de cada industria, subrayando que una implementación exitosa requiere un enfoque personalizado en lugar de una solución única para todos.

3.5 Factores Críticos de Éxito

En base a lectura de las publicaciones relevantes filtradas en la sección anterior, se pudo determinar las principales ideas que los autores proponen como indicadores clave para la implementación de la innovación tecnológica en el sector agrícola usando tecnología 4.0 (Tabla 6).



Tabla 6*Factores Críticos de Éxito para innovación tecnológica en Agro 4.0*

Nro	Factor	Definición	Papers	Autores
1	Infraestructura tecnológica	Incluye la implementación y soporte de software y hardware, así como los nuevos modelos de sistemas como cloud, IoT, IA, Modelos Predictivos, etc.	11	Da Silveira (2021), Ryazanova (2019), Ancillai (2023), Quealy (2022), Costa (2023), Verdouw (2022), Eastwood (2021), Debauche (2022), Saadane (2022), Sharma (2022), Raza (2023)
2	Estrategia digital a corto, mediano y largo plazo	Busca tener el alcance correcto de la innovación medida por los entregables que se implementarán.	8	Da Silveira (2021), Ryazanova (2019), Ancillai (2023), Hao Ye (2023), Verdouw (2022), Facchini (2022), Saadane (2022), Senna (2022)
3	Automatización Agro 4.0	Va de la mano con la infraestructura ya que este factor busca generar procesos automáticos amparados en las nuevas tecnologías digitales.	8	Da Silveira (2021), Hao Ye (2023), Relf-Eckstein (2019), Costa (2023), Verdouw (2022), Sharma (2022), Raza (2023), Meghna Raj (2021)
4	Gestión y análisis de datos	Debido a la dependencia que existe de las diversas fuentes de información, se hace crítico adoptar modelo de análisis de datos inteligente.	9	Quealy (2022), Verdouw (2022), Balkrishna (2023), Eastwood (2021), Saadane (2022), Sharma (2022), Raza (2023), Alenizi (2023), Meghna Raj (2021)
5	Ciberseguridad	Es uno de los factores más importantes, ya que con la implementación de las nuevas tendencias aumenta el riesgo de ataques cibernéticos.	5	Balkrishna (2023), Eastwood (2021), Debauche (2022), Sharma (2022), Raza (2023)
6	Gestión del cambio	Es crítico para las empresas Agro que las personas encargadas de tomar decisiones tengan todo el contexto de negocio y tecnológico para que se pueda garantizar la correcta gestión de soporte o evolutivos sobre los sistemas.	7	Ancillai (2023), Facchini (2022), Eastwood (2021), Saadane (2022), Jones (2023), Steinke (2022), Senna (2022)
7	Sostenibilidad	Es importante vigilar que la implementación de nuevas tecnologías no tenga un impacto negativo sobre los recursos con los que interactúan las empresas	6	Da Silveira (2021), Relf-Eckstein (2019), Costa (2023), Verdouw (2022), Facchini (2022), Sharma (2022)
8	Cultura organizacional desde los líderes de negocio	La alta dirección debe estar comprometida todo el tiempo con la ejecución del proyecto, además de proveer los recursos necesarios para la correcta implementación de las tecnologías.	4	Da Silveira (2021), Costa (2023), Balkrishna (2023), Facchini (2022)
9	Implementación en Cascada	Hace referencia al factor crítico del análisis, implementación e implantación de la metodología cascada.	5	Silva (2023), Lezoche (2020), Farooq (2020), Neelu (2021), Fani (2021)

3.6 Conclusiones

En base al estudio de los diferentes autores se puede concluir que el impacto del uso de la innovación tecnológica en la Agricultura 4.0 beneficia en gran medida al desarrollo del sector. Estas tecnologías deberán apalancar en gran medida la sostenibilidad de los países en desarrollo (Sharma, 2022 y Costa 2023).

Usando búsqueda de artículos y fuentes en bases de datos indexadas usando términos clave relacionados a nuestro objeto de estudio, como por ejemplo Agro 4.0, Cascade Method, IoT e Innovation Technology, se pudo generar un contexto de estudios referentes a nuestra investigación el cual fue de 847 de los cuales 25 fueron seleccionados por tener un aporte claro de ideas para nuestro objeto de estudio. En base a la lectura de los estudios recopilados se pudo realizar una comparación de los informes de cada autor de los cuales se realizó una comparación de antecedentes de los más relevantes según el análisis realizado, de los cuales se tiene como aportes principales el lineamiento que debe haber en materia tanto tecnológica como de negocio para poder aprovechar el uso de estas tecnologías aplicando una metodología consistente (Vobugari, 2018); los demás análisis nos presentan como aporte principal, la importancia que tiene la identificación de las principales brechas tecnológicas que existen para poder ejecutar una correcta innovación digital dentro de las empresas del sector, las cuales deben ser abordadas en los diferentes contextos como tecnológico, económico, político, social y ambiental (Da Silveira, 2020, Sharma 2022 y Costa 2023).

Finalmente, con la comparación de los diferentes trabajos relacionados se construyó una matriz para identificar los principales Factores Críticos de Éxito para llegar a innovar con tecnología disruptiva en el sector. El factor estrategia digital a corto, mediano y largo plazo es el que más impacto tiene ya que se necesita tener claro los objetivos que se necesitan alcanzar los

cuales deberán estar identificados según prioridad. Entre otros factores se presentan la automatización, ciberseguridad, gestión y análisis de datos, infraestructura, gestión del cambio, cultura organizacional y sostenibilidad.



IV. Análisis de la causa raíz del problema

En este capítulo se analiza la causa raíz de los principales problemas identificados en el fondo agrícola, utilizando herramientas como el Diagrama de Pareto y el Diagrama de Ishikawa. Los problemas con mayor frecuencia y relevancia fueron seleccionados del análisis de Pareto los cuales se mencionan a continuación;

- Baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas.
- Altos costos de mano de obra debido a la falta de automatización.
- Falta de planificación y control entre las áreas de la empresa.
- Baja calidad en el embalaje de los productos exportados.

Estos problemas se analizaron para determinar sus causas raíz utilizando el diagrama de Ishikawa y el análisis cualitativo de datos obtenidos de entrevistas a los principales responsables del proyecto. La tabla 14 presenta una lista detallada de los problemas identificados, mientras la tabla 15 muestra como se relacionan estas causas con las alternativas de solución propuestas.

La intención de estas herramientas es establecer una conexión clara entre los problemas identificados, las causas específicas que lo generan y las soluciones que se implementaran para cada uno, asegurando que el proceso de mejora sea integral y orientado a resolver los aspectos críticos que afectan la productividad y calidad del fondo.

4.1 Análisis cualitativo

El análisis realizado en el presente proyecto, parte desde la exploración del proceso de cultivo y producción de frutas, lo cual consistió en realizar un análisis basado en entrevistas y recolección de datos, lo cual permitió conocer y comprender a fondo información del proceso,

con el fin de poder tomar decisiones informadas para mejorar, optimizar y resolver los problemas a la cual se enfrenta la organización.

El análisis y evaluación de información, se obtuvo en base a entrevistas abiertas a los principales interesados del negocio dentro del Fundo con un enfoque orientado hacia la implementación de tecnología 4.0. En ese sentido y según el organigrama de la empresa, las entrevistas fueron realizadas a los siguientes cargos: Gerente General, Gerente de Innovación Tecnológica, Gerente de Operaciones y Gerente de Calidad y Soma. Esta selección de entrevistados se hizo en coordinación con las diferentes áreas y gerencias y también con el gerente general ya que son los que en primera línea estarán a cargo de la aprobación, monitoreo y evaluación de la implementación de las propuestas de solución a los problemas identificados. La entrevista fue estructurada según los siguientes alcances: (a) Introducción, (b) procesos Core del Fundo, (c) principales problemas identificados dentro de los procesos Core del Fundo, (d) Panorama tecnológico, (e) Innovación tecnológica en Agricultura 4.0: desafíos, ventajas y desventajas, (f) Resultados esperados al implementar tecnología 4.0 (g) capacitación y desarrollo de habilidades, (h) capacidad de inversión en infraestructura tecnológica, (i) perspectiva a futuro y (j) conclusiones.

En la tabla 5 se describen los diferentes cargos y roles de los entrevistados, así como los procesos en los cuales interactúa directamente. Estas entrevistas tuvieron una duración de entre 30 a 40 minutos aproximadamente por entrevistado. Posteriormente se hizo un resumen de los principales aportes que se pudo obtener de cada entrevistado haciendo con ello un resumen de lo más resaltante de las entrevistas enfocadas en cada alcance previamente definido por el equipo de investigación (Tabla 7).

Tabla 7

Cargos, roles y procesos a cargo de los entrevistados para análisis cualitativo

Nro.	Cargo	Rol dentro de la empresa	Procesos a cargo
1	Gerente General	Implementación de las tecnologías, asimismo es responsable de liderar el proceso de la innovación	Definir la estrategia de la innovación tecnológica. Implementación de la tecnología 4.0 El proceso está diseñado para garantizar que la innovación tecnológica se implemente de manera exitosa de acuerdo al desarrollo de proyectos de innovación.
2	Gerencia de Innovación Tecnológica	Desarrollar proyectos de innovación la cual va a permitir al fundo alcanzar sus objetivos estratégicos	Implementación de tecnología 4.0 Monitoreo y evaluación Los procesos del gerente de operaciones es la de verificar las siguientes etapas:
3	Gerente de Operaciones	Supervisar la implementación de las tecnologías del agro 4.0. Capacitar al personal en el uso de los drones para la inspección de cultivos	Planificación. Implementación. Monitoreo y evaluación. Mantenimiento y Soporte Los procesos de la gerencia es la de verificar lo siguiente:
4	Gerencia de Calidad y Soma	Definir los estándares de calidad de las tecnologías del agro. Implementar programas de capacitación para el personal	Definición de estándares de calidad. Implementación de estándares Monitoreo y evaluación de calidad

Tabla 8

Resumen de respuestas en base a los alcances definidos para identificar causas raíz

Alcance	Principales ideas
Introducción	<ul style="list-style-type: none"> Este primer alcance fue para que los entrevistados puedan resumir sus roles y responsabilidades dentro del Fundo, así como un primer acercamiento sobre sus ideas sobre la implementación de tecnología innovadora dentro del Fundo.

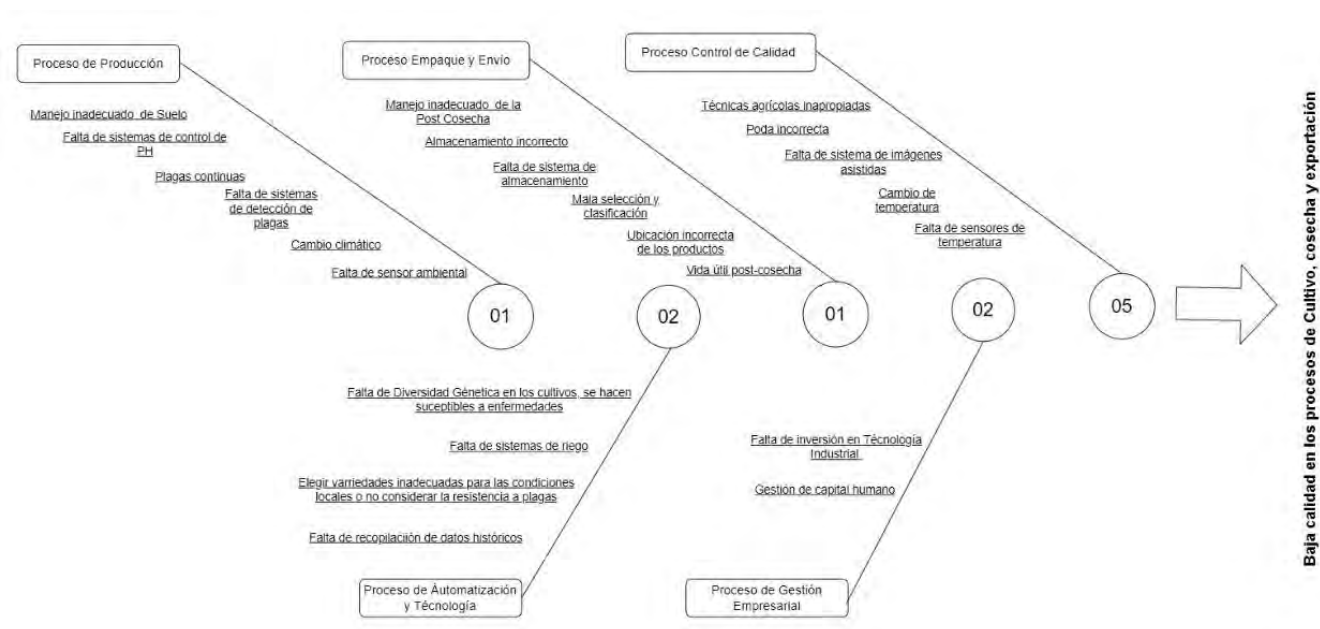
Procesos Core del Fondo	<ul style="list-style-type: none"> ● Todos los entrevistados concluyeron en que esta innovación tecnológica es la base para poder solucionar muchas problemáticas que actualmente tiene el Fondo. ● Todos los entrevistados coinciden en que los procesos Core que tiene el Fondo son: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Producción (cultivo y cosecha) ➤ Empaque y Envío ➤ Control de Calidad ➤ Gestión empresarial
Principales problemas identificados dentro de los procesos Core del Fondo	<ul style="list-style-type: none"> ● En esta sección hubo opiniones sesgadas según el área a la que el entrevistado pertenece. Sin embargo, para todos los entrevistados el proceso de cultivo y cosecha es el que más problemas presenta, de los cuales tienden a concluir que este es el proceso más crítico que impacta en toda la cadena de distribución. Entre estos problemas de producción los puntos con más detalle fueron el control de plagas, manejo del suelo, cambio climático y el mal pronóstico de la demanda. ● En resumen, teniendo al proceso productivo como un problema principal que engloba varios puntos a mejorar, para los entrevistados los 4 problemas internos que más impactan en los procesos Core son: <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fallas en la predicción del rendimiento de los cultivos. ➤ Manejo inadecuado de plagas que afectan a los cultivos. ➤ Almacenamiento incorrecto de la cosecha lo que genera un deficiente proceso de empaque y envío. ➤ Uso de tecnología desfasada con muchos procesos manuales.
Panorama tecnológico	<ul style="list-style-type: none"> ● Como problemas externos, los entrevistados coincidieron en que los cambios en el mercado, los cambios en las preferencias de los consumidores y las regulaciones gubernamentales influyen directamente en la necesidad que tiene el Fondo para innovar y no quedar rezagado frente a la competencia. Así mismo los avances tecnológicos crean nuevas oportunidades para la innovación en el sector agrícola. ● En este punto sí se encontraron opiniones muy variables, debido a la naturaleza de las funciones que realizan dentro del Fondo. En resumen, el Gerente General y el Gerente de Innovación Tecnológica son los que especificaron en mayor medida las tecnologías que se han comenzado a analizar, entre ellas <ul style="list-style-type: none"> ● Drones e IoT para mejorar la productividad agrícola dentro del fondo. ● Agricultura de precisión para poder controlar los cultivos, así como el suelo y los factores ambientales como el clima. ● Uso de Inteligencia Artificial y modelos predictivos para tener un mayor control de la demanda de sus productos, así como del proceso de cultivo. ● Internet satelital, como por ejemplo Starlink, para proporcionar conectividad de baja latencia que también se indicó como otro de los problemas dentro del Fondo. ● Automatización de procesos en base a sistemas automatizados que permitan resolver problemas como por ejemplo la optimización de las condiciones climáticas para el desarrollo óptimo de las plantas. ● Big Data para poder analizar grandes cantidades de información que actualmente no se están aprovechando
Innovación tecnológica en Agricultura 4.0 (desafíos, ventajas y desventajas)	<ul style="list-style-type: none"> ● En este punto los entrevistados coinciden en que el principal desafío de la innovación tecnológica dentro del Fondo pasa precisamente por la falta de conocimiento de estos avances tecnológicos, lo cual podría desencadenar en que finalmente no se logren cumplir con los objetivos propuestos. ● Otro de los desafíos que se logró obtener de parte de los entrevistados fue la falta de recursos ya que la innovación tecnológica puede ser costosa, por lo que es importante contar con los recursos necesarios para implementarla. ● La falta de capacitación también es una desventaja que se pudo analizar con los entrevistados ya que esta implementación conlleva a que el personal del fondo deberá estar capacitado en el uso de las tecnologías Agro 4.0 para poder aprovechar sus beneficios. ● La resistencia al cambio también fue uno de los desafíos que se pudo obtener por parte de los entrevistados ya que, según su experiencia, los trabajadores pueden resistirse al cambio, por lo que es importante comunicar los beneficios de la innovación tecnológica y brindarles apoyo para que la adopten. ● Los entrevistados también concluyen que uno de los beneficios principales de innovar tecnológicamente está en el tema ambiental, es decir en cómo aprovechar la tecnología para poder ser sostenible y resilientes.
Resultados esperados al implementar tecnología 4.0	<p>- Al margen de los desafíos planteados en la sección anterior, los entrevistados están muy alineados en que el uso de tecnología disruptiva es la solución a los problemas de raíz con los que cuenta el Fondo. La tendencia del mercado avala esta inclinación, así como seguir aportando valor en cuanto a la misión y visión que tiene el Fondo.</p>
Capacitación y desarrollo de habilidades	<ul style="list-style-type: none"> ● En este punto, se tomó la opinión del Gerente de Innovación tecnológica, ya que esta Gerencia está liderando un proceso lento pero continuo de transformación digital dentro de la empresa, con lo cual, el factor capacitación en estas nuevas tecnologías está como pilar dentro de los objetivos del área.
Capacidad de inversión en infraestructura tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> ● Con respecto al tema inversión, el Gerente General está muy familiarizado con los costos que este tipo de proyectos necesita, con lo cual está totalmente alineado a las propuestas de innovación, esto con un respectivo plan de acciones que se necesita para llevarlos a cabo con un presupuesto financiero de acuerdo al mercado, buscando las mejores propuestas económicas de los diferentes proveedores que se necesitaran para la puesta en marcha.
Perspectiva a futuro	<ul style="list-style-type: none"> ● En este punto, todos los entrevistados coincidieron en que, para seguir compitiendo en el mercado con productos de buena calidad, se tiene que superar las brechas identificadas con lo cual se hace no solo necesario sino urgente innovar tecnológicamente para poder superar los problemas identificados durante todo proceso tanto de cultivo como de exportación con el que se sustenta la empresa. Con lo cual, la plana gerencial está totalmente comprometida a liderar este proceso.

En base a las entrevistas realizadas, se pudo conocer los principales problemas que pueden influir en la capacidad del fundo para innovar con la tecnología 4.0. El análisis de la causa raíz del problema, se determinó mediante el análisis por Diagrama de Ishikawa, que a

través de su estructura en grupos causales permiten especificar las causas que afectan la baja calidad del producto y cosecha de frutas (Figura 7).

Figura 7

Diagrama de Ishikawa para el problema principal



4.2 Análisis cuantitativo

Para el análisis cuantitativo, se recolectaron y analizaron datos del proceso de producción y cosecha de Caqui, Mandarina Tango y Palta Hass, cuyos datos obtenidos corresponden a la producción del año 2023 (Anexo 1), por otro lado, también se obtuvieron datos de la merma que actualmente frutos del sur vienen presentando como problema de baja calidad en la cosecha de frutas.

La presente tabla muestra la producción en jabas por campañas en los meses de marzo hasta agosto del 2023, así como también la merma que esta genera.

Tabla 9*Producción 2023*

Producción de Caqui , Mandarina Tango , Palta Hass - Campaña 2023						
Mes	Caqui (Jabas)	Caqui - Merma (Jabas)	Mandarina (Jabas)	Mandarina - Merma (Jabas)	Palta Hass (Jabas)	Palta Hass - Merma (Jabas)
Marzo	1442	144.2				
Abril	27262	2726.2				
Mayo	53897	5389.7	780	85.8		
Junio						
Julio			10163	1117.93	2116	253.92
Agosto			9379	1031.69	6418	770.16
Total	82601	8260.1	20322	2235.42	8534	1024.08

En base a los datos obtenidos en la Tabla 10, se determinó los ingresos en base a la producción y los costos de perdida producto de la fruta no conforme, como se muestra en la tabla 11 y 12.

Tabla 10*Ingresos por producción*

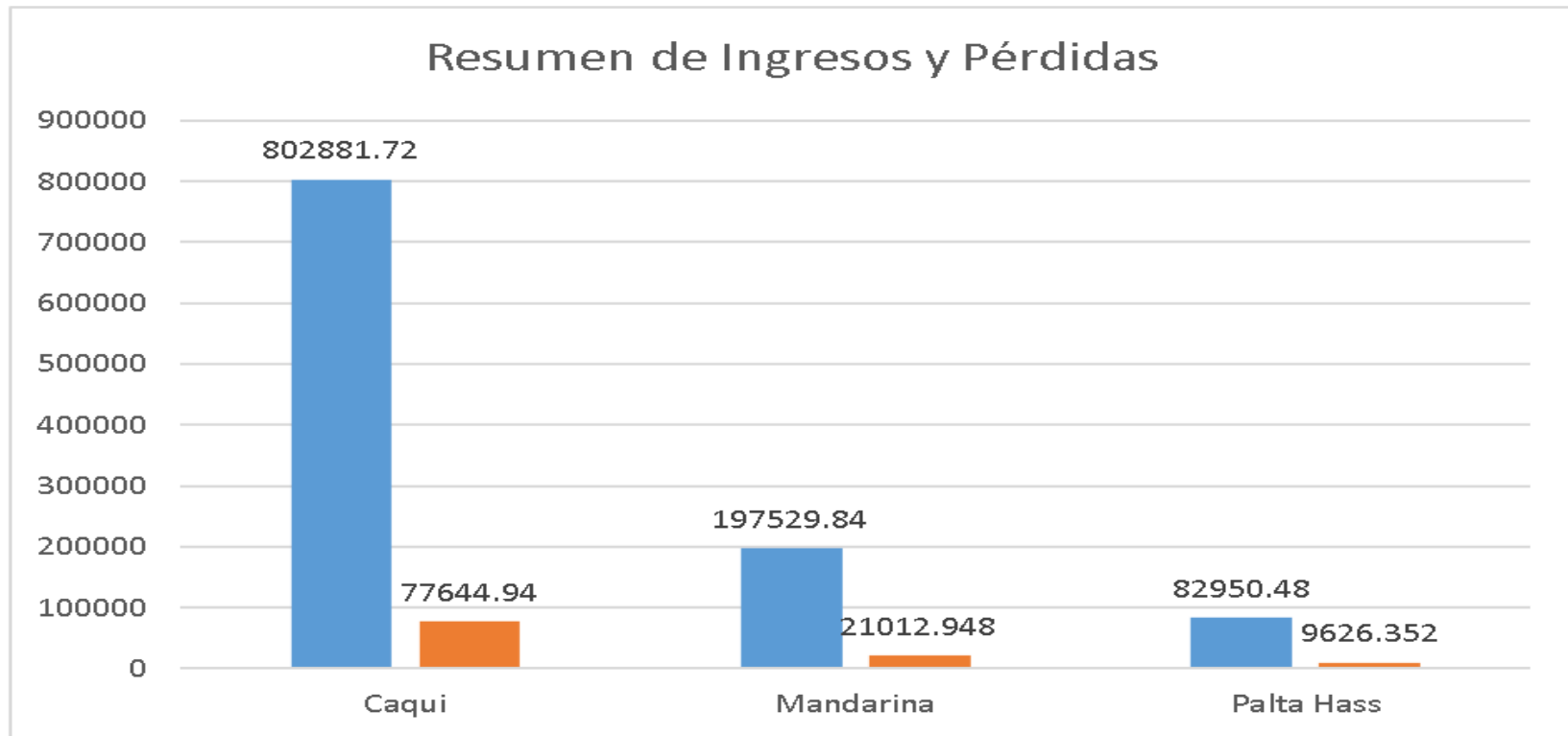
Producción (Jabas)	Jabas	Precio	Ingresos (+)
Caqui	82601	9.72	802881.72
Mandarina	20322	9.72	197529.84
Palta Hass	8534	9.72	82950.48
	Total		S/ 1,083,362.04

Tabla 11*Análisis de Pérdida (Merma)*

Producción (Jabas)	Jabas	Precio	Pérdida (-)
Caqui	8260.1	9.72	77644.94
Mandarina	2235.42	9.72	21012.948
Palta Hass	1024.08	9.72	9626.352
	Total	S/	108,284.24

Tabla 12*Ingresos vs Pérdidas*

Producción (Jabas)	Ingresos (+)	Perdida (-)
Caqui	802881.72	77644.94
Mandarina	197529.84	21012.948
Palta Hass	82950.48	9626.352
Total	S/ 1,083,362.04	S/ 108,284.24

Figura 8*Resumen de Ingresos y Perdidas*

En resumen, con el análisis realizado, se logró determinar y monetizar la cantidad de frutas no conforme o merma, cuyos valores representan el 10% de toda la producción, siendo este un valor alto y considerable para Frutas del Sur.

4.3 Causas identificadas

En base al análisis de causas raíz descritos en el análisis cualitativo y cuantitativo, se identificaron las principales causas que afectan directamente la producción, las cuales se mencionan a continuación:

Falta de un Sistema de Control de PH

La ausencia de un sistema de control de pH en la empresa dedicada a la siembra y cosecha de frutas ha generado un desafío significativo en la gestión agraria. Esta carencia se ha traducido en una falta de supervisión y ajuste preciso de los niveles de acidez en el suelo, lo que impacta directamente en la calidad y rendimiento de los cultivos. La variabilidad del pH del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, afectando su desarrollo, absorción de agua y, en última instancia, el tamaño, sabor y valor nutricional de las frutas cosechadas. La falta de un monitoreo adecuado del pH también puede contribuir a la proliferación de enfermedades del suelo y la presencia de plagas, exacerbando las pérdidas y disminuyendo la eficiencia del proceso productivo. Esta deficiencia, alimentada por la carencia de instrumentación y seguimiento específico, subraya la importancia de implementar un sistema de control de pH integral para optimizar la salud del suelo, garantizar la productividad sostenible y fortalecer la competitividad de la empresa en el sector agrario.

Falta de un Sistema de Detección de Plagas

La carencia de un sistema eficiente de detección de plagas en la empresa agrícola especializada en siembra y cosecha de frutas ha emergido como una preocupante raíz de problemas que amenazan la estabilidad y productividad del cultivo. La ausencia de tecnologías avanzadas de monitoreo y alerta temprana ha dejado a los campos vulnerables a infestaciones no detectadas, lo que resulta en la proliferación de plagas perjudiciales para los cultivos. En la

actualidad, ha tomado importancia de la vigilancia continua para prevenir la propagación de plagas y minimizar los daños causados a los cultivos. La falta de un sistema de detección adecuado no solo compromete la calidad de las frutas cosechadas, sino que también aumenta los costos operativos al requerir medidas correctivas más intensivas una vez que las infestaciones son evidentes. La implementación de tecnologías de detección se presenta como una necesidad imperante para fortalecer la resiliencia del sistema agrícola, asegurar cosechas saludables y sostenibles, y salvaguardar la rentabilidad a largo plazo de la empresa.

Falta de sensores ambientales

La carencia de sensores ambientales en la operación de siembra y cosecha de frutas por parte de la empresa agraria se atribuye principalmente a la combinación de limitaciones presupuestarias y la falta de conciencia sobre la importancia de la tecnología agrícola avanzada. En este período, el sector agrario ha experimentado cambios significativos, con la introducción de innovaciones tecnológicas que pueden optimizar los procesos y mejorar la eficiencia. Sin embargo, la empresa en cuestión ha enfrentado desafíos económicos que han priorizado otras áreas de inversión, relegando la adopción de sensores ambientales a un segundo plano. Además, la falta de una sólida comprensión sobre los beneficios de estos dispositivos ha contribuido a la falta de urgencia en su implementación. La ausencia de sensores ambientales impide a la empresa monitorear de manera efectiva las condiciones climáticas y del suelo, lo que afecta negativamente la toma de decisiones informadas y la capacidad de adaptarse a variables ambientales cambiantes, limitando así su capacidad para optimizar la producción de frutas de manera sostenible y rentable.

Falta de un Sistema de Almacenamiento

La ausencia de un sistema de almacenamiento eficiente en la empresa se deriva

principalmente de una combinación de factores económicos y una visión limitada sobre la importancia estratégica de la gestión de la pos cosecha. Durante los últimos años, alcanzó relevancia crítica la posesión de sistemas de almacenamiento modernos para preservar la calidad de las frutas y maximizar su valor comercial. Sin embargo, la falta de recursos financieros ha obstaculizado la inversión en infraestructuras de almacenamiento avanzadas. Además, la falta de una comprensión integral sobre cómo un sistema de almacenamiento eficiente puede influir en la calidad del producto y su capacidad para satisfacer las demandas del mercado ha contribuido a la postergación de decisiones estratégicas en este sentido. La carencia de un sistema de almacenamiento adecuado limita la capacidad de la empresa para gestionar adecuadamente los excedentes de producción, minimizar las pérdidas postcosecha y responder de manera oportuna a las fluctuaciones del mercado, comprometiendo así su competitividad y sostenibilidad a largo plazo.

Ubicaciones incorrectas del producto

La carencia de ubicaciones adecuadas para el producto se origina en una combinación de factores logísticos y estratégicos. Se olvidó la importancia de la selección de ubicaciones idóneas para el almacenamiento y distribución de productos agrícolas, resaltando cómo esto incide directamente en la calidad y comercialización de las frutas. Sin embargo, la empresa ha enfrentado desafíos relacionados con la falta de planificación logística y la carencia de información actualizada sobre la infraestructura de almacenamiento y distribución disponible en diferentes regiones. Además, la ausencia de una estrategia clara para la selección de ubicaciones ha llevado a decisiones subóptimas en cuanto a la proximidad a los mercados clave y a la infraestructura de transporte, impactando negativamente en la eficiencia de la cadena de suministro y en la capacidad de la empresa para llegar de manera oportuna a los consumidores

finales. Esta falta de atención a las ubicaciones adecuadas afecta la frescura y disponibilidad de las frutas, comprometiendo la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa en el mercado agrario.

Vida útil Pos cosecha (Selección y clasificación)

La reducida vida útil postcosecha en la empresa se atribuye a una combinación de prácticas agronómicas inadecuadas y a la falta de implementación de tecnologías avanzadas. Las prácticas postcosecha son cruciales para preservar la calidad de los productos agrícolas, subrayando la relevancia de la temperatura controlada, la humedad adecuada y el manejo cuidadoso desde la recolección hasta el consumidor final. Sin embargo, la empresa ha enfrentado desafíos en la adopción de estas mejores prácticas debido a limitaciones presupuestarias y a una falta de conciencia sobre las tecnologías disponibles. La escasa inversión en infraestructuras de almacenamiento y transporte, junto con la ausencia de capacitación especializada para el manejo postcosecha, ha contribuido a un rápido deterioro de la calidad de las frutas, disminuyendo su vida útil y afectando negativamente la competitividad de la empresa en el mercado. La falta de atención a estos aspectos cruciales de la cadena de suministro postcosecha ha llevado a pérdidas económicas y a la insatisfacción del consumidor, socavando el potencial de la empresa en el sector agrario.

Técnicas agrícolas inapropiadas como la poda incorrecta

La adopción de técnicas agrícolas inapropiadas fue una causa primordial de los desafíos operativos y productivos que enfrentó el negocio, tornándose decisivo implementar prácticas agrícolas sostenibles y adaptadas al entorno específico para maximizar la productividad y preservar la salud del suelo. Sin embargo, la empresa ha mostrado una resistencia o falta de conocimiento sobre la aplicación de técnicas modernas y respetuosas con el medio ambiente. La

persistencia en el uso de métodos convencionales y el empleo excesivo de agroquímicos han resultado en la degradación del suelo, pérdida de biodiversidad y problemas de calidad en las frutas. Además, la falta de diversificación en las prácticas agrícolas ha aumentado la vulnerabilidad de los cultivos a plagas y enfermedades. Este enfoque inadecuado no solo impacta negativamente en la rentabilidad a largo plazo de la empresa, sino que también contribuye a la insostenibilidad ambiental y a la pérdida de competitividad en un mercado agrario cada vez más consciente de la importancia de las prácticas agrícolas responsables.

Falta de un Sistema de Imágenes asistidas (uso de drones)

La carencia de un sistema de imágenes asistidas en la empresa se origina en la falta de integración de tecnologías avanzadas en la gestión agrícola. A lo largo de estos años, se desestimó la utilidad de la visión por computadora y la captura de imágenes para monitorear el crecimiento de los cultivos, identificar enfermedades y optimizar la gestión de la cosecha. Sin embargo, la empresa ha enfrentado desafíos relacionados con la falta de conciencia sobre las ventajas de estas tecnologías y la reticencia a invertir en sistemas de imágenes asistidas. La ausencia de una plataforma que utilice la inteligencia artificial para analizar imágenes de cultivos ha limitado la capacidad de la empresa para detectar problemas tempranos, ajustar estrategias de cultivo y mejorar la eficiencia operativa. Esta falta de adopción de tecnologías innovadoras ha dejado a la empresa en desventaja en términos de productividad y competitividad en un panorama agrícola que cada vez más valora la implementación de sistemas avanzados para la toma de decisiones informadas.

Falta de un sistema de sensores de temperatura

La ausencia de un sistema de sensores de temperatura se atribuye a la falta de reconocimiento de la importancia crítica de la monitorización precisa de las condiciones

ambientales en el éxito de la cadena de suministro agrícola. A lo largo de estos años, se buscó controlar las temperaturas para preservar la calidad y prolongar la vida útil de las frutas desde la cosecha hasta el consumidor final. Sin embargo, la empresa ha enfrentado obstáculos, tanto económicos como de conciencia, que han dificultado la inversión en sistemas de sensores de temperatura. La carencia de esta tecnología ha dejado a la empresa vulnerable a fluctuaciones no controladas en las condiciones de almacenamiento y transporte, afectando negativamente la calidad de los productos y resultando en pérdidas pos cosecha. La falta de un sistema de sensores de temperatura no solo compromete la integridad de las frutas, sino que también limita la capacidad de la empresa para cumplir con los estándares de calidad y satisfacer las demandas de un mercado cada vez más exigente y consciente de la importancia de la gestión precisa de la temperatura en la cadena de suministro de alimentos.

Falta de un sistema de riego

La carencia de un sistema de riego en la empresa encuentra sus raíces en una combinación de limitaciones financieras y una percepción subestimada de la importancia del riego en la agricultura moderna. Durante los últimos años, los directivos empezaron tomar conciencia que este aspecto era esencial para maximizar los rendimientos, optimizar la calidad de los cultivos y garantizar la sostenibilidad en entornos agrícolas variables. No obstante, la empresa ha enfrentado desafíos para adoptar sistemas de riego eficientes debido a restricciones presupuestarias y una falta de comprensión sobre el impacto positivo que esta tecnología puede tener en la productividad. La falta de un sistema de riego ha dejado a la empresa dependiente de las condiciones climáticas naturales, aumentando la vulnerabilidad a sequías y afectando la consistencia y cantidad de la producción. La inversión insuficiente en infraestructuras de riego ha llevado a la empresa a desaprovechar oportunidades para mejorar la eficiencia en el uso del agua

y optimizar los ciclos de crecimiento de los cultivos, lo que repercute directamente en la competitividad y sostenibilidad a largo plazo de la empresa en el sector agrario.

Falta de monitoreo con imágenes satelitales.

La falta de monitoreo con imágenes satelitales puede atribuirse a una combinación de limitaciones tecnológicas, falta de conciencia y recursos financieros. Este aspecto posee utilidad y representa una ventaja estratégica al utilizar tecnologías de teledetección, como imágenes satelitales, para realizar un seguimiento preciso de las condiciones de cultivo, evaluar el estado de los campos y anticipar posibles problemas. No obstante, la empresa ha enfrentado dificultades para incorporar esta avanzada herramienta de monitoreo debido a la percepción de que estas tecnologías son inaccesibles o costosas. La falta de inversión en sistemas de monitoreo con imágenes satelitales ha dejado a la empresa en desventaja en términos de gestión eficiente de cultivos, detección temprana de enfermedades o plagas, y optimización de prácticas agrícolas. Esta carencia no solo limita la capacidad de la empresa para tomar decisiones informadas basadas en datos, sino que también afecta su competitividad en un sector agrario en constante evolución que valora la adopción de tecnologías innovadoras para mejorar la productividad y la sostenibilidad.

Falta de recopilación de datos históricos

La carencia de recopilación de datos históricos se fundamenta en una falta de conciencia sobre la importancia estratégica de la información pasada y en limitaciones en la capacidad tecnológica de la empresa, minimizando la necesidad de mantener registros históricos para comprender patrones climáticos, ciclos de cultivo y variaciones en la productividad. Sin embargo, la empresa ha enfrentado desafíos en la implementación de sistemas adecuados de recopilación y análisis de datos, ya sea debido a restricciones presupuestarias o a una falta de

conocimiento sobre las tecnologías disponibles. La falta de datos históricos limita la capacidad de la empresa para tomar decisiones informadas, anticipar desafíos recurrentes y ajustar estrategias de cultivo. Esta carencia no solo afecta la eficiencia operativa, sino que también compromete la capacidad de la empresa para mejorar sus prácticas agrícolas, adaptarse a condiciones cambiantes y aumentar la resiliencia en un entorno agrario dinámico y competitivo.

Falta de inversión en tecnología Agroindustrial.

La ausencia de inversión en tecnología agroindustrial en la empresa se origina en una combinación de restricciones financieras, resistencia al cambio y una percepción subestimada de los beneficios asociados con la modernización tecnológica en la agricultura, impidiendo que la adopción de tecnologías agroindustriales, como la automatización, la digitalización y la maquinaria avanzada, puede mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la productividad en el sector agrícola. Sin embargo, la empresa ha enfrentado desafíos para destinar recursos significativos a la implementación de estas tecnologías, ya sea debido a presupuestos ajustados o a una resistencia arraigada a abandonar métodos tradicionales. La falta de inversión en tecnología agroindustrial ha dejado a la empresa en desventaja en términos de competitividad, limitando su capacidad para adaptarse a las demandas del mercado y para optimizar los procesos agrícolas. Esta carencia impacta directamente en la eficiencia, calidad y sostenibilidad de la producción de frutas, afectando la posición de la empresa en un entorno agrario que cada vez más valora la innovación tecnológica para garantizar la viabilidad a largo plazo.

Deficiente gestión de capital humano.

La deficiente gestión del capital humano en la empresa encuentra su origen en la falta de atención estratégica hacia los recursos humanos y en la ausencia de políticas efectivas de desarrollo del personal en el contexto agrario, repercutiendo en la capacitación, motivación y

retención del personal para optimizar la productividad y la calidad de los cultivos. Sin embargo, la empresa ha enfrentado desafíos para implementar prácticas de gestión de recursos humanos sólidas, ya sea debido a una percepción limitada sobre el impacto directo del factor humano en la productividad agrícola o a restricciones presupuestarias que han llevado a la priorización de otras áreas. La falta de programas de capacitación, evaluación de desempeño y políticas de incentivos ha afectado negativamente el compromiso y la eficiencia del personal, repercutiendo directamente en la calidad de la siembra y cosecha de frutas. Esta deficiencia en la gestión del capital humano no solo impacta en la moral y satisfacción de los trabajadores, sino que también obstaculiza el potencial de la empresa para enfrentar los desafíos cambiantes del sector agrícola y mantener una ventaja competitiva sostenible a largo plazo.

4.4 Principales causas del problema

Para determinar las principales causas más relevantes del problema, se aplicó una encuesta a los principales stakeholders del proyecto, teniendo a los gerentes de cada área los principales actores. Como ya se ha comentado anteriormente, esta encuesta fue abierta dando foco a los principales problemas identificados, y en base a ello poder conocer qué causas raíz son los que generan un alto impacto y mayor relevancia a la baja calidad del producto y cosecha de frutas, que vienen afectando la producción y logro de objetivos de la empresa (Tabla 19).

La encuesta fue enviada vía correo electrónico a los trabajadores del fundo; de esta forma se pudo conocer qué problemas son considerados como relevantes para la organización y sobre todo poder priorizar y proponer alternativas de solución.

Tabla 13*Principales causas identificadas*

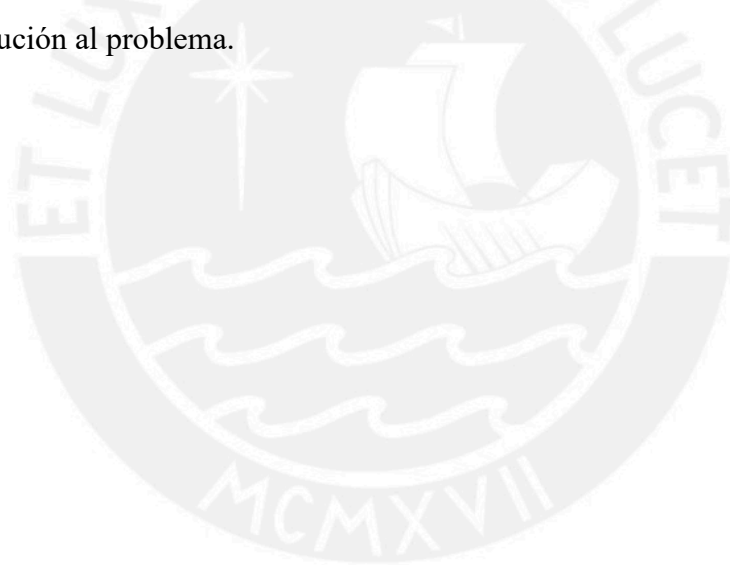
Nº	Causas Identificadas	Problema relevante	Problema, mas o menos relevante	Problema menos relevante	Puntaje (Máximo)	Causa Seleccionada
1	Falta de un Sistema de Control de PH.	18	2	3	18	X
2	Falta de un Sistema de Detección de Plagas.	16	4	3	16	X
3	Falta de sensores ambientales.	12	9	2	12	X
4	Falta de un Sistema de Almacenamiento.	8	10	3	10	
5	Ubicaciones incorrectas del producto.	9	6	8	9	
6	Vida útil Postcosecha (Selección y clasificación).	10	10	3	10	
7	Técnicas agrícolas inapropiadas como la poda incorrecta.	12	9	2	12	X
8	Falta de un Sistema de Imágenes asistidas (uso de drones).	15	8	0	15	
9	Falta de un sistema de sensores de temperatura.	15	4	4	15	X
10	Falta de un sistema de riego.	12	6	5	12	X
11	Falta de monitoreo con imágenes satelitales.	10	8	5	10	
12	Falta de recopilación de datos históricos	8	5	10	13	
13	Falta de inversión en tecnología Agroindustrial.	8	10	5	10	
14	Deficiente gestión de capital humano.	6	10	7	10	

Nota. 0 – 5 = problema menos relevante, 6 - 10 = problema más o menos relevante, 11 – 20 = problema relevante.

Según los resultados obtenidos en la tabla, seis causas son las que tienen mayor relevancia según la encuesta aplicada a los colaboradores del fundo frutos del sur.

4.5 Conclusiones

Con el análisis de las causas identificadas, y mediante una encuesta aplicada a los trabajadores de la empresa, se conoció el nivel de relevancia que algunas de estas son consideradas como más importantes. Según los resultados obtenidos mediante la encuesta, la información fue procesada y tabulada cuyos resultados dieron 6 causas que son considerados como un problema de mayor relevancia, estas causas son: la falta de un sistema de control de PH, la falta de un sistema de detección de plagas, la falta de un sistema de sensores ambientales y temperatura, falta de un sistema de riego y técnicas inapropiadas como la poda incorrecta. Finalmente las causas que han sido seleccionadas se evaluarán y se propondrán alternativas de mejora para dar solución al problema.



V. Alternativas de solución evaluadas

En esta sección se describe el trabajo realizado en campo, las cuales fueron claves para comprender el negocio y sus principales problemas, lo cual ha permitido realizar un análisis integral de alternativas que serán evaluadas para poder llegar a una solución propuesta. A continuación, se presenta un resumen detallado de las actividades que se realizó:

Tabla 14

Actividades realizadas en campo

Problema Identificado	Descripción del Problema	Actividades Realizadas en Campo	Objetivo de la Actividad
Baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas	El proceso de cultivo carece de control eficiente de las condiciones del suelo, riego y plagas, lo que afecta la calidad de los frutos.	<p>Instalación de sensores IoT para monitorear pH del suelo, temperatura y humedad.</p> <p>Pruebas piloto en una sección del fundo para analizar el comportamiento de los cultivos y las variables climáticas.</p>	Mejorar las condiciones de crecimiento de los cultivos mediante monitoreo y ajuste continuo de variables.
Altos costos de mano de obra por falta de automatización	La falta de automatización en procesos clave, como el riego, genera altos costos operativos y reduce la eficiencia.	<p>Instalación de sistema de riego automatizado controlado por plataforma IoT.</p> <p>Monitoreo de agua en tiempo real para optimizar el uso de recursos hídricos y minimizar intervención manual.</p>	Reducir costos operativos y mejorar la eficiencia en el uso del agua.
Falta de planificación y control entre las áreas del fundo	La falta de integración y coordinación entre las diferentes áreas del fundo provoca ineficiencia en la toma de decisiones y ejecución de tareas.	<p>- Visitas al fundo y reuniones con los gerentes de producción para analizar los flujos de trabajo.</p> <p>- Propuesta de integración tecnológica para unificar los procesos operativos del fundo.</p>	Mejorar la integración operativa y la toma de decisiones mediante la automatización y gestión centralizada.
Falta de sistemas de detección de plagas	La falta de un sistema de detección temprana de plagas genera pérdidas en los cultivos y afecta la calidad del producto final.	<p>- Implementación de sensores IoT y drones para el monitoreo constante de las áreas de cultivo.</p> <p>- Análisis de datos para la detección precoz de plagas antes de que afecten gravemente los cultivos.</p>	Detectar plagas de manera temprana y evitar pérdidas en los cultivos, mejorando la calidad del producto final.

Los problemas detectados, como la baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha, surgieron de la falta de tecnologías avanzadas para el monitoreo y control en tiempo real. Las actividades desarrolladas en campo descritas están alineadas con estos problemas y se enfocan con la instalación de sensores IoT, la automatización del riego y el uso de drones para la detección de plagas. Estas actividades fueron implementadas para mejorar la calidad del producto final, reducir los costos operativos y optimizar los recursos, abordando directamente las carencias identificadas en las fases previas del análisis del fondo.

5.1 Alternativas para resolver el problema

En esta sección, se analizan y evalúan alternativas de solución para cada causa identificada, con la finalidad de tener una amplia visión de las alternativas a implementarse como se indica en la tabla 15.

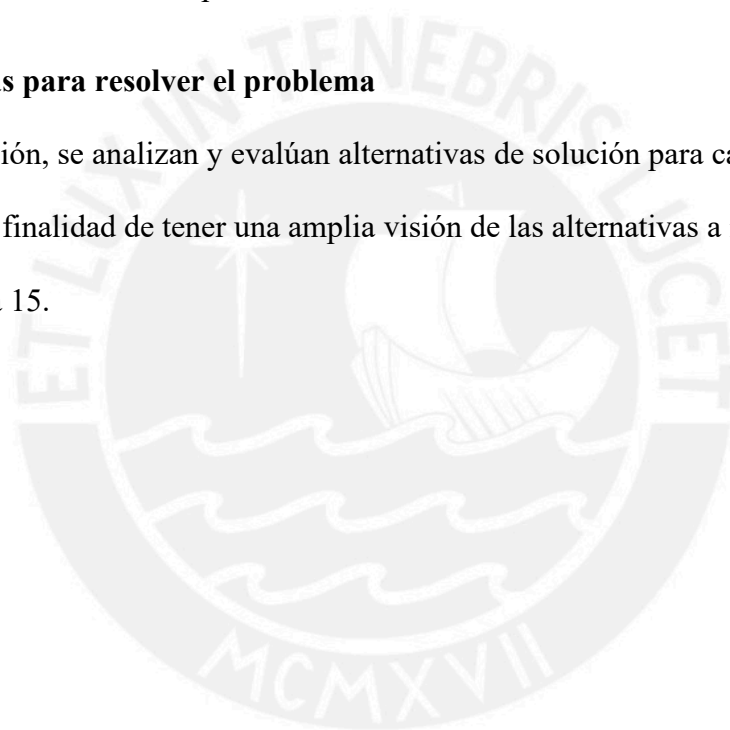


Tabla 15*Alternativas de solución según las causas identificadas*

N°	Efecto	Causas Identificadas	Alternativa de Solución
1	Baja disponibilidad y rendimiento del cultivo.	Falta de un Sistema de Control de PH.	✓ Instalación de Sensores de PH - (IoT)
2	Plagas continuas	Falta de un Sistema de Detección de Plagas.	Instalación de Sensores de detección y monitoreo remoto de plagas (IoT) ✓ Uso de Drones ✓ Instalación de sensores climáticos (IoT)
3	Condiciones o cambios climáticos, afectan el crecimiento de los cultivos.	Falta de sensores ambientales.	✓ Aplicaciones de machine learning y/para pronóstico de cambios climáticos
4	hojas de cultivo débiles	Técnicas agrícolas inapropiadas como la poda incorrecta.	✓ Robótica Agrícola
5	Cambios de temperatura afectan la disponibilidad de algunas frutas	Falta de un sistema de sensores de temperatura.	Instalación de Sensores de temperatura (IoT)
6	Encharcamiento de agua	Falta de un sistema de riego.	✓ Sistema de riego automatizado

En base a los los problemas identificados en la Tabla 14, se ha propuesto una serie de alternativas de solución descritas en la Tabla 15. Cada problema específico tiene asociado una o varias alternativas que permiten resolver la causa raíz de manera efectiva, estos problemas están relacionados:

- Baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas: Para este problema se identifico la falta de monitoreo y control de las condiciones de cultivo. Como alternativa, se propone la instalación de sensores IoT para medir variables como el pH del suelo, temperatura y la humedad con el objetivo de mejorar las

condiciones de cultivo.

- Altos costos de mano de obra debido a la falta de automatización: Este problema se relaciona con la ausencia de procesos automatizados, como el riego. Se propone un sistema de riego automatizado, controlado mediante la plataforma de IoT, para reducir costos y mejorar la eficiencia operativa.
- Falta de detección temprana de plagas: La solución consiste en la implementación de sensores de detección de plagas y el uso de drones para monitoreo constante, lo cual ayudará a detectar plagas de manera temprana y evitar pérdidas.

5.2 Evaluación de alternativas

Para la evaluación de alternativas se tuvieron en cuenta diferentes criterios tales como el factor que origina el problema, causa, solución, factibilidad, costo, medición y tiempo. A través de una matriz de ponderación y una escala de 1 al 3 en donde uno equivale a menos beneficio y tres a más beneficio. Cabe mencionar que en cada proceso se detalla las ponderaciones para cada solución, la solución con mayor puntaje para cada proceso será la seleccionará para su implementación.

5	Cambios de temperatura afectan la disponibilidad de algunas frutas	Falta de un sistema de sensores de temperatura.	✓ Instalación de sensores de temperatura (IoT)	2	2	2	3	2	2	2	15	X
6	Encharcamiento de agua	Falta de un sistema de riego.	✓ Sistema de riego automatizado	2	1	1	1	1	1	1	8	

En relación con la Matriz de alternativas seleccionadas para abordar el problema de baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas, es importante aclarar que no todas las tecnologías serán implementadas, como es el caso de las aplicaciones de machine learning para el pronóstico de cambios climáticos, robótica agrícola y los sistemas de riego automatizado. Así mismo, el uso de drones a pesar de ser una tecnología importante en el Agro 4.0, se ha considerado como una alternativa de solución adicional que se podrá integrar con las tecnologías e infraestructura propuestas.





La selección de alternativas de solución se basa en la necesidad de priorizar tecnologías que ofrezcan soluciones efectivas a los problemas principales y un retorno significativo en términos de mejora de calidad y eficiencia en el cultivo y la cosecha.

La instalación de tecnologías IoT, como sensores pH, sensores de detección y monitoreo de plagas, sensores climáticos y sensores de temperatura, son fundamental para mejorar la calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas. Estos sensores proporcionan datos en tiempo real que son esenciales para la toma de decisiones informadas. Cabe mencionar que estas alternativas de solución y/o tecnologías requieren de una red de conectividad IoT, en la cual es importante para mantener la comunicación entre los sensores y la nube. La integración de estos elementos permitirán no solo un monitoreo constante de factores críticos como la calidad del suelo, presencia de plagas y las condiciones climáticas, si no también la implementación de acciones correctivas de manera oportuna. La combinación de sensores IoT y una red de conectividad robusta no solo mejora la gestión del cultivo, sino que también optimiza la producción y asegura una cosecha de mayor calidad.

5.2.1 Evaluación de proveedores de Red de Conectividad

Para la elección del proveedor LPWAN se hizo el análisis en base a capacidades como el Ancho de Banda Espectral y el rango de Alcance de la red. Los proveedores analizados fueron SigFox, LoRa. Short-range y NB-IoT. Como punto importante a rescatar, es importante mencionar que cada red analizada tiene diferentes ventajas y desventajas siendo entre ellas las tecnologías de red de área amplia y de bajo consumo con mayor alcance dentro del alcance territorial del Fundo. Se generó una matriz de comparación entre los principales proveedores enumeradas en la tabla siguiente (Tabla 17).

Tabla 17
Comparativa de Proveedores LPWAN

	SigFox	LoRa	Short-range	NB-IoT / Rel. 13
				
Rango MCL	< 12km 160 dB	< 10km 157 dB	10cm a 200m	<15Km 164 dB
Ancho de banda del espectro	No Licenciado 900MHz < 100Hz	No Licenciado 900MHz < 500kHz	No Licenciado 2.4 GHz	Licenciado IMT 200 kHz compartido
Velocidad de Datos	< 100 bps	< 10kbps	< 100s Mbps	< 67 kbps
Casos de Uso	Red inteligente Ciudad Monitoreo	Red inteligente Ciudad Monitoreo	Casa Inteligente Fábrica	Red inteligente Ciudad Monitoreo

En base a la tabla se concluye que Sigfox tiene los módulos de radio de menor costo (<\$5, comparado con \$10 para LoRa y \$12 para NB-IOT) además Sigfox es un reproductor de red y tecnología de extremo a extremo. Otro de las ventajas que presenta Sigfox con respecto al resto es el bajo consumo de energía lo cual tiene un impacto directo en la ODS 13 Acción por el Clima y finalmente otro de los puntos más importantes para la elección es la velocidad de datos con la que funciona ya que es menor de 100 bps superior a los 10kbps de Lora y 67 kbps de NB-IoT.

5.2.2 Evaluación de proveedores de servicios en la nube

Con la integración de tecnologías IoT dentro del proceso de siembra y cosecha buscamos mejorar significativamente la calidad y el rendimiento de los cultivos. Información crucial como temperatura, humedad, presión y calidad del suelo, permitirá al Fondo perfeccionar sus métodos de cultivo, buscando reducir gastos y aumentar la eficiencia y todo ello en base a dispositivos y sensores interconectados. Por ello, es fundamental gestionar y analizar adecuadamente los datos generados por estos sensores para maximizar los beneficios de estas tecnologías.

En este contexto, la elección de un proveedor de servicios en la nube apropiado es fundamental para el almacenamiento y procesamiento seguro y eficiente de los datos IoT. Los servicios en la nube ofrecen la flexibilidad necesaria para manejar grandes volúmenes de datos de sensores, así como herramientas sofisticadas para su análisis y visualización en tiempo real.

Para la elección del servicio en la nube que más se ajuste al proyecto, se realizó un estudio tomando en cuenta las 3 principales tecnologías líderes de Proveedores de Servicio en la nube según el Cuadrante Mágico de Gartner para servicios estratégicos de plataforma en la nube, los cuales son: Amazon Web Services (AWS), Microsoft (Azure) y Google (GCP – Google Cloud Computing) como se muestra en la figura XX. Tras evaluar aspectos clave como seguridad, infraestructura, escalabilidad, rendimiento, soporte técnico y costos de estas 3 tecnologías, se ha identificado a Microsoft Azure como el proveedor más idóneo para este proyecto. Sus avanzadas capacidades en gestión de identidades, computación en el borde y herramientas de análisis en tiempo real lo convierten en una plataforma óptima para iniciativas de IoT en el ámbito agrícola.

Además, Microsoft Azure ofrece una gama de servicios especialmente adaptados a las necesidades del Agro 4.0. Azure IoT Hub facilita la conexión segura de dispositivos y sensores,

mientras que Azure Time Series Insights permite analizar datos de sensores en tiempo real para identificar patrones y tendencias. Además, su compatibilidad con herramientas conocidas de Microsoft simplifica la adopción y uso tanto para agricultores como para desarrolladores.

La tabla 18 presenta la evaluación realizada de los proveedores de servicios en la nube, justificando la selección de Microsoft Azure para mejorar la calidad de los cultivos mediante IoT. A continuación, se describen los principales hallazgos en base al proveedor seleccionado teniendo en cuenta cada indicador evaluado:

- ✓ Seguridad: Azure ofrece una gestión de identidades totalmente moderna apalancado en un centro de seguridad con IA para detección de amenazas, lo cual es crucial para proyectos IoT y sobre todo para la implementación que se propone.
- ✓ Infraestructura: Azure IoT Hub con capacidades de Edge Computing permite procesar datos cerca de la fuente, lo que será muy útil en el entorno Agro con data remota que se propone
- ✓ Escalabilidad: Azure Sphere proporciona seguridad integral para dispositivos IoT, lo cual es esencial para proteger los sensores que se instalarán en el campo.
- ✓ Rendimiento: Azure Time Series Insights es útil para analizar datos de sensores en tiempo real, lo que mejorará las predicciones de plagas.
- ✓ Soporte Técnico: La integración con herramientas familiares de Microsoft facilita la adopción y el uso para los diferentes equipos dentro del proyecto.
- ✓ Precios: La calculadora de TCO y los precios especiales para desarrollo y pruebas ayudarán a optimizar costos durante las fases iniciales del proyecto.

Como conclusión, se analizaron los desafíos y oportunidades que supone la implementación de tecnologías IoT en Agro 4.0, así como los factores determinantes en la

selección de un proveedor de servicios en la nube encontrando a Azure como la mejor opción para el desarrollo del proyecto.

Figura 9

Cuadrante Mágico de Gartner para servicios estratégicos de plataforma en la nube



Nota. La figura representa el cuadrante mágico para servicios estratégicos de plataforma en la nube.

Tabla 18

Comparativa de Servicios en la Nube

	Seguridad	Infraestructura	Escalabilidad	Rendimiento	Soporte Técnico	Precios
AWS	<ul style="list-style-type: none"> • Azure Active Directory para gestión de identidades avanzada • Azure Security Center con IA para detección de amenazas • Cumplimiento líder en la industria con más de 90 certificaciones • Servicios de seguridad como IAM, KMS, Shield 	<ul style="list-style-type: none"> • Azure IoT Hub con capacidades de Edge Computing • Integración perfecta con servicios de análisis y BI • Presencia global con más regiones que cualquier otro proveedor 	<ul style="list-style-type: none"> • Azure Sphere para seguridad integral de dispositivos IoT • Azure Functions con soporte para más lenguajes • Cosmos DB con garantía de escalabilidad global 	<ul style="list-style-type: none"> • Azure Stack para entornos híbridos consistentes • Azure Time Series Insights para análisis de datos IoT en tiempo real • Azure Synapse Analytics para análisis a gran escala 	<ul style="list-style-type: none"> • Soporte proactivo con Azure Advisor • Integración con herramientas familiares de Microsoft • Microsoft Learn para capacitación gratuita y certificaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Calculadora de TCO para comparar costos con on-premises • Azure Dev/Test pricing para desarrollo y pruebas económicas • Descuentos por pago anticipado y reserva de instancias
Azure	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento con numerosas certificaciones • Encriptación en reposo y en tránsito • Cloud IAM para control de acceso • Protección DDoS incorporada • Encriptación por defecto para datos en reposo 	<ul style="list-style-type: none"> • AWS IoT Core para conectividad • Múltiples opciones de instancias EC2 • Extensa red de centros de datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Auto Scaling para recursos • Lambda para computación sin servidor • DynamoDB para bases de datos NoSQL 	<ul style="list-style-type: none"> • Instancias optimizadas • Amazon CloudFront para CDN • Elastic Load Balancing 	<ul style="list-style-type: none"> • Múltiples niveles de soporte • Documentación y recursos comunitarios • AWS Professional Services 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de pago por uso • Instancias reservadas para descuentos • Calculadora de precios detallada
GCP	<ul style="list-style-type: none"> • Cloud IAM para control de acceso • Protección DDoS incorporada • Encriptación por defecto para datos en reposo 	<ul style="list-style-type: none"> • Cloud IoT Core para gestión de dispositivos • Compute Engine para instancias • Red global de fibra óptica propia 	<ul style="list-style-type: none"> • Autoscaling en Compute Engine • Cloud Functions • Cloud Spanner para escalabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Instancias de alto rendimiento • Cloud CDN • Cloud Load Balancing 	<ul style="list-style-type: none"> • Varios niveles de soporte • Documentación y tutoriales • Google Cloud Professional Services 	<ul style="list-style-type: none"> • Facturación por segundo • Descuentos por uso sostenido • Precios competitivos en compute

5.2.3 Evaluación de proveedores de sensores IoT

La evaluación de proveedores juega un papel importante en la implementación del proyecto, dado que es un proceso importante, ya que busca asegurar que los sensores cumplan con los requerimientos del proyecto. A continuación, se realiza una comparativa de los principales proveedores en relación con los tipos de sensores que requiere el proyecto.

Tabla 19

Comparativa de proveedores para Sensores de PH - (IoT) Nivel de Agua

Característica	SigFox	LoRa
Rango de Cobertura	Hasta 50 km (en áreas rurales)	10-15 km (en áreas rurales)
Consumo Energético	Extremadamente bajo (años con baterías pequeñas)	Bajo a moderado
Costo de Implementación	Bajo (infraestructura simple)	Moderado (requiere gateways específicos)
Velocidad de Transmisión	Baja (100 bps)	Baja a moderada (0.3-50 kbps)
Capacidad de Penetración	Buena (a través de muros, subterráneos)	Buena
Compatibilidad con IoT	Alta (diseñado específicamente para IoT)	Alta
Latencia	Alta (no tiempo real)	Variable (depende de la configuración)
Escalabilidad	Alta (puede soportar millones de dispositivos)	Alta
Precisión de Medición	Alta (dependiendo del sensor utilizado)	Alta (dependiendo del sensor utilizado)
Frecuencia de Actualización	Baja (cada pocos minutos o horas)	Moderada (puede configurarse para mayor frecuencia)
Tamaño de los Dispositivos	Pequeño y compacto	Moderado a pequeño

Tabla 20

Comparación de proveedores para Sensores de detección y monitoreo remoto de plagas (IoT)

Característica	SigFox	LoRa
Rango de Cobertura	Hasta 50 km (en áreas rurales)	10-15 km (en áreas rurales)
Consumo Energético	Extremadamente bajo (años con baterías pequeñas)	Bajo a moderado
Costo de Implementación	Bajo (infraestructura simple)	Moderado (requiere gateways específicos)
Velocidad de Transmisión	Baja (100 bps)	Baja a moderada (0.3-50 kbps)
Capacidad de Penetración	Buena (a través de muros, subterráneos)	Buena
Compatibilidad con IoT	Alta (diseñado específicamente para IoT)	Alta
Latencia	Alta (no tiempo real)	Variable (depende de la configuración)
Escalabilidad	Alta (puede soportar millones de dispositivos)	Alta
Capacidad de Monitoreo Remoto	Ideal para áreas rurales extensas	Bueno para áreas rurales y urbanas

Tabla 21

Comparativa de proveedores para Sensores Climáticos (IoT)

Característica	SigFox	LoRa
Rango de Cobertura	Hasta 50 km (en áreas rurales)	10-15 km (en áreas rurales)
Consumo Energético	Extremadamente bajo (años con baterías pequeñas)	Bajo a moderado
Costo de Implementación	Bajo (infraestructura simple)	Moderado (requiere gateways específicos)
Velocidad de Transmisión	Baja (100 bps)	Baja a moderada (0.3-50 kbps)
Capacidad de Penetración	Buena (a través de muros, subterráneos)	Buena
Compatibilidad con IoT	Alta (diseñado específicamente para IoT)	Alta
Latencia	Alta (no tiempo real)	Variable (depende de la configuración)
Escalabilidad	Alta (puede soportar millones de dispositivos)	Alta
Fiabilidad en Condiciones Climáticas Extremas	Alta, robusta para aplicaciones rurales y remotas	Moderada, adaptable con infraestructuras personalizadas

Tabla 22*Comparativa de proveedores para Sensores de Temperatura (IoT).*

Característica	SigFox	LoRa
Rango de Cobertura	Hasta 50 km (en áreas rurales)	10-15 km (en áreas rurales)
Consumo Energético	Extremadamente bajo (años con baterías pequeñas)	Bajo a moderado
Costo de Implementación	Bajo (infraestructura simple)	Moderado (requiere gateways específicos)
Velocidad de Transmisión	Baja (100 bps)	Baja a moderada (0.3-50 kbps)
Capacidad de Penetración	Buena (a través de muros, subterráneos)	Buena
Latencia	Alta (no tiempo real)	Variable (depende de la configuración)
Escalabilidad	Alta (puede soportar millones de dispositivos)	Alta
Adecuación para Monitoreo Continuo	Ideal para aplicaciones de baja frecuencia de actualización	Adecuado para aplicaciones de actualización moderada

VI. Solución Propuesta

Propuesta de Arquitectura Tecnológica

Arquitectura Tecnológica Línea Base (AS- IS)

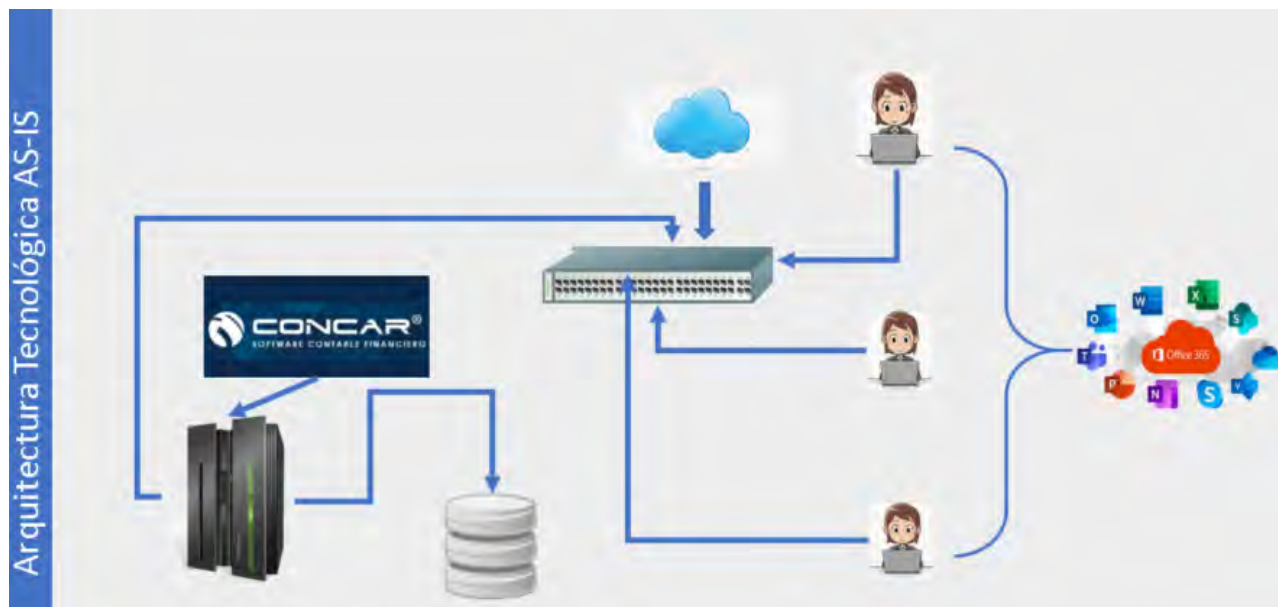
En esta fase, se analiza las capacidades tecnológicas que actualmente cuenta Frutos del Sur, con la finalidad de poder identificarlas y apoyar en la implementación de nuevas tecnologías, aplicaciones y/o servicios.

Actualmente frutos del sur, cuenta con las siguientes servicios y aplicaciones mencionadas en la siguiente tabla:

Tabla 23

Arquitectura Tecnológica - Aplicaciones actuales

Aplicación	Descripción
Microsoft Office 365	Frutos del sur, cuenta con licenciamiento de office 365 E3, lo cual hace uso de las aplicaciones de correo electrónico, Office y OneDrive.
Concar real Systems	La gestión administrativa, contable y financiera es manejado en frutos del sur por un sistema llamado CONCAR Real Systems.

Figura 10*Arquitectura Tecnológica AS-IS*

Luego de haber identificado la línea base de la arquitectura empresarial actual (AS-IS), se definen algunas necesidades que serán resueltas en la propuesta de arquitectura empresarial propuesta.

- Carece de tecnologías y sistemas aplicados a la agroindustria.
- Los sistemas de información trabajan de forma independiente, no cuenta con integración de datos.
- Toda la información de campo como la cosecha, monitoreo de plagas, registros de temperatura, inventario se registran manualmente, la cual es llenada en archivos planos como Excel, el almacenamiento de la información se realiza en one drive o en el ordenador local del usuario.
- No se realizan copias de seguridad de one drive, lo cual existe la posibilidad que la

información se pierda o elimine.

- No existen aplicaciones o equipos que capturen información en tiempo real como el uso de drones, sensores de temperatura, etc.
- La arquitectura actual no soporta la integración de aplicaciones IoT.

Finalmente, podemos señalar que Frutas del Sur, no cuenta con ninguna tecnología actualmente instalada, los sistemas que actualmente manejan son ya los mencionados en el punto anterior.

Arquitectura Tecnológica propuesta (TO BE)

Como solución tecnológica propuesta, teniendo en cuenta las causas identificadas y en relación con el problema principal como la baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas, se propone la implementación de una arquitectura IoT, que integre los dispositivos o sensores IoT detallados en la siguiente tabla:

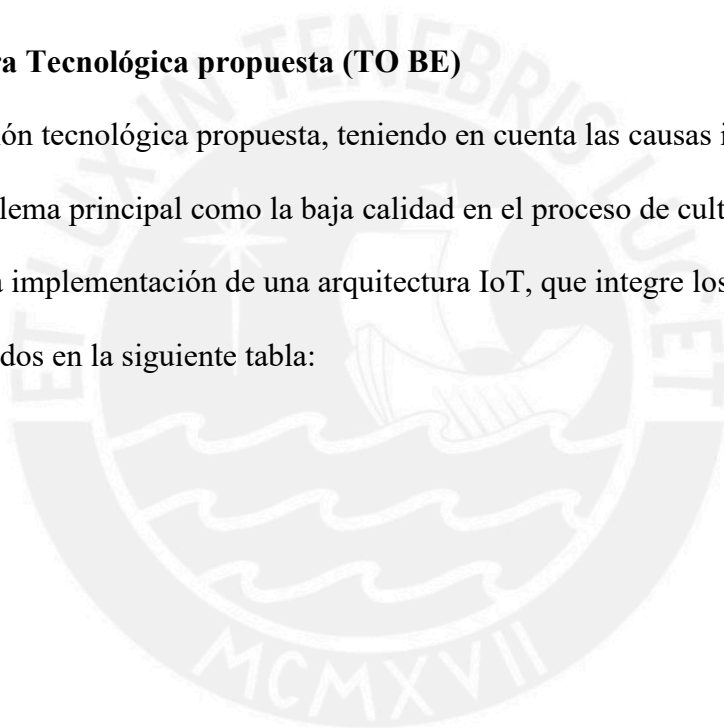


Tabla 24

Propuestas de Innovación Tecnológica Parte 1

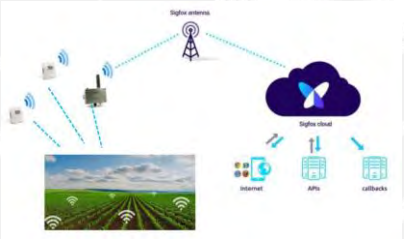

N°	Propuesta: Innovación tecnológica	Descripción
1	Arquitectura de red (IoT) : Sigfox Network Architecture	<p>Sigfox es una red dedicada para IoT, se caracteriza por tener un bajo consumo de energía, y es totalmente independiente de los despliegues de telefonía.</p> <p>Sigfox funciona de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Los sensores IoT capturan la información y son obtenidos o capturados por el microcontrolador llamado Sigfox Gateway. ✓ La comunicación de red para el envío y captura de datos entre Sigfox Gateway y la nube de Sigfox o base station, utiliza el protocolo de transporte inalámbrico de datos LPWAN. Sigfox Gateway decodifica los datos y envía la información al servidor nube de Sigfox. ✓ La nube de Sigfox procesa la información obtenida, con la finalidad que estos datos pueden integrarse con servidores terceros de clientes mediante la API que sigfox tiene desarrollado. ✓ Finalmente, los datos capturados serán mostrados o visualizados desde el backend a través de la API. Cabe mencionar que la información que se obtiene es de los sensores que serán instalados en el fondo, esta información tiene datos relacionados al manejo de suelos, detección de plagas, sensores ambientales, temperatura y riego. <p>A continuación, se muestra un esquema topológico sobre Sigfox.</p> 
2	Sensores de control de PH	<p>Los sensores PH, permiten saber el nivel de alcalinidad o acidez del suelo, esta medición se realizará en tiempo real, la escala de medición es de 0 – 14, considerando un valor de PH 7 neutro, lo cual significa que la sustancia o solución no es ácida ni alcalina. –Los sensores serán instalados en la tierra y estarán conectados inalámbricamente a un controlador que se encargara de capturar los datos, para luego enviarlos de manera inalámbrica al Gateway de SigFox, cuyos datos serán capturados y enviados a la nube de SigFox.</p> 

Tabla 25

Propuestas de Innovación Tecnológica Parte 2




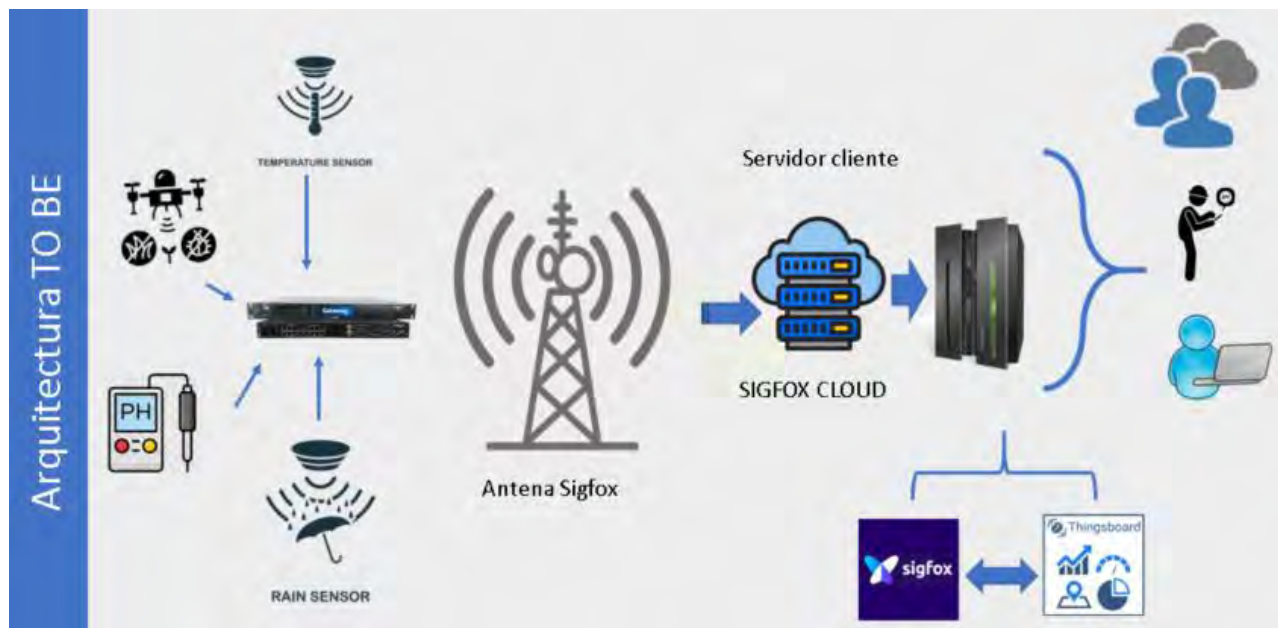
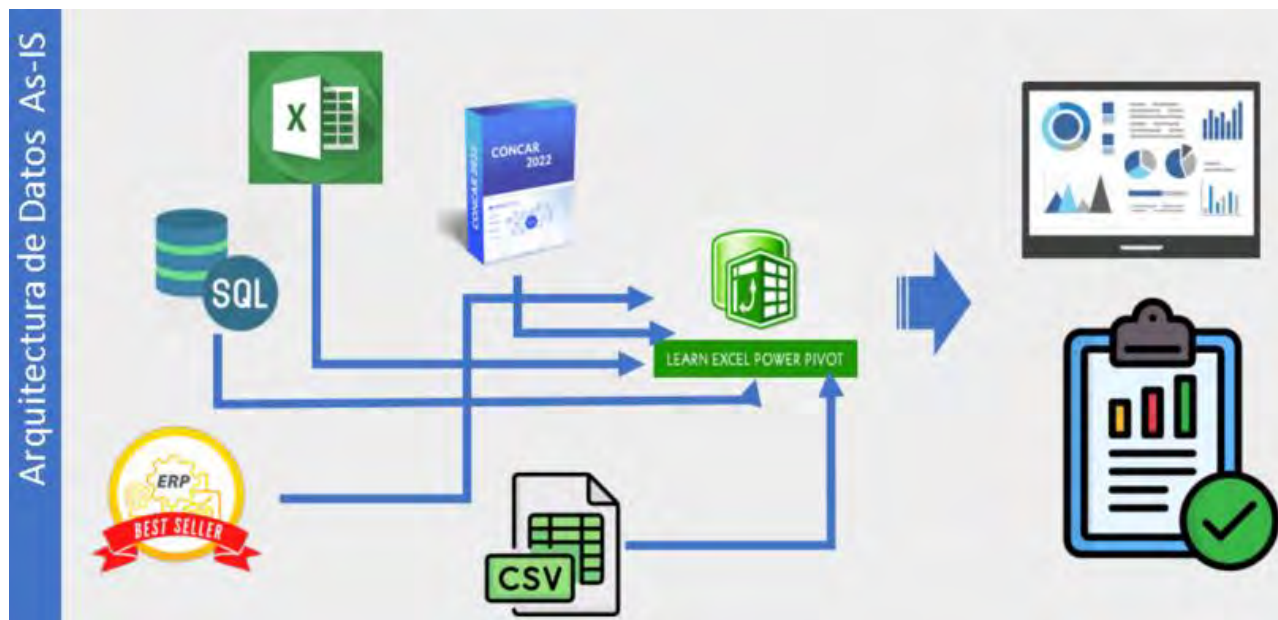
N°	Propuesta: Innovación tecnológica	Descripción
3	Sensores de detección de plagas	<p>La instalación de sensores de plagas tiene como objetivo, identificar tempranamente la presencia de plagas o bichos en el cultivo, según las indicaciones de la gerencia, estos serán instalados en las trampas que actualmente cuenta el fundo. Estos sensores serán conectados físicamente a un controlador Arduino, este controlador se encargará de recibir las señales o datos y enviarlos de manera inalámbrica al Gateway que se encargará de decodificar y enviar la información a la nube de SigFox.</p> 
4	Falta de sensores ambientales para medir variables ambientales .	<p>La finalidad de instalar sensores ambientales en el fundo permite obtener información precisa y en tiempo real sobre las condiciones ambientales como la humedad, calidad de aire, clima, lluvia, suelo, entre otros. Los sensores que se han considerado son de doble tecnología es decir permite la conexión física como inalámbrica, los mismo que serán conectados a un controlador Arduino para la captura de información, y que a través del Gateway de SigFox enviará la información a la nube de SigFox.</p> 
5	Falta de un sistema de sensores de temperatura.	<p>Por último, los sensores de temperatura, no es ajeno al ámbito agroindustrial, es por ello por lo que se ha propuesto la instalación de sensores de temperatura en suelo que permitan monitorear la humedad, con el fin de conocer y controlar la temperatura en tierra a grandes profundidades. Estos sensores serán conectados a un controlador Arduino para capturar la información que emite el sensor, para que los datos sean enviados a través del Gateway SigFox a la nube.</p> 

Figura 11*Arquitectura IoT con Sigfox propuesta***Arquitectura de Datos Línea Base (AS- IS)**

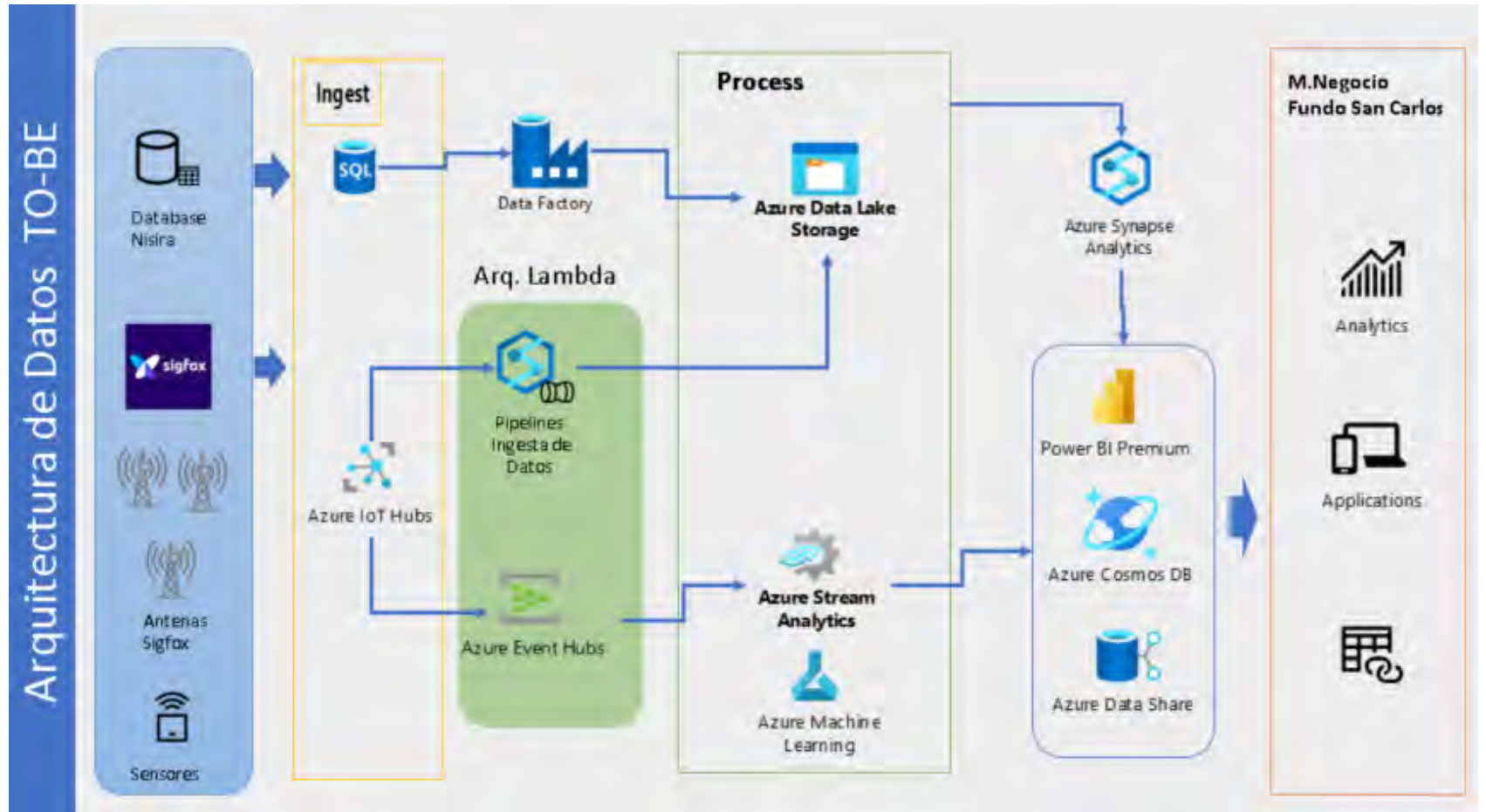
Actualmente Frutos del Sur, no cuenta con una arquitectura de datos, el manejo de la información de administración, contabilidad, recursos humanos y finanzas es gestionado por CONCAR. Con respecto a la información que se obtiene de las operaciones de campo, estas se registran y almacenan en archivos Excel. Toda la información es analizada mediante Excel a través de pivot y tablas dinámicas.

Figura 12*Arquitectura de Datos Línea Base (AS-IS)***Arquitectura de Datos Propuesta (To Be)**

Con la implementación de los nuevos sistemas agro 4.0 en el fundo frutos del sur, se propone una arquitectura de datos que permita la integración de todos estos sistemas tecnológicos, por otro lado, la arquitectura deberá soportar los sistemas y aplicaciones que se cuenta actualmente la organización.

Figura 13

Arquitectura de Datos Propuesta (To Be)



En el contexto de la revolución digital en la agricultura, conocida como Agro 4.0, la implementación de tecnologías avanzadas se ha vuelto esencial para optimizar la producción, mejorar la eficiencia operativa y promover la sostenibilidad. Azure de Microsoft se presenta como una plataforma robusta y versátil que responde a estas necesidades emergentes. Basado en el análisis del "Gartner Magic Quadrant for Industrial IoT Platforms 2021", se destacan varias razones clave para elegir Azure en el ámbito de la Agricultura 4.0.

Innovación y Tecnología de Punta

Azure ofrece un ecosistema completo de servicios IoT, análisis de datos, inteligencia artificial y machine learning, los cuales son cruciales para la modernización de las prácticas agrícolas. La capacidad de Azure para integrar y analizar datos de múltiples fuentes en tiempo real permite a los agricultores tomar decisiones informadas y precisas, optimizando el uso de recursos y mejorando el rendimiento de los cultivos.

Escalabilidad y Flexibilidad

Uno de los beneficios más destacados de Azure es su escalabilidad. La plataforma permite escalar los recursos según las necesidades específicas del negocio, lo cual es esencial en un sector como la agricultura, donde las demandas pueden variar significativamente. Además, Azure proporciona una flexibilidad que facilita la personalización de soluciones, adaptándose a los diversos desafíos que enfrentan los agricultores.

Seguridad y Cumplimiento

La seguridad es un aspecto crítico en cualquier implementación tecnológica. Azure ofrece una infraestructura de seguridad sólida que protege los datos sensibles de los agricultores contra posibles amenazas cibernéticas. Además, cumple con diversas normativas internacionales de protección de datos, asegurando que las operaciones agrícolas se mantengan dentro de los

estándares legales y regulatorios.

Automatización y Eficiencia Operativa

Con servicios como Azure Functions y Azure Logic Apps, la plataforma permite la automatización de tareas repetitivas y la gestión eficiente de flujos de trabajo. Esto no solo reduce la carga de trabajo manual, sino que también mejora la precisión y la eficiencia operativa, permitiendo a los agricultores enfocarse en actividades de mayor valor añadido.

Ecosistema y Soporte

Microsoft cuenta con una amplia red de socios y desarrolladores que pueden ofrecer soporte adicional y soluciones complementarias. Esta colaboración facilita la implementación de tecnologías avanzadas en la agricultura, asegurando que los agricultores tengan acceso a las mejores prácticas y herramientas disponibles.

Comparativa con otras plataformas

El análisis del "Gartner Magic Quadrant for Industrial IoT Platforms" posiciona a Azure como un líder en el mercado, destacando su capacidad de ejecución y la completitud de su visión. En comparación con otras plataformas, Azure se distingue por su robustez, integridad y capacidad para ofrecer soluciones integradas que cubren todas las necesidades del sector agrícola.

En conclusión, la elección de Azure de Microsoft como plataforma tecnológica para Agro 4.0 está respaldada por su innovación continua, su capacidad de adaptación a las necesidades cambiantes del mercado agrícola, y su compromiso con la seguridad y la sostenibilidad. Estos factores, junto con el sólido soporte y la extensa red de socios de Microsoft, hacen de Azure una opción ideal para transformar y modernizar las prácticas agrícolas en la era digital.

Al elegir Azure como plataforma para Agro 4.0, se tomaron en cuenta varios factores

claves que destacan sus ventajas y beneficios. Detallamos en la presente tesis una justificación exhaustiva basada en las capacidades y servicios que Azure ofrece:

Razones para Elegir Azure como Plataforma para Agro 4.0

➤ Escalabilidad y Flexibilidad

Escalabilidad: Azure permite escalar recursos según las necesidades del negocio, lo cual es crucial para adaptarse a las fluctuaciones de demanda en la agricultura.

Flexibilidad: Ofrece una amplia gama de servicios que se pueden integrar fácilmente, permitiendo a las empresas personalizar soluciones según sus necesidades específicas.

➤ Gestión y Análisis de Datos

Azure IoT Hub: Facilita la conexión y gestión de dispositivos IoT a gran escala, permitiendo la recolección de datos en tiempo real desde sensores distribuidos en el campo.

Azure Stream Analytics: Proporciona capacidades de análisis en tiempo real para los datos que se generan continuamente, mejorando la toma de decisiones inmediatas.

Azure Machine Learning: Ofrece herramientas avanzadas para desarrollar e implementar modelos predictivos que pueden optimizar procesos agrícolas y predecir rendimientos.

➤ Seguridad y Cumplimiento

Seguridad: Azure cuenta con sólidas medidas de seguridad, incluyendo protección contra ataques cibernéticos, cifrado de datos y gestión de identidad.

Cumplimiento: Cumple con diversas normativas internacionales de protección de datos, asegurando que las operaciones agrícolas cumplan con los estándares legales y regulatorios.

➤ Automatización y Eficiencia Operativa

Azure Functions y Logic Apps: Permiten la automatización de flujos de trabajo y procesos, reduciendo la intervención manual y mejorando la eficiencia operativa.

Azure DevOps: Facilita la gestión del ciclo de vida de las aplicaciones, desde el desarrollo hasta la implementación y monitorización continua.

➤ **Innovación y Tecnología de Punta**

Inteligencia Artificial y Machine Learning: Azure proporciona herramientas avanzadas para la creación de soluciones basadas en IA y ML, que pueden transformar la agricultura a través de innovaciones como la agricultura de precisión.

Big Data: Con servicios como Azure Data Lake y Azure SQL Database, es posible manejar grandes volúmenes de datos para análisis profundos y detallados.

➤ **Integración y Ecosistema**

Amplia Integración: Azure se integra fácilmente con otros servicios y aplicaciones, facilitando la interoperabilidad entre diferentes sistemas y tecnologías.

Ecosistema de Partners: Microsoft cuenta con una extensa red de socios y desarrolladores que pueden ofrecer soporte adicional y soluciones complementarias.

➤ **Costos y Modelos de Precios**

Modelos de Precios Flexibles: Azure ofrece opciones de pago por uso y planes de precios que se adaptan a diferentes tamaños de empresas y presupuestos.

Optimización de Costos: Herramientas como Azure Cost Management ayudan a monitorear y optimizar el gasto en la nube, asegurando un uso eficiente de los recursos financieros.

Ante lo expuesto, es factible realizar la comparación de Azure frente a otras plataformas, como

se observa a continuación en la Tabla 26 y Tabla 27.

Tabla 26

Comparación con otras plataformas

Característica	Azure	Otras Plataformas
Escalabilidad	Alta, flexible según demanda	Similar, pero varía según el proveedor
Análisis de Datos en Tiempo Real	Azure Stream Analytics, Machine Learning	Similar, pero Azure ofrece integración más robusta
Seguridad	Amplia gama de servicios de seguridad	Comparable, pero Azure destaca por cumplimiento y herramientas avanzadas
Automatización	Azure Functions, Logic Apps	Competencia ofrece soluciones, pero Azure es más integrado
Integración	Alta integración con diversos servicios	Variable, depende del ecosistema del proveedor
Soporte y Ecosistema	Amplia red de partners y soporte de Microsoft	Varía según el proveedor, algunos más limitados
Modelos de Precios	Flexibles y optimizados	Competitivos, pero Azure ofrece mejores herramientas de gestión de costos

Tabla 27*Comparación de Azure de Microsoft vs Amazon Web Services (AWS) para Agro 4.0*

<i>Característica</i>	<i>Azure de Microsoft</i>	<i>Amazon Web Services (AWS)</i>
Escalabilidad y Flexibilidad	Alta escalabilidad, permite ajustar recursos según demanda.	Alta escalabilidad, también ajustable según necesidades.
Servicios IoT	Azure IoT Hub, Azure IoT Central, integración con dispositivos.	AWS IoT Core, AWS IoT Greengrass, amplia gama de servicios IoT.
Análisis de Datos	Azure Stream Analytics, Azure Synapse Analytics.	AWS Kinesis, AWS Redshift, amplia oferta de herramientas analíticas.
Machine Learning e IA	Azure Machine Learning, Cognitive Services.	AWS SageMaker, AI services como Rekognition, Polly.
Seguridad y Cumplimiento	Certificaciones de seguridad globales, cumplimiento con normativas como GDPR, HIPAA.	Amplia gama de certificaciones, cumplimiento con GDPR, HIPAA, entre otras.
Automatización y Eficiencia Operativa	Azure Functions, Azure Logic Apps.	AWS Lambda, AWS Step Functions.
Integración y Ecosistema	Integración con otros servicios de Microsoft, como Office 365, Dynamics 365.	Integración con servicios de Amazon y una amplia red de socios.
Modelos de Precios	Pago por uso, herramientas para optimización de costos como Azure Cost Management.	Pago por uso, herramientas como AWS Cost Explorer para gestión de costos.
Soporte y Comunidad	Amplia red de partners, soporte de Microsoft, comunidad activa.	Amplia red de partners, soporte de Amazon, comunidad activa.
Soluciones Específicas para Agricultura	Soluciones específicas como Azure FarmBeats, herramientas para agricultura de precisión.	AWS Agriculture Data Integration, herramientas para manejo de datos agrícolas.
Despliegue Global	60+ regiones globales, red de data centers extensa.	80+ zonas de disponibilidad en 25 regiones, red global extensa.
Innovación Tecnológica	Innovación continua, adopción rápida de nuevas tecnologías.	Alta innovación, lanzamiento constante de nuevos servicios.

Elegir Azure como plataforma para Agro 4.0 se justifica por su capacidad de ofrecer soluciones escalables, seguras y avanzadas en términos de análisis de datos, automatización y cumplimiento normativo, respaldado por la solidez y el soporte de Microsoft.

Comparación Detallada

Escalabilidad y Flexibilidad

Azure: Ofrece una gran capacidad para escalar recursos en función de las demandas agrícolas, ideal para variaciones estacionales y específicas del sector.

AWS: Similarmente flexible, permite la escalabilidad de recursos de forma eficiente, con servicios que soportan grandes variaciones en la carga de trabajo.

Servicios IoT

Azure: Azure IoT Hub y Azure IoT Central proporcionan una plataforma robusta para la gestión y monitoreo de dispositivos IoT en el campo agrícola.

AWS: AWS IoT Core y AWS IoT Greengrass también ofrecen potentes herramientas para la conectividad y gestión de dispositivos IoT.

Análisis de Datos

Azure: Azure Stream Analytics y Azure Synapse Analytics permiten el procesamiento y análisis de datos en tiempo real, crucial para la toma de decisiones en agricultura.

AWS: AWS Kinesis y AWS Redshift ofrecen capacidades similares para el análisis de grandes volúmenes de datos, con una amplia variedad de herramientas analíticas.

Machine Learning e IA

Azure: Azure Machine Learning y Cognitive Services facilitan el desarrollo de modelos predictivos y análisis avanzados.

AWS: AWS SageMaker y otros servicios de IA proporcionan herramientas potentes para

el aprendizaje automático y aplicaciones de inteligencia artificial.

Seguridad y Cumplimiento

Azure: Cumple con numerosas normativas internacionales de seguridad y privacidad, ofreciendo una protección robusta para los datos agrícolas.

AWS: También cumple con una amplia gama de certificaciones de seguridad y normativas, garantizando la protección de los datos.

Automatización y Eficiencia Operativa

Azure: Azure Functions y Logic Apps permiten la automatización de procesos y flujos de trabajo, mejorando la eficiencia operativa.

AWS: AWS Lambda y Step Functions ofrecen funcionalidades similares para la automatización y gestión de flujos de trabajo.

Integración y Ecosistema

Azure: Se integra perfectamente con otros servicios de Microsoft, como Office 365 y Dynamics 365, facilitando una gestión integrada.

AWS: Se integra con una amplia gama de servicios de Amazon y tiene una extensa red de socios para soluciones complementarias.

Modelos de Precios

Azure: Ofrece modelos de precios flexibles y herramientas como Azure Cost Management para la optimización de costos.

AWS: Proporciona modelos de pago por uso y herramientas como AWS Cost Explorer para la gestión de costos.

Soporte y Comunidad

Azure: Microsoft ofrece un fuerte soporte y tiene una comunidad activa de usuarios y

desarrolladores.

AWS: Amazon también proporciona un soporte robusto y cuenta con una comunidad activa y extensa.

Soluciones Específicas para Agricultura

Azure: Soluciones como Azure FarmBeats están diseñadas específicamente para el sector agrícola, facilitando la agricultura de precisión.

AWS: Ofrece herramientas para la integración de datos agrícolas y manejo de grandes volúmenes de datos en el sector.

Despliegue Global

Azure: Con más de 60 regiones globales, Azure tiene una red de data centers extensa que facilita el despliegue global.

AWS: AWS tiene más de 80 zonas de disponibilidad en 25 regiones, proporcionando una cobertura global extensa.

Innovación Tecnológica

Azure: Con una rápida adopción de nuevas tecnologías, Azure se mantiene a la vanguardia de la innovación en la nube.

AWS: Con un constante lanzamiento de nuevos servicios, AWS también es un líder en innovación tecnológica.

La arquitectura Azure para Agro 4.0, se puede estructurar la información en dos tablas: una para detallar los componentes tecnológicos y otra para explicar los beneficios esperados.

Tabla 28*Componentes Tecnológicos de la Arquitectura Azure para Agro 4.0*

Componente	Descripción	Justificación
Sensores IoT	Dispositivos para monitoreo en tiempo real de condiciones del suelo, clima, humedad y detección de plagas.	Permiten la recopilación de datos precisos y en tiempo real sobre las condiciones del cultivo, esenciales para la toma de decisiones informadas.
Gateway IoT	Dispositivo intermediario que recopila datos de sensores y los transmite a la nube.	Facilita la comunicación y transmisión de datos desde los sensores al servidor en la nube, garantizando la continuidad del flujo de información.
Azure IoT Hub	Servicio de Azure que permite conectar, monitorear y controlar miles de dispositivos IoT.	Proporciona una plataforma centralizada para la gestión y monitoreo de dispositivos IoT, asegurando una integración eficiente de los datos recopilados.
Azure Stream Analytics	Servicio que procesa datos en tiempo real de múltiples flujos de datos.	Permite el análisis en tiempo real de los datos obtenidos de los sensores, facilitando la toma de decisiones rápidas y efectivas.
Azure Machine Learning	Plataforma para desarrollar, entrenar e implementar modelos de machine learning.	Ayuda en la creación de modelos predictivos y analíticos para mejorar la precisión y eficiencia en la gestión agrícola.
Azure SQL Database	Base de datos relacional en la nube.	Almacena los datos históricos y actuales para análisis, asegurando la integridad y disponibilidad de la información.
Azure Functions	Servicio de cómputo sin servidor que permite ejecutar código bajo demanda.	Facilita la automatización de tareas y la ejecución de procesos basados en eventos específicos, optimizando la eficiencia operativa.
Azure Logic Apps	Plataforma para automatizar flujos de trabajo e integrar aplicaciones y servicios.	Permite la creación de flujos de trabajo automatizados que integran diferentes servicios y aplicaciones, mejorando la coordinación y eficiencia de los procesos.

Tabla 29*Beneficios Esperados de la Implementación de Agro 4.0 en Azure*

Beneficio	Descripción	Justificación
Mejora de la Calidad del Producto	Permite un mejor seguimiento y control de los procesos de cultivo, optimizando el uso de recursos y mejorando la calidad del producto.	La tecnología Agro 4.0 ayuda a mejorar la eficiencia y precisión en el manejo de cultivos, lo que resulta en productos de mayor calidad.
Reducción del Impacto Ambiental	Uso más eficiente de recursos y reducción de productos químicos perjudiciales.	Las técnicas de agricultura de precisión y el monitoreo constante permiten reducir el uso de insumos y minimizar el impacto ambiental.
Aumento de la Seguridad Alimentaria	Mejora de la productividad y eficiencia de las labores agrícolas.	Al optimizar los procesos agrícolas, se puede aumentar la producción y asegurar un suministro constante de alimentos.
Fomento de la Inclusión Social	Brindar acceso a herramientas y oportunidades tecnológicas a agricultores rurales.	La adopción de tecnologías de la industria 4.0 puede equilibrar las oportunidades entre agricultores rurales y urbanos.
Eficiencia Operativa	Automatización de procesos agrícolas y gestión eficiente de datos.	La integración de tecnologías IoT y analíticas permite una gestión más eficiente y precisa de las operaciones agrícolas.
Gestión de Datos Avanzada	Análisis inteligente de datos recopilados para toma de decisiones informadas.	La capacidad de analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real proporciona una ventaja significativa en la gestión de cultivos y recursos.
Seguridad Cibernética	Protección contra ataques cibernéticos y aseguramiento de la integridad de los datos.	La implementación de medidas de ciberseguridad es crucial para proteger los datos sensibles y mantener la operatividad continua.

Las tablas proporcionan una visión clara de cómo la arquitectura Azure puede ser aplicada en un entorno Agro 4.0, destacando los componentes tecnológicos esenciales y los beneficios esperados de su implementación.

Es necesario enfocar en la integración de las plataformas IoT industriales en el sector

agrícola DEL Fundo San Carlos, y cómo estas tecnologías se alinean con los objetivos y características de la Agricultura 4.0.

Para sustentar la relevancia de la plataforma para Agro 4.0, se considera los siguientes puntos:

Mejora en la Productividad: Explica cómo la plataforma puede ayudar a los agricultores a mejorar la productividad a través de un mejor monitoreo y control de las condiciones del cultivo. Esto puede incluir la automatización de procesos como el riego, la fertilización y la protección contra plagas.

Sostenibilidad: Resalta cómo la plataforma contribuye a prácticas agrícolas más sostenibles. Por ejemplo, el uso de sensores para el monitoreo de humedad del suelo puede optimizar el uso del agua, reduciendo el desperdicio y promoviendo una gestión más eficiente de los recursos.

Toma de Decisiones Basada en Datos: Describe cómo la integración de big data y análisis avanzado en la plataforma permite a los agricultores tomar decisiones informadas basadas en datos reales y en tiempo real, mejorando así la planificación y la gestión de las explotaciones agrícolas.

Conectividad y Automatización: Explica cómo la conectividad IoT facilita la automatización de tareas repetitivas y la gestión remota de las explotaciones, permitiendo a los agricultores centrarse en actividades de mayor valor añadido.

Referencias de algunas menciones del Agro 4.0

“An overview of agriculture 4.0 development”: Este artículo proporciona una revisión sistemática del desarrollo de la Agricultura 4.0, describiendo tecnologías, barreras, ventajas y desventajas. Esta referencia puede ser utilizada para sustentar la adopción de plataformas IoT en

la agricultura.

“Technological revolutions in smart farming: Current trends challenges & future directions”: Este documento describe las tendencias actuales, desafíos y direcciones futuras en la agricultura inteligente, proporcionando un contexto detallado de cómo las tecnologías IoT se están aplicando en el sector.

“A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture” 4.0: Esta encuesta analiza el papel del IoT en la adopción y promoción de la Agricultura 4.0, destacando la importancia de las plataformas IoT en la transformación digital del sector agrícola.

El despliegue de la plataforma IoT cuenta con un plan de implementación, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 30

Plan de Implementación IoT

<i>Etapa</i>	<i>Fase</i>	<i>Duración (meses)</i>
1	Evaluación y Planificación	2
2	Adquisición y Configuración	3
3	Capacitación y Desarrollo	2
4	Monitoreo y Optimización	6
	TOTAL	13

Las actividades se detallan a continuación:

Etapa 1: Evaluación y Planificación

Duración: 2 meses

Actividades Principales:

- Realizar una auditoría completa de las necesidades tecnológicas del fundo.

- Definir indicadores clave de rendimiento (KPIs) para medir el éxito de la implementación.
- Planificar la adquisición de tecnologías y establecer un cronograma detallado
- Identificar los procesos agrícolas que pueden beneficiarse del uso de sensores y actuadores.
- Determinar los tipos de datos que se necesitan recopilar (humedad del suelo, temperatura, estado de las plantas).

Etapas 2: Adquisición y Configuración

Duración: 3 meses

Actividades Principales:

- Adquirir sensores, drones y sistemas de riego necesarios.
- Configurar y calibrar todos los dispositivos para asegurar la precisión de los datos.
- Integrar los nuevos sistemas con las plataformas existentes.
- Elegir los sensores y dispositivos IoT adecuados para las necesidades específicas del fundo.
- Considerar la conectividad y compatibilidad de los dispositivos con las plataformas de análisis de datos existentes.

Etapas 3: Capacitación y Desarrollo

Duración: 2 meses

Actividades Principales:

- Capacitar al personal en el uso de nuevas tecnologías y sistemas de gestión.
- Desarrollar protocolos de operación y mantenimiento.

- Realizar sesiones de entrenamiento práctico para el personal operativo y administrativo.
- Promover una cultura de innovación y adopción tecnológica entre los trabajadores del fundo.

Etapas 4: Monitoreo y Optimización

Duración: 6 meses

Actividades Principales:

- Monitorear constantemente los sistemas y hacer ajustes según sea necesario.
- Utilizar los datos recopilados para realizar mejoras continuas en los procesos agrícolas.
- Evaluar el impacto de las tecnologías implementadas y ajustar estrategias en función de los resultados obtenidos.
- Establecer una red robusta que permita la transmisión de datos desde los dispositivos IoT a un sistema centralizado.
- Asegurar que la plataforma IoT se integre con otros sistemas de gestión agrícola y de negocio.
- Implementar soluciones de big data y análisis para aprovechar los datos recopilados.

VII. Plan de Implementación y factores clave de éxito

En este capítulo tiene como finalidad, proponer un plan de implementación, el cual está diseñado bajo la metodología cascada. Este enfoque busca resolver el problema principal identificado en el proyecto: la baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas, con la finalidad de mejorar la eficiencia operativa en el fundo mediante la implementación de tecnologías Agro 4.0.

A continuación, se presenta las fases del plan de implementación propuesto:

Tabla 31

Fases de implementación

Fase	Metodología	Descripción
Planificación y recolección de requisitos	Cascada	En esta fase es considerada como crítica, se realiza de manera secuencial, el cual garantiza que se definan claramente los objetivos y necesidades del proyecto antes de la instalación de tecnologías.
Diseño del Sistema y Propuesta Tecnológica	Cascada	Esta fase incluye un diseño detallado de la infraestructura tecnológica que será implementada. Los cambios en el diseño requieren de una revisión exhaustiva.
Implementación de Infraestructura	Cascada	Las actividades de instalación se completan de manera secuencial, asegurando que la infraestructura esté plenamente operativa antes de la integración del software de control.
Pruebas Iniciales y Validación de la Infraestructura	Cascada	Esta fase mantiene un enfoque secuencial, donde se valida que todos los componentes físicos funcionen antes de la optimización de los procesos.
Monitoreo y Ajustes Iterativos	Cascada	Las iteraciones cortas permiten ajustar y optimizar los sistemas de monitoreo y control según los datos obtenidos.
Capacitación del Personal y Adopción de Tecnologías	Cascada	La capacitación se realizará de manera flexible, ajustando el entrenamiento a medida que el personal se familiariza con las herramientas.

7.1 Desglose de Actividades

A continuación, en la Tabla 32 se muestran las actividades según cada fase:

Tabla 32

Desglose de actividades en Fases

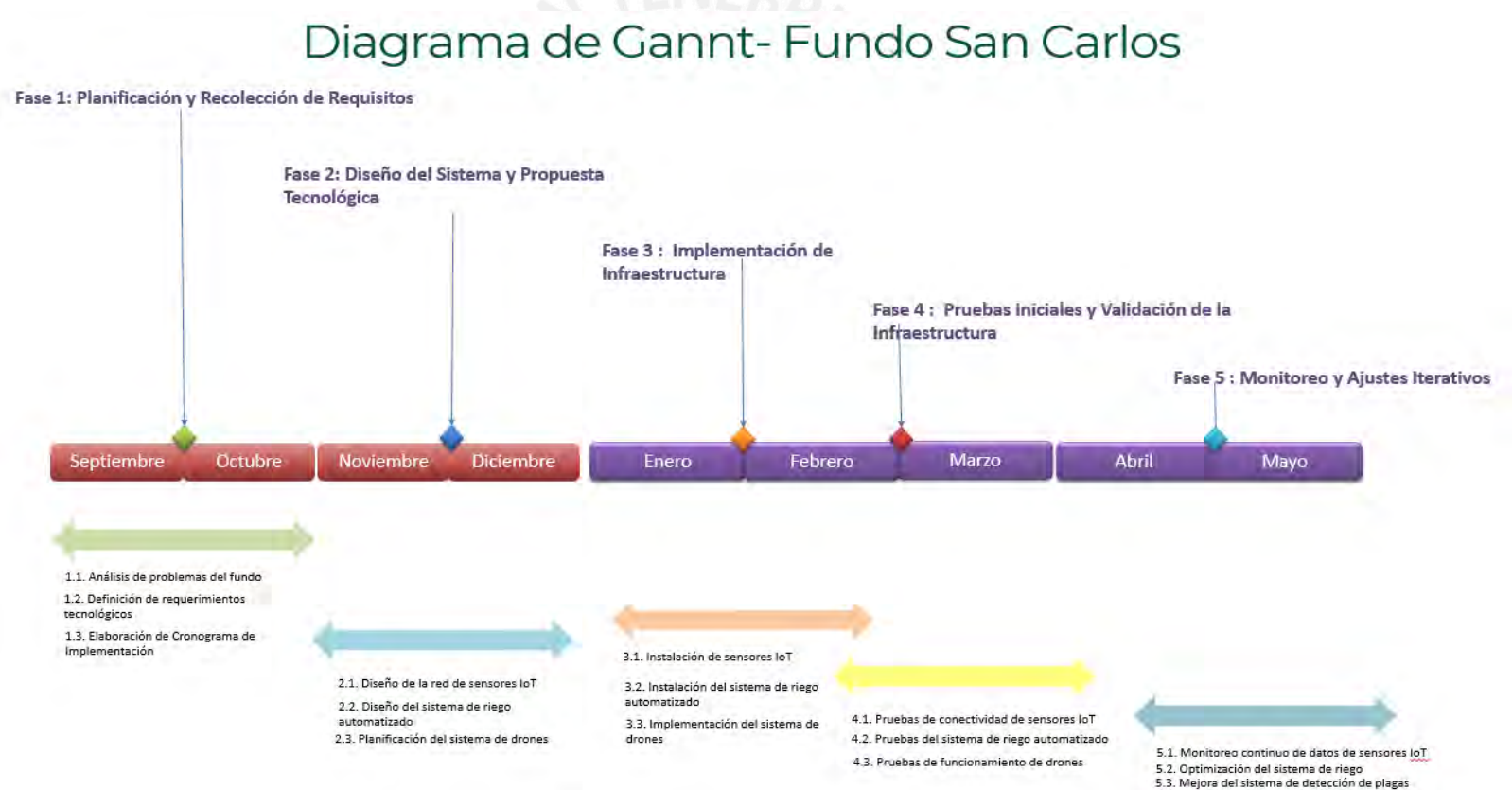
<i>Fase</i>	<i>Actividades</i>
Fase 1: Planificación y recolección de requisitos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Análisis de problemas del fondo: Evaluar los problemas de calidad en el proceso de cultivo y cosecha, así como la falta de automatización. ✓ Definición de requerimientos tecnológicos: Establecer los requisitos para la implementación de sensores IoT, drones de monitoreo, sistemas de riego automatizado y plataformas de análisis de datos. ✓ Elaboración de cronograma de implementación: Crear un plan detallado con fases, fechas y entregables.
Fase 2: Diseño del Sistema y Propuesta Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diseño de la red de sensores IoT: Definición de la ubicación y configuración de los sensores que medirán variables como pH del suelo, humedad y temperatura. ✓ Diseño del sistema de riego automatizado: Planificar la infraestructura de riego inteligente que funcione en base a los datos obtenidos por los sensores. ✓ Planificación del sistema de drones para detección de plagas: Determinar las rutas y capacidades de los drones para el monitoreo aéreo de cultivos y detección de plagas.
Fase 3: Implementación de Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Instalación de sensores IoT: Colocación de los sensores en las áreas de cultivo para el monitoreo de clima, húmedas y suelo. ✓ Instalación del sistema de riego automatizado: Montaje de tuberías, controladores y sistemas de riego inteligente. ✓ Implementación del sistema de drones para monitoreo de plagas: Configuración y prueba de drones para la detección de plagas aéreas específicas en el fondo.
Fase 4: Pruebas Iniciales y Validación de la Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pruebas de conectividad de sensores IoT: Verificar que los sensores estén conectados correctamente y transmitan datos precisos. ✓ Pruebas del sistema de riego automatizado: Validar que el sistema de riego responda a los datos de humedad del suelo y funcione sin errores. ✓ Pruebas de funcionamiento de drones: Evaluar la capacidad de los drones para monitorear plagas y obtener imágenes en tiempo real.
Fase 5: Monitoreo y Ajustes Iterativos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Monitoreo continuo de datos de sensores IoT: Recoger datos en tiempo real sobre la calidad del suelo, humedad y clima para ajustar las condiciones de cultivo. ✓ Optimización del sistema de riego: Ajustar la cantidad y frecuencia de riego en base a los datos recolectados para mejorar la eficiencia hídrica. ✓ Mejora del sistema de detección de plagas: Realizar ajustes en los patrones de vuelo de los drones y mejorar la recolección de datos según las condiciones de los cultivos.
Fase 6: Capacitación del Personal y Adopción de Tecnologías	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Capacitación inicial del equipo: Entrenar al personal en el uso de sensores IoT, sistemas de riego y drones para asegurar una correcta adopción de las tecnologías. ✓ Capacitación iterativa: Adaptar los entrenamientos conforme se implementan las tecnologías y según las necesidades del equipo a lo largo del tiempo.

7.2 Diagrama de Gantt

Para la implementación de las soluciones tecnológicas Agro 4.0, se estableció el siguiente cronograma de trabajo que se muestra en la Figura 14, 15 y 16:

Figura 14

Diagrama de Gantt – Fundo San Carlos



7.3 Presupuesto

En esta sección, se presentan los costos de equipos, licencias que se utilizaran para la implementación de las soluciones propuestas teniendo en cuenta el CAPEX necesario para la puesta en marcha de la implementación (Tabla 33).



Tabla 33

Presupuesto para la implementación del proyecto

N°	Descripción	Und. Medida	Cantidad	Costo Unitario	Subtotal
1. Equipos					
1.1	Gateway Sigfox	Und	25	\$65.00	\$1,675.00
1.2	Antenas radio enlace	Und	10	\$100.00	\$1,000.00
1.3	Sensor de control PH	Und	30	\$40.00	\$1,200.00
1.4	Sensor de temperatura	Und	30	\$35.00	\$1,050.00
1.5	Sensor climático	Und	20	\$55.00	\$1,100.00
1.6	Sensores de detección de plagas	Und	30	\$120.00	\$3,600.00
1.7	Arduino Nano IoT Wireless	Und	60	\$100.00	\$6,000.00
Subtotal					\$15,575.00
2. Licencias					
2.1	Suscripción Sigfox - Servidor Cloud Sigbox	Anual	1	\$660	\$660.00
2.2	Sigfox IoT Cloud Platfom	Anual	1	\$468	\$468
2.3	Azure IoT Hub	Mensual	12	\$250	\$3000
2.4	Azure Iot Edge	Anual	1	0	0
2.5	Azure Stream Analytics	Anual	1	\$110	\$110
2.6	Azure Machine Learning Service	Anual	1	\$0.07	\$6.72
2.7	Azure Storage	Anual	1	\$0.01	\$10
2.8	Azure Functions	Anual	1	\$0.14	\$1.68
Subtotal					\$4256.40
3. Personal					
3.1	Líder de Proyecto	Mensual	1	\$2631.00	\$2631.00
3.2	Especialista Cloud Azure	Mensual	1	\$1842.00	\$1842.00
3.3	Especialista Infraestructura Sigfox	Mensual	1	\$1973.00	\$1973.00
3.4	Especialista IoT	Mensual	1	\$1842.00	\$1842.00
Subtotal					\$8289,000.00
4. Servicios					
4.1	Servicio de instalación de antenas	Glb	1	\$3947.00	\$3947.00
4.2	Servicio de instalación de sensores (cableado y conexionado)	Glb	1	\$9210.00	\$9210.00
SubTotal					\$13157.00
Total Soles					\$99,305.08
					S/. 377,359.3

7.4 Factores clave para el éxito

Para el éxito de la implementación de la plataforma IoT en el Fundo, es primordial tener en consideración que los procesos necesitan de un equipo capacitado de personas que puedan brindar los mejores resultados a la Gerencia. En cuanto al equipo de tecnología deberán tener las habilidades y especializaciones adecuadas para poder brindar una capacitación necesaria y oportuna al resto de los equipos. En cuanto a los procesos, se debe asegurar un Gobierno de TI adecuado de la plataforma, así como una gestión eficiente de datos, pasando por un mantenimiento continuo, y un enfoque sólido en la seguridad y privacidad. Además, la escalabilidad y la capacidad de evolución deben ser pilares fundamentales del proyecto.

- **Compromiso Ejecutivo:** El respaldo activo y continuo de la alta dirección es esencial. Los líderes ejecutivos deben respaldar la implementación, proporcionando los recursos necesarios y estableciendo una visión clara para la arquitectura empresarial.
- **Participación y Compromiso de los Stakeholders:** La participación y el compromiso de los stakeholders, que incluyen a los usuarios finales, equipos de desarrollo, y otros actores clave, son cruciales. La comunicación efectiva y la colaboración entre estos grupos garantizan que las soluciones arquitectónicas sean pertinentes, aceptadas y respaldadas por quienes las utilizan.
- **Capacitación y Desarrollo de Competencias:** La capacitación adecuada del personal es esencial. Los equipos deben adquirir las habilidades y conocimientos necesarios para aplicar el framework de manera efectiva.

- **Enfoque Incremental y Práctico:** Comenzar con proyectos piloto o áreas específicas permite aprender y ajustar en el camino, evitando la sobrecarga inicial y asegurando que la implementación sea adaptada a las necesidades específicas de la organización.
- **Gestión Efectiva del Cambio:** La gestión del cambio es un factor crítico. Establecer una estrategia sólida de gestión del cambio, que incluya comunicación clara, capacitación adecuada y un enfoque para abordar la resistencia al cambio, es esencial para superar posibles obstáculos y garantizar la adopción exitosa del framework.

7.5 Criterios de Aceptación

En la tabla 32 se mencionan los criterios de aceptación que se han considerado para el presente proyecto.

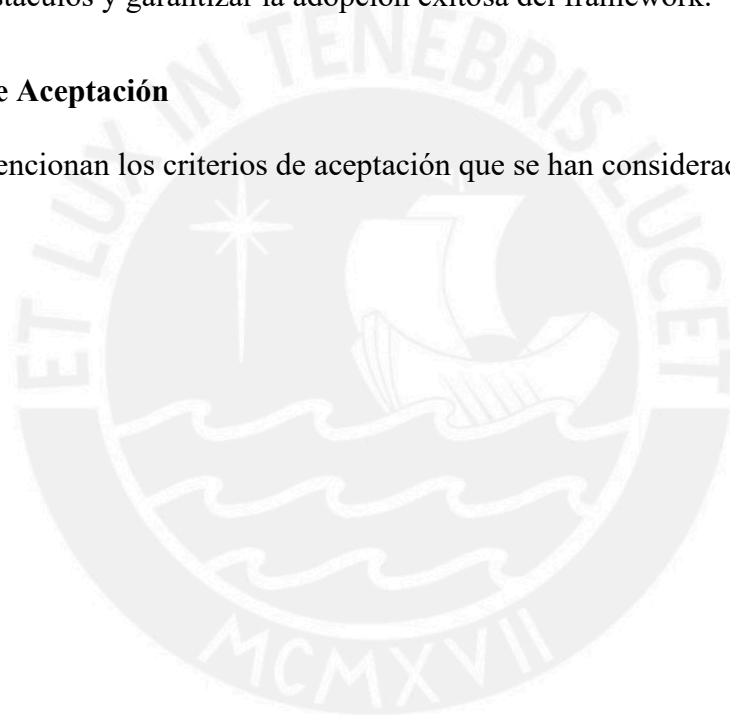


Tabla 34*Criterios de Aceptación*

Nro	Criterio de Aceptación
I. Fase Análisis	
1.1	Aprobación de Documento Visión de Arquitectura de Negocio Propuesto
1.2	Solicitud de Trabajo aprobado y firmado por la organización
II. Fase Diseño	
2.1	Aprobación de documento de Arquitectura de Negocio
2.2	Aprobación de documento de Arquitectura de Datos
2.3	Aprobación de documento de Arquitectura Tecnológica
III. Fase de Implementación	
3.1	Check list de Instalación de equipos
3.2	Check list de configuración e instalación de herramientas
3.3	Dashboard de monitoreo de cultivo aprobados por el usuario final
3.4	Pruebas funcionales al 100% de la solución de arquitectura desplegada.
IV. Fase de Verificación	
4.1	Protocolo de pruebas de equipos
4.2	Informe de pruebas aprobado por el usuario final
VI. Fase de Mantenimiento	
5.1	Entrega: Acta de conformidad de cierre de proyecto firmado por la organización
5.2	Mejora Continua: Aprobación de formato de solicitudes de cambio tecnológico y de negocio.

7.6 Puesta en Marcha, Seguimiento y Control

Este apartado tiene como finalidad el seguimiento y el control con el que todo plan de implementación debe contar y tiene como objetivo describir los lineamientos para el cumplimiento estricto de las diferentes actividades dentro del plan de actividades así mismo las actividades para la puesta en marcha y la Gestión del Cambio dentro del proyecto y el posterior mantenimiento de este.

7.6.1 Despliegue y Mantenimiento de Plataforma IoT

A. Centro de Excelencia en IoT (CoE)

- Objetivo: El CoE dentro Excelencia del Fondo tiene como objetivo el de asumir el liderazgo, las buenas prácticas, y futuros proyectos de investigación y desarrollo en IoT buscando siempre la escalabilidad de la implementación propuesta. Deberá ser liderada por el Gerente de TI de la empresa reportando a la Gerencia General.
- Funciones: Como su principal función se tiene el desarrollo de estrategias oportunas para la puesta en marcha y continuidad de los procesos definidos en el proyecto, así mismo con la habilitación de nuevos canales para futuras mejoras a implementar, para lo cual se deberían usar proyectos piloto que permitan la evaluación de tecnologías emergentes buscando la estandarización de procesos.
- Equipo: El equipo propuesto para el CoE deberá contar con un especialista en IoT que junto con un el Ingenieros de Datos asignado puedan tener todo el alcance del proyecto de lado técnico. Además, se deberá contar con la gestión del Negocio desde el área de Operaciones del Fondo. Es recomendable también contar con un experto en ciberseguridad.

B. Habilidades Necesarias

- Ingenieros de IoT: Este perfil deberá contar con conocimiento en sensores, así mismo de redes inalámbricas, y protocolos de comunicación.
- Desarrolladores de Software: Experiencia en programación para dispositivos IoT y desarrollo de plataformas de integración. El lenguaje de programación que se usará será Python. Además, es importante tener conocimientos de PowerBI para la gestión de los reportes necesarios para la toma de decisiones.
- Analistas de Datos: Este perfil deberá tener la capacidad de manejar y analizar grandes volúmenes de datos, y desarrollar modelos predictivos. Los procesos de Machine Learning están determinados como una segunda etapa dentro del proyecto, pero se busca poder explotar al máximo la información que se pueda ir obteniendo con la puesta en marcha del mismo.
- Especialistas en Ciberseguridad: Este perfil se busca para poder asegurar la integridad y seguridad de la plataforma IoT.

C. Ajustes en la Gerencia de TI

- Formación y Capacitación: Se harán programas de capacitación en las nuevas tecnologías y herramientas IoT, con el fin de estar siempre a la vanguardia de las mejoras tecnológicas del mercado. A su vez, se tendrá un material documentado de los procesos críticos de la implementación, esto dentro de una Wiki para así tener una rápida visión general de la implementación y puntos de mejora.
- Reestructuración del Equipo: Se deberá integrar nuevos roles específicos de IoT dentro de la Gerencia tal como se propone en la matriz de costos de viabilidad financiera del proyecto. Esto se hace vital ya que las nuevas tecnologías

implementadas deberán tener un control de mejoras y corrección de incidencias dentro del flujo de desarrollo.

➤ **Contratación de Personal Externo:** Se Considera como un punto opcional dentro del esquema de trabajo ya que con la colaboración de consultores externos especializados en IoT se podría dar solución a eventos de emergencia que podrían presentarse dentro del proceso de siembra y cosecha.

7.6.2 Procesos y mejora continua

A. Gobierno de las Plataformas IoT

➤ **Políticas y Normativas:** En esta etapa se buscará definir las políticas de uso necesarias para poder lograr los estándares de interoperabilidad de las plataformas propuestas, teniendo en consideración el Sistema SigFox propuesto además se busca desarrollar la normativa de cumplimiento que deberá ser acatado por todas las áreas que intervendrán en el proceso.

➤ **Comité de Gobierno:** Se establecerá un comité que tenga la responsabilidad de la supervisión, cumplimiento y revisión periódica de las políticas y normativas. Para ello se buscará tener la documentación debidamente actualizado con todos los procesos definidos dentro de la implementación del proyecto, así mismo con las políticas de gestión de cambios dentro la plataforma con su respectivo análisis de riesgos.

B. Procesos de Gestión de Datos

➤ **Recolección de Datos:** Con relación a los datos recolectados a través de la plataforma IoT implementada, esta deberá gestionada por protocolos de gobierno de data que sean claros sobre cómo, cuándo y dónde se recolectan los datos. Además

de que información se deberá considerar como crítica dentro del procesos y quienes serán los responsables de la seguridad de las mismas.

➤ Almacenamiento de Datos: Teniendo en cuenta las políticas de recolección de datos, la implementación busca presentar soluciones de almacenamiento escalables y seguras para manejar grandes volúmenes de datos. Al igual que el punto anterior también se implementarán las políticas necesarias para el almacenamiento de información crítica.

➤ Análisis y Reportes: Ya en este punto se busca implementar y definir los procesos para el análisis continuo de los datos y generación de informes para la toma de decisiones. Teniendo en cuenta la propuesta de arquitectura tecnológica y de datos propuesta en el proyecto, se implementará la documentación necesaria para todos los reportes que se utilizarán dentro del proyecto.

➤ Uso de Datos: Finalmente se definirá las políticas para la aplicación práctica de los datos recolectados, incluyendo acciones correctivas y preventivas.

C. Mantenimiento y Actualización de la Plataforma

➤ Plan de Mantenimiento: Se establecerá un calendario de mantenimiento regular para todos los dispositivos y componentes de la plataforma IoT. Esto será gestionada por el CoE el cual tendrá la responsabilidad de tener siempre actualizado la plataforma propuesta.

➤ Monitorización Continua: Este proceso será transversal a todo el tiempo de vida de la implementación desde el día de la puesta en marcha para lo cual se usarán sistemas de monitorización en tiempo real para detectar y resolver problemas rápidamente.

- Actualización de Software: El CoE tendrá también como responsabilidad los procesos para la actualización periódica del software de dispositivos IoT y plataformas de gestión.

D. Seguridad y Privacidad

- Ciberseguridad: Es importante tener los lineamientos adecuados y bien estructurados de ciberseguridad el cual contendrá las políticas para la implementación de medidas de seguridad para proteger los datos y la infraestructura IoT contra ciberataques.
- Privacidad de Datos: En base al punto anterior se deberá asegurar el cumplimiento de las normativas de protección de datos y privacidad si algún proceso necesita hacer uso de data sensible con la finalidad de mitigar algún incidente crítico dentro de la operativa.

E. Escalabilidad y Evolución

- Escalabilidad del Sistema: El proyecto está diseñado para que la plataforma tenga la capacidad de escalar en términos de cantidad de dispositivos y volumen de datos tal como lo indican las diferentes propuestas de arquitectura tecnológica y de datos dentro del capítulo de solución propuesta. Es por ello que la documentación general del proyecto deberá estar correctamente gestionada y de libre alcance para que el equipo asignado de mantenimiento y/o mejoras en infraestructura tenga el registro de primera mano sobre la tecnología que soporta la implementación de la plataforma.
- Innovación Continua: Este proceso es el más importante de todos ya que al estar soportado en tecnología de punta, esta va a estar evolucionando

continuamente, es por ello que los perfiles antes descritos deberán tener la experiencia necesaria para poder promover mejoras constantes haciendo una correcta evaluación para la incorporación de nuevas tecnologías y metodologías.

7.6.3 Riesgos asociados

A. Seguridad

- Autenticación y Autorización: En esta etapa se buscará definir las políticas adecuadas para robustecer el proceso de autenticación y autorización y así poder asegurar que solo los perfiles autorizados tengan acceso a los datos y a los dispositivos.
- Encriptación de Datos: Para tener un control óptimo y seguro de la información generada de los sensores IoT se utilizará encriptación tanto en tránsito como en reposo y así asegurar la protección de los datos recolectados.
- Monitoreo y Auditoría: Se establecerán los sistemas de monitoreo y auditoría continua para detectar y responder rápidamente a cualquier actividad que sea clasificado como sospechoso, con lo cual se busca evitar el robo de información.

B. Cumplimiento y Privacidad

- Cumplimiento Normativo: Según el marco regulatorio de la ley se busca tener detalladas las políticas para asegurar que todas las operaciones asociadas al uso de Tecnología IoT cumplan con las regulaciones nacionales e internacionales en lo relacionado a la privacidad y protección de datos.
- Transparencia: Para asegurar la óptima Gobernanza de la información se busca determinar los lineamientos para mantener la transparencia sobre los datos que se recolectan además de tener todo el detalle del uso que se le da a la información, así como los perfiles que tienen acceso.

C. Riesgos Financieros

- Evaluación de costos: Se definirán las políticas necesarias para la gestión de costos y planes financieros haciendo cortes periódicos del avance para así poder anticipar y tener un mejor control mitigando gastos imprevistos.
- Monitoreo de ROI: Se hará monitoreo continuo de los procesos para evaluar constantemente el retorno de la inversión teniendo en cuenta las métricas definidas dentro del alcance del proyecto.



VIII. Resultados Esperados

8.1 Resultados esperados en la implementación / Mejora de tecnologías de información

Con la implementación de soluciones tecnológicas Agro 4.0, se espera obtener los siguiente:

Integración eficiente de sensores:

- La utilización de sensores agrícolas para monitorear la humedad del suelo, la temperatura y la calidad del aire.
- Lograr una comprensión integral de la situación en el campo mediante la combinación efectiva de datos de varios sensores, ubicados en áreas estratégicas.

Tabla 35

Indicadores de Integración Eficiente de Sensores

Dimensión	Indicador	Descripción
Precisión y confiabilidad de la información	Tasa de error de los sensores	Porcentaje de datos inconsistentes generados por los sensores IoT.
	Tiempo de operación sin fallos	Tiempo promedio de operación de los sensores sin interrupción o fallos.
	Frecuencia de calibración de sensores	Número de veces que los sensores necesitan ser calibrados o recalibrados para mantener su precisión,
Alcance y cobertura de monitoreo	Área de cobertura	Extensión del área cubierta por los sensores del fundo. Número de sensores instalados por sectores.
Integración y comunicación de la información.	Tasa de transmisión de datos	Velocidad de transmisión de datos desde los sensores a la plataforma central.
	Interoperabilidad	Capacidad de los sensores para integrarse y comunicarse con los dispositivos de red y/o sistemas.
	Latencia de datos	Tiempo de transmisión y procesamiento desde el sensor hasta la plataforma central.
Impacto en la productividad	Eficiencia del riego	Reducción en el uso del agua, en base a la información proporcionada por los sensores.
	Incremento en la producción	Aumento en la producción de cultivo, debido a una mejor gestión basada en datos de sensores.
	Reducción en el uso de insumos	Disminución del uso de fertilizantes y pesticidas, debido a un monitoreo más preciso.

Plataforma Centralizada de Datos Agrícolas:

- Establecimiento de una plataforma integrada para recopilar, almacenar y examinar datos agrícolas en tiempo real.
- El objetivo debe lograrse es que los sistemas integrados de información geográfica (SIG) se utilizan para mapear y visualizar datos de manera eficiente.

Tabla 36

Indicadores de Eficiencia de la Plataforma Centralizada de Datos Agrícolas

Dimensión	Indicador	Descripción
Precisión de los datos	Tasa de error en los datos	% de datos incorrectos, inconsistentes o duplicados.
	Actualización de los datos	Frecuencia con la que los datos se actualizan en la plataforma.
Accesibilidad y Usabilidad	Tiempo de Respuesta	Tiempo que tarda la plataforma en responder a solicitudes de datos.
	Facilidad de Uso	Evaluación de la experiencia del usuario en interacción con la plataforma.
Integración y Compatibilidad	Interoperabilidad	Capacidad de la plataforma para integrarse con los dispositivos (sensores, software de gestión, etc.).
	Conectividad	Estabilidad y fiabilidad de la conexión.
Seguridad y Acceso	Incidentes de Seguridad	Número de incidentes de seguridad registrados tales como accesos no autorizados, brechas de datos, etc.
	Cumplimiento Normativo	Nivel de cumplimiento con las normativas de protección de datos y seguridad.
	Cifrado de datos	Aplicación y uso de métodos o técnicas de cifrado para proteger los datos registrados y transmitidos.

Automatización de Procesos Agrícolas:

- Implementación de tecnologías de automatización de procesos para las diferentes fases en el proceso agrícola, como monitoreo de plagas y temperatura, etc.
- Procesos operacionales se vean automatizados a través de la aplicación de tecnologías de Internet de las cosas (IoT) en maquinaria y equipos agrícolas.

Tabla 37

Indicadores de Automatización de Procesos Agrícolas

Dimensión	Indicador	Descripción
Eficiencia operacional	Reducción del Tiempo de Operación	Disminución del tiempo necesario para completar tareas agrícolas gracias a la automatización.
	Aumento en la Capacidad de Trabajo	Incremento en la cantidad de trabajo que puede realizarse en un período determinado debido a la automatización.
	Tasa de Utilización de Equipos	% de tiempo en que los equipos automatizados están en uso efectivo.
Productividad	Rendimiento de los Cultivos	Aumento en la producción por hectárea como resultado de procesos automatizados.
	Tasa de Crecimiento del cultivo	Velocidad a la que crecen las plantas bajo condiciones automatizadas.
Calidad del producto	Consistencia de la Calidad	Variabilidad reducida en la calidad del producto terminado.
	Reducción de Pérdidas y Desperdicios	Disminución en la cantidad de productos no cosechables o desperdiciados debido a una gestión más precisa.
Sostenibilidad y Medio Ambiente	Reducción del Consumo de Agua y Energía	Cantidad de agua y energía ahorrada.
Satisfacción del Personal	Grado o nivel de satisfacción del personal	Opiniones del personal sobre la facilidad de uso y la efectividad de los sistemas automatizados.
Impacto Económico	Retorno de inversión (ROI)	Beneficios económicos obtenidos en relación con el costo de implementación y operación de los sistemas automatizados.
	Incremento en los ingresos	Aumento en los ingresos debido a mejoras en la eficiencia y productividad.
	Reducción de costos totales	Disminución en los costos operativos totales debido a la automatización.

Conectividad y Comunicación Efectiva:

- Infraestructura de comunicación robusta para garantizar la conectividad ininterrumpida entre dispositivos IoT y la plataforma central.

Tabla 38*Indicadores de Conectividad y Comunicación Efectiva*

Dimensión	Indicador	Descripción
Calidad de la Conexión	Ancho de banda	Velocidad de la conexión a Internet en el fondo, medida en Mbps (megabits por segundo).
	Latencia de red	Tiempo que tarda en transmitirse un paquete de datos desde el origen hasta el destino, medido en milisegundos (ms).
	Tasa de pérdida de paquetes	Porcentaje de paquetes de datos que se pierden durante la transmisión.
Cobertura de Red	Área de cobertura	Proporción de la superficie del fondo cubierta por la red de comunicación (Wi-Fi, Gateway etc.).
	Intensidad de señal	Fuerza de la señal en diferentes áreas del fondo, medida en dBm (decibelios-milivattios).
	Disponibilidad de conexión	Tiempo durante el cual la red está disponible y operativa, medida como porcentaje del tiempo total.
Satisfacción del Usuario	Feedback de los usuarios	Opiniones y recomendaciones de los usuarios sobre la calidad y efectividad de la conectividad y la comunicación.
	Nivel de satisfacción	Medición de la satisfacción general de los usuarios a través de encuestas y otros métodos.

Capacitación y Adopción Tecnológica:

- Envío a instituciones educativas de la zona para agricultores y personal relacionado con la implementación de nuevas tecnologías.
- Gestión del cambio de las nuevas tecnologías por parte de los usuarios finales.

A continuación, en la Tabla 39 se muestran los indicadores utilizados en la adopción tecnológica.

Tabla 39*Indicadores de Capacitación y Adopción Tecnológica*

Dimensión	Indicador	Descripción
Participación en la capacitación	Tasa de participación en capacitación	% de empleados que han finalizado con los programas de capacitación tecnológica.
	Horas de capacitación por empleado	Promedio de horas de capacitación tecnológica.
Eficacia en la capacitación	Evaluación de conocimientos	Puntuaciones promedio en evaluaciones antes y después de la capacitación para medir el aumento en conocimientos.
	Aplicación práctica	Número de empleados que aplican efectivamente las habilidades aprendidas en su trabajo diario.
	Feedback de los participantes	Opiniones y sugerencias de los empleados sobre la calidad y utilidad de la capacitación recibida.
Adopción de nuevas tecnologías	Tasa de adopción de tecnología	% de empleados que utilizan activamente las nuevas tecnologías implementadas.
	Frecuencia de uso	Medición de la frecuencia con la que los empleados utilizan las nuevas tecnologías en sus tareas diarias.
Impacto en la productividad	Incremento de la eficiencia	Mejoras en la eficiencia operativa atribuibles a la adopción de nuevas tecnologías.
	Reducción de errores	Disminución en el número de errores operativos debido al uso de nuevas tecnologías.
	Tiempo de actividades	Reducción en el tiempo requerido para completar tareas debido a la adopción de tecnologías.

Monitoreo Ambiental y Sostenibilidad:

- Implementación de tecnologías para gestionar el impacto ambiental de las prácticas agrícolas que se realizan en el fundo San Carlos
- Integración de prácticas sostenibles y eco amigables con el objetivo de mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental.

Tabla 40*Indicadores de Monitoreo Ambiental y Sostenibilidad*

Dimensión	Indicador	Descripción
Uso de recursos naturales	Consumo de agua	Cantidad de agua utilizada por hectárea y por tipo de cultivo.
	Consumo de energía	Proporción de agua utilizada eficazmente para el riego frente al total de agua suministrada.
Gestión de residuos	Cantidad de residuos generados	Volumen de residuos agrícolas producidos.
	Gestión de residuos peligrosos	Cantidad de residuos peligrosos generados y su correcta disposición.
Emisiones y Contaminación	Emisiones de CO ₂	Cantidad de dióxido de carbono emitido por las actividades agrícolas.
	Uso de pesticidas y fertilizantes	Cantidad de pesticidas y fertilizantes químicos aplicados por hectárea.
Salud y Seguridad del personal	Incidentes relacionados con la salud	Número de incidentes de salud relacionados con la exposición a productos químicos o condiciones de trabajo peligrosas.
	Capacitación en prácticas sostenibles	Número de horas de capacitación en prácticas agrícolas sostenibles y seguridad ambiental por empleado.
Impacto Económico y social	Costos de implementación de prácticas sostenibles	Inversión realizada en la implementación de tecnologías y prácticas sostenibles.
	Beneficios Económicos de la Sostenibilidad	Ahorros y beneficios económicos derivados de prácticas sostenibles, como la reducción de costos operativos y aumento de la eficiencia.
	Contribución a la Comunidad	Iniciativas y programas desarrollados para beneficiar a la comunidad local y mejorar la sostenibilidad social.

8.1.1 Flujo de Caja Económica Proyectado

En el presente capítulo, se muestra el flujo de caja proyectado con la finalidad de evidenciar los resultados positivos del proyecto.

Para el desarrollo del Flujo de Caja Económico proyectado, se consideró tres aspectos siguientes: (a) los ingresos de la producción a un valor de S/ 1,083,000.00; (b) la merma de la

cosecha significó un monto de S/ 108,300.00 (equivalente al 10% de la producción); y (c) la producción recuperada representó una cifra de S/ 54,150.00. De igual manera, se realizó el flujo neto esperado para el proyecto teniendo en cuenta la inversión, el escudo de depreciación los ahorros y el Opex, además también se ha considerado la perpetuidad del proyecto en un horizonte de 5 años. Se puntualizan los valores conseguidos de las métricas financieras siguientes: (a) un VAN de S/ 368,225,29.00, (b) TIR de 31%, (c) un retorno de la inversión al cuarto año, como se muestra en la Tabla 41, Tabla 42 y Tabla 43.

Tabla 41

Flujo de Ingresos y Ahorros Proyectado

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Produccion	S/ 1,083,000.00	S/ 1,083,000.00	S/ 1,083,000.00	S/ 1,083,000.00	S/ 1,083,000.00
Merma Actual	S/ 108,300.00	S/ 108,300.00	S/ 108,300.00	S/ 108,300.00	S/ 108,300.00
Recuperacion	S/ 54,150.00	S/ 54,150.00	S/ 54,150.00	S/ 54,150.00	S/ 54,150.00
Beneficio	S/ 162,450.00	S/ 162,450.00	S/ 162,450.00	S/ 162,450.00	S/ 162,450.00

Tabla 42

Flujo de Caja Económica Proyectado

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Perpetuidad
Inversion	-377359.3						
Escudo Depreciacion/Amortizacion		27584.966	27584.966	27584.966	27584.966	27584.966	
Ahorros		103074.53	103074.53	103074.53	103074.53	103074.53	
Opex		-36911.61	-43542.13	-36911.61	-43542.13	-36911.61	
Flujo Neto	-377359.3	93747.885	87117.36	93747.885	87117.36	93747.885	799550.73

Tabla 43

Tasa Interna de Retorno Proyectado

Inversión	S/	377359,004.32
Valor Actual Neto (VAN)	S/	368,225.00
Tasa Interna de Retorno (TIR)		31%

8.2 Resultados esperados en el frente social vinculado a la implementación / Mejora de tecnologías de información

Con los resultados esperados en el frente social se esperan los siguientes beneficios y mejoras:

Tabla 44

Impacto de la implementación del proyecto en el frente social

ODS	Objetivo	Mejoras
ODS 1	Fin de la pobreza	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumento Salarial: Proporcionar un aumento salarial justo: Un aumento del 10-20% en los salarios podría mejorar significativamente las condiciones económicas de los trabajadores. ✓ Condiciones de Trabajo: <ul style="list-style-type: none"> • Mejorar la seguridad laboral: Implementar medidas para mejorar la seguridad en el trabajo puede contribuir en un 15-30% a la calidad laboral. • Reducción de horas de trabajo excesivas: Limitar las horas de trabajo a un nivel razonable puede mejorar la calidad de vida y productividad en un 10-15%. ✓ Beneficios y Prestaciones: Proporcionar beneficios adicionales: Ofrecer beneficios como seguros médicos, subsidios de transporte o comidas podría mejorar las condiciones laborales en un 10-25%. ✓ Desarrollo Profesional: Oportunidades de capacitación y desarrollo: Proporcionar oportunidades de capacitación y desarrollo profesional puede mejorar la satisfacción laboral en un 15-20%. ✓ Participación en Decisiones: Incluir a los trabajadores en la toma de decisiones: Incluir a los trabajadores en las decisiones relacionadas con su trabajo puede aumentar la satisfacción laboral en un 10-15%. ✓ Ambiente Laboral: Mejorar las instalaciones y el entorno de trabajo: Mejorar las instalaciones y crear un entorno laboral cómodo puede tener un impacto positivo del 10-20%.
ODS 9	Industria, innovación e infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Desarrollo de Infraestructuras: Mejora de carreteras y transporte: Si se invierte en el desarrollo de infraestructuras de transporte, como carreteras y sistemas logísticos eficientes, podría haber un cambio positivo en la ODS 9. ✓ Promoción de la Innovación: Apoyo a la innovación local: Fomentar la innovación a nivel local, ya sea a través de programas de apoyo a emprendedores o la creación de espacios de innovación. ✓ Adopción de Tecnología: Uso de tecnologías en la agricultura: En una región agrícola como Huaral, la adopción de tecnologías agrícolas modernas mejorara la eficiencia y la calidad de los productos, reduciendo la merma en un 68% ✓ Acceso a la Tecnología de la Información: Ampliación de la conectividad: Mejorar el acceso a la tecnología de la información la misma que estaría disponible para los colegios de la zona. ✓ Capacitación y Educación: Programas de formación técnica y científica en los institutos y colegios dando a conocer la tecnología Agro 4.0.
ODS 13	Acción por el clima	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reducción de Residuos y Emisiones: Precisión Farming: La agricultura de precisión, una característica de la tecnología Agro 4.0, permitirá la aplicación precisa de insumos agrícolas, reduciendo los residuos y las emisiones asociadas a prácticas agrícolas convencionales en un valor del 70%

IX. Conclusiones y Recomendaciones

9.1 Conclusiones

- ✓ Se logró determinar el problema principal de Fundo San Carlos, la cual corresponde a la baja calidad en el proceso de cultivo y cosecha de frutas debido al poco uso de tecnología Agro 4.0.
- ✓ Se realizó el análisis por diagrama de Ishikawa para identificar las causas raíz del problema, las cuales solo fueron seleccionadas las causas que tienen mayor relación con el problema general, estas causas son: (a) falta de un sistema de control de PH, (b) falta de un sistema de detección de plagas, (c) falta de un sistema de detectores climáticos, y (d) falta de un sistema de sensores de temperatura.
- ✓ En relación con las causas identificadas, y en base a la evaluación de alternativas seleccionadas, las soluciones a implementar están relacionadas con el uso del internet de las cosas (IoT), así mismo dicha tecnología será soportada bajo la infraestructura que tiene actualmente el fundo.
- ✓ Para determinar la viabilidad de la propuesta de innovación tecnológica, se realizó el análisis de flujo de caja proyectado considerando el escenario actual y esperado, cuyos resultados dieron como viable el proyecto, obteniendo un TIR de 66%, un ROI de 91% y un periodo de recuperación de 2 años.

9.2 Recomendaciones

- ✓ Realizar un seguimiento continuo de los procesos agrícolas implementados a del análisis de datos operativos puede revelar oportunidades de optimización.
- ✓ La gestión de datos agrícolas es crucial para la toma de decisiones informadas. Se deben revisar y aplicar buenas prácticas en la gestión de datos con el fin de asegurar la calidad,

integridad y disponibilidad de la información agrícola. La implementación de estrategias de análisis de datos avanzadas también puede ser evaluada para mejorar la generación de conocimiento a partir de los datos recopilados.

- ✓ La seguridad en el agro 4.0 es crítica. Se recomienda realizar una evaluación continua de riesgos y seguridad, lo cual implica la revisión de políticas de seguridad, la detección y respuesta a amenazas, así como la adaptación a cambios en el panorama de ciberseguridad para garantizar la protección continua de los activos agrícolas y los datos sensibles.



Referencias

(16 febrero, 2010). “*Utilizan aeronaves a control remoto para predicción de cosechas y tomas fotográficas de cultivos*”, ANDINA: Agencia peruana de noticias [en línea]. Disponible en: <http://www.andina.com.pe/Espanol/Noticia.aspx?id=CHSQjrNz6+U>

2020. *Las oportunidades de la digitalización en América Latina frente al COVID-19 (en línea)*. Santiago, Chile. 36 p. Consultado 17 abr. 2021. <http://hdl.handle.net/11362/45360>

A. Ollero, *Robótica: Manipuladores y robots móviles*. Barcelona, España: Marcombo Boixareu Editores, 2001.

<http://el.uy/doc/robotica/Ollero%20Baturone,%20An%C3%ADbal.%202001.%20Rob%C3%B3tica,%20manipuladores%20y%20robots%20m%C3%B3viles.pdf>

Aguero, Aileen & Munoz, Gonzalo & Negro, Alvaro & Alcaraz, Andrea. (2021). *Analisis-de-politicas-agropecuarias-en-Peru-2014-2018*. 10.18235/0003209.

<http://dx.doi.org/10.18235/0003209>

Alam, M. F. B., Tushar, S. R., Zaman, S. M., Gonzalez, E. D. S., Bari, A. M., & Karmaker, C. L.

(2023). *Analysis of the drivers of Agriculture 4.0 implementation in the emerging economies: Implications towards sustainability and food security*. *Green Technologies and Sustainability*, 1(2), 100021.

https://www.researchgate.net/publication/369099623_Analysis_of_the_drivers_of_Agriculture_40_implementation_in_the_emerging_economies_Implications_towards_sustainability_and_food_security

- Alenizi, F. A., Abbasi, S., Mohammed, A. H., & Rahmani, A. M. (2023). *The Artificial Intelligence Technologies in Industry 4.0: A Taxonomy, Approaches, and Future Directions*. *Computers & Industrial Engineering*, 109662.
https://www.researchgate.net/publication/374951228_The_artificial_intelligence_technologies_in_Industry_40_A_taxonomy_approaches_and_future_directions
- Alves de Araujo, Sídney, et al., 2018. *Automatic visual inspection of grain quality in agroindustry 4.0. Brazil: International Journal Of Innovation*, 2018. Vol. 6. E-ISSN: 2318-9975. <https://www.redalyc.org/journal/4991/499168360002/499168360002.pdf>
- Ancillai, C., Sabatini, A., Gatti, M., & Perna, A. (2023). *Digital technology and business model innovation: A systematic literature review and future research agenda*. *Technological Forecasting and Social Change*, 188, 122307.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0040162522008289>
- B. A. Keating and R. L. McCown, “*Advances in farming systems analysis and intervention*,” in *Agricultural Systems*, 2001, vol. 70, no. 2–3, pp. 555–579, doi: 10.1016/S0308-521X(01)00059-2.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X01000592>
- Balkrishna, A., Pathak, R., Kumar, S., Arya, V., & Singh, S. K. (2023). *A comprehensive analysis of the advances in Indian Digital Agricultural architecture*. *Smart Agricultural Technology*, 5, 100318.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772375523001478>
- BIRF. (2022). “*El agua en la agricultura*”, BIRF: Banco Internacional de Reconstrucción y

- Fomento. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
- Brook, Anna, et al., 2019. *LCIS DSS—An Irrigation Supporting System for Efficient Water Use in Precision Agriculture*. Barcelona: Proceedings, 2019. 201930021.
<https://www.mdpi.com/2504-3900/30/1/21>
- Costa, F., Frecassetti, S., Rossini, M., & Portioli-Staudacher, A. (2023). *Industry 4.0 digital technologies enhancing sustainability: Applications and barriers from the agricultural industry in an emerging economy*. *Journal of Cleaner Production*, 408, 137208.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623013665>
- CAF (Banco de Desarrollo de América Latina, Venezuela); CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). <https://www.caf.com/>
- Da Silveira, F., Lermen, F. H., & Amaral, F. G. (2021). *An overview of agriculture 4.0 development: Systematic review of descriptions, technologies, barriers, advantages, and disadvantages*. *Computers and electronics in agriculture*, 189, 106405.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169921004221>
- Debauche, O., Mahmoudi, S., Manneback, P., & Lebeau, F. (2022). *Cloud and distributed architectures for data management in agriculture 4.0: Review and future trends*. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34(9), 7494-7514.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319157821002664>
- Díaz, R., & Valencia, T. (2010). *Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios, en el corregimiento Bolo San Isidro, Palmira (Valle del*

Cauca). , 1, 7-17. <https://doi.org/10.22490/21456453.900>

Eastwood, C. R., Edwards, J. P., & Turner, J. A. (2021). *Review: Anticipating alternative trajectories for responsible Agriculture 4.0 innovation in livestock systems. Animal 15, 100296.* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731121001397>

Facchini, F., Digiesi, S., & Pinto, L. F. R. (2022). *Implementation of I4. 0 technologies in production systems: opportunities and limits in the digital transformation. Procedia Computer Science, 200, 1705-1714.*
https://www.researchgate.net/publication/359108176_Implementation_of_I40_technologies_in_production_systems_opportunities_and_limits_in_the_digital_transformation

Fani, V. et al.(2021). *Implementation framework for PLM: a case study in the fashion industry. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 113, 435-448.*
https://www.researchgate.net/publication/348758122_Implementation_framework_for_PLM_a_case_study_in_the_fashion_industry

Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K., & Naeem, M. A. (2019). *A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. Ieee Access, 7, 156237-156271.*
https://www.researchgate.net/publication/336817184_A_Survey_on_the_Role_of_IoT_in_Agriculture_for_the_Implementation_of_Smart_Farming

FAO. (2020). *COVID-19 Response and Recovery Programme: Asia and the Pacific – Food systems transformation.*
<https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/08c6a446-1023-4278-9a9e->

[e111cdd3e6a4/content](#)

FAO. 2011. *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid.
<https://www.fao.org/4/i1688s/i1688s.pdf>

Genius, M., Koundouri, P., Nauges, C., & Tzouvelekas, V. (2013). *Information transmission in irrigation technology adoption and diffusion: social learning, extension services, and spatial effects*. *American Journal of Agricultural Economics*, 96(1), 328–344. Portico.
<https://doi.org/10.1093/ajae/aat054>

Ioanna et al. (2023), Building an interoperable space for smart agriculture, Digital Communications and Networks, Volume 9, Issue 1, 2023, Pages 183-193, ISSN 2352-8648. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352864822000165>

Jones, E. O., Tham-Agyekum, E. K., Ankuyi, F., Ankrah, D. A., Akaba, S., Shafiwi, A. B., & Richard, F. N. (2023). *Mobile agricultural extension delivery and climate-smart agricultural practices in a time of a pandemic: Evidence from southern Ghana*. *Environmental and Sustainability Indicators*, 19, 100274.
<https://pure.ug.edu.gh/en/publications/mobile-agricultural-extension-delivery-and-climate-smart-agricult>

K. Valavanis (2009), *Unmanned Aircraft Systems: International Symposium on Unmanned Aerial Vehicles, UAV '08*, vol. 54. Florida, USA.
https://www.researchgate.net/publication/321619359_Unmanned_Aircraft_Systems_Inter

[national_Symposium_On_Unmanned_Aerial_Vehicles_UAV'08](#)

KASSING, Ruud, de Shuter, Bart y EDO, Abraham. 2020. *Optimal control for precision irrigation of a large-scale plantation*. Países bajos: Water Resources research, 2020.

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019WR026989>

Lezoche, et al. (2020). *Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture*. *Computers in industry*, 117, 103187.

https://www.researchgate.net/publication/339603272_Agri-food_4_0_A_survey_of_the_Supply_Chains_and_Technologies_for_the_Future_Agriculture

M. Oberascher et al., “Advanced rainwater harvesting through smart rain barrels,” in *World Environmental and Water Resources Congress 2019: Watershed Management, Irrigation and Drainage, and Water Resources Planning and Management - Selected Papers from the World Environmental and Water Resources Congress 2019*, 2019, pp. 75–82.

<https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784482339>

Mas, F. F. (2022). Otro neoliberalismo: la escuela de Harvard y Michael Porter El ascenso de la estrategia de negocios. *Espacio Abierto*, 31(2), 160-180.

<https://www.redalyc.org/journal/122/12270893010/html/>

Mousa, S. K., & Othman, M. (2020). *The impact of green human resource management practices on sustainable performance in healthcare organisations: A conceptual framework*. *Journal of cleaner production*, 243, 118595.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619334651>

- Neelu, L., & Kavitha, D. (2021). *Estimation of software quality parameters for hybrid agile process model*. *SN Applied Sciences*, 3(3), 296.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-021-04305-0>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). *The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews*. *International journal of surgery*, 88, 105906.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33789826/>
- Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J., & Turner, L. A. (2007). *Toward a definition of mixed methods research*. *Journal of mixed methods research*, 1(2), 112-133.
https://www.researchgate.net/publication/235413072_Toward_a_Definition_of_Mixed_Methods_Research_Journal_of_Mixed_Methods_Research_1_112-133
- Penprase, B.E. *"The Fourth Industrial Revolution and Higher Education"* in Higher Education in the Era of the Fourth Industrial Revolution books, Singapore: Palgrave Macmillan, 2018.
https://www.researchgate.net/publication/325899393_The_Fourth_Industrial_Revolution_and_Higher_Education
- Quealy, S., Lynch, P. J., & Hasan, N. (2022). *Agriculture 4.0: Data platforms in food supply*. In *Digital Agritechology* (pp. 219-241). Academic Press.
<https://research.setu.ie/en/publications/agriculture-40>
- Rambauth Ibarra, G. E. (2022). *Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola*. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 34–38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8838628>

- Raza, Z., Haq, I. U., & Muneeb, M. (2023). *Agri-4-All: A Framework for Blockchain Based Agricultural Food Supply Chains in the Era of Fourth Industrial Revolution*. *IEEE Access*, 11, 29851-29867.
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=10077566>
- Raj, M., Gupta, S., Chamola, V., Elhence, A., Garg, T., Atiquzzaman, M., & Niyato, D. (2021). *A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture 4.0*. *Journal of Network and Computer Applications*, 187, 103107.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1084804521001284>
- Relf-Eckstein, J. E., Ballantyne, A. T., & Phillips, P. W. (2019). *Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming*. *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100307.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1573521418302458>
- Ryazanova, G. N. (2019). *Transformation of agricultural enterprises on the boundary of the XX-XI centuries*. *IFAC-PapersOnLine*, 52(25), 225-230.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896319323869>
- Sagarna Garcia, J. M., & Pereira Jerez, D. (2020). *Agro-food projects: analysis of procedures within digital revolution*. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(3), 648-664. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-02-2019-0039>
- Saraf and D. H. Gawali S. B., “*IoT based smart irrigation monitoring and controlling system*,” in *RTEICT 2017 - 2nd IEEE, Proceedings, 2017*, vol. 2018-Janua, pp. 815–819, doi: 10.1109/RTEICT.2017.8256711. <https://sci->

[hub.se/https://doi.org/10.1109/RTEICT.2017.8256711](https://doi.org/10.1109/RTEICT.2017.8256711)

Saadane, R., Chehri, A., & Jeon, S. (2022). *AI-based modeling and data-driven evaluation for smart farming-oriented big data architecture using IoT with energy harvesting capabilities. Sustainable Energy Technologies and Assessments, 52, 102093.*

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221313882200145X>

Senna, P. P., Ferreira, L. M. D., Barros, A. C., Roca, J. B., & Magalhães, V. (2022). *Prioritizing barriers for the adoption of Industry 4.0 technologies. Computers & Industrial Engineering, 171, 108428.*

https://www.researchgate.net/publication/361883953_Prioritizing_barriers_for_the_adoption_of_industry_40_technologies

Sharma, V., Tripathi, A. K., & Mittal, H. (2022). *Technological revolutions in smart farming: Current trends, challenges & future directions. Computers and Electronics in Agriculture, 107217.*

https://www.researchgate.net/publication/362669474_Technological_revolutions_in_smart_farming_Current_trends_challenges_future_directions

Silva, F, et al. (2023). *Open innovation in agribusiness: Barriers and challenges in the transition to agriculture 4.0. Sustainability, 15(11), 8562.*

<https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v15y2023i11p8562-d1155226.html>

Song, X., Meng, Q., & Huang, Z. (2021, August). *The Construction of Agricultural Big Data Ecosystem Based on “Internet+”*. In *2021 IEEE International Conference on Advances in Electrical Engineering and Computer Applications (AEECA)* (pp. 277-282). IEEE.

<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9574432/>

Steinke, J., Ortiz-Crespo, B., van Etten, J., & Müller, A. (2022). *Participatory design of digital innovation in agricultural research-for-development: insights from practice*. *Agricultural Systems*, 195, 103313.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X21002663>

United Nations. (n.d). *Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación*. Accessed April 25, 2022, from

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

United Nations. (n.d.). Objetivo 12: *Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Accessed April 25, 2022, from

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production>

Vasquez, J. A. G., Arroyo, M. E. C., Maguiña, M. M. H., Asto, M. K. L., Quincho, L. M. S., & Cabrera, A. F. V. (2023). *Tecnologías del internet de las cosas aplicadas en la cadena de suministro*. Una revisión sistemática. *Gestión de Operaciones Industriales*, 2(01), 8-26.

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/RINGIND/article/view/5408>

Verdouw, C., Sundmaeker, H., Tekinerdogan, B., Conzon, D., & Montanaro, T. (2019).

Architecture framework of IoT-based food and farm systems: A multiple case study.

Computers and Electronics in Agriculture, 165, 104939.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169919306192>

Welbourne, et al. (2009). *Building the internet ofthing usingrfid: Therfi deco system experience*.

IEEE Internet Computing, 13, 48-55. doi:10.1109/MIC.2009.52.

<https://people.cs.pitt.edu/~mosse/courses/cs3720/enabling-green-iot.pdf>

Ye, H., et al. (2023). *Digital transformation of agriculture: A new integrated modeling framework for arable farm enterprises*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 212, 108041. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169923004295>



Anexos

Anexo 1. Producción Caqui 2023

Producción Caqui 2023				
Fecha	Jabas	Kilos	Merma	Kilos
21/03/2023	263	2,630	26.3	263
24/03/2023	100	900	10	100
24/03/2023	100	900	10	100
24/03/2023	51	459	5.1	51
27/03/2023	511	5,110	51.1	511
28/03/2023	100	900	10	100
28/03/2023	100	900	10	100
28/03/2023	100	900	10	100
29/03/2023	62	558	6.2	62
31/03/2023	55	550	5.5	55
01/04/2023	111	1,000	11.1	111
03/04/2023	55	1,050	5.5	55
05/04/2023	15	220	1.5	15
14/04/2023	1650	23222	165	1650
14/04/2023	560	8081	56	560
14/04/2023	561	8257	56.1	561
17/04/2023	825	12481	82.5	825
17/04/2023	880	13476	88	880
17/04/2023	880	13396	88	880
17/04/2023	825	12362	82.5	825
18/04/2023	880	13078	88	880
18/04/2023	880	13194	88	880
18/04/2023	880	12944	88	880
18/04/2023	880	13014	88	880
18/04/2023	550	8115	55	550

19/04/2023	880	13024	88	880
19/04/2023	825	12287	82.5	825
19/04/2023	715	10684	71.5	715
24/04/2023	825	12097	82.5	825
24/04/2023	880	12954	88	880
24/04/2023	880	13074	88	880
24/04/2023	880	12794	88	880
25/04/2023	880	12874	88	880
25/04/2023	880	12804	88	880
25/04/2023	825	12167	82.5	825
25/04/2023	880	12844	88	880
25/04/2023	880	12834	88	880
26/04/2023	880	12804	88	880
26/04/2023	880	12924	88	880
26/04/2023	880	12844	88	880
26/04/2023	880	12834	88	880
26/04/2023	880	12784	88	880
27/04/2023	880	12860	88	880
27/04/2023	880	12894	88	880
27/04/2023	440	6542	44	440
02/05/2023	880	12744	88	880
02/05/2023	880	12764	88	880
02/05/2023	825	12077	82.5	825
02/05/2023	880	12984	88	880
02/05/2023	880	12864	88	880
03/05/2023	880	12,874	88	880
03/05/2023	825	12,197	82.5	825
03/05/2023	18	372	1.8	18
03/05/2023	880	13,114	88	880
03/05/2023	880	13,294	88	880
04/05/2023	825	12,487	82.5	825
04/05/2023	880	13,576	88	880
04/05/2023	110	1,100	11	110
04/05/2023	90	900	9	90
04/05/2023	880	13,294	88	880
04/05/2023	880	13,404	88	880
08/05/2023	880	13,094	88	880
08/05/2023	880	13,194	88	880
08/05/2023	825	12,297	82.5	825
08/05/2023	880	13,084	88	880
08/05/2023	880	13,144	88	880

09/05/2023	825	12,277	82.5	825
09/05/2023	880	13,164	88	880
09/05/2023	880	13,214	88	880
09/05/2023	880	13,164	88	880
09/05/2023	880	13,274	88	880
10/05/2023	825	12,477	82.5	825
10/05/2023	880	13,164	88	880
10/05/2023	100	1,020	10	100
10/05/2023	880	13,144	88	880
10/05/2023	29	597	2.9	29
10/05/2023	825	12,347	82.5	825
11/05/2023	880	13,044	88	880
11/05/2023	880	13,114	88	880
11/05/2023	880	12,984	88	880
11/05/2023	10	150	1	10
11/05/2023	550	8,185	55	550
15/05/2023	880	12,984	88	880
15/05/2023	30	540	3	30
15/05/2023	880	12,874	88	880
15/05/2023	880	13,104	88	880
16/05/2023	880	13,154	88	880
16/05/2023	880	13,234	88	880
16/05/2023	880	13,204	88	880
16/05/2023	880	436	88	880
17/05/2023	43	836	4.3	43
17/05/2023	20	200	2	20
17/05/2023	88	13,114	8.8	88
17/05/2023	6	119	0.6	6
17/05/2023	880	13,164	88	880
17/05/2023	880	13,124	88	880
18/05/2023	880	13,424	88	880
18/05/2023	605	9,261	60.5	605
23/05/2023	880	13,044	88	880
23/05/2023	880	12,974	88	880
23/05/2023	880	13,074	88	880
23/05/2023	880	13,164	88	880
23/05/2023	880	13,304	88	880
23/05/2023	880	13,224	88	880
24/05/2023	880	13,194	88	880
24/05/2023	880	13,164	88	880

24/05/2023	880	13,074	88	880
24/05/2023	880	13,234	88	880
24/05/2023	880	13,050	88	880
24/05/2023	77	1,506	7.7	77
24/05/2023	880	13,214	88	880
24/05/2023	880	13,574	88	880
25/05/2023	880	13,094	88	880
25/05/2023	880	13,264	88	880
25/05/2023	660	9,898	66	660
25/05/2023	550	8,305	55	550
29/05/2023	880	13,164	88	880
29/05/2023	880	13,174	88	880
29/05/2023	146	2,770	14.6	146
30/05/2023	550	8,125	55	550
30/05/2023	440	6,383	44	440



Anexo 2. Producción Mandarina Tanto 2023

Producción Mandarina Tango 2023

Fecha	Jabas	Kilos	Merma	Kilos
31-05-23	780	12,496	85.8	858
17-07-23	749	12,332	82.39	823.9
18-07-23	750	12,180	82.5	825
19-07-23	750	12,270	82.5	825
20-07-23	750	12,230	82.5	825
21-07-23	750	11,990	82.5	825
24-07-23	1,500	24,260	165	1650
25-07-23	1,500	24,610	165	1650
26-07-23	1,415	23,803	155.65	1556.5
27-07-23	909	15,344	99.99	999.9
31-07-23	1090	18,512	119.9	1199
01-08-23	1,248	22,653	137.28	1372.8
02-08-23	1,161	18,861	127.71	1277.1
03-08-23	1,243	20,473	136.73	1367.3
04-08-23	750	12,560	82.5	825
07-08-23	750	12,650	82.5	825
08-08-23	750	12,330	82.5	825
09-08-23	721	11,653	79.31	793.1
10-08-23	695	11,029.00	76.45	764.5
11-08-23	705	11,561.00		
			77.55	775.5
14-08-23	574	9,407.00	63.14	631.4
16-08-23	782	12,483.00	86.02	860.2

Anexo 3. Producción Palta Hass 2023

Producción Palta Hass 2023

Fecha	Jabas	Kilos	Merma	Kilos
25-07-23	750	7500.00	90	900
26-07-23	750	7500.00	90	900
27-07-23	616	6160.00	73.92	739.2
01-08-23	1428	14280.00	171.36	1713.6
02-08-23	1428	14280.00	171.36	1713.6
03-08-23	1292	12920.00	155.04	1550.4
04-08-23	780	7800.00	93.6	936
15-08-23	800	8000.00	96	960
16-08-23	690	6900.00	82.8	828

Anexo 4. Resumen de Actividades en Campo

1. Levantamiento de Requisitos y Evaluación Inicial:

Revisión del estado actual: Se realizaron visitas al fundo para entender las prácticas actuales de cultivo, los sistemas de gestión existentes y las principales áreas de mejora.

Identificación de objetivos: Junto con los propietarios del fundo y los gerentes de producción, se definieron los objetivos clave para la transformación digital, enfocados en la mejora de la productividad, la eficiencia del uso del agua y la sostenibilidad.

Roles del negocio y TI involucrados

Propietarios del Fundo: Proporcionaron la visión y objetivos generales del proyecto.

Gerentes de Producción: Ofrecieron información sobre los procesos de cultivo y las áreas críticas que requieren mejoras.

Equipo de TI del Fundo: Evaluaron la infraestructura tecnológica actual y las necesidades futuras.

2. Reuniones y Entrevistas:

Las reuniones y entrevistas se consideraron usuarios claves del negocio, cuyos stakeholder se nombran a continuación:

Agrónomos y Técnicos Agrícolas: Para entender las prácticas agrícolas actuales y los desafíos específicos.

Responsables de TI del Fondo: Para evaluar la infraestructura existente y las capacidades tecnológicas.

Financieros y Contables: Para analizar el impacto económico de la implementación de nuevas tecnologías y su retorno de inversión.

Resultados de las Reuniones:

Agrónomos: Identificaron la necesidad de sistemas de monitoreo en tiempo real para el suelo y el clima.

Equipo de TI: Determinaron los requerimientos de conectividad y seguridad para la implementación de IoT.

Financieros: Evaluaron la viabilidad económica del proyecto, considerando el costo y los beneficios a largo plazo.

3. Colaboración con Empresas de Tecnología

Empresas Consultadas:

Microsoft: Como proveedor principal de la plataforma Azure, se discutieron las capacidades específicas de Azure IoT Hub, Azure FarmBeats y otras herramientas relevantes.

Partners de Microsoft: Empresas especializadas en la implementación de soluciones Azure en el sector agrícola, ofreciendo servicios de consultoría y soporte técnico.

Proveedores de Sensores IoT: Se evaluaron diferentes proveedores de sensores para el monitoreo del suelo, el clima y otros parámetros críticos.

Resultados de las Colaboraciones:

Microsoft: Proporcionó una visión detallada de las soluciones específicas para la agricultura y su integración con Azure.

Partners de Microsoft: Ofrecieron planes detallados de implementación y soporte técnico continuo.

Proveedores de Sensores: Seleccionaron los sensores más adecuados para las necesidades específicas del fundo, asegurando la compatibilidad con Azure.

4. Desarrollo del Proof Of Concept (PoC)

Actividades Realizadas:

Diseño del PoC: Se definió un proyecto piloto para implementar sensores IoT en una sección del fundo, integrándolos con Azure para el monitoreo en tiempo real.

Implementación Inicial: Instalación de sensores y configuración de la plataforma Azure para recopilar y analizar datos.

Evaluación y Ajustes: Monitoreo continuo de los resultados y ajustes necesarios para optimizar el sistema.

Resultados del PoC:

Monitoreo en Tiempo Real: Implementación exitosa del sistema de monitoreo en tiempo real para parámetros clave como la humedad del suelo y las condiciones climáticas.

Análisis de Datos: Uso de Azure Synapse Analytics para el análisis de datos y generación de informes que permiten tomar decisiones informadas.

Retroalimentación: Recopilación de retroalimentación de los usuarios clave (agrónomos y técnicos) para mejorar el sistema antes de una implementación a mayor escala.

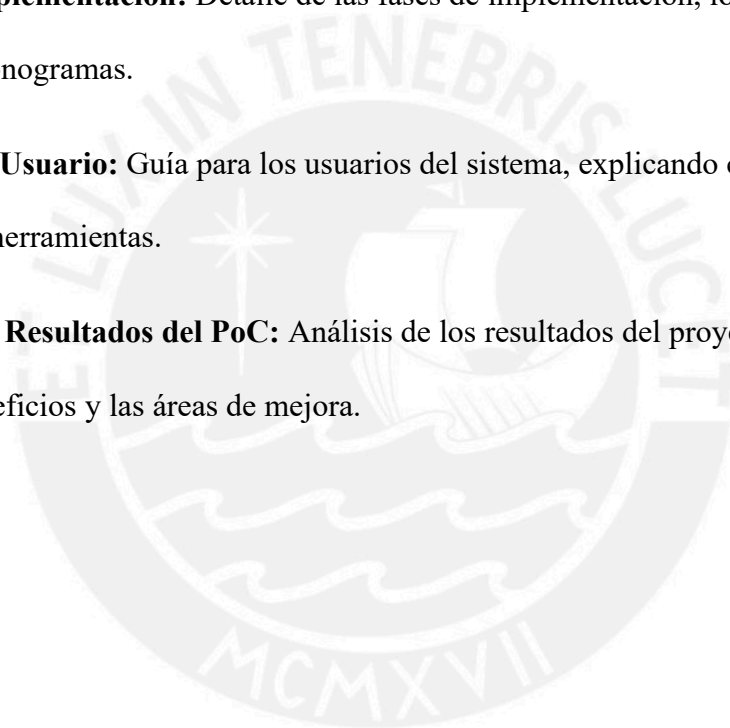
5. Preparación para la Implementación

Documentación Generada:

Plan de Implementación: Detalle de las fases de implementación, los recursos necesarios y los cronogramas.

Manual de Usuario: Guía para los usuarios del sistema, explicando cómo acceder y utilizar las nuevas herramientas.

Informe de Resultados del PoC: Análisis de los resultados del proyecto piloto, destacando los beneficios y las áreas de mejora.



Anexo 5. Revisión del Estado Actual del Negocio

1. Levantamiento de Requisitos y Evaluación Inicial

Actividades Realizadas:

Visitas al Fundo: Se realizaron varias visitas al Fundo San Carlos para entender en detalle las prácticas agrícolas actuales, los sistemas de gestión y las principales áreas de mejora.

Revisión de Infraestructura: Evaluación de la infraestructura tecnológica existente y de los dispositivos ya implementados en el fundo.

Roles del Negocio y TI Involucrados:

Propietario del Fundo: Don Carlos Martínez.

Gerente de Producción: Juan Pérez.

Equipo de TI del Fundo: Encabezado por María Gómez, especialista en infraestructura.

Objetivos Definidos:

- Mejorar la productividad del cultivo.

- Optimizar el uso de agua y otros recursos.
- Incrementar la sostenibilidad de las operaciones agrícolas.

2. Reuniones y Entrevistas

Reuniones con Roles Clave:

Agrónomos y Técnicos Agrícolas: Reuniones con Pedro Sánchez y Ana Torres para entender las prácticas agrícolas y desafíos específicos.

Responsables de TI del Fundo: Reuniones técnicas con María Gómez para evaluar la infraestructura existente y las necesidades tecnológicas futuras.

Financieros y Contables: Encuentros con Laura Rodríguez para analizar el impacto económico del proyecto y su retorno de inversión.

Resultados de las Reuniones:

Agrónomos: Necesidad de sistemas de monitoreo en tiempo real para suelo y clima.

Equipo de TI: Requerimientos de conectividad y seguridad para la implementación de IoT.

Financieros: Evaluación de la viabilidad económica del proyecto.

3. Colaboración con Empresas de Tecnología

Empresas Consultadas:

Microsoft: Discusiones con el equipo de Azure sobre las capacidades específicas de Azure IoT Hub y Azure FarmBeats.

AgrandoTech Solutions: Empresa partner de Microsoft especializada en soluciones IoT para la agricultura.

SenseAgri: Proveedor de sensores IoT para monitoreo agrícola.

Resultados de las Colaboraciones:

Microsoft: Confirmación de la compatibilidad de Azure con las necesidades del Fundo San Carlos.

AgrandoTech Solutions: Planes detallados de implementación y soporte técnico continuo.

SenseAgri: Selección de sensores adecuados para el monitoreo del suelo y clima.

4. Desarrollo del Proof of Concept (PoC)

Actividades Realizadas:

Diseño del PoC: Definición de un proyecto piloto en una sección del fundo para implementar sensores IoT y conectarlos con Azure.

Implementación Inicial: Instalación de sensores y configuración de la plataforma Azure para recopilar y analizar datos en tiempo real.

Evaluación y Ajustes: Monitoreo continuo y ajustes necesarios para optimizar el sistema.

Resultados del PoC:

Monitoreo en Tiempo Real: Implementación exitosa del sistema de monitoreo de humedad del suelo y condiciones climáticas.

Análisis de Datos: Uso de Azure Synapse Analytics para el análisis y generación de informes.

Retroalimentación: Recolección de retroalimentación de agrónomos y técnicos para mejorar el sistema antes de la implementación a gran escala.

5. Preparación para la Implementación

Documentación Generada:

Plan de Implementación: Detalles de las fases de implementación, recursos necesarios y cronograma.

Manual de Usuario: Guía detallada para usuarios sobre cómo acceder y utilizar las nuevas herramientas.

Informe de Resultados del PoC: Análisis detallado de los resultados del piloto, destacando beneficios y áreas de mejora.

Anexo 6. Detalle de Revisión Actual del Negocio

1. Levantamiento de Requisitos y Evaluación Inicial

Actividades Realizadas

Visitas al Fundo:

Objetivo: Comprender en detalle las prácticas agrícolas actuales, los sistemas de gestión existentes y las principales áreas de mejora en el Fundo San Carlos.

Metodología:

Realización de recorridos por las diferentes áreas del mundo, incluyendo campos de cultivo, instalaciones de riego, y áreas de procesamiento.

Observación directa de las operaciones diarias y entrevistas informales con el personal de campo para identificar problemas y oportunidades de mejora.

Revisión de Infraestructura:

Objetivo: Evaluar la infraestructura tecnológica existente en el fundo y su capacidad para soportar nuevas implementaciones tecnológicas.

Metodología:

Inventario de equipos tecnológicos actuales, incluyendo sistemas de riego automatizados, sensores existentes y dispositivos de comunicación.

Análisis de la red de comunicaciones (internet y redes internas) para determinar la capacidad y fiabilidad del sistema.

Evaluación del software de gestión utilizado y su compatibilidad con soluciones basadas en Azure.

2. Roles del Negocio y TI Involucrados

Propietario del Fundo:

Nombre: Don Carlos Martínez.

Rol: Proporcionó la visión general y los objetivos estratégicos del proyecto de transformación digital.

Aportes:

- Identificación de las metas a largo plazo para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones agrícolas.
- Aprobación del presupuesto y recursos necesarios para el proyecto.
- Gerente de Producción:
- Nombre: Omar Espinoza
- Rol: Ofreció información detallada sobre los procesos de cultivo y las operaciones diarias del fundo.

Aportes:

- Identificación de los principales desafíos operativos y áreas críticas que requieren mejoras.

- Propuestas para optimizar la gestión de recursos y mejorar la productividad del cultivo.

Equipo de TI del Fondo:

Nombre: María Gómez, especialista en infraestructura.

Rol: Evaluación y supervisión de la infraestructura tecnológica del fondo.

Aportes:

Análisis de la infraestructura actual y definición de las necesidades tecnológicas futuras.

Asesoramiento sobre la implementación de nuevas tecnologías y su integración con los sistemas existentes.

3. Objetivos Definidos**Mejora de la Productividad del Cultivo:****Metas:**

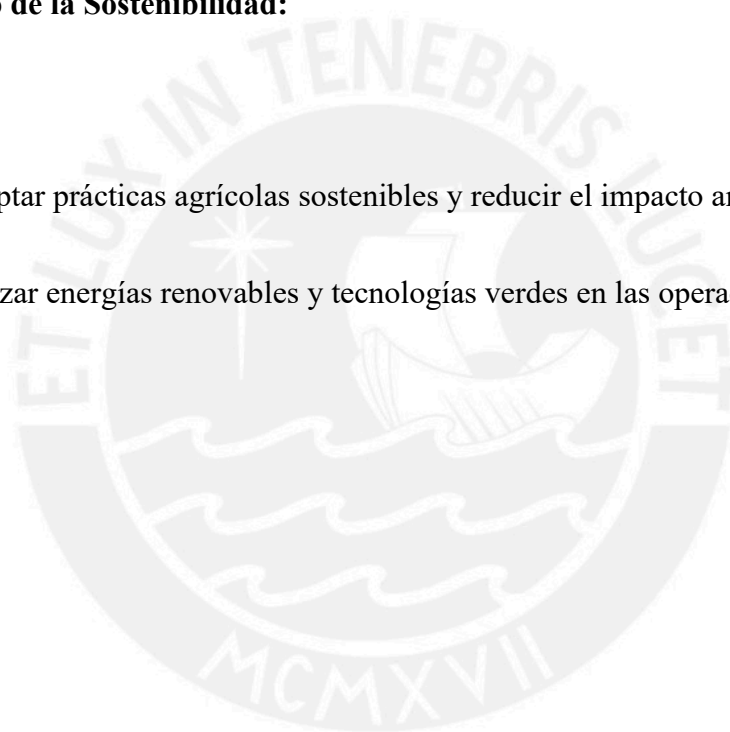
- Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para optimizar el manejo de cultivos.
- Utilizar análisis de datos avanzados para mejorar la toma de decisiones agrícolas.

Optimización del Uso de Agua y Otros Recursos:**Metas:**

- Instalar sensores de humedad del suelo y estaciones meteorológicas para gestionar eficientemente el riego.
- Reducir el desperdicio de recursos mediante el uso de tecnología de precisión.

Incremento de la Sostenibilidad:**Metas:**

- Adoptar prácticas agrícolas sostenibles y reducir el impacto ambiental.
- Utilizar energías renovables y tecnologías verdes en las operaciones del fundo.



Anexo 7. Acta de Reunión con Agrónomos y Técnicos Agrícolas

Fecha: 15 de marzo de 2024

Hora: 10:00 AM - 12:00 PM

Lugar: Sala de Reuniones, Fundo San Carlos

Asistentes:

- Pedro Sánchez (Agrónomo Principal)
- Ana Torres (Técnica Agrícola)
- Carlos Martínez (Propietario del Fundo)
- Omar Espinoza (Gerente de Producción)
- María Gómez (Especialista en TI)
- Equipo de Consultores (Miguel, Hamilton)

Temas a tratar:

- Introducción y objetivos de la reunión.
- Discusión sobre prácticas agrícolas actuales y desafíos.
- Identificación de necesidades tecnológicas.
- Propuestas de soluciones y tecnologías a implementar.
- Plan de acción y próximos pasos.

Desarrollo de la Reunión:

Introducción y Objetivos de la Reunión:

Miguel Diaz, líder del equipo de consultores, abrió la reunión presentando los objetivos del proyecto de transformación digital y los beneficios esperados para el Fundo San Carlos.

Discusión sobre Prácticas Agrícolas Actuales y Desafíos:

- Pedro Sánchez y Ana Torres detallaron las prácticas agrícolas actuales, destacando las siguientes áreas críticas:
- Manejo de Riego: Dependencia de sistemas manuales para el riego, lo que ocasiona ineficiencias y desperdicio de agua.
- Monitoreo del Cultivo: Falta de sistemas de monitoreo en tiempo real para parámetros críticos como humedad del suelo y condiciones climáticas.
- Gestión de Plagas y Enfermedades: Necesidad de una mejor detección y manejo de plagas y enfermedades mediante tecnología.

Identificación de Necesidades Tecnológicas:

- Basado en los desafíos mencionados, se identificaron las siguientes necesidades tecnológicas:
- Implementación de sensores de humedad del suelo y estaciones meteorológicas.
- Uso de plataformas IoT para el monitoreo en tiempo real y la recolección de datos.
- Integración de sistemas de análisis de datos para mejorar la toma de decisiones.

Propuestas de Soluciones y Tecnologías a Implementar:

- El equipo de consultores presentó las soluciones basadas en Azure, destacando:

- Azure FarmBeats: Para la recolección y análisis de datos agrícolas.
- Azure IoT Hub: Para la integración de sensores y dispositivos IoT.
- Azure Synapse Analytics: Para el análisis avanzado de datos y generación de informes.

Plan de Acción y Próximos Pasos:

- Acordaron realizar una prueba piloto (PoC) en una sección del fundo, implementando sensores de humedad y estaciones meteorológicas, integrados con Azure.
- María Gómez se comprometió a coordinar la infraestructura tecnológica necesaria.
- Programación de una próxima reunión para revisar el progreso del PoC y hacer ajustes necesarios.

Conclusiones:

- Identificación clara de las áreas críticas y necesidades tecnológicas.
- Aceptación de las soluciones propuestas basadas en Azure.
- Compromiso de todos los asistentes para llevar adelante el plan de acción.

Firmado:

- Pedro Sánchez (Agrónomo Principal)
- Ana Torres (Técnica Agrícola)

- Miguel Diaz (Consultor Principal)



Anexo 8. Acta de reunión con responsables de TI del Fondo

Fecha: 22 de marzo de 2024

Hora: 2:00 PM - 4:00 PM

Lugar: Oficina de TI, Fondo San Carlos

Asistentes:

- María Gómez (Especialista en TI)
- Carlos Martínez (Propietario del Fondo)
- Laura Rodríguez (Contadora)
- Equipo de Consultores (MS, Hamilton, Miguel Diaz)

Puntos a tratar:

- Introducción y objetivos de la reunión.
- Evaluación de la infraestructura tecnológica actual.
- Identificación de requerimientos técnicos.
- Planificación de la implementación tecnológica.
- Definición de roles y responsabilidades.

Desarrollo de la Reunión:

Introducción y Objetivos de la Reunión:

Laura Gutiérrez, consultora de TI, presentó los objetivos de la reunión enfocándose en evaluar la infraestructura tecnológica actual del fondo y planificar la implementación de soluciones basadas en Azure.

Evaluación de la Infraestructura Tecnológica Actual:

María Gómez proporcionó un inventario detallado de la infraestructura tecnológica actual, incluyendo:

Servidores y sistemas de almacenamiento.

Equipos de red y conectividad a internet.

Dispositivos IoT existentes y su estado operativo.

Identificación de Requerimientos Técnicos:

Con base en la evaluación, se identificaron los siguientes requerimientos técnicos para soportar la implementación de Azure:

Mejoras en la conectividad de red para asegurar la transmisión de datos en tiempo real.

Aumento de la capacidad de almacenamiento para manejar grandes volúmenes de datos.

Seguridad y protección de datos, cumpliendo con normativas relevantes.

Planificación de la Implementación Tecnológica:

El equipo de consultores propuso un plan de implementación por fases:

Fase 1: Actualización de la infraestructura de red y almacenamiento.

Fase 2: Implementación de sensores y dispositivos IoT.

Fase 3: Integración de datos con Azure IoT Hub y análisis con Azure Synapse Analytics.

Definición de Roles y Responsabilidades:

Se definieron los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo para asegurar una implementación exitosa:

María Gómez: Coordinación de la infraestructura tecnológica y soporte técnico.

José López: Supervisión general del proyecto y comunicación con Microsoft.

Miguel Díaz Gestión de la implementación de sensores y dispositivos IoT.

Conclusiones:

Aceptación del plan de implementación por fases.

Definición clara de roles y responsabilidades para todos los miembros del equipo.

Compromiso de realizar una revisión mensual del progreso del proyecto.

Firmado:

María Gómez (Especialista en TI)

Miguel Díaz (Consultor Principal)

Laura Rodríguez (Contadora)

Anexo 9. Acta de reunión con Financieros y Contables

Fecha: 29 de marzo de 2024

Hora: 9:00 AM - 11:00 AM

Lugar: Oficina de Administración, Fundo San Carlos

Asistentes:

- Laura Rodríguez (Contadora)
- Carlos Martínez (Propietario del Fundo)
- Miguel Díaz (Consultor Principal)
- Elena Morales (Analista Financiera)
- Hamilton Lara (Consultor)

Temas a tratar:

- Introducción y objetivos de la reunión.
- Análisis de la inversión necesaria.
- Evaluación del retorno de inversión (ROI).
- Propuesta de financiamiento y presupuesto.
- Plan de acción y próximos pasos.

Desarrollo de la Reunión:

Introducción y Objetivos de la Reunión:

Miguel Diaz presentó los objetivos del proyecto y la importancia de una sólida evaluación financiera para garantizar la viabilidad económica de la transformación digital del fundo.

Análisis de la Inversión Necesaria:

Laura Gutiérrez detalló los costos asociados a la implementación de Azure, incluyendo:

- Adquisición de sensores y dispositivos IoT.
- Costos de suscripción y servicios de Azure.
- Gastos en infraestructura de red y almacenamiento.

Evaluación del Retorno de Inversión (ROI):

Elena Morales presentó un análisis del ROI esperado, considerando:

- Incremento en la productividad del cultivo debido al monitoreo en tiempo real y optimización de recursos.
- Reducción de costos operativos mediante el uso eficiente del agua y otros insumos.
- Mejoras en la sostenibilidad y cumplimiento de normativas ambientales.

Propuesta de Financiamiento y Presupuesto:

Laura Rodríguez propuso diversas opciones de financiamiento, incluyendo:

- Fondos propios del fundo.

- Créditos agrícolas con tasas preferenciales.
- Subvenciones y ayudas gubernamentales para la adopción de tecnologías sostenibles.

Plan de Acción y Próximos Pasos:

- Acordaron desarrollar un presupuesto detallado y buscar opciones de financiamiento adecuadas.
- Programaron una reunión de seguimiento para revisar el progreso en la obtención de financiamiento y ajustar el plan según sea necesario.

Conclusiones:

- Aceptación de la necesidad de una inversión inicial significativa, con expectativas de un ROI positivo a mediano plazo.
- Definición de un plan de financiamiento y presupuesto para asegurar la viabilidad económica del proyecto.
- Compromiso de realizar reuniones periódicas para monitorear el progreso financiero y ajustar el plan según sea necesario.

Firmado:

- Laura Rodríguez (Contadora)
- Elena Morales (Analista Financiera)
- Miguel Diaz (Consultor Principal)

Anexo 10. Acta de reunión con empresas de tecnología

Fecha: 5 de abril de 2024

Hora: 3:00 PM - 5:00 PM

Lugar: Sala de Conferencias, Fundo San Carlos

Asistentes:

- Representante de Microsoft Azure (Luis Ramírez)
- Representante de AgrandoTech Solutions (Marta González)
- Representante de SenseAgri (Javier López)
- Carlos Martínez (Propietario del Fundo)
- María Gómez (Especialista en TI)
- Miguel Díaz (Consultor Principal)
- Jacob (Consultor de IoT)

Temas a tratar:

- Introducción y objetivos de la reunión.
- Presentación de soluciones tecnológicas.
- Discusión sobre integración y compatibilidad.
- Planificación del PoC (Proof of Concept).
- Definición de roles y responsabilidades.

Desarrollo de la Reunión:

Introducción y Objetivos de la Reunión:

- Miguel Diaz dio la bienvenida a los representantes de las empresas tecnológicas y presentó los objetivos del proyecto de transformación digital para el Fundo San Carlos.

Presentación de Soluciones Tecnológicas:

- Microsoft Azure: Luis Ramírez presentó las capacidades de Azure IoT Hub y Azure FarmBeats, destacando cómo estas soluciones pueden optimizar las operaciones agrícolas.
- AgrandoTech Solutions: Marta González expuso sobre la experiencia de la empresa en implementar soluciones IoT en la agricultura y su capacidad para personalizar las soluciones según las necesidades del fundo.
- SenseAgri: Javier López describió los sensores disponibles para el monitoreo del suelo y clima, y cómo estos se integran con la plataforma Azure.

Discusión sobre Integración y Compatibilidad:

- María Gómez y Miguel Torres discutieron detalles técnicos sobre la integración de los dispositivos IoT con la infraestructura existente del fundo y su compatibilidad con Azure.
- Se abordaron temas de seguridad de datos y fiabilidad de la red, asegurando que las soluciones propuestas cumplan con los estándares necesarios.

Planificación del PoC (Proof of Concept):

- Se acordó implementar un PoC en una sección del fundo, instalando sensores de humedad del suelo y estaciones meteorológicas, y conectándolos a Azure IoT Hub para recopilar y analizar datos en tiempo real.
- Definición de un cronograma para la instalación y puesta en marcha del PoC, con un período de evaluación de tres meses.

Definición de Roles y Responsabilidades:

- Microsoft Azure: Proveer soporte técnico y capacitación sobre el uso de Azure IoT Hub y FarmBeats.
- AgrandoTech Solutions: Gestionar la instalación y configuración de los dispositivos IoT.
- SenseAgri: Suministrar y mantener los sensores instalados en el fundo.
- Fundo San Carlos: Proveer los recursos necesarios y coordinar con los equipos técnicos para facilitar la implementación.

Conclusiones:

- Aceptación de las soluciones tecnológicas presentadas y definición de un plan claro para el PoC.

- Compromiso de colaboración entre las empresas tecnológicas y el equipo del fondo para asegurar el éxito del PoC.
- Programación de una reunión de seguimiento para evaluar los resultados del PoC y planificar la implementación a gran escala.

Firmado:

- Luis Ramírez (Microsoft Azure)
- Marta González (AgradoTech Solutions)
- Javier López (SenseAgri)
- José López (Consultor Principal)
- María Gómez (Especialista en TI)

Anexo 11. Desarrollo del Proof Of Concept (PoC)

El desarrollo de un Proof of Concept (PoC) es un paso crucial para demostrar la viabilidad técnica y práctica de una solución tecnológica antes de su implementación a gran escala. Aquí se presenta un ejemplo detallado de cómo realizar el PoC para el Fundo San Carlos utilizando Azure y tecnologías IoT.

1. Objetivo del PoC

El objetivo del PoC es demostrar la capacidad de las soluciones de Microsoft Azure y dispositivos IoT para mejorar la gestión agrícola en el Fundo San Carlos. Se centrará en el monitoreo del suelo y clima, la optimización del riego y el análisis de datos en tiempo real.

2. Alcance del PoC

Ubicación: Una sección específica del Fundo San Carlos (aproximadamente 10 hectáreas).

Duración: 3 meses.

Tecnologías: Azure IoT Hub, Azure FarmBeats, sensores de humedad del suelo, estaciones meteorológicas.

3. Fases del PoC

Fase 1: Planificación

Definición de Requisitos:

- Identificar los parámetros a monitorear (humedad del suelo, temperatura, precipitación).
- Determinar los puntos críticos de monitoreo en el fundo.

Selección de Equipos y Tecnologías:

- Sensores de humedad del suelo y estaciones meteorológicas de SenseAgri.
- Plataforma de análisis de datos Azure FarmBeats.

Cronograma del Proyecto:

- Planificación de actividades semana a semana.
- Asignación de roles y responsabilidades.

Fase 2: Instalación y Configuración**Instalación de Sensores:**

Responsable: SenseAgri.

Actividades: Colocación de sensores de humedad del suelo y estaciones meteorológicas en las áreas seleccionadas.

Configuración de Azure IoT Hub:

Responsable: Microsoft Azure.

Actividades: Configuración de Azure IoT Hub para recibir y procesar datos de los sensores.

Integración de Datos:

Responsable: AgrandoTech Solutions.

Actividades: Integración de datos de sensores en Azure FarmBeats para análisis en tiempo real.

Fase 3: Monitoreo y Evaluación**Monitoreo Continuo:**

Actividades: Monitoreo continuo de los datos recopilados por los sensores.

Responsable: Equipo de TI del Fundo San Carlos con soporte de AgrandoTech Solutions.

Análisis de Datos:

Actividades: Uso de Azure FarmBeats para analizar los datos y generar informes sobre el estado del cultivo.

Responsable: AgrandoTech Solutions.

Evaluación de Resultados:

Actividades: Evaluación de la efectividad de las soluciones implementadas, medición de mejoras en la eficiencia del riego y salud del cultivo.

Responsable: Consultor Principal y Especialista en TI del Fundo.

Fase 4: Informe y Recomendaciones**Generación de Informes:**

Actividades: Elaboración de un informe final con los resultados del PoC, incluyendo análisis de datos, mejoras observadas y recomendaciones para la implementación a gran escala.

Responsable: Consultor Principal.

Presentación de Resultados:

Actividades: Presentación de los resultados del PoC a los stakeholders del Fondo San Carlos.

Responsable: Consultor Principal y Representantes de Microsoft Azure y AgrandoTech Solutions.

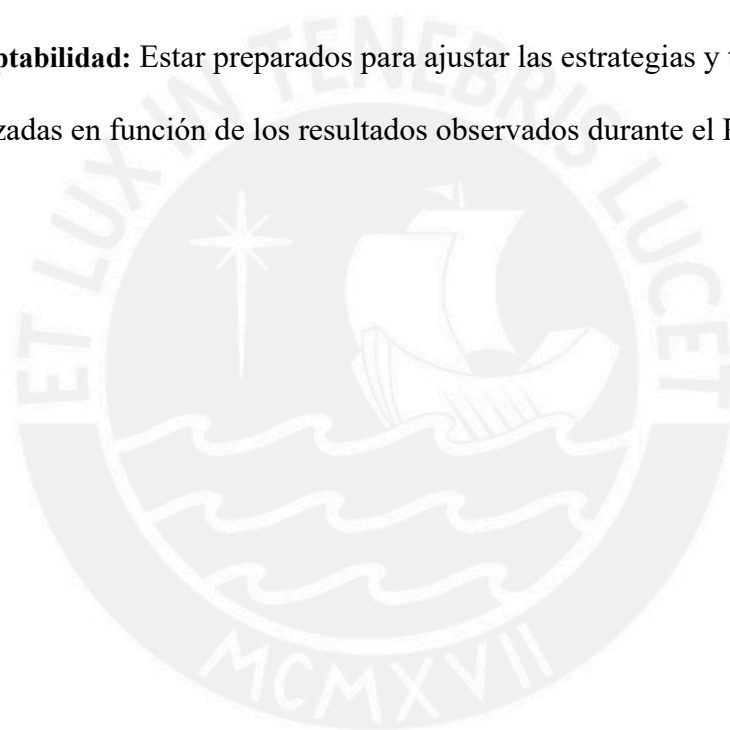
Tabla 45

Cronograma del PoC

Semana	Actividad	Responsable
1	Planificación del PoC, definición de requisitos	Consultor Principal, Equipo de TI
2	Selección de equipos y tecnologías, planificación del cronograma	Consultor Principal, AgrandoTech Solutions
3	Instalación de sensores, configuración de Azure IoT Hub	SenseAgri, Microsoft Azure
5	Monitoreo continuo y análisis de datos	Equipo de TI, AgrandoTech Solutions
13	Evaluación de resultados preliminares	Consultor Principal, Equipo de TI
14	Generación de informes y recomendaciones	Consultor Principal
15	Presentación de resultados a stakeholders	Consultor Principal, Representantes de empresas tecnológicas

5. Consideraciones Clave

- **Colaboración:** La colaboración estrecha entre el equipo del fondo y las empresas tecnológicas es crucial para el éxito del PoC.
- **Capacitación:** Asegurar que el personal del fondo reciba la capacitación adecuada para operar y mantener los sistemas implementados.
- **Adaptabilidad:** Estar preparados para ajustar las estrategias y tecnologías utilizadas en función de los resultados observados durante el PoC.



Anexo 12. Preparación para la Implementación

La preparación para la implementación de una solución tecnológica integral en el Fundo San Carlos requiere una planificación detallada y la ejecución de varias actividades clave. En el documento de Tesis detallamos el proceso de preparación, incluyendo los pasos necesarios, las responsabilidades y los recursos requeridos.

1. Evaluación de Resultados del PoC

Objetivo: Revisar y analizar los resultados obtenidos durante el PoC para asegurarse de que los objetivos se hayan cumplido y determinar cualquier ajuste necesario antes de la implementación completa.

Actividades:

Análisis de Datos:

- Revisar los datos recolectados por los sensores.
- Evaluar la efectividad de las soluciones implementadas en términos de mejora en la gestión del riego, monitoreo del suelo y clima.

Informe de Resultados:

- Elaborar un informe final con los hallazgos del PoC.
- Incluir análisis detallados, gráficos y recomendaciones para la implementación a gran escala.

Presentación a los Stakeholders:

Organizar una reunión para presentar los resultados y obtener la aprobación para proceder con la implementación completa.

Responsables:

- Consultor Principal
- Especialista en TI
- Representantes de Microsoft Azure y AgrandoTech Solutions

2. Planificación de la Implementación

Objetivo: Desarrollar un plan detallado para la implementación a gran escala de las soluciones tecnológicas en todo el Fondo San Carlos.

Actividades:

Definición de Alcance:

- Establecer el alcance exacto de la implementación.
- Identificar todas las áreas del fondo que serán cubiertas por las nuevas tecnologías.

Cronograma de Proyecto:

- Desarrollar un cronograma detallado, incluyendo todas las fases de la implementación.
- Definir hitos clave y fechas límite.

Asignación de Recursos:

- Identificar los recursos humanos y materiales necesarios.
- Asegurar la disponibilidad de todos los equipos y tecnologías requeridas.

Presupuesto:

- Elaborar un presupuesto detallado que incluya todos los costos asociados con la implementación.
- Asegurar la aprobación del presupuesto por parte de la administración del fondo.

Responsables:

- Consultor Principal
- Gerente de Proyecto
- Equipo de TI

Representantes de Microsoft Azure y AgrandoTech Solutions

3. Capacitación del Personal

Objetivo: Asegurar que todo el personal del fondo esté adecuadamente capacitado para utilizar y mantener las nuevas tecnologías implementadas.

Actividades:

Programas de Capacitación:

Desarrollar programas de capacitación específicos para diferentes roles (operadores de campo, técnicos de TI, gerentes).

Incluir formación teórica y práctica.

Sesiones de Entrenamiento:

Organizar sesiones de entrenamiento en grupos pequeños.

Utilizar simulaciones y casos prácticos para asegurar una comprensión completa de las tecnologías.

Materiales de Apoyo:

Proveer manuales de usuario, tutoriales en vídeo y otros recursos educativos.

Establecer un sistema de soporte continuo para resolver dudas y problemas.

Responsables:

Especialista en TI

Representantes de Microsoft Azure y AgrandoTech Solutions

Consultor Principal

4. Pruebas y Validación

Objetivo: Realizar pruebas exhaustivas para validar que todas las tecnologías estén funcionando correctamente y cumpliendo con los requisitos establecidos.

Actividades:

Pruebas de Sistemas:

Ejecutar pruebas en todos los componentes del sistema (sensores, plataformas de análisis, redes).

Identificar y corregir cualquier problema antes de la implementación completa.

Validación de Datos:

Asegurarse de que los datos recolectados sean precisos y útiles para la toma de decisiones.

Simulaciones de Situaciones Reales:

Realizar simulaciones de situaciones reales para evaluar la respuesta del sistema.

Responsables:

Equipo de TI

Especialistas de AgrandoTech Solutions

Representantes de SenseAgri

5. Implementación Completa

Objetivo: Llevar a cabo la implementación completa de las soluciones tecnológicas en todo el Fundo San Carlos.

Actividades:

Despliegue de Tecnología:

- Instalar y configurar todos los dispositivos IoT en el fundo.
- Integrar todos los componentes con Azure IoT Hub y Azure FarmBeats.

Monitoreo y Ajustes Iniciales:

- Monitorear el funcionamiento de las tecnologías implementadas.
- Realizar ajustes necesarios para optimizar el rendimiento.

Operación y Mantenimiento:

- Establecer rutinas de mantenimiento preventivo.
- Asegurar la operación continua y eficiente de todos los sistemas.

Responsables:

- Equipo de TI del Fundo San Carlos
- Especialistas de Microsoft Azure, AgrandoTech Solutions y SenseAgri

6. Monitoreo y Mejora Continua

- Objetivo: Garantizar la mejora continua del sistema implementado mediante un monitoreo constante y ajustes periódicos.

Actividades:

Revisión Periódica de Datos:

- Analizar datos recolectados para identificar áreas de mejora.
- Ajustar estrategias de riego y gestión agrícola según los análisis.

Actualización de Tecnologías:

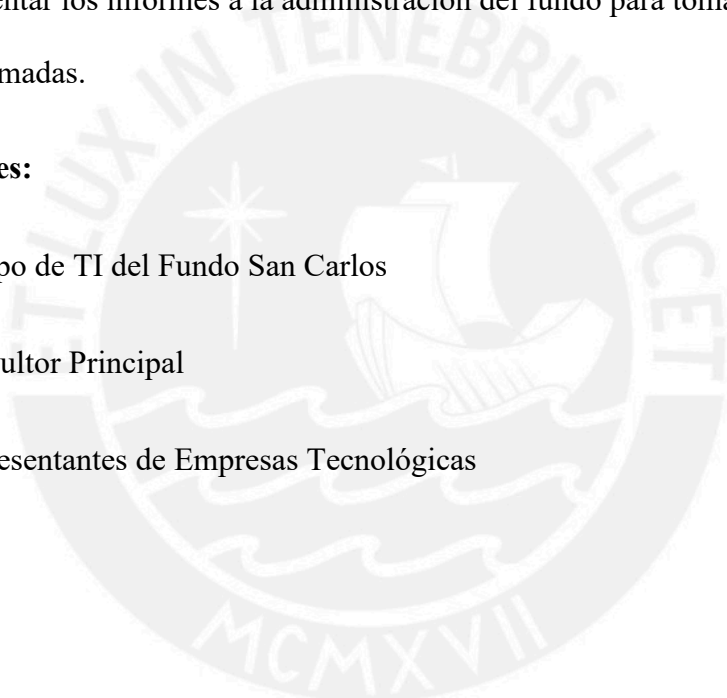
- Incorporar nuevas tecnologías y actualizaciones para mantener el sistema al día.
- Capacitar al personal en el uso de nuevas herramientas y métodos.

Informe de Desempeño:

- Generar informes periódicos sobre el desempeño del sistema.
- Presentar los informes a la administración del fondo para tomar decisiones informadas.

Responsables:

- Equipo de TI del Fondo San Carlos
- Consultor Principal
- Representantes de Empresas Tecnológicas



Anexo 13. Plan de Implementación

El Plan de Implementación para la solución tecnológica en el Fundo San Carlos se estructura en varias fases, asegurando una transición ordenada y efectiva desde la planificación hasta la operación continua. Este plan detalla las actividades necesarias, los responsables y el cronograma correspondiente.

1. Fase de Preparación

1.1 Evaluación de Resultados del PoC

Actividad: Revisar y analizar los resultados del PoC.

Responsables: Consultor Principal, Especialista en TI.

Cronograma: 1 semana.

1.2 Definición de Alcance y Requisitos

Actividad: Definir el alcance exacto y los requisitos de la implementación.

Responsables: Consultor Principal, Equipo de TI, Representantes del Fundo.

Cronograma: 1 semana.

1.3 Asignación de Recursos

Actividad: Identificar y asegurar los recursos humanos y materiales necesarios.

Responsables: Gerente de Proyecto, Representantes del Fundo.

Cronograma: 1 semana.

1.4 Desarrollo del Cronograma y Presupuesto

Actividad: Crear un cronograma detallado y un presupuesto completo.

Responsables: Gerente de Proyecto, Consultor Principal.

Cronograma: 1 semana.

2. Fase de Instalación y Configuración

2.1 Adquisición de Equipos y Tecnologías

Actividad: Comprar y preparar los dispositivos IoT y tecnologías necesarias.

Responsables: Gerente de Proyecto, Equipo de Compras.

Cronograma: 2 semanas.

2.2 Instalación de Sensores y Estaciones Meteorológicas

Actividad: Colocar los sensores y estaciones en las ubicaciones seleccionadas.

Responsables: SenseAgri, Equipo de Campo.

Cronograma: 2 semanas.

2.3 Configuración de Azure IoT Hub y FarmBeats

Actividad: Configurar la plataforma Azure IoT y FarmBeats.

Responsables: Microsoft Azure, Equipo de TI.

Cronograma: 1 semana.

3. Fase de Capacitación

3.1 Desarrollo de Programas de Capacitación

Actividad: Crear programas de capacitación específicos para el personal.

Responsables: Especialista en TI, AgrandoTech Solutions.

Cronograma: 1 semana.

3.2 Sesiones de Entrenamiento

Actividad: Realizar sesiones de entrenamiento para todo el personal.

Responsables: Especialista en TI, AgrandoTech Solutions.

Cronograma: 2 semanas.

4. Fase de Pruebas y Validación

4.1 Pruebas de Sistemas

- **Actividad:** Ejecutar pruebas exhaustivas en todos los componentes del sistema.
- **Responsables:** Equipo de TI, Especialistas de AgrandoTech Solutions.
- **Cronograma:** 2 semanas.

4.2 Validación de Datos

- **Actividad:** Asegurar la precisión y utilidad de los datos recolectados.
- **Responsables:** Equipo de TI, Especialistas de SenseAgri.
- **Cronograma:** 1 semana.

5. Fase de Implementación Completa

5.1 Despliegue de Tecnología

Actividad: Instalar y configurar todos los dispositivos IoT en el fundo.

Responsables: Equipo de TI, SenseAgri, Microsoft Azure.

Cronograma: 2 semanas.

5.2 Monitoreo y Ajustes Iniciales

- **Actividad:** Monitorear y ajustar las tecnologías implementadas.
- **Responsables:** Equipo de TI, AgrandoTech Solutions.
- **Cronograma:** 2 semanas.

6. Fase de Operación y Mantenimiento

6.1 Establecimiento de Rutinas de Mantenimiento

- **Actividad:** Crear y seguir rutinas de mantenimiento preventivo.
- **Responsables:** Equipo de TI del Fundo San Carlos.
- **Cronograma:** Continuo.

6.2 Revisión Periódica de Datos y Mejora Continua

- **Actividad:** Analizar datos y ajustar estrategias de manera continua.
- **Responsables:** Equipo de TI, Consultor Principal.

Cronograma: Continuo.

7. Fase de Monitoreo y Evaluación

7.1 Generación de Informes Periódicos

- **Actividad:** Elaborar y presentar informes periódicos sobre el desempeño del sistema.
- **Responsables:** Consultor Principal, Equipo de TI.

Cronograma: Mensual.

7.2 Evaluación de Desempeño y Ajustes

- **Actividad:** Evaluar el desempeño del sistema y realizar ajustes necesarios.
- **Responsables:** Consultor Principal, Representantes del Fondo.
- **Cronograma:** Trimestral.

Tabla 46
Cronograma General del Proyecto

Fase	Actividades	Duración	Cronograma
Preparación	Evaluación de resultados, definición de alcance, asignación de recursos, desarrollo de cronograma y presupuesto	4 semanas	Mes 1
Instalación y Configuración	Adquisición de equipos, instalación de sensores, configuración de Azure IoT Hub y FarmBeats	5 semanas	Mes 2
Capacitación	Desarrollo de programas de capacitación, sesiones de entrenamiento	3 semanas	Mes 3
Pruebas y Validación	Pruebas de sistemas, validación de datos	3 semanas	Mes 4

Implementación Completa	Despliegue de tecnología, monitoreo y ajustes iniciales	4 semanas	Mes 5
Operación y Mantenimiento	Establecimiento de rutinas de mantenimiento, revisión de datos, mejora continua	Continuo	Mes 6 en adelante
Monitoreo y Evaluación	Generación de informes, evaluación de desempeño y ajustes	Continuo	Mensual/Trimestral

