UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Tesis

Aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una Cooperativa Agraria de Jaén, 2023

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero de Sistemas

Autores:

Rosado Perez, Anghelo Benjamin

Vasquez Guerra , Christian Enrique

Asesor:

Msc. Ing. Ampuero Pasco , Gilberto Martin

Lambayeque– Perú
2026

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

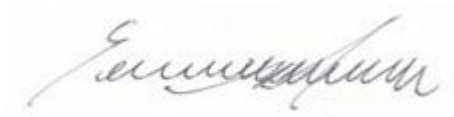
Tesis

Aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una Cooperativa Agraria de Jaén, 2023

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero de Sistemas

Aprobado por el siguiente Jurado:



Dr. Ing. Edward Ronald Haro Maldonado



Dr. Ing. Regis Jorge Alberto Diaz Plaza



Ing. Luis Alberto Llontop Cumpa

Lambayeque– Perú
2026

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

Tesis

Aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una Cooperativa Agraria de Jaén, 2023

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero de Sistemas

Rosado Perez, Anghelo Benjamin
Autor

Vasquez Guerra, Christian Enrique
Autor

Msc. Ing. Ampuero Pasco, Gilberto Martin
Asesor

Lambayeque– Perú
2026

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



ACTA DE SUSTENTACIÓN N°628-2026-UI-FICSA



Siendo las 11:00 am horas del día 27 de enero del 2026, se reunieron de manera presencial los miembros de jurado de la tesis titulada: **"APLICACIÓN MÓVIL PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA CERTIFICACIÓN RAINFOREST ALLIANCE EN UNA COOPERATIVA AGRARIA DE JAÉN, 2023", con código N° IS_V_2023_029,** designado por **Resolución Decanal N° 1008-2025-UNPRG-FICSA** con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis antes mencionada, conformado por los siguientes docentes:

DR. ING. EDWARD RONALD HARO MALDONADO	**PRESIDENTE**
DR. ING. REGIS JORGE ALBERTO DÍAZ PLAZA	**SECRETARIO**
ING. LUIS ALBERTO LLONTOP CUMPA	**VOCAL**

Asesorado por MSC. ING. GILBERTO MARTIN AMPUERO PASCO.

El acto de sustentación fue autorizado por **OFICIO VIRTUAL N° 13-2026-UIFICSA**, la tesis fue presentada y sustentada por los Bachilleres: **ROSADO PEREZ ANGHELO BENJAMIN y VASQUEZ GUERRA CHRISTIAN ENRIQUE,** tuvo una duración de ....70....minutos. Después de la sustentación, y absueltas las preguntas y observaciones de los miembros del jurado; se procedió a la calificación respectiva:

	NUMERO	LETRAS	CALIFICATIVO
ROSADO PEREZ ANGHELO BENJAMIN	17	Diecisiete	BUENO
VASQUEZ GUERRA CHRISTIAN ENRIQUE	17	Diecisiete	BUENO

Por lo que quedan **APTOS** para obtener el Título Profesional de **INGENIERO DE SISTEMAS** de acuerdo con la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente de la Facultad de Ingeniería Civil De Sistemas y de Arquitectura de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las ....12:10..... Se dio por concluido el presente acto académico, dándose conformidad al presente acto, con la firma de los miembros del jurado.

DR. ING. EDWARD RONALD HARO MALDONADO
PRESIDENTE

DR. ING. REGIS JORGE ALBERTO DÍAZ PLAZA
SECRETARIO

ING. LUIS ALBERTO LLONTOP CUMPA
VOCA

MSC. ING. GILBERTO MARTIN AMPUERO PASCO
ASESOR

JHFF/bcm

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, DE SISTEMAS Y DE ARQUITECTURA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE VERIFICACIÓN DE ORIGINALIDADDE TESIS

Yo, _Gilberto Martin Ampuero Pasco_____usuario revisor de:

Tesis	X
Trabajo de Suficiencia Profesional	
Trabajo Académico	

Titulado Aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén, 2023

Cuyo(s) autor(es) es(son):

Anghelo Benjamin Rosado Perez DNI° 73226874

Christian Enrique Vasquez Guerra DNI° 73204963,
declaro que la evaluación realizada por el Programa informático, ha arrojado un porcentaje de similitud 7 %, verificables en el Resumen del Reporte Automatizado de similitudes que se acompaña.

El(La/Los/Las) suscrito(a/s/as) analizó y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas dentro del porcentaje de similitud permitido no constituyen plagio y que el documento cumple con la integridad científica y con las normas para el uso de citas y referencias establecidas en los protocolos respectivos.

Se cumple con adjuntar el Recibo Digital a efectos de la trazabilidad respectiva del proceso.

Lambayeque, 23 de febrero del 2026



Nombres y Apellidos: Gilberto Martin Ampuero Pasco
DNI°: 16734323
ASESOR

Defina la modalidad con [X]
Adjuntar

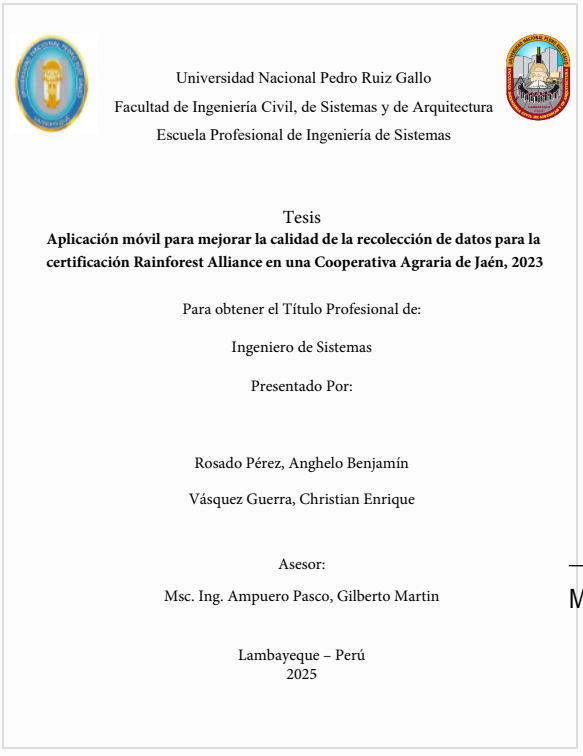
- *Reporte Automatizado de similitudes*
- *Recibo Digital*

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	angelo rosado rosado
Título del ejercicio:	TESIS-2024
Título de la entrega:	tesis
Nombre del archivo:	TESIS-ROSADO-Y-VASQUEZ.pdf
Tamaño del archivo:	1.22M
Total páginas:	79
Total de palabras:	14,692
Total de caracteres:	87,646
Fecha de entrega:	29-sept-2025 01:54p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2765945697



Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
Facultad de Ingeniería Civil, de Sistemas y de Arquitectura
Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

Tesis

Aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una Cooperativa Agraria de Jaén, 2023

Para obtener el Título Profesional de:

Ingeniero de Sistemas

Presentado Por:

Rosado Pérez, Anghelo Benjamín

Vásquez Guerra, Christian Enrique

Asesor:

Msc. Ing. Ampuero Pasco, Gilberto Martin

Lambayeque – Perú
2025

Msc. Ing. Gilberto Martin Ampuero Pasco
DNI: 16734323
ASESOR

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

7%	%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	2%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
3	Submitted to Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo Trabajo del estudiante	<1%
4	Submitted to Universidad TecMilenio Trabajo del estudiante	<1%
5	Inmaculada Aznar Díaz, José María Romero Rodríguez, Fernando Lara Lara, Blanca Berral-Ortiz. "Impact of a mobile application to improve the reading and writing skills of immigrant students in Primary Education", Innoeduca. International Journal of Technology and Educational Innovation, 2025 Publicación	<1%
6	Submitted to Universidad Internacional de la Rioja Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to Universitat Politècnica de València	<1%

S

M

Msc. Ing. Gilberto Martin Ampuero Pasco
DNI N° 16734323
Asesor

Trabajo del estudiante

8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
9	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
10	Díaz Garcia, Miguel Angel | Jacobo Castilla, David | Lara Ferrel, Elton Hamilton | Sullón Zapata, Martin Rigoberto. "Business Consulting para Frutas del Sur Srl-fundo San Carlos", Pontificia Universidad Catolica del Peru (Peru) Publicación	<1 %
11	Submitted to ucb Trabajo del estudiante	<1 %
12	Cordova Cordova, Ricardo. "Acceso y Participacion del Adulto Mayor en el Centro Integral de Adulto Mayor de Huancayo-Junin, 2019", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru) Publicación	<1 %
13	Submitted to Universidad Nacional de Educación a Distancia Trabajo del estudiante	<1 %
14	Submitted to uaq Trabajo del estudiante	<1 %
15	Ruth Iguiñiz-Romero, Nancy Palomino. "Data do count! Collection and use of maternal mortality data in Peru, 1990–2005, and	<1 %



Msc. Ing. Gilberto Martin Ampuero Pasco
DNI N° 16734323
Asesor

improvements since 2005", Reproductive Health Matters, 2012
Publicación

16	Submitted to Universidad a Distancia de Madrid Trabajo del estudiante	<1 %
17	Submitted to Universidad Inca Garcilaso de la Vega Trabajo del estudiante	<1 %
18	Bruzza Moncayo, Mariuxi Alexandra. "Diseno De Un Modelo Para La implementacion De Gobierno electronico En Instituciones Estatales", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021 Publicación	<1 %
19	Serafín López Palmero, Patricia Martín Rico, Juan Torres Macho. "Point-of-care ultrasound in endocarditis and other endovascular infections: A narrative review", Medicina Clínica, 2025 Publicación	<1 %
20	Submitted to Universidad Autónoma de Bucaramanga,UNAB Trabajo del estudiante	<1 %
21	"Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning", Springer Science and Business Media LLC, 2010 Publicación	<1 %
22	Submitted to Universidad San Marcos Trabajo del estudiante	<1 %



Msc.Ing.Gilberto Martin Ampuero Pasco
DNI N° 16734323
Asesor

23	Villegas Alpízar, Alejandro. "Antología de Movimientos de Apropiación de Tecnologías de la Información: Caso del Laboratorio de Ciencia de Datos y Métodos Modernos de Producción de Información", Centro de Investigacion y Docencia Economicas (Mexico) Publicación	<1 %
24	Aquino Cruz, Mario. "Aplicación móvil de seguridad ciudadana para la Policia Nacional del Perú de la Ciudad de Abancay, 2017", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
25	Artaza, Nicolás Santelices. "Coastal Planning Comparative Analysis and Recommendations for the Spatial Planning System in Chile", Universidade do Porto (Portugal), 2022 Publicación	<1 %
26	D. Barochiner, L. Carletti, F. Pintar. "Evaluation of Substation Ezeiza's load shedding automatism logic using dc power flow", 2018 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), 2018 Publicación	<1 %
27	D. Kaimowitz. "6 Useful myths and intractable truths: the politics of the link between forests and water in Central America", Cambridge University Press (CUP), 2005 Publicación	<1 %



Msc. Ing. Gilberto Martin Ampuero Pasco
DNI N° 16734323
Asesor

28	Jeffrey J. Roth, William Hughes. "Dam Maintenance and Rehabilitation II", CRC Press, 2019 Publicación	<1 %
29	Micolini, Orlando, Melisa A. Alasia, Pablo Martinez, and Martin Pereyra. "Distributed System for Telemetrization of Limnimetric Stations", IEEE Latin America Transactions, 2013. Publicación	<1 %
30	Neira Colquehuanca, Ruth Elizabeth. "Relación entre bullying y el aprendizaje de niños y niñas de 4 y 5 años de las Instituciones Educativas Iniciales del Distrito de Capachica - Puno.", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
31	Tamaris Turizo, Ivan Dario. "El efecto de la localización sobre el valor de la vivienda. Los casos de Santa Marta y Atenas.", Universidad de Granada (Spain), 2024 Publicación	<1 %
32	Allen, Macarena Alejandra Yancovic. "El Rol de la Investigación en la Formación Inicial de Profesores y Profesoras de Educación Básica", Pontificia Universidad Catolica de Chile (Chile), 2022 Publicación	<1 %

Msc. Ing. Gilberto Martin Ampuero Pasco

DNI:16734323
ASESOR

Dedicatoria

A Dios, por brindarme la fortaleza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar este camino; a mi padre, que desde el cielo ilumina cada uno de mis pasos con su recuerdo y la admiración que siempre me inspira; a mi madre, por su amor inagotable, su esfuerzo incansable y su apoyo incondicional en todo momento; y a mi hermana, por ser mi compañía fiel, por su comprensión sincera y por alentarme siempre a seguir adelante.

Anghelo Benjamín Rosado Pérez

A mis padres, cuya guía, esfuerzo y amor incondicional han sido pilares fundamentales en mi vida. A ellos debo no solo la oportunidad de alcanzar mis metas académicas, sino también la formación de mis valores, la perseverancia en mis propósitos y la confianza en mis capacidades. Su apoyo constante y su ejemplo de dedicación y sacrificio han sido la mayor fuente de inspiración en este camino.

Este trabajo representa, en gran medida, el fruto de su esfuerzo, su fe y su apoyo inquebrantable.

Christian Enrique Vásquez Guerra

Agradecimiento

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a nuestro consejero, quien nos orientó a lo largo de la elaboración de nuestra tesis. Su dedicación a la investigación y su constante respaldo fueron fundamentales para lograr nuestras metas profesionales. En cada etapa, su compromiso y apoyo inquebrantable nos permitieron alcanzar nuestros objetivos.

Los autores

Resumen

La certificación Rainforest Alliance se ha convertido en un requisito clave para los productores agrícolas que buscan acceder a mercados internacionales exigentes en términos de sostenibilidad. Sin embargo, el proceso de recolección de datos necesario para cumplir con los estándares de esta certificación sigue siendo un desafío para muchas cooperativas agrarias. Este estudio aborda esta problemática mediante el desarrollo e implementación de una aplicación móvil diseñada para optimizar y mejorar la calidad de la recolección de datos en una cooperativa agraria de Jaén, Perú. La aplicación aprovecha las ventajas de la tecnología móvil para brindar una solución integral y accesible, con formularios digitales intuitivos y controles de validación que minimizan errores y garantizan la consistencia de los datos. Además, se desarrolla un módulo de análisis descriptivo en Python que permite procesar los datos recopilados y reportar información relevante a los administrativos de la cooperativa. Al facilitar la obtención de datos de calidad y proporcionar herramientas analíticas avanzadas, esta investigación busca empoderar a las cooperativas para cumplir con los estándares de certificación de manera más eficiente y efectiva, impulsando así la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y mejorando el acceso a mercados globales.

Palabras Claves : Aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance

Abstract

Rainforest Alliance certification has become a key requirement for agricultural producers seeking to access international markets demanding sustainability standards. However, the data collection process necessary to meet the requirements of this certification remains a challenge for many agricultural cooperatives. This study addresses this problem by developing and implementing a mobile application designed to optimize and improve the quality of data collection in an agricultural cooperative in Jaén, Peru. The application leverages the advantages of mobile technology to provide a comprehensive and accessible solution, with intuitive digital forms and validation controls that minimize errors and ensure data consistency. Additionally, a descriptive analysis module is developed in Python that allows processing the collected data. By facilitating the acquisition of high-quality data and providing advanced analytical tools, this research seeks to empower cooperatives to meet certification standards more efficiently and effectively, thereby promoting the adoption of sustainable agricultural practices and improving access to global markets.

Keywords: Mobile application to improve the quality of data collection for Rainforest Alliance certification

ÍNDICE

CAPITULO I OBJETO DE ESTUDIO 5

1.1 SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA 5

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 7

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 7

CAPITULO II MARCO TEÓRICO 9

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 9

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS 14

Aplicación móvil 14

Calidad de la recolección de datos 16

Certificación Rainforest Alliance 17

Cooperativa Agraria 17

CAPITULO III DISEÑO METODOLOGICO 1

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN 1

3.2 OBJETO DE ESTUDIO 1

3.3 PROCESO DE DESARROLLO 1

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES 3

CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE ODK CENTRAL Y PERSONALIZACIÓN DE ODK COLLECT 1

4.1 Configuración de máquina virtual en AWS 1

4.2 Instalación y configuración de ODK Central 2

4.3 Diseño de cuestionarios digitales 2

4.4 Capacitación a inspectores en el uso de ODK Collect 6

4.5 Despliegue de ODK Collect en dispositivos móviles 6

CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL MÓDULO DE ANÁLISIS DE DATOS 9

5.1 Diseño de la arquitectura del módulo 9

5.2 Implementación del *dashboard* de análisis de datos 14

5.3 Implementación del dashboard en la aplicación móvil 25

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN 29

6.1 Reducción de errores 29

6.2 Reducción de tiempo empleado 30

6.3 Reducción de costos 31

6.4 Incremento en la productividad 33

CONCLUSIONES 35

RECOMENDACIONES 37

REFERENCIAS 40

ANEXOS 49

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, la demanda global por productos agrícolas sostenibles y ambientalmente responsables ha experimentado un marcado crecimiento. Consumidores cada vez más conscientes de la importancia de preservar el medio ambiente y promover prácticas agrícolas respetuosas con los ecosistemas han impulsado la adopción de certificaciones que avalan el origen y los métodos de producción de diversos cultivos. En este contexto, la certificación Rainforest Alliance ha emergido como uno de los sellos más reconocidos y valorados a nivel internacional, convirtiéndose en un requisito indispensable para aquellos productores que buscan acceder a mercados exigentes en términos de sostenibilidad.

En el Perú, el sector agrícola ha mostrado un creciente interés por alinearse con los estándares globales de certificación, impulsado por el potencial de incrementar sus exportaciones y mejorar su competitividad en un mercado cada vez más saturado. Sin embargo, a pesar de los beneficios tangibles que ofrece la certificación Rainforest Alliance, muchas cooperativas y organizaciones agrícolas enfrentan desafíos significativos en el proceso de recolección de datos, un componente crítico para cumplir con los rigurosos requisitos de esta certificación.

La presente investigación se centra en abordar esta problemática mediante el desarrollo e implementación de una aplicación móvil diseñada específicamente para optimizar y mejorar la calidad de la recolección de datos en el contexto de la certificación Rainforest Alliance. El estudio se llevará a cabo en una cooperativa agraria ubicada en Jaén, una región conocida por su producción de cultivos de exportación como el café y el cacao.

La recolección de datos precisa y confiable es un factor determinante en el proceso de certificación, ya que permite a las organizaciones demostrar su cumplimiento con los diversos

criterios establecidos por Rainforest Alliance, los cuales abarcan aspectos ambientales, sociales y económicos. Tradicionalmente, esta tarea se ha realizado mediante métodos manuales y formularios en papel, lo que no solo resulta ineficiente y propenso a errores, sino que también representa un desafío logístico y de gestión de la información.

En respuesta a esta necesidad, la aplicación móvil propuesta en este estudio pretende revolucionar el proceso de recolección de datos, aprovechando las ventajas de la tecnología móvil y la conectividad para brindar una solución integral y accesible. Mediante el diseño de formularios digitales intuitivos y la implementación de controles de validación, la aplicación busca minimizar los errores y garantizar la consistencia de los datos recopilados. Además, al eliminar la necesidad de transcribir información de formularios físicos, se espera reducir significativamente el tiempo y los costos asociados con este proceso.

Más allá de la recolección de datos, esta investigación también contempla el desarrollo de un módulo de análisis descriptivo implementado en Python. Este módulo permitirá procesar y analizar los datos recopilados a través de la aplicación móvil, con el objetivo de brindar un análisis descriptivo de la información recolectada. De esta manera, la aplicación móvil no solo facilitará la obtención de datos de calidad, sino que también proporcionará información valiosa y procesable para respaldar la toma de decisiones informadas por parte de los miembros de la cooperativa.

En última instancia, el éxito de esta investigación radica en su potencial para impulsar la adopción de prácticas agrícolas sostenibles y facilitar el acceso a mercados globales para los productores locales. Al optimizar la recolección de datos y brindar herramientas analíticas avanzadas, se busca empoderar a las cooperativas agrarias para que puedan cumplir con los

estándares de certificación de manera más eficiente y efectiva, lo que a su vez se traduciría en beneficios económicos, sociales y ambientales tangibles para las comunidades involucradas.

CAPITULO I

OBJETO DE ESTUDIO

1.1 SÍNTESIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

A nivel internacional, la demanda de productos agrarios sostenibles y certificados ha ido en constante aumento, en línea con la creciente preocupación por la conservación del medio ambiente y la promoción de prácticas agrícolas responsables (Rahmani & Sazvar, 2017). En esta coyuntura, la certificación Rainforest Alliance se ha posicionado como un sello de calidad altamente reconocido, lo que la convierte en un requisito esencial para los productores y cooperativas agrarias que desean acceder a mercados internacionales (Gather & Wollni, 2022).

A nivel regional, América Latina se ha convertido en un importante centro de producción de productos certificados, lo que ha llevado a una competencia cada vez mayor en el mercado (Kaufmann et al., 2023). En este contexto, las cooperativas agrarias aspiran a obtener la certificación Rainforest Alliance para mejorar su posición en el mercado y cumplir con los estándares de sostenibilidad requeridos (Beekman et al., 2019).

A nivel nacional, en Perú, se observa un aumento en la exportación de productos agrarios certificados, lo que representa una oportunidad significativa para las cooperativas en el país (Saavedra, 2023). Sin embargo, la recolección de datos para la certificación sigue siendo un desafío. La información requerida para cumplir con los estándares es vasta y variada, abarcando desde datos sobre los productores hasta información sobre las unidades productivas y sus prácticas agrícolas (Montes, 2022).

Las causas de estos síntomas radicarían en la falta de herramientas tecnológicas adecuadas para la recolección y gestión de datos en campo, así como la falta de capacitación de los técnicos de las cooperativas en el manejo de estas herramientas (Saavedra, 2023).

Si esta situación problemática no se resuelve, se pronostica que las cooperativas enfrentarán dificultades para obtener la certificación Rainforest Alliance, lo que afectaría su acceso a mercados internacionales y su competitividad en el mercado. Además, la falta de información precisa podría limitar la toma de decisiones informadas y su capacidad para implementar prácticas agrícolas sostenibles.

Para controlar estos pronósticos adversos, se propone el uso de una aplicación móvil que permita a los técnicos de las cooperativas recolectar información de manera eficiente, precisa y consistente en campo. Esta aplicación móvil se erige como una solución integral para mejorar la calidad de la recolección de datos y facilitar la gestión de la información, lo que a su vez impulsaría la obtención de la certificación Rainforest Alliance y fortalecería la posición de las cooperativas en el mercado.

En este contexto, la presente investigación busca abordar algunos de estos desafíos mediante el uso de una aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación *Rainforest Alliance* en una cooperativa agraria en Jaén, Perú. Ello en combinación con un módulo de análisis descriptivo implementado en Python que permite analizar los datos recolectados. De este modo, se busca no solo mejorar la calidad de los datos recolectados, sino también generar información de valor agregado para los usuarios de la aplicación móvil.

Al proporcionar una solución tecnológica accesible y fácil de usar, se espera que la aplicación móvil pueda mejorar la calidad y la cantidad de datos recopilados, lo que a su vez puede ayudar a mejorar la productividad y la rentabilidad de la cooperativa y sus miembros.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La realidad observada permite plantear como problema:

¿Cómo influye la aplicación móvil en la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023?

La hipótesis es: "La aplicación móvil aumenta la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023."

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo General

Determinar la influencia de la aplicación móvil en la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.

Objetivos Específicos

Determinar la influencia de la aplicación móvil en la tasa de errores en los datos recopilados para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.

Identificar la influencia de la aplicación móvil en el tiempo promedio empleado en la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.

Determinar la influencia de la aplicación móvil en el costo asociado a la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.

Identificar la influencia de la aplicación móvil en la productividad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.

Desarrollar un módulo de análisis de datos en Python para estimar un modelo de regresión que permita predecir la productividad agrícola a partir de variables relevantes.

Presentar los resultados del modelo descriptivo de productividad agrícola en la aplicación móvil desarrollada con ODK.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Sobre la carrera profesional de Ingeniería de Sistemas, constantemente se realizan investigaciones como Vaque (2022), que presenta el desarrollo de un sistema web para procesar el control y seguimiento de las encuestas en la empresa "Estadinfo S.A.", lo que permitirá una mejora en la eficiencia del personal y la toma de decisiones. La metodología utilizada en este proyecto fue cualitativa, basada en entrevistas con el Gerente General y jefe de campo de la compañía, con un diseño no experimental y de alcance descriptivo. Para el desarrollo de la aplicación web se utilizó el lenguaje Java junto con la base de datos PostgreSQL y la arquitectura del sistema implementada fue el modelo Modelo-Vista-Controlador. Además, se utilizó la metodología ágil Scrum para optimizar la productividad en poco tiempo y verificar que se cumplieran correctamente cada una de las etapas. En cuanto a los resultados, se logró desarrollar una herramienta web eficiente que permitió el registro de los datos de investigación de mercado, lo que a su vez facilitó el proceso y certificó el control de los sucesos encontrados. El personal de la empresa "Estadinfo S.A." pudo utilizar esta herramienta de manera eficiente, lo que mejoró la eficacia en las actividades de la entidad y permitió la mejora continua de los clientes. En conclusión, el proyecto tuvo éxito en la implementación de una herramienta tecnológica que contribuyó al desarrollo empresarial y mejoró la eficiencia del personal.

Jiménez (2022) presenta la propuesta de desarrollo de una aplicación web que permita a la Asociación de Agricultores Emprendedores del Inspección Río Negro, Municipio de Gachalá, llamada ASOPRORIONEGRO, llevar un registro de sus cuentas, asociados y productos

disponibles para la venta. Se utilizan lenguajes de programación de desarrollo web tanto en el lado del cliente como en el del servidor. En cuanto a los resultados, el artículo no presenta resultados ya que se trata de una propuesta de desarrollo de software. Sin embargo, se puede inferir que se espera que la aplicación web propuesta permita a la asociación llevar un registro más eficiente de sus cuentas, asociados y productos disponibles para la venta, lo que podría mejorar su gestión y aumentar sus ingresos.

Elías y Herrera (2022) realizan el desarrollo de un sistema web para optimizar los procedimientos existentes en la gestión de documentos y procesos operativos de los agricultores del pueblo Daular. Se ha realizado un análisis de requisitos para recopilar toda la información necesaria y se ha seleccionado la arquitectura adecuada para permitir la búsqueda automatizada de todo tipo de datos. También se ha desarrollado la programación con una base de datos para facilitar el manejo de la información. En cuanto a los resultados, el artículo indica que la introducción de esta herramienta ha solucionado los inconvenientes que enfrentaban los usuarios debido al procesamiento manual de los documentos y procesos operativos. Además, se menciona que el programa se puede desarrollar aún más mediante la personalización de nuevos módulos que serán útiles en el futuro.

Marín et al. (2021) desarrollan una aplicación móvil para los campesinos de Belén de Umbría, Colombia, que les permita tener control de sus cultivos, tareas pendientes, cantidad de cultivos y el número de fincas que poseen, así como registrar y consultar datos de sus cultivos. La aplicación también permitirá ver la ubicación e información de sus fincas en un mapa y enviar correos electrónicos notificando tareas pendientes y llevando un registro general de los avances de sus fincas. La metodología utilizada para el desarrollo de la aplicación móvil es basada en metodologías de desarrollo de aplicaciones móviles y lenguajes de programación como html, java

y php, desarrollando APIs y consumiéndolas en Android por medio de herramientas como Ionic, Laravel, Angular, Android Studio, Visual Studio y MySQL. Los resultados del proyecto son una aplicación móvil que permite a los campesinos de Belén de Umbría tener un control más preciso de sus cultivos y fincas, así como llevar un registro más exacto de sus actividades agrícolas, lo que se espera ayude a mejorar su productividad y rentabilidad en el largo plazo. Además, la aplicación también puede ser personalizada y ampliada con nuevos módulos en el futuro para atender nuevas necesidades de los usuarios.

Grajales y Gutiérrez (2021) desarrollan un software web para la gestión de la información de los asociados y sus terrenos suscritos que permita conocer la disponibilidad de áreas de producción para la Asociación Agropecuaria y Agroindustrial el Carmelo (ASOCARMELO) en el municipio de Anserma (Caldas), Colombia. Se busca mejorar el manejo de la información y la organización de los documentos que actualmente se tienen en formato físico. La metodología del proyecto se basa en un marco teórico que incluye la delimitación del problema, justificación, objetivos y metodología de desarrollo, lenguajes de programación y gestores de bases de datos. Se utilizarán las herramientas y métodos más adecuados para el desarrollo del proyecto. Los resultados esperados son un software web funcional que permita la gestión de la información de los asociados y sus terrenos suscritos, mejorando la organización y el manejo de la información para la Asociación Agropecuaria y Agroindustrial el Carmelo (ASOCARMELO) en el municipio de Anserma.

Requejo (2020) presenta un estudio sobre el efecto del uso de un sistema de planificación de cultivos agrícolas en el tiempo de planificación. Los objetivos del estudio son determinar el efecto del uso de un sistema de planificación de cultivos agrícolas en el tiempo de planificación y mejorar el proceso de planificación agrícola. El enfoque de la investigación es cuantitativo, con un

diseño descriptivo y se utilizó una hoja de registro de datos para la recolección de información. La población del estudio está conformada por 10 zonas de cultivo y 5 tipos de productos. Se compararon los tiempos de planificación desarrollados manualmente por los agricultores con los tiempos de simulación obtenidos mediante el uso del sistema de planificación. Los resultados muestran que el uso de un sistema de planificación de cultivos agrícolas redujo el tiempo del proceso de planificación, mejorando la eficiencia y la respuesta de la planificación manual. El sistema fue implementado utilizando Microsoft Visual Studio con un entorno de desarrollo integrado compatible con el lenguaje de programación C# y la conexión a la base de datos. Se recomienda ampliar el proyecto con más parámetros para mejorar los resultados de la proyección y el proceso agrícola y tener una mejor planificación futura. En resumen, el artículo presenta un enfoque innovador para mejorar la eficiencia y la precisión de la planificación agrícola utilizando herramientas de software.

Collazos (2020) desarrolla una aplicación web que permita la sistematización del proceso administrativo, así como la trazabilidad y georreferenciación de la finca la pradera ubicada en la vereda el progreso del municipio de Garzón. La metodología es un enfoque de desarrollo de software ágil, que incluye la implementación de diferentes módulos y funcionalidades que se van desarrollando a medida que avanza el proyecto. Los resultados obtenidos son la creación de una aplicación web que permite al dueño de la finca llevar un completo registro desde sus datos personales, como registros básicos de su finca y georreferenciación, información de sus trabajadores conjuntamente con su salario, un inventario de herramientas, instalaciones y maquinaria con las que cuenta su finca, registro de créditos con sus cuotas, registro de los diferentes lotes de la finca con su georreferenciación y sus cultivos. Cada cultivo tiene su registro de labores y actividades, así como los costos generados por los insumos, mano de obra y los

ingresos obtenidos por la venta de sus productos. Además, el sistema proporciona al dueño de la finca un balance de sus ingresos y gastos representándolos por medio de gráficos estadísticos que le permiten observar la rentabilidad de su finca de una forma ágil. En general, los resultados son la automatización y mejora de los procesos administrativos de la finca, así como la mejora en la gestión de la información y la toma de decisiones.

Cuchillo (2019) reduce el tiempo, costo y envío de información durante la Encuesta Demográfica y de Salud Familiar (ENDES) Apurímac 2017, a través de la implementación de una aplicación móvil que permita geolocalizar al personal de operación de campo. La metodología utilizada fue de tipo tecnológico, nivel explicativo y diseño pre experimental, en un solo grupo con una muestra de 35 viviendas, y se utilizó la metodología Scrum para el desarrollo de software. Los resultados obtenidos indican que la aplicación móvil reduce el tiempo de ejecución, el costo de ejecución y el costo de envío de información de la ENDES-Apurímac. Además, se aplicaron los estándares del ISO 25010 y se obtuvieron resultados favorables en cuanto a funcionalidad, usabilidad y eficiencia. En resumen, el estudio logró cumplir con su objetivo de reducir el tiempo, costo y envío de información durante la ENDES-Apurímac a través de la implementación de una aplicación móvil.

Babilonia (2019) implementa un sistema informático en plataforma web móvil para la Cooperativa Agraria Apahui del distrito de Huicungo, provincia de Mariscal Cáceres, con el fin de monitorear la producción y venta de cacao. Para ello, se empleó un diseño de investigación pre-experimental, nivel explicativo, en un solo grupo, y se utilizaron instrumentos de análisis documental y cuestionarios para medir la problemática antes y después de la implementación del sistema informático. La población de estudio fue de 103 individuos, incluyendo 100 productores, el Gerente General, el Presidente y el personal del área comercial, a quienes se les aplicó el

cuestionario. La prueba estadística utilizada para analizar los resultados fue la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra mayor de 50, y la prueba de Wilcoxon para comparar medias de las respuestas antes y después de la implementación del sistema. Los resultados indican que la implementación del sistema informático en plataforma web móvil mejoró significativamente la eficiencia en el monitoreo de la producción y ventas de cacao de la Cooperativa Agraria Apahui del Distrito de Huicungo – Provincia de Mariscal Cáceres, 2017, demostrando estadísticamente que el promedio de las respuestas antes y después de esta implementación son distintos.

Los antecedentes seleccionados tienen en común el uso de tecnología para la gestión de información relacionada con la producción agrícola y la administración de fincas. Cada uno de los trabajos menciona la implementación de sistemas informáticos, aplicaciones móviles o plataformas web para mejorar la eficiencia en la recolección de datos, monitoreo de la producción, trazabilidad, georreferenciación, gestión de información de cultivos, y la toma de decisiones. Además, estos trabajos han sido desarrollados en diferentes países y para distintas organizaciones agrarias. La selección de estos antecedentes permite conocer las experiencias y resultados obtenidos en otros proyectos relacionados con la aplicación de tecnología en el sector agrícola y puede servir como referencia para el desarrollo de la investigación propuesta en una cooperativa agraria de Jaén.

2.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Aplicación móvil

Una aplicación móvil es un programa de software diseñado para funcionar en dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes y tabletas (Rocha et al., 2019). Estas aplicaciones ofrecen

una variedad de funciones y servicios, desde juegos y redes sociales hasta herramientas de productividad y utilidades específicas para diversos fines (IBM, 2020).

La variable de Aplicación móvil en esta investigación se entiende como una herramienta tecnológica diseñada para facilitar y optimizar la recolección de datos en el contexto de la certificación Rainforest Alliance. La aplicación móvil se evaluará a través de tres indicadores clave, basados en los criterios de la norma ISO 9126:

Eficiencia de uso

La eficiencia de uso de una aplicación móvil se refiere a su capacidad para realizar tareas de recolección de datos de manera rápida y sin excesivas demandas de recursos. Según Nursuhada et al. (2019), la eficiencia de uso se relaciona con la velocidad y la capacidad de respuesta de la aplicación.

Fiabilidad

La fiabilidad de la aplicación móvil se centra en su capacidad para recopilar datos de manera precisa y consistente. Fajarini y Rahayu (2020) indican que la fiabilidad se asocia a la consistencia en los resultados y la ausencia de errores.

Facilidad de uso

La facilidad de uso se refiere a la accesibilidad y la amigabilidad de la aplicación móvil para los usuarios, lo que incluye aspectos como la interfaz de usuario y la navegación (Gavin, 2021). Según Arora y Malik (2020), la facilidad de uso influye en la adopción y la satisfacción del usuario.

Calidad de la recolección de datos

La calidad de la recolección de datos se refiere a la precisión, confiabilidad y validez de la información recopilada durante un proceso de investigación o recopilación de datos (Chen et al., 2014). Incluye la minimización de errores, la consistencia en la recopilación y la garantía de que los datos reflejen de manera precisa la realidad que se está estudiando (Hussain et al., 2021).

La variable de Calidad de la recolección de datos en esta investigación se evaluará a través de cuatro indicadores que reflejan su desempeño:

Tasa de errores en los datos recopilados

La tasa de errores se refiere a la cantidad de errores o inexactitudes en los datos recopilados a través de la aplicación móvil (Chen et al., 2014). Según Raviv et al. (2020), una baja tasa de errores se asocia con una alta calidad de los datos recopilados.

Tiempo promedio empleado en la recolección de datos

El tiempo empleado en la recolección de datos es un indicador importante de la calidad, ya que un menor tiempo suele asociarse con una mayor eficiencia (Staegemann et al., 2021). Chen et al. (2014) señalan que la optimización del tiempo de recolección es crucial para la calidad.

Costo asociado a la recolección de datos

El costo asociado a la recolección de datos se relaciona con los recursos financieros necesarios para llevar a cabo el proceso (Staegemann et al., 2021). Según Hussain et al. (2021), una reducción en los costos sin comprometer la fiabilidad de los datos recolectados es un indicador de una recolección de datos más eficiente y, por lo tanto, de mayor calidad.

Productividad

La productividad se refiere en la presente investigación a la capacidad de los inspectores para recopilar datos de manera eficiente y en grandes cantidades. Según Raviv et al. (2020), una alta productividad indica que la aplicación móvil contribuye a la calidad de la recolección de datos al aumentar la cantidad de datos recolectados de manera efectiva y fiable.

Certificación Rainforest Alliance

La certificación Rainforest Alliance es un sistema de certificación que se otorga a productos agrícolas y forestales que cumplen con ciertos estándares ambientales, sociales y económicos (Rainforest Alliance, 2020). Esta certificación promueve prácticas sostenibles en la agricultura y la conservación de los recursos naturales, así como mejores condiciones laborales para los trabajadores (Rainforest Alliance, 2021).

Cooperativa Agraria

Una cooperativa agraria es una organización formada por agricultores que se unen para colaborar en la producción, procesamiento y comercialización de productos agrícolas (Ma & Chen, 2019). Estas cooperativas pueden proporcionar a los agricultores una mayor capacidad de negociación en el mercado y promover prácticas agrícolas sostenibles (Abate, 2018).

Tabla 1

Descripción de variables

Título	Variables de estudio	Objetivo general	Objetivo específico	Cumplimiento
Aplicación móvil para mejorar la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén, 2023	Variable independiente: Aplicación móvil Variable dependiente: Calidad de la recolección de datos	Determinar la influencia de la aplicación móvil en la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.	Determinar la influencia de la aplicación móvil en la tasa de errores en los datos recopilados para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.	Razón (Datos recopilados errados/ Total de datos recopilados)
			Identificar la influencia de la aplicación móvil en el tiempo promedio empleado en la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.	Discreta (Horas empleadas)
			Determinar la influencia de la aplicación móvil en el costo asociado a la recolección de datos. para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.	Continua (Costo incurrido en S/.)

			Identificar la influencia de la aplicación móvil en la productividad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén en 2023.	Razón (Fichas llenadas/Horas empleadas)
			Desarrollar un módulo de análisis de datos en Python para estimar un modelo de regresión que permita predecir la productividad agrícola a partir de variables relevantes.	Producto de software (módulo de análisis de datos)
			Presentar los resultados del modelo predictivo de productividad agrícola en la aplicación móvil desarrollada con ODK.	Producto de software (App con resultados del modelo predictivo)

CAPITULO III

DISEÑO METODOLOGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Cuantitativa o cualitativa: Cuantitativa.

Experimental o no experimental: No experimental.

Alcance de la investigación (exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo): Explicativo.

Básica o aplicada: Aplicada.

Técnica: Encuesta implementada en la app ODK.

Herramientas: Procesador de texto (Microsoft Word), software de análisis estadístico (IBM SPSS), ODK, Python.

Instrumento: Cuestionario de recolección de información.

Equipos: 01 laptop, 01 impresora

3.2 OBJETO DE ESTUDIO

La observación se realizará sobre los trabajadores de la cooperativa que participan de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance.

3.3 PROCESO DE DESARROLLO

La investigación comprendió el siguiente procedimiento:

a) Recolección de datos a través de la aplicación móvil ODK: Los inspectores internos de la cooperativa recolectaron los datos de campo mediante la aplicación móvil ODK Collect, la cual permite recabar información en dispositivos móviles Android de manera rápida y sencilla.

b) Procesamiento y análisis de datos mediante un módulo en Python: El módulo de análisis de datos fue desarrollado en lenguaje Python. Este módulo se encargó de recibir los datos enviados desde la aplicación móvil ODK Collect, procesarlos y prepararlos para el análisis descriptivo.

c) Presentación del análisis de datos en un dashboard: Se diseñó e implementó un dashboard que presenta el análisis descriptivo de los datos recolectados. La presentación de resultados es responsive, es decir, se adaptará flexiblemente al tamaño de pantalla donde se visualice (smartphone, tablet, etc.) utilizando componentes de diseño WEB receptivos. De esta manera el análisis descriptivo estará siempre accesible para el usuario en cualquier dispositivo móvil.

d) Elaboración de informe y presentación del proyecto.

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variable Independiente (VI): Aplicación móvil

Variable Dependiente (VD): Calidad de la recolección de datos en el proceso de certificación *Rainforest Alliance*.

Variable	Dimensión	Indicador	Escala
Calidad de la recolección de datos (VD)	**Tasa de errores**	- Número de errores por ficha - Porcentaje de errores sobre el total	Cuantitativa (proporción)
	Tiempo de recolección	- Minutos promedio por ficha - Tiempo de llenado inicial - Tiempo de procesamiento posterior	Cuantitativa (minutos)
	Costos asociados	- Costo total por ficha - Costo por digitación - Costo de materiales (papel)	Cuantitativa (S/.)
	Productividad	- Fichas completadas por hora - Horas totales invertidas	Cuantitativa (tasa)
Aplicación móvil (VI)	**Implementación tecnológica**	- Uso de la aplicación por inspectores -Nivel de adopción en las inspecciones	Dicotómica (Sí/No) Ordinal
	Uso de la aplicación móvil para análisis	- Incorporación de un módulo de análisis en Python - Presentación de resultados en la aplicación	Cualitativa/Cuantitativa (presencia de módulo y métricas generadas)

CAPÍTULO IV: IMPLEMENTACIÓN DE ODK CENTRAL Y PERSONALIZACIÓN DE ODK COLLECT

4.1 Configuración de máquina virtual en AWS

La implementación del sistema de recolección y análisis de datos para la Cooperativa comienza con la configuración de una máquina virtual en Amazon Web Services (AWS). AWS es una plataforma de servicios en la nube ampliamente utilizada que ofrece una infraestructura escalable y flexible para alojar aplicaciones y servicios web (Sosinsky, 2011).

Para este proyecto, se optó por utilizar una instancia EC2 (Elastic Compute Cloud) de AWS, que proporciona capacidad de computación redimensionable en la nube. Se seleccionó una instancia con las especificaciones técnicas adecuadas para ejecutar ODK Central, considerando factores como la capacidad de procesamiento, memoria RAM y almacenamiento (Varia & Mathew, 2014).

La configuración de la máquina virtual involucró varios pasos. Primero, se creó una cuenta en AWS y se configuró el acceso a través de las credenciales de seguridad. Luego, se lanzó una nueva instancia EC2, seleccionando la imagen de máquina de Amazon (AMI) apropiada, que incluía el sistema operativo y las dependencias necesarias para ODK Central (Chakraborty, 2019).

Una vez lanzada la instancia, se realizó la configuración de red, asignando una dirección IP elástica para garantizar un acceso estable a ODK Central. También se configuraron los grupos de seguridad, que actúan como un firewall virtual, para controlar el tráfico entrante y saliente de la instancia (Wittig & Wittig, 2018).

Finalmente, se realizó la conexión a la instancia EC2 mediante el protocolo SSH (Secure Shell) y se llevaron a cabo las configuraciones necesarias a nivel del sistema operativo, como la

actualización de paquetes y la instalación de dependencias requeridas por ODK Central (Mózo, 2018).

4.2 Instalación y configuración de ODK Central

Una vez que la máquina virtual estuvo configurada y lista en AWS, se procedió con la instalación y configuración de ODK Central. ODK Central es un servidor web que proporciona una interfaz gráfica para gestionar proyectos de recopilación de datos móviles utilizando la suite de herramientas Open Data Kit (ODK) (Open Data Kit, 2021).

La instalación de ODK Central se realizó siguiendo la documentación oficial proporcionada por el equipo de ODK. Se descargó el paquete de instalación desde el repositorio oficial de ODK Central en GitHub y se ejecutaron los comandos necesarios para instalar las dependencias y configurar el entorno (Open Data Kit, 2021).

Una vez completada la instalación y configuración inicial, se realizaron pruebas para verificar el correcto funcionamiento de ODK Central. Se crearon proyectos de prueba, se cargaron formularios y se simuló la recopilación de datos desde dispositivos móviles para asegurar que todo estuviera funcionando según lo esperado (Brunette et al., 2013).

4.3 Diseño de cuestionarios digitales

Se analizaron los formularios y fichas físicas utilizados actualmente por la cooperativa para la recolección de datos, como la "Ficha básica" y la "Ficha de inspección interna". Estos formularios sirvieron como base para el diseño de los cuestionarios digitales que se implementaron en ODK Collect.

El diseño de los cuestionarios digitales se realizó utilizando la herramienta XLSForm, que permite definir la estructura y el contenido de los formularios utilizando un formato de hoja de cálculo (Labar, 2019). XLSForm utiliza un lenguaje declarativo para especificar los tipos de preguntas, las opciones de respuesta, las validaciones y las reglas de salto condicional.

Durante el proceso de diseño, se trabajó estrechamente con el equipo de la Cooperativa para traducir los campos y preguntas de las fichas físicas a su equivalente digital. Se analizó cada elemento de las fichas, identificando el tipo de dato requerido (texto, número, fecha, selección múltiple, etc.) y las restricciones o validaciones necesarias.

Además de replicar los campos existentes, se aprovechó la oportunidad para mejorar la calidad y la consistencia de los datos recopilados. Se agregaron validaciones adicionales, como rangos permitidos para valores numéricos, formatos específicos para fechas y reglas de obligatoriedad para campos críticos (Chien, 2020). Esto ayudó a minimizar errores y garantizar la integridad de los datos.

Una vez que se completó el diseño de los cuestionarios en XLSForm, se realizaron pruebas para verificar su funcionalidad y usabilidad. Se cargaron los formularios en ODK Collect y se llevaron a cabo simulaciones de recolección de datos, asegurando que todos los campos, validaciones y flujos de trabajo funcionaran correctamente.

El diseño cuidadoso y detallado de los cuestionarios digitales fue un paso crucial para garantizar que la recolección de datos con ODK Collect fuera eficiente, precisa y alineada con los requerimientos de la certificación Rainforest Alliance. Estos cuestionarios digitales se convirtieron en la base para la capacitación de los inspectores y la implementación exitosa de la solución en la cooperativa.

Para el diseño de los cuestionarios digitales en ODK Collect, se tomaron como referencia dos fichas físicas clave utilizadas por la Cooperativa: la "Ficha básica" y la "Ficha de inspección interna".

La "Ficha básica" es un documento que recopila información fundamental sobre los productores de café y sus unidades productivas. Esta ficha incluye datos como el nombre y DNI del productor, fecha de nacimiento, género, estado civil, grado de instrucción, número de hijos, datos de contacto y ubicación geográfica de la finca. Además, captura información detallada sobre las parcelas de café, como el área total, el área en producción, las variedades cultivadas, la altitud, la densidad de siembra y las certificaciones obtenidas.

Por otro lado, la "Ficha de inspección interna" es un documento utilizado por los inspectores de la cooperativa para evaluar el cumplimiento de los productores con los estándares de la certificación Rainforest Alliance. Esta ficha abarca una amplia gama de criterios, desde aspectos sociales y laborales hasta prácticas agrícolas y de conservación ambiental. Algunos de los puntos de control incluidos son la existencia de contratos de compromiso, la disponibilidad de mapas o croquis de la finca, el acceso a servicios básicos, la protección de ecosistemas y especies en peligro de extinción, el manejo integrado de plagas, y la gestión de residuos, entre otros.

Durante el proceso de diseño de los cuestionarios digitales en ODK Collect, se realizó una cuidadosa traducción de los campos y preguntas de estas fichas físicas a su equivalente digital. Cada elemento de las fichas se analizó en detalle para determinar el tipo de dato requerido y las validaciones necesarias.

Para la "Ficha básica", se crearon secciones y grupos de preguntas en ODK Collect que capturaran de manera estructurada la información del productor, como sus datos personales,

características de las parcelas y prácticas agrícolas implementadas. Se utilizaron diferentes tipos de preguntas, como texto libre para nombres y descripciones, fechas para registrar fechas de nacimiento o periodos de cosecha, y preguntas de opción múltiple para capturar información categorizada, como el grado de instrucción o las variedades de café cultivadas.

En el caso de la "Ficha de inspección interna", se diseñó un cuestionario digital en ODK Collect que abarcara todos los puntos de control requeridos por la certificación Rainforest Alliance. Se crearon secciones temáticas para organizar las preguntas, como "Gestión Documentada", "Bienestar Social y Laboral", "Conservación de Ecosistemas" y "Manejo Integrado del Cultivo". Cada pregunta se formuló de manera clara y concisa, y se proporcionaron opciones de respuesta predefinidas cuando correspondía, como "Sí", "No", "No Aplica", para facilitar la evaluación por parte de los inspectores.

Además de la estructura y el contenido de las preguntas, se incorporaron validaciones y reglas de salto condicional en los cuestionarios digitales. Por ejemplo, se establecieron rangos válidos para datos numéricos, como el área de las parcelas o el número de plantas, y se configuraron preguntas obligatorias para garantizar que no se omitiera información crítica. También se implementaron reglas de salto condicional, donde ciertas preguntas se mostraban o ocultaban en función de las respuestas anteriores, optimizando así el flujo de la inspección.

El diseño meticuloso de los cuestionarios digitales basados en las fichas físicas existentes fue fundamental para garantizar una recolección de datos completa, precisa y eficiente en el marco de la certificación Rainforest Alliance. Estos cuestionarios digitales se convirtieron en la piedra angular de la solución implementada con ODK Collect, permitiendo a los inspectores capturar

información crucial de manera estructurada y consistente durante sus visitas a las fincas de los productores.

4.4 Capacitación a inspectores en el uso de ODK Collect

Una vez que se diseñaron los cuestionarios digitales, el siguiente paso crucial fue capacitar a los inspectores de la Cooperativa en el uso efectivo de la herramienta. La capacitación adecuada de los inspectores era esencial para garantizar una adopción exitosa de la tecnología y asegurar la calidad de los datos recopilados.

Los inspectores tuvieron la oportunidad de familiarizarse con la interfaz de usuario de la aplicación y practicar la navegación a través de los diferentes cuestionarios digitales. Se realizaron simulaciones de inspecciones, donde los participantes pudieron aplicar los conocimientos adquiridos y resolver dudas en un entorno controlado.

La capacitación de los inspectores en el uso de ODK Collect personalizado fue un factor clave para el éxito de la implementación. Al equipar a los inspectores con los conocimientos y habilidades necesarios, se aseguró que pudieran aprovechar al máximo la tecnología y recopilar datos de alta calidad durante sus visitas a las fincas de los productores, contribuyendo así a un proceso más eficiente y confiable.

4.5 Despliegue de ODK Collect en dispositivos móviles

Después de capacitar a los inspectores en su uso, el siguiente paso fue el despliegue de la aplicación en los dispositivos móviles que se utilizaron en campo. Este proceso implicó la selección de los dispositivos adecuados, la configuración de los mismos y la instalación de ODK Collect.

Una vez que los dispositivos estuvieron listos, se procedió a la instalación de ODK Collect personalizado. Los inspectores recibieron instrucciones detalladas sobre cómo acceder a Google Play Store y descargar e instalar la aplicación en sus dispositivos asignados.

Una vez que los dispositivos móviles estuvieron completamente configurados y con ODK Collect instalado, se realizaron pruebas para verificar su correcto funcionamiento. Los inspectores llevaron a cabo simulacros de inspección en campo, utilizando los dispositivos y la aplicación para recopilar datos. Esto permitió identificar y solucionar cualquier problema técnico o de usabilidad antes de la implementación real.

El despliegue exitoso de ODK Collect personalizado en los dispositivos móviles de los inspectores fue un hito importante en el proyecto. Aseguró que los inspectores tuvieran las herramientas necesarias para recopilar datos de manera eficiente y confiable durante sus visitas a las fincas de los productores. Con los dispositivos móviles configurados y listos para usar, la Cooperativa estaba preparada para comenzar a utilizar la solución de recolección de datos móviles.

Al momento de visitar una finca, los inspectores abrieron la app y seleccionaron el formulario correspondiente. Los inspectores procedieron a completar el formulario en la app ingresando las respuestas y datos provistos por el agricultor durante la entrevista. Una vez finalizado el llenado de los campos del formulario, el inspector envió la información, la cual se transmitió de manera segura al servidor central de ODK Central. De esta manera, ODK Collect optimizó la recolección de datos, reemplazando el uso de papel por formularios electrónicos intuitivos, con validaciones y flujos de trabajo estandarizados. Los inspectores internos recolectaron información de 46 productores. Esta información fue correctamente enviada a ODK

Central e importada desde allí por la herramienta de análisis de datos desarrollada, descrita en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO V: DESARROLLO DEL MÓDULO DE ANÁLISIS DE DATOS

5.1 Diseño de la arquitectura del módulo

El diseño arquitectónico del módulo de análisis de datos se fundamenta en un enfoque modular y escalable que permite procesar, analizar y visualizar eficientemente la información recolectada a través de ODK Collect. La arquitectura propuesta se basa en el patrón de diseño Model-View-Controller (MVC) adaptado a las necesidades específicas del proyecto y las características propias de la certificación Rainforest Alliance.

El módulo está estructurado en tres capas principales que interactúan entre sí de manera coordinada. La capa de datos (Model) se encarga de la gestión y persistencia de la información proveniente de ODK Central, incluyendo las respuestas de los cuestionarios digitales y los metadatos asociados. Esta capa implementa un sistema de almacenamiento que utiliza el formato CSV como estructura de datos principal, facilitando la interoperabilidad con diferentes herramientas de análisis y la portabilidad de la información.

La capa de procesamiento (Controller) constituye el núcleo funcional del módulo, donde se implementa la lógica de negocio y se realizan las transformaciones necesarias sobre los datos. Esta capa está desarrollada en Python, aprovechando las capacidades de bibliotecas especializadas como Pandas para el procesamiento de datos y NumPy para cálculos numéricos. El controlador implementa funciones específicas para el cálculo de indicadores clave relacionados con la certificación, como el índice de cumplimiento de prácticas sostenibles, la productividad por hectárea y el análisis de factores que influyen en la calidad del café.

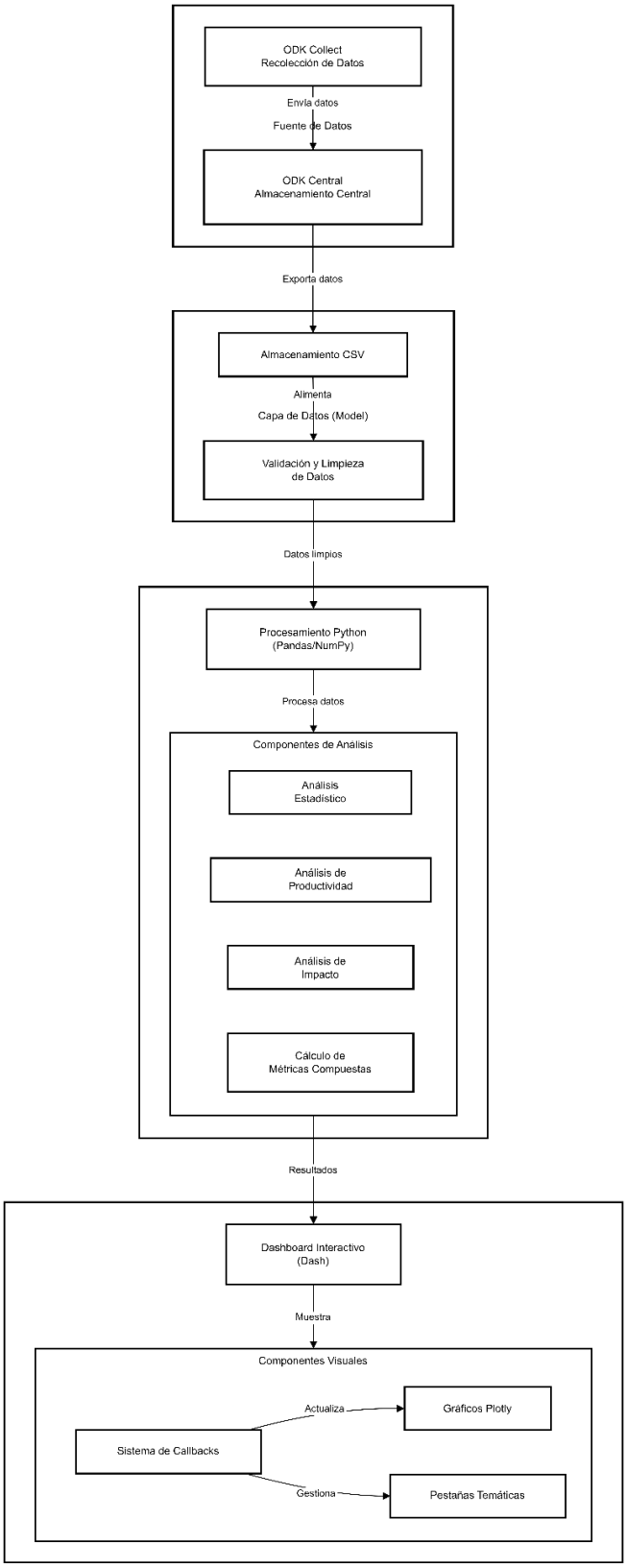
La capa de presentación (View) se materializa a través de un dashboard interactivo desarrollado con Dash, un framework de Python que permite la creación de aplicaciones web

analíticas. Esta interfaz proporciona visualizaciones dinámicas utilizando la biblioteca Plotly, que genera gráficos interactivos y responsivos. La estructura del dashboard está organizada en pestañas temáticas que abordan diferentes aspectos de la certificación: Certificación y Cumplimiento, Análisis de Productividad, Prácticas Agrícolas, Información de Parcelas e Información General.

El flujo de datos dentro de la arquitectura sigue un patrón unidireccional que comienza con la extracción de información desde ODK Central. Los datos son procesados por la capa de controlador, donde se aplican transformaciones como la conversión de tipos de datos, la limpieza de valores anómalos y el cálculo de métricas derivadas. El resultado de este procesamiento se almacena en estructuras de datos optimizadas para su posterior visualización en el dashboard.

La arquitectura incorpora varios componentes especializados que trabajan de manera coordinada. El componente de análisis estadístico implementa funciones para el cálculo de correlaciones, distribuciones y tendencias en los datos recolectados. El componente de visualización incluye funciones personalizadas para la generación de diferentes tipos de gráficos, como histogramas, gráficos de dispersión, gráficos de barras y diagramas circulares, cada uno adaptado al tipo de información que se desea representar.

Figura 1. Diseño de la arquitectura



Un aspecto fundamental de la arquitectura es el sistema de callbacks implementado en Dash, que permite la actualización dinámica de las visualizaciones en respuesta a las interacciones del usuario. Este sistema se basa en un patrón de observador donde los componentes del dashboard se actualizan automáticamente cuando cambian los datos subyacentes o cuando el usuario realiza alguna acción específica. Los callbacks están diseñados para mantener la eficiencia y la capacidad de respuesta del dashboard, incluso cuando se procesan grandes volúmenes de datos.

La arquitectura también incorpora un sistema de cálculo de métricas compuestas que son fundamentales para el proceso de certificación. Por ejemplo, el cálculo del puntaje de certificación (certification_score) se realiza mediante una función especializada que evalúa el cumplimiento de múltiples criterios, incluyendo la no deforestación, la conservación de ecosistemas, la protección de vida silvestre, el control de especies invasoras, las prácticas de conservación de suelos y el uso racional del agua. Este puntaje proporciona una medida cuantitativa del nivel de cumplimiento de los estándares de Rainforest Alliance.

El módulo implementa un sistema de análisis de productividad que considera múltiples variables y sus interrelaciones. Este componente incluye funciones para calcular la productividad por hectárea, analizar los factores que influyen en la productividad y identificar patrones y tendencias en los datos. La arquitectura permite la expansión de este análisis mediante la incorporación de nuevas variables y métricas según las necesidades específicas de la cooperativa.

La gestión de la calidad de los datos se integra en la arquitectura a través de funciones especializadas para la validación y limpieza de datos. Estas funciones incluyen la detección y tratamiento de valores atípicos, la gestión de valores faltantes y la validación de la consistencia de

los datos. Por ejemplo, la función convert_slope se encarga de normalizar y validar los datos de pendiente del terreno, manejando diferentes formatos de entrada y garantizando la consistencia de las mediciones.

La arquitectura del módulo también considera aspectos de personalización y extensibilidad. Los componentes visuales del dashboard utilizan un sistema de estilos consistente y personalizable, implementado a través de diccionarios de estilos en Python. Esto permite adaptar la apariencia del dashboard a las necesidades específicas de la cooperativa y mantener una identidad visual coherente. Además, la estructura modular facilita la incorporación de nuevos tipos de análisis y visualizaciones según evolucionen los requerimientos.

Un componente innovador de la arquitectura es el sistema de análisis de impacto, que permite evaluar la efectividad de diferentes prácticas agrícolas. Por ejemplo, la función analyze_soil_analysis_impact compara la productividad entre parcelas que han realizado análisis de suelos y las que no, proporcionando evidencia cuantitativa del impacto de esta práctica. Este tipo de análisis ayuda a la toma de decisiones basada en datos y permite identificar las mejores prácticas para mejorar la productividad y sostenibilidad de los cultivos.

La arquitectura se complementa con un sistema de documentación integrado que utiliza docstrings y comentarios detallados en el código. Esto facilita el mantenimiento del módulo y permite que otros desarrolladores puedan comprender y extender su funcionalidad. Además, el código está estructurado siguiendo las mejores prácticas de Python, como la utilización de nombres descriptivos para variables y funciones, la separación de responsabilidades y la implementación de patrones de diseño apropiados.

La modularidad de la arquitectura permite que el sistema sea fácilmente adaptable a diferentes contextos y escalable según las necesidades de la cooperativa. Los componentes están diseñados para ser reutilizables y las dependencias entre ellos están claramente definidas, lo que facilita el mantenimiento y la evolución del sistema. Esta flexibilidad es particularmente importante en el contexto de la certificación Rainforest Alliance, donde los requisitos y estándares pueden evolucionar con el tiempo.

5.2 Implementación del *dashboard* de análisis de datos

La implementación del dashboard de análisis de datos constituye una pieza fundamental en el proceso de visualización y comprensión de la información recolectada a través de ODK Collect durante las inspecciones de certificación Rainforest Alliance. Este componente se desarrolló utilizando el framework Dash de Python, el cual permite crear aplicaciones web interactivas de análisis de datos combinando las capacidades de Plotly para la visualización y Flask para el backend.

El dashboard se estructuró en cinco secciones principales organizadas en pestañas, cada una enfocada en un aspecto específico del proceso de certificación: Certificación y Cumplimiento, Análisis de Productividad, Prácticas Agrícolas, Información de Parcelas e Información General. Esta organización permite a los usuarios navegar de manera intuitiva entre diferentes aspectos de los datos recolectados, facilitando el análisis y la toma de decisiones.

En la sección de Certificación y Cumplimiento, se implementaron visualizaciones que permiten monitorear el nivel de adherencia a las prácticas sostenibles requeridas por Rainforest Alliance. Se desarrolló un gráfico de barras apiladas que muestra el porcentaje de cumplimiento para cada práctica sostenible, incluyendo no deforestación, conservación de ecosistemas,

protección de vida silvestre, control de especies invasoras, prácticas de conservación de suelos y uso racional del agua. Además, se incorporó un gráfico que analiza la distribución de incumplimientos, distinguiendo entre criterios obligatorios y mayores, así como su relación con el área total de las parcelas.

La pestaña de Análisis de Productividad se diseñó para proporcionar perspectivas sobre los factores que influyen en el rendimiento de los cultivos. Se implementó un histograma que muestra la distribución de la productividad en kilogramos por hectárea, y un análisis de correlación que examina la relación entre la productividad y diversos factores como el número de plantas en producción, la edad del productor, la pendiente del terreno y el área total. Esta visualización permite identificar las variables que tienen mayor impacto en la productividad de las parcelas.

Figura 2. Dashboard – Pestaña de Certificación y Cumplimiento



Figura 3. Dashboard – Pestaña de Análisis de Productividad



En cuanto a las Prácticas Agrícolas, se desarrollaron visualizaciones que muestran la distribución de los tipos de poda utilizados y la implementación de prácticas de conservación como barreras vivas, coberturas vegetales y análisis de suelos. Se utilizó una combinación de gráficos de barras y gráficos circulares para representar estas distribuciones, facilitando la identificación de patrones y áreas de mejora en las prácticas agrícolas empleadas por los productores.

Figura 4. Dashboard – Pestaña de Prácticas Agrícolas



Para la sección de Información de Parcelas, se implementaron visualizaciones que analizan la distribución del área total de las parcelas, la relación entre el área de café en producción y en crecimiento, y la distribución de las diferentes variedades de café cultivadas. Se utilizó un histograma para mostrar la distribución de áreas, un gráfico de dispersión para analizar la relación entre áreas productivas y en desarrollo, y un gráfico circular para visualizar la proporción de cada variedad de café en la producción total.

La sección de Información General se implementó con visualizaciones que proporcionan un panorama sociodemográfico de los productores, incluyendo la distribución de edades, género y nivel educativo. Se utilizaron histogramas y gráficos circulares para representar estas distribuciones, lo que permite identificar características relevantes de la población de productores certificados.

Adicionalmente, se implementó una sección de Análisis Avanzado que incluye visualizaciones más complejas y análisis estadísticos detallados. En esta sección, se desarrolló un gráfico de dispersión que relaciona el puntaje de certificación con la productividad, permitiendo evaluar si existe una correlación entre el cumplimiento de los criterios de certificación y el rendimiento productivo. También se implementó una visualización que identifica y muestra los diez productores con mayor productividad, junto con sus respectivos puntajes de certificación, lo que facilita la identificación de casos de éxito y mejores prácticas.

Un aspecto destacado del análisis avanzado es la evaluación del impacto del análisis de suelos en la productividad. Se implementó un gráfico comparativo que muestra la diferencia en productividad entre las parcelas que realizan análisis de suelos y las que no lo hacen, incluyendo el cálculo de la diferencia porcentual y una representación visual clara de esta comparación.

Figura 5. Dashboard – Pestaña de Información de Parcelas



Figura 6. Dashboard – Pestaña de Información General

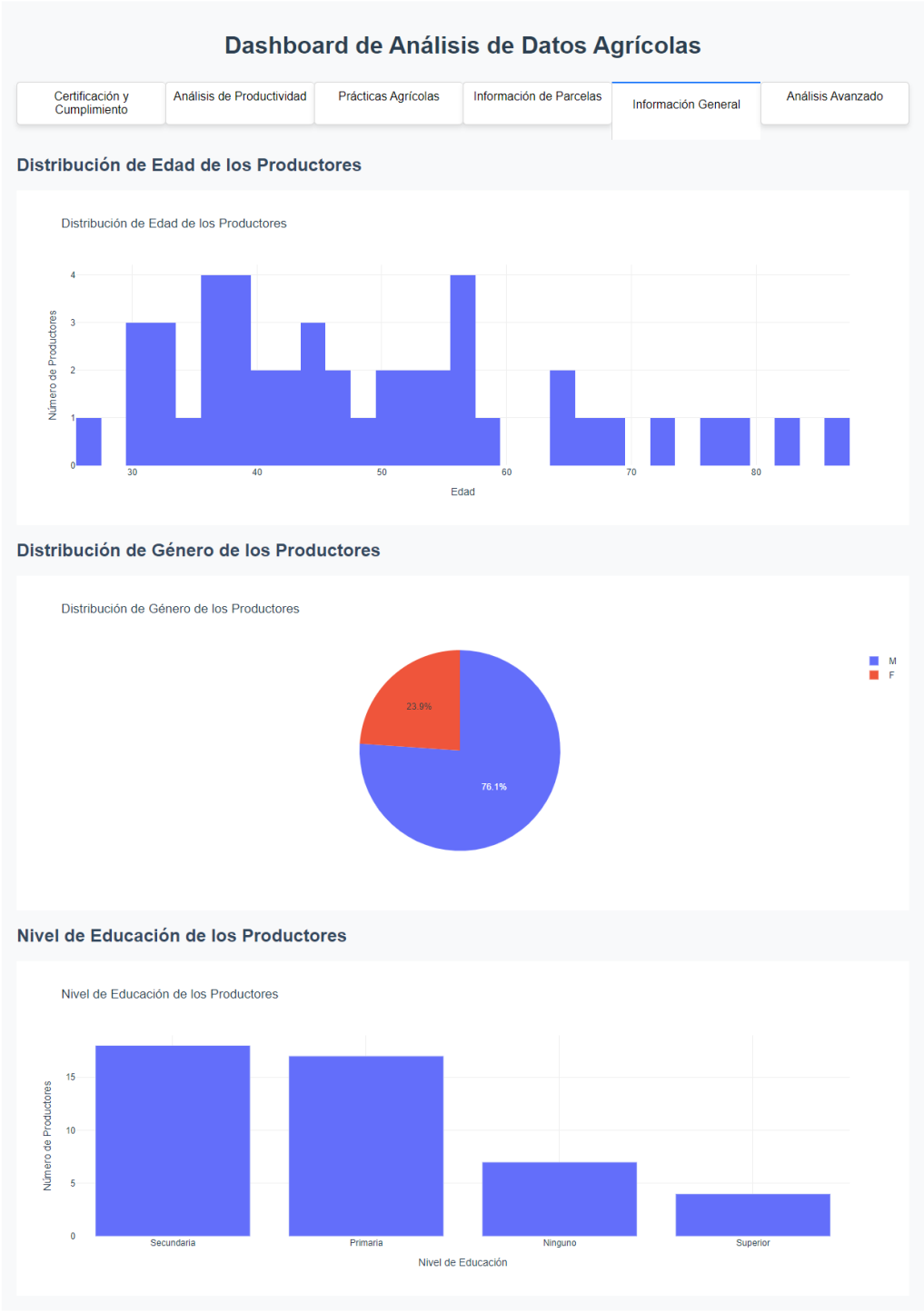


Figura 7. Dashboard – Pestaña de Análisis Avanzado



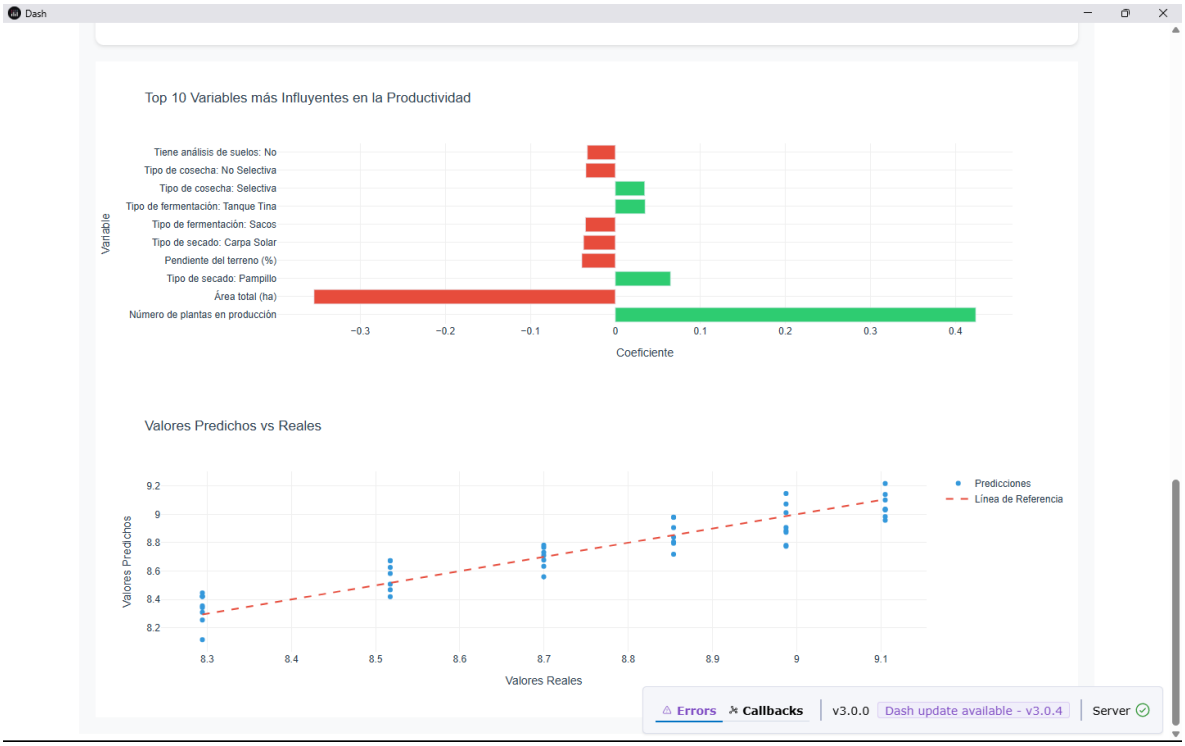
El diseño visual del dashboard se implementó con un enfoque en la usabilidad y la estética, utilizando una paleta de colores coherente y profesional. Se definió un estilo personalizado que incluye un fondo claro, tipografía Arial sans-serif, y dimensiones máximas que garantizan una visualización óptima en diferentes dispositivos. Las pestañas se diseñaron con un estilo que incluye fondo blanco, bordes redondeados y sombras suaves, lo que mejora la navegabilidad y la experiencia del usuario.

Para el manejo de datos, se implementaron funciones de procesamiento que realizan cálculos específicos como la determinación de la edad de los productores, la conversión de valores de pendiente a formato numérico, y el cálculo de la productividad. Estas funciones incluyen manejo de errores y validaciones para garantizar la integridad de los datos presentados en las visualizaciones.

La implementación incluye callbacks que actualizan dinámicamente las visualizaciones en respuesta a las interacciones del usuario. Estos callbacks están diseñados para mantener la coherencia de los datos y proporcionar una experiencia fluida al navegar entre las diferentes secciones del dashboard. Además, se implementaron funciones para el análisis de factores que influyen en la productividad y el cálculo de puntajes de certificación, lo que permite un análisis más profundo de los datos recolectados.

El dashboard se implementó como una aplicación web que puede ejecutarse en un servidor local o desplegarse en un servidor web, lo que facilita el acceso a los usuarios autorizados desde cualquier ubicación. La función run_dashboard se encarga de iniciar el servidor de la aplicación en modo de depuración, lo que facilita la identificación y corrección de posibles errores durante el desarrollo y la implementación.

Figura 8. Dashboard – Modelo de predicción de la productividad



El gráfico "Top 10 Variables más Influyentes en la Productividad" revela las variables con mayor impacto en la productividad según el modelo de regresión. Se observa que el Número de plantas en producción y el Área total (ha) son los factores que más contribuyen positivamente a la productividad. Esto sugiere que un mayor número de plantas y una mayor área cultivada están asociados con una mayor producción. En contraste, la ausencia de análisis de suelos ("Tiene análisis de suelos: No") y el uso del "Tipo de secado: Carpa Solar" muestran una correlación negativa con la productividad, indicando que estas condiciones podrían limitar el rendimiento. Otros factores como la pendiente del terreno y el tipo de poda también presentan cierta influencia, aunque en menor medida.

El gráfico "Valores Predichos vs Reales" evalúa la precisión del modelo de regresión al comparar los valores de productividad predichos con los valores reales observados. La

concentración de los puntos de datos alrededor de la línea de referencia (donde los valores predichos son iguales a los reales) indica que el modelo es capaz de capturar una parte significativa de la variabilidad en la productividad. Si bien existe cierta dispersión, lo que es común en modelos de regresión aplicados a datos del mundo real, la tendencia general sigue la línea de referencia, lo que sugiere que las predicciones del modelo son razonablemente precisas.

En conclusión, el análisis de regresión y los gráficos asociados proporcionan información valiosa sobre los impulsores clave de la productividad. Identificar y potenciar los factores con impacto positivo, como el número de plantas y el área, mientras se abordan aquellos con impacto negativo, como la falta de análisis de suelos o ciertos métodos de secado, puede ser fundamental para mejorar la productividad agrícola. El modelo de regresión desarrollado ofrece una herramienta útil para comprender estas relaciones y potencialmente informar la toma de decisiones.

5.3 Implementación del dashboard en la aplicación móvil

La implementación del dashboard se ha logrado mediante una arquitectura híbrida que combina componentes nativos de Android con tecnologías web. Esta aproximación permite aprovechar la potencia y flexibilidad de las tecnologías web para la visualización de datos, mientras se mantiene la integración nativa con el resto de la aplicación.

La arquitectura de la solución se compone de cuatro elementos fundamentales:

- Actividad contenedora: Una actividad nativa de Android que sirve como contenedor principal para el dashboard.
- Componente de visualización web: Elemento central que renderiza el contenido web del dashboard.

- Sistema de caché offline: Mecanismo para almacenar localmente el contenido del dashboard y permitir su visualización sin conexión.
- Integración con la interfaz principal: Elemento de navegación dedicado en la interfaz principal de la aplicación para acceder al dashboard.

Figura 9. Menú principal de la aplicación después de la implementación



La integración comienza en la interfaz principal de la aplicación, donde se ha añadido un elemento de navegación específico para acceder al dashboard (ver Figura 9). La visibilidad permanente de este elemento refleja la importancia del dashboard como parte integral de la experiencia de usuario.

La implementación utiliza el patrón arquitectónico Modelo-Vista-VistaModelo (MVVM), donde la lógica de presentación determina la visibilidad del elemento de navegación, mientras que la vista maneja la interacción del usuario y la navegación hacia la actividad del dashboard.

El núcleo de la implementación es una actividad Android que gestiona la carga, visualización y comportamiento del dashboard. Esta actividad utiliza un componente de visualización web para renderizar el contenido del dashboard, que se carga desde un servidor remoto configurado en los recursos de la aplicación.

La configuración del componente web incluye habilitación de JavaScript, soporte para almacenamiento DOM, capacidades de zoom y otras optimizaciones para mejorar la experiencia de usuario. La estructura de la interfaz es minimalista, consistiendo principalmente en el componente de visualización que ocupa toda la pantalla.

La implementación incluye un manejo robusto de errores y estados de conectividad, mostrando mensajes apropiados cuando no hay conexión a Internet o cuando ocurren errores al cargar el dashboard. Estos mensajes se presentan de manera amigable dentro del mismo componente de visualización, con opciones para reintentar la carga.

Los mensajes de error están diseñados siguiendo principios de experiencia de usuario, con iconos intuitivos, títulos claros, descripciones informativas y acciones evidentes. El contenido de estos mensajes se carga como HTML directamente en el componente de visualización, manteniendo una experiencia coherente incluso en situaciones de error.

La integración del Dashboard Agrícola directamente en la aplicación de recolección de datos ofrece las siguientes ventajas:

- Ciclo de datos completo: Los usuarios pueden recolectar datos y visualizar análisis en la misma aplicación, cerrando el ciclo de información y reduciendo la fragmentación del flujo de trabajo (Hartung et al., 2010).

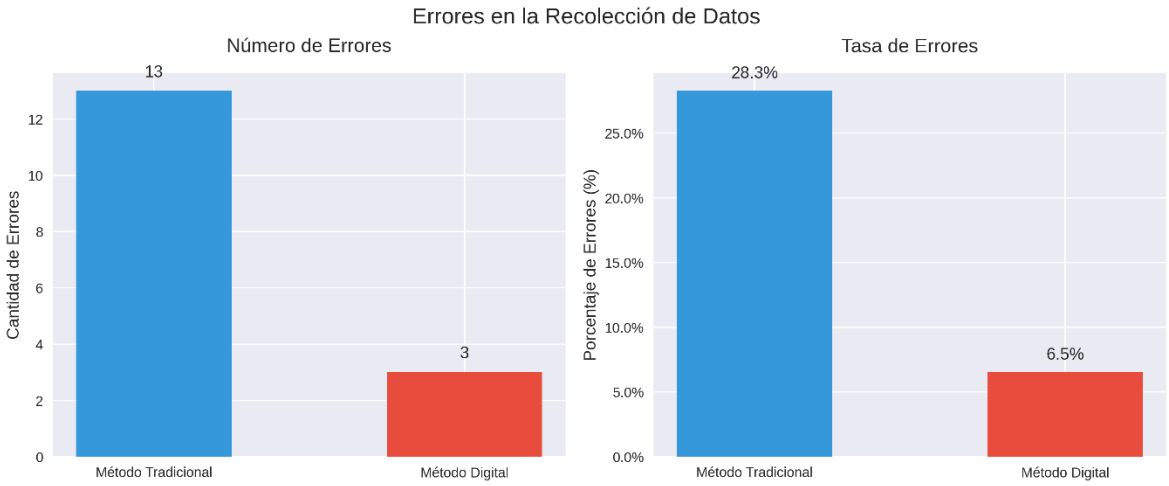
- Toma de decisiones en campo: Los trabajadores agrícolas pueden consultar análisis y tendencias mientras están en el campo, facilitando decisiones informadas y oportunas, un aspecto crítico en la agricultura de precisión (Wolfert et al., 2017).
- Reducción de dependencias: No es necesario utilizar aplicaciones o plataformas adicionales para visualizar los datos, simplificando el flujo de trabajo y reduciendo la curva de aprendizaje para los usuarios finales.
- Experiencia de usuario coherente: Al mantener todo dentro de la misma aplicación, se proporciona una experiencia de usuario más integrada y coherente, lo que puede mejorar la adopción y satisfacción del usuario (Nielsen & Budiu, 2012).

CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN

El presente análisis examina los resultados obtenidos al comparar el método tradicional (lápiz y papel) con el método digital (aplicación ODK Collect) en la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en una cooperativa agraria de Jaén. El estudio se centró en cuatro aspectos clave: tasa de errores, tiempo de recolección, costos asociados y productividad.

6.1 Reducción de errores

Figura 10. Errores en la recolección de datos



Los resultados revelan una marcada mejora en la precisión de la información recolectada. El método tradicional registró 13 errores de un total de 46 fichas completadas, representando una tasa de error del 28.3%. En contraste, el método digital presentó solamente 3 errores, equivalente a una tasa de error del 6.5%. Esto constituye una reducción del 76.9% en la ocurrencia de errores.

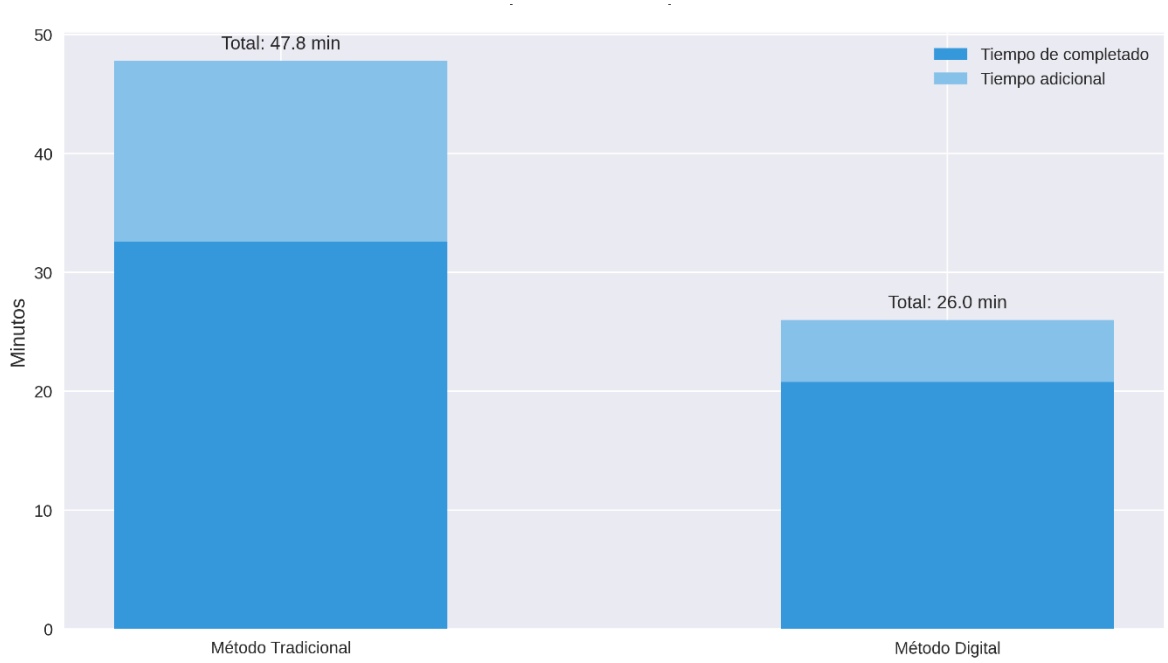
Esta notable mejora en la precisión puede atribuirse a varios factores inherentes a la aplicación móvil implementada. El sistema ODK Collect incorpora validaciones automáticas durante el ingreso de datos, permitiendo verificar en tiempo real la consistencia y completitud de

la información. Además, elimina errores de transcripción que ocurren frecuentemente cuando la información debe transferirse manualmente de formatos físicos a sistemas digitales.

El análisis estadístico (prueba t) confirmó que esta diferencia es altamente significativa (p=0.0077), lo que respalda firmemente que la reducción en errores no es producto del azar sino consecuencia directa del cambio metodológico implementado.

6.2 Reducción de tiempo empleado

Figura 11. Tiempo promedio por ficha



En cuanto al tiempo requerido para completar cada ficha, los datos muestran una sustancial optimización de recursos temporales. El método tradicional requiere en promedio 47.8 minutos por ficha, divididos en 32.6 minutos para el completado inicial y 15.2 minutos adicionales para organización y procesamiento posterior.

El método digital reduce estos tiempos a un total de 26.0 minutos por ficha (20.8 minutos para el completado y 5.2 minutos para revisión y envío). Esto representa un ahorro de 21.8 minutos por ficha, equivalente a una reducción del 45.6% en el tiempo total invertido.

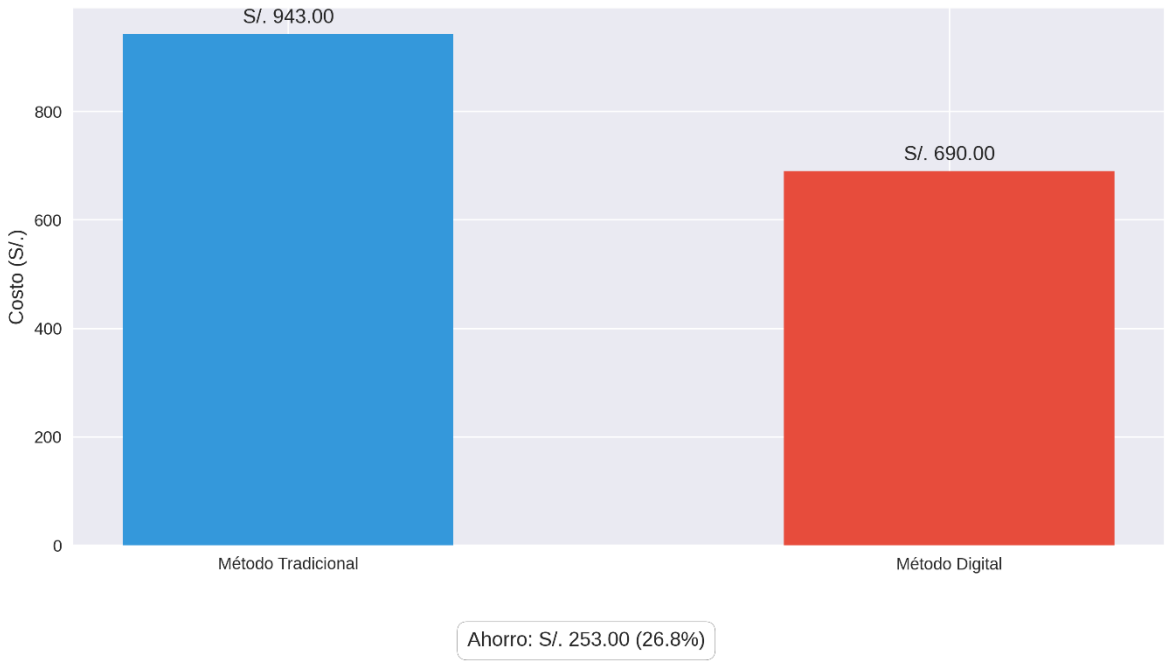
Un hallazgo particularmente relevante es que la mayor reducción proporcional se produce en el tiempo adicional requerido después del llenado inicial. Mientras que en el método tradicional este tiempo representa el 31.8% del total, en el método digital se reduce al 20.0%, evidenciando la eficiencia del proceso de envío digital en comparación con la organización manual de documentos físicos.

La prueba estadística confirmó que esta diferencia en tiempos es altamente significativa ($p=0.0033$), respaldando la conclusión de que el método digital optimiza sustancialmente el proceso de recolección de datos.

6.3 Reducción de costos

El análisis económico muestra beneficios financieros tangibles derivados de la implementación del método digital. Para las 46 fichas completadas durante el periodo de estudio, el método tradicional representó un costo total de S/. 943.00, mientras que el método digital redujo esta cifra a S/. 690.00. Esto supone un ahorro de S/. 253.00, equivalente a una reducción del 26.8% en los costos totales.

Figura 12. Costo total para todas las fichas

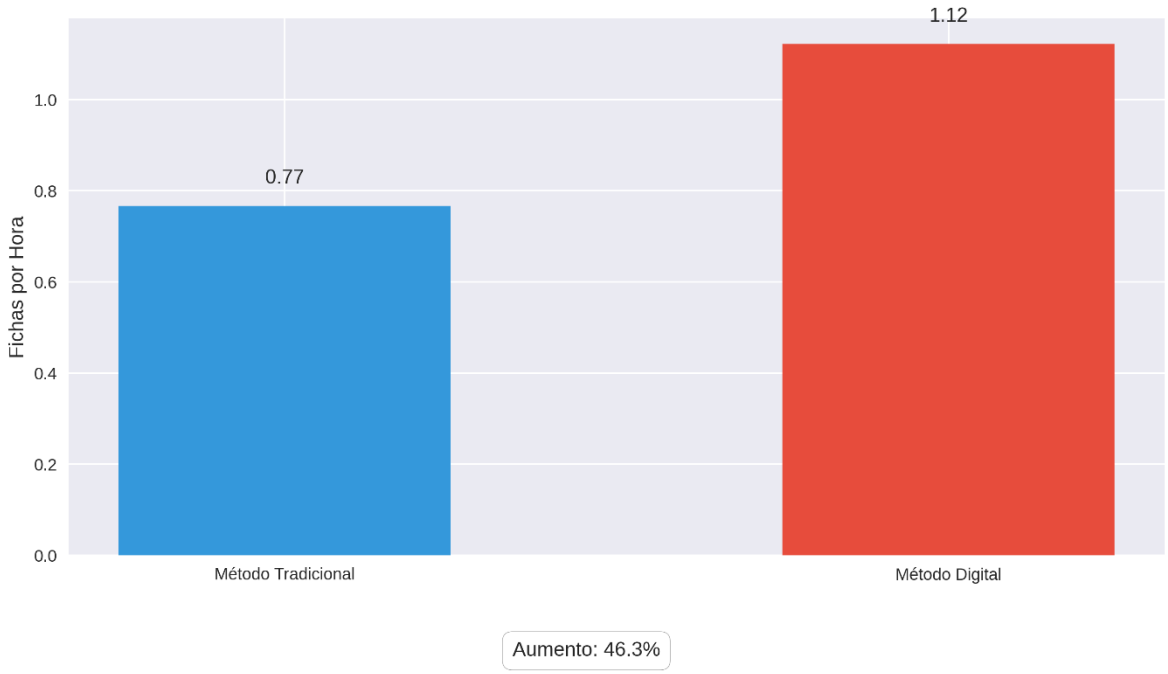


Esta reducción de costos se explica principalmente por la eliminación de dos componentes presentes en el método tradicional. El desglose detallado de costos por ficha revela que el método tradicional incluye S/. 0.50 (2.44%) por formatos en papel, S/. 15.00 (73.17%) por pago al inspector, y S/. 5.00 (24.39%) por digitación posterior, totalizando S/. 20.50 por ficha. En cambio, el método digital conserva únicamente el pago al inspector (S/. 15.00), eliminando los costos asociados a materiales físicos y procesamiento posterior.

Proyectando estos resultados a escala anual, considerando que la cooperativa realiza inspecciones periódicas a sus productores, el ahorro potencial podría ser significativamente mayor. Para una cooperativa con recursos limitados, esta reducción de costos representa una oportunidad importante para reasignar fondos hacia otras actividades prioritarias como capacitaciones, mejoras tecnológicas o servicios adicionales para los socios.

6.4 Incremento en la productividad

Figura 13. Productividad por método



Quizás el hallazgo más impactante desde la perspectiva operativa es el aumento sustancial en la productividad de los inspectores. El método tradicional permite completar en promedio 0.77 fichas por hora de trabajo, mientras que con el método digital esta cifra aumenta a 1.12 fichas por hora. Este incremento del 46.3% en la productividad tiene implicaciones significativas para la capacidad operativa de la cooperativa.

El análisis estadístico confirmó que esta diferencia es altamente significativa ($p=0.0050$), lo que respalda la conclusión de que el método digital permite un uso considerablemente más eficiente del tiempo de los inspectores. Esta mayor productividad se traduce en que los cinco inspectores completaron las 46 fichas en 41 horas totales con el método digital, frente a las 60 horas que hubieran requerido con el método tradicional.

Este aumento en la productividad no solo permite atender a más productores en menos tiempo, sino que también podría facilitar una mayor frecuencia de seguimiento o la recolección de datos adicionales que antes no eran viables por limitaciones temporales. Además, la calidad del trabajo de los inspectores podría mejorar al reducirse la fatiga asociada con procesos manuales repetitivos.

CONCLUSIONES

- Se determinó que la aplicación móvil influye de manera positiva y significativa en la calidad de la recolección de datos para la certificación Rainforest Alliance en la cooperativa agraria de Jaén. Esta influencia se manifiesta a través de una notable reducción en la tasa de errores, el tiempo y el costo del proceso, junto con un considerable aumento en la productividad de los inspectores.

- La implementación de la aplicación móvil tuvo una influencia determinante en la disminución de la tasa de errores en los datos recopilados, la cual se redujo de un 28.3% con el método tradicional a un 6.5% con la herramienta digital. Esta mejora del 76.9%, estadísticamente significativa, se atribuye a las validaciones automáticas y la eliminación de la transcripción manual de datos que ofrece la aplicación.

- Se identificó una influencia significativa de la aplicación móvil en la reducción del tiempo promedio para la recolección de datos, logrando una disminución del 45.6%. El tiempo por ficha se redujo de 47.8 minutos con el método tradicional a 26.0 minutos con el método digital, optimizando sustancialmente el proceso.

- Se determinó que la aplicación móvil influyó positivamente en el costo asociado a la recolección de datos, logrando una reducción del 26.8% en el costo total para las 46 fichas analizadas. El ahorro de S/. 253.00 se generó al eliminar los gastos de formatos en papel y la posterior digitación, costos inherentes al método tradicional.

- Se identificó que la aplicación móvil influye en un incremento del 46.3% en la productividad de la recolección de datos. La capacidad de los inspectores aumentó de 0.77

fichas por hora con el método tradicional a 1.12 fichas por hora con la aplicación, una diferencia que resultó ser estadísticamente significativa.

- Se desarrolló con éxito un módulo de análisis de datos en Python capaz de procesar la información recolectada y estimar un modelo de regresión para predecir la productividad agrícola. El modelo identificó que el número de plantas en producción y el área total son las variables que más influyen positivamente en la productividad, mientras que la ausencia de análisis de suelos tiene una correlación negativa.
- Se logró presentar los resultados del modelo descriptivo y predictivo de productividad agrícola dentro de la propia aplicación móvil ODK mediante la implementación de un dashboard interactivo. La integración se realizó a través de un componente de visualización web accesible desde el menú principal, permitiendo a los usuarios consultar los análisis directamente en campo y cerrar el ciclo de recolección y visualización de datos en una única herramienta.

RECOMENDACIONES

Basado en las conclusiones y los hallazgos de la presente investigación, se proponen las siguientes recomendaciones, dirigidas tanto a la cooperativa agraria como a futuros desarrolladores e investigadores interesados en la materia.

Para la Cooperativa Agraria

1. **Adopción Integral y Escalabilidad del Sistema:** Se recomienda a la directiva de la cooperativa escalar la implementación de la aplicación móvil ODK Collect para la totalidad de sus procesos de inspección interna. La investigación demostró una reducción de costos del 26.8% , una disminución del tiempo por ficha del 45.6% y un aumento de la productividad del 46.3%. La adopción completa de este sistema no solo optimizará los recursos de manera significativa, sino que también estandarizará la recolección de datos de alta calidad en toda la organización, fortaleciendo su preparación para las auditorías de certificación Rainforest Alliance y otras que pudieran surgir.

Capacitación Continua y Gestión Basada en Datos: Es fundamental ir más allá de la capacitación inicial en el uso de la aplicación. Se recomienda implementar un programa de formación continua para los inspectores y el personal administrativo enfocado en la interpretación de los datos presentados en el dashboard de análisis. Habiendo integrado exitosamente el "Dashboard Agrícola" en la aplicación móvil, el siguiente paso es empoderar al equipo para que utilice esta herramienta en la toma de decisiones estratégicas. Esto les permitirá identificar proactivamente a los productores que necesitan mayor apoyo y comprender los factores clave que impactan el cumplimiento y la productividad.

Desarrollo de Programas de Intervención Focalizados: El módulo de análisis de datos identificó variables críticas que influyen en la productividad, como la necesidad de realizar análisis de suelos y el número de plantas en producción. Se recomienda a la cooperativa utilizar esta inteligencia de negocio para diseñar y ejecutar programas de asistencia técnica focalizados. Por ejemplo, podrían crearse iniciativas para cofinanciar análisis de suelos o facilitar el acceso a material vegetal de calidad para la renovación de cafetales. Estas acciones, basadas en evidencia recopilada por la propia herramienta, tendrían un impacto directo en la mejora de la productividad y la sostenibilidad de sus socios.

Para Futuras Investigaciones y Desarrollos

Ampliación y Sofisticación del Módulo Analítico: Si bien el modelo de regresión actual ofrece información valiosa, existe un gran potencial para expandir las capacidades analíticas. Se recomienda a futuros investigadores explorar el uso de algoritmos de aprendizaje automático más avanzados. Por ejemplo, se podrían desarrollar modelos de clasificación para predecir la probabilidad de que un productor cumpla con los criterios de certificación o modelos de agrupamiento (clustering) para segmentar a los productores según sus prácticas agrícolas y necesidades, permitiendo intervenciones aún más personalizadas.

Validación Externa y Análisis Longitudinal: El presente estudio se centró en una única cooperativa agraria en Jaén con una muestra de 46 productores. Para aumentar la validez externa y la generalización de los resultados, se recomienda replicar esta investigación en otras cooperativas agrarias, tanto en la región como en otros contextos geográficos del país. Asimismo, se sugiere realizar un estudio longitudinal que dé seguimiento a los indicadores de calidad, costo y productividad a lo largo de varios ciclos de certificación. Esto permitiría evaluar el impacto a

largo plazo de la herramienta digital y la consolidación de una cultura de gestión de la información basada en datos.

REFERENCIAS

Abate, G. T. (2018). Drivers of agricultural cooperative formation and farmers' membership and patronage decisions in Ethiopia. *Journal of Co-operative Organization and Management*, *6*(2), 53–63. https://doi.org/10.1016/j.jcom.2018.06.002

Arora, N., & Malik, G. (2020). Examining antecedents affecting Indian consumers' adoption of mobile apps. *Innovative Marketing*, *16*(3), 98–112. https://doi.org/10.21511/im.16(3).2020.09

Babilonia, J. F. (2019). Implementación de un sistema informático en plataforma web móvil para el monitoreo de producción y venta de cacao de la cooperativa agraria APAHUI del distrito de Huicungo – provincia de Mariscal Cáceres, 2017. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36926

Beekman, G., Dekkers, M., & Koster, T. (2019). *Towards a sustainable banana supply chain in Colombia: Rainforest Alliance Certification and economic, social and environment conditions on small-scale banana plantations in Magdalena, Colombia*. Wageningen Economic Research. https://doi.org/10.18174/466678

Chen, H., Hailey, D., Wang, N., & Yu, P. (2014). A Review of Data Quality Assessment Methods for Public Health Information Systems. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *11*(5), 5170. https://doi.org/10.3390/ijerph110505170

Collazos, N. (2020). *Desarrollo de una Aplicación web para la administración, trazabilidad y georreferenciación de la finca la pradera ubicada en la vereda el progreso municipio de Garzón—AdmiFinc@*. http://repository.unad.edu.co/handle/10596/39271

Cuchillo, F. (2019). Aplicación Móvil con Geolocalización para la encuesta Demográfica y de Salud Familiar en ENDES - INEI Apurímac, 2017. *Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac*. http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/965

Elías, R. J., & Herrera, C. A. (2022). *"Implementación de un sistema web geo referenciada, para la gestión en la producción agrícola del Pueblo Daular"* [Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones]. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59776

Fajarini, M., & Rahayu, S. (2020). Knowledge Transfer through Mobile Application Needs Questionnaire: Validity and Reliability. *INDONESIAN NURSING JOURNAL OF EDUCATION AND CLINIC (INJEC)*, *5*(2), 134. https://doi.org/10.24990/injec.v5i2.296

Gather, J., & Wollni, M. (2022). Setting the standard: Does Rainforest Alliance Certification increase environmental and socio-economic outcomes for small-scale coffee producers in Rwanda? *Applied Economic Perspectives and Policy*, *44*(4), 1807–1825. https://doi.org/10.1002/aepp.13307

Gavin, H. (2021). Matt Lacey on Mobile App Usability. *IEEE Software*, *38*(2), 134–136. https://doi.org/10.1109/MS.2020.3042424

Grajales, K. D., & Gutiérrez, Y. Y. (2021). *Desarrollo de un software web para la gestión de la información de los asociados y sus terrenos suscritos, que permita conocer la disponibilidad de áreas de producción para la asociación agropecuaria y agroindustrial el Carmelo—Asocarmelo.* [Software, Universidad Católica de Pereira]. http://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/8333

Hussain, F., El Fakih, R., & Aljurf, M. (2021). Data Management. En M. Aljurf, J. A. Snowden, P. Hayden, K. H. Orchard, & E. McGrath (Eds.), *Quality Management and Accreditation*

in Hematopoietic Stem Cell Transplantation and Cellular Therapy: The JACIE Guide (pp. 137–146). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64492-5_15

IBM. (2020). *Introduction to Mobile Application Development*. https://www.ibm.com/topics/mobile-application-development

Jiménez, M. E. (2022). Desarrollo De Un Aplicativo Web Para Mejorar El Control Y Gestión De Procesos De La Asociación De Agricultores De Frijol Asoemprerionegro De La Inspección De Rio Negro Del Municipio De Gachalá, Cundinamarca, Colombia. *Documentos de Trabajo ECBTI*, *3*(1), Article 1. https://doi.org/10.22490/ECBTI.5862

Kaufmann, S., Hruschka, N., Vildozo, L., & Vogl, C. R. (2023). Alternative Food Networks in Latin America—exploring PGS (Participatory Guarantee Systems) markets and their consumers: A cross-country comparison. *Agriculture and Human Values*, *40*(1), 193–216. https://doi.org/10.1007/s10460-022-10347-w

Ma, G., & Chen, J. (2019). *Study on Development Capability of Small Farmer Cooperative Organization in Rural Revitalization*. 1–5. https://doi.org/10.2991/iafsm-18.2019.1

Marín, J. C., Gallego, A. V., & Lemus, A. A. (2021). *Desarrollo de una aplicación para la gestión de la información de cultivos agrícolas del municipio de belén de umbría mediante la visualización en mapas interactivos y la notificación de eventos a los propietarios como soporte para la toma de decisiones* [Thesis, Universidad Católica de Pereira]. http://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/8320

Montes, L. (2022). Gestión empresarial y desarrollo sostenible de las cooperativas agrarias cafetaleras en el Perú: Caso Cajamarca. *Gestión en el Tercer Milenio*, *25*(50), 71–79. https://doi.org/10.15381/gtm.v25i50.24283

Nurshuhada, A., Yusop, R. O. M., Azmi, A., Ismail, S. A., Sarkan, H. M., & Kama, N. (2019). Enhancing Performance Aspect in Usability Guidelines for Mobile Web Application. *2019 6th International Conference on Research and Innovation in Information Systems (ICRIIS)*, 1–6. https://doi.org/10.1109/ICRIIS48246.2019.9073617

Rahmani, M., & Sazvar, Z. (2017). A sustainable supply chain for organic, chemical agricultural products with public health and demand substitution considerations. *2017 4th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, 0184–0189. https://doi.org/10.1109/CoDIT.2017.8102588

Rainforest Alliance. (2020). *Programa de Certificación 2020*. Rainforest Alliance | Para empresas. https://www.rainforest-alliance.org/es/para-negocios/programa-de-certificacion-2020/

Rainforest Alliance. (2021). *Sustainable Agriculture Certification*. Rainforest Alliance. https://www.rainforest-alliance.org/why-certification/

Raviv, N., Jain, S., & Bruck, J. (2020). *What is the Value of Data? On Mathematical Methods for Data Quality Estimation* (arXiv:2001.03464). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2001.03464

Requejo, M. S. (2020). Sistema para planificación de cultivos agrícolas. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67213

Rocha, F. G., Nascimento, I. M. L. D., Campos, O. S. F., Santos, R., & Rodriguez Colaborador, G. (2019). *Mobile application security*. CONTECSI International Conference on Information Systems and Technology Management. https://doi.org/10.5748/16CONTECSI/SEC-6100

Saavedra, J. (2023). Impacto social de los Proyectos de Extensión Agraria durante el 2005 al 2010 en San Martín y Amazonas, Perú. *Revista Amazónica de Ciencias Económicas*, *2*, e433. https://doi.org/10.51252/race.v2i1.433

Staegemann, D., Volk, M., Saxena, A., Pohl, M., Nahhas, A., Häusler, R., Abdallah, M., Bosse, S., Jamous, N., & Turowski, K. (2021). Challenges in Data Acquisition and Management in Big Data Environments. *Proceedings of the 6th International Conference on Internet of Things, Big Data and Security*, 193–204. https://doi.org/10.5220/0010429001930204

Vaque, K. L. (2022). *Desarrollo de una aplicación web dirigida al proceso de control y seguimiento de encuestas de la Empresa Estadinfo S.A. ubicada en la ciudad de Guayaquil.* [Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ingeniería Industrial. Carrera de Licenciatura en Sistemas de Información.]. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/64861

Agarwal, S., & Sinha, S. (2016). Security in Android based applications and devices. 2016 International Conference on Innovation and Challenges in Cyber Security (ICICCS-INBUSH), 294-299. https://doi.org/10.1109/ICICCS.2016.7542330

Bergstra, J. S., Bardenet, R., Bengio, Y., & Kégl, B. (2011). Algorithms for Hyper-Parameter Optimization. Advances in Neural Information Processing Systems 24 (NIPS 2011), 2546-2554.

Brunette, W., Sudar, S., Sundt, M., Larson, C., Beorse, J., & Anderson, R. (2013). Open Data Kit 2.0: A Services-Based Application Framework for Disconnected Data Management. Proceedings of the 15th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, 440-452. https://doi.org/10.1145/3081333.3081365

Chakraborty, S. (2019). Mastering Linux Security and Hardening: Protect your Linux systems from intruders, malware attacks, and other cyber threats, 2nd Edition. Packt Publishing.

Chien, H.-Y. (2020). A Comparison of Form Validation Techniques. Proceedings of the 2020 ACM Designing Interactive Systems Conference, 1827-1831. https://doi.org/10.1145/3357236.3395521

Chu, X., Ilyas, I. F., Krishnan, S., & Wang, J. (2016). Data Cleaning: Overview and Emerging Challenges. Proceedings of the 2016 International Conference on Management of Data, 2201-2206. https://doi.org/10.1145/2882903.2912574

Hartung, C., Lerer, A., Anokwa, Y., Tseng, C., Brunette, W., & Borriello, G. (2010). Open Data Kit: Tools to Build Information Services for Developing Regions. Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Information and Communication Technologies and Development, 1-12. https://doi.org/10.1145/2369220.2369236

Karanja, R. (2022). ODK Central: A Centralized Platform for Data Collection and Analysis. Open Data Kit. https://docs.getodk.org/central-intro/

Knott, B. (2015). Android Programming for Beginners. Packt Publishing.

Kuhn, M., & Johnson, K. (2019). Feature Engineering and Selection: A Practical Approach for Predictive Models. CRC Press.

Kumar, A., Gopal, K., & Aggarwal, A. (2015). Design and Analysis of Lightweight Trust Mechanism for Secret Data using Lightweight Cryptographic Primitives in MANETs. International Journal of Network Security, 17(3), 310-320.

Kung, T.-A., & Harrison, C. (2019). Making Sense of Sensor Data: BeamBand and the Importance of Appropriate Data Visualization for Dance Performances. Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference, 949-955. https://doi.org/10.1145/3322276.3323693

Labar, R. (2019). Introduction to XLSForm. Open Data Kit. https://docs.getodk.org/xlsform/

Massé, M. (2011). REST API Design Rulebook: Designing Consistent RESTful Web Service Interfaces. O'Reilly Media.

McKinney, W. (2012). Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and IPython. O'Reilly Media.

Mcknight, P. E., & Najab, J. (2010). Mann-Whitney U Test. In The Corsini Encyclopedia of Psychology (pp. 1-1). American Cancer Society. https://doi.org/10.1002/9780470479216.corpsy0524

Mózo, L. E. C. (2018). Security model for mobile applications with accessibility features to personal health information. 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 1-4. https://doi.org/10.23919/CISTI.2018.8399234

Neil, T. (2014). Mobile Design Pattern Gallery: UI Patterns for Smartphone Apps. O'Reilly Media.

Newman, S. (2015). Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems. O'Reilly Media.

Obe, R. O., & Hsu, L. S. (2017). PostgreSQL: Up and Running: A Practical Guide to the Advanced Open Source Database. O'Reilly Media.

Open Data Kit. (2021). Open Data Kit Documentation. https://docs.getodk.org/

Osborne, J. W. (2010). Data Cleaning Basics: Best Practices in Dealing with Extreme Scores. Newborn and Infant Nursing Reviews, 10(1), 37-43. https://doi.org/10.1053/j.nainr.2009.12.009

Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., Dubourg, V., Vanderplas, J., Passos, A., & Cournapeau, D. (2011). Scikit-learn: Machine Learning in Python. Journal of Machine Learning Research, 12(85), 2825-2830.

Rajendra, P., & Roslin, S. E. (2021). A Review on Code Smell Detection Tools. International Journal of Open Source Software and Processes (IJOSSP), 12(1), 1-16. https://doi.org/10.4018/IJOSSP.2021010101

Reitz, K. (2020). Requests: HTTP for Humans. https://docs.python-requests.org/

Satyanarayanan, M. (2017). The Emergence of Edge Computing. Computer, 50(1), 30-39. https://doi.org/10.1109/MC.2017.9

Sculley, D., Holt, G., Golovin, D., Davydov, E., Phillips, T., Ebner, D., Chaudhary, V., Young, M., Crespo, J.-F., & Dennison, D. (2015). Hidden Technical Debt in Machine Learning Systems. Advances in Neural Information Processing Systems 28 (NIPS 2015), 2503-2511.

Smyth, N. (2019). Android Studio 3.4 Development Essentials - Kotlin Edition: Developing Android 9 Apps Using Android Studio 3.4, Kotlin and Android Jetpack. Payload Media, Inc.

Sosinsky, B. (2011). Cloud Computing Bible. Wiley.

Toomey, D. (2017). Learning Jupyter: Interactive computing across multiple programming languages using Jupyter. Packt Publishing Ltd.

VanderPlas, J. (2016). Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data. O'Reilly Media.

Varia, J., & Mathew, S. (2014). Overview of Amazon Web Services. Amazon Web Services, 1-30.

Veiga, J. (2018). Learn OpenCV 4 by Building Projects: Build real-world computer vision and image processing applications with OpenCV and C++, 2nd Edition. Packt Publishing.

Wickham, H. (2014). Tidy Data. Journal of Statistical Software, 59(10), 1-23. https://doi.org/10.18637/jss.v059.i10

Wittig, A., & Wittig, M. (2018). Amazon Web Services in Action (2nd ed.). Manning Publications.

ANEXOS

Anexo N° 1: Instrumentos de recolección de datos

Cuestionario para el Personal Administrativo de la Cooperativa Agraria

Información General

Objetivo: Recolectar información comparativa sobre los indicadores de calidad en la recolección de datos entre el método tradicional (lápiz y papel) y el método digitalizado (ODK Collect)

Fecha de aplicación: ____/____/____

Cargo del entrevistado: _____

Tiempo en el cargo: _____

Sección 1: Costos Asociados a la Recolección de Datos

- Costo del formato en papel por ficha (solo método tradicional): S/. _____
- Pago al inspector por ficha llenada (igual en ambos métodos): S/. _____
- Pago por digitación de cada ficha (solo método tradicional): S/. _____

Sección 2: Evaluación Comparativa de Métodos

En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Muy insatisfecho" y 5 es "Muy satisfecho", evalúe su satisfacción con los siguientes aspectos para cada método:

Aspecto	Método Tradicional		Método Digitalizado	
	Calificación (1-5)	Comentario	Calificación (1-5)	Comentario
Calidad de los datos recolectados				
Rapidez en la obtención de información				
Facilidad para procesar los datos				
Costo-eficiencia				
Facilidad de implementación				
Confiabilidad del proceso				
Satisfacción general				

¿Cuáles considera que son las principales fortalezas de cada método?

- Método tradicional:

_____

- Método digitalizado:

_____

¿Cuáles son las principales limitaciones o dificultades que ha identificado en cada método?

- Método tradicional:

_____

- Método digitalizado:

_____

Si pudiera implementar mejoras, ¿qué sugeriría para cada método?

- Método tradicional:

_____

- Método digitalizado:

_____

Desde su perspectiva administrativa, compare el impacto de ambos métodos en la gestión general de la información para la certificación Rainforest Alliance:

- Fortalezas del método tradicional:

_____

- Fortalezas del método digitalizado:

_____

- Principales desafíos con el método tradicional:

_____

- Principales desafíos con el método digitalizado:

_____

Cuestionario para Inspectores de la Cooperativa Agraria

Información General

Objetivo: Recolectar información comparativa sobre la experiencia del inspector en la recolección de datos usando el método tradicional (lápiz y papel) y el método digitalizado (ODK Collect)

Fecha de aplicación: ____/____/____

Tiempo como inspector: _____

Sección 1: Datos de Producción y Calidad

1. En su última semana usando cada método:

a) ¿Cuántas horas dedicó exclusivamente a realizar inspecciones en campo?

- Con el método tradicional: _____ horas

- Con el método digitalizado: _____ horas

b) ¿Cuántas fichas completó durante ese tiempo?

- Con el método tradicional: _____ fichas

- Con el método digitalizado: _____ fichas

c) De esas fichas, ¿en cuántas tuvo que realizar correcciones por errores?

- Con el método tradicional: _____ fichas

- Con el método digitalizado: _____ fichas

Sección 2: Tiempo de Recolección

2. En promedio, ¿cuánto tiempo le toma completar una ficha de inspección en campo?

- Con el método tradicional: _____ minutos

- Con el método digitalizado: _____ minutos

3. Después de la visita, ¿cuánto tiempo adicional necesita para:

- Método tradicional: Organizar y verificar la ficha en papel: _____ minutos

- Método digitalizado: Revisar y enviar los datos: _____ minutos

Sección 3: Evaluación Comparativa de Métodos

4. En una escala del 1 al 5, donde 1 es "Muy difícil" y 5 es "Muy fácil", califique los siguientes aspectos para cada método:

Aspecto	Método Tradicional (1-5)	Método Digitalizado (1-5)
Facilidad de navegación entre secciones del formulario		
Claridad en el registro de la información		
Proceso de llenado de datos		
Facilidad para corregir errores		
Proceso de organización/envío de información		
Facilidad para revisar datos históricos		
Facilidad de uso general		

6. Para cada método, indique qué aspectos le resultan más útiles en su trabajo diario:

- Método tradicional:

_____

- Método digitalizado:

_____

7. ¿Qué dificultades o limitaciones ha encontrado con cada método?

- Método tradicional:

_____

- Método digitalizado:

_____

8. Si pudiera implementar mejoras, ¿qué sugeriría para cada método?

- Método tradicional:

_____

- Método digitalizado:

_____

9. Si tuviera que elegir entre ambos métodos, ¿cuál preferiría usar? ¿Por qué?

_____

_____

10. ¿Ha percibido diferencias en la interacción con los productores según el método utilizado? Explique.

_____

_____