Diseño De Un Sistema De Almacenamiento Y Visualización De Datos Lean & Green De Unidades Productoras De La Región Del Tequendama

Design Of A Lean & Green Data Storage And Visualization System For Production Units In The Tequendama Region.

Nicolle Dayane Lopez Benitez

Programa de Ingeniería Industrial, Universidad de la Salle

Trabajo de Grado

Andrés Mauricio Hualpa Zúñiga

Junio 2024

Notas de autor

Este trabajo fue realizado con el apoyo del profesor Andres Hualpa Zuñiga del programa de ingeniería industrial de la Facultad de Ingeniería. Agradezco especialmente su dedicación y constante disposición a brindarme apoyo en cada etapa del proceso.

Cualquier inquietud al respecto de este documento de investigación debe ser remitida al programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

E-mail: Nilopez01@unisalle.edu.co

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecerle a Dios por darme fuerzas y guiarme en el camino indicado, por nunca abandonarme y hacer posible llegar al final de esta meta y poder cerrar una etapa importante en mi vida. A la universidad de la Salle por abrirme sus puertas y orientarme en el transcurso de estos años y agradecerle al docente Andrés Mauricio Hualpa Zúñiga, por su conocimiento y apoyo en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Dedicatoria

Dedico este trabajo especialmente a Molly quien en el cielo me acompaña, me cuida y me guía. Quien estuvo de principio a fin en esta etapa de mi vida, agradecerle por el amor incondicional, los ladridos y lamidas de ánimo que fueron consuelo en las largas noches de estudio y cansancio, tu presencia en mi vida ha sido un regalo invaluable, este logro es nuestro.

A mis padres Yeimy Marcela Benitez Páez y Héctor William lopez por su apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificio que hacen por mi día a día, quienes son una gran inspiración y creyeron en mí, esto es gracias a ellos.

A mi familia y compañeros que conocí en el transcurso de estos años, por estar presentes y brindarme su apoyo.

Gracias a todos ustedes hoy puedo terminar una etapa muy importante en mi vida, gracias por creer en mí, estoy lista para nuevos desafíos que vienen.

Resumen

La idea de implementar el presente proyecto surge de la necesidad de mejorar la recolección y gestión de datos en el sector agrícola, específicamente en los municipios de la región del Tequendama. La recolección manual de datos presenta desafíos significativos en términos de eficiencia y fiabilidad. El objetivo es transformar este processo, para hacerlo más rápido y optimizado, asegurando que los datos se almacenen de forma segura y actualizada.

El proyecto se divide en tres etapas: Contexto y sensibilización, Registro de datos y Almacenamiento y visualización. En la primera etapa, Contexto y sensibilización, se realiza una reunion con el agricultor y se le contextualiza la metodologia Lean & green y el objetivo del proyecto, el cual tomaba un tiempo de 25 min. En la segunda etapa, Registro de datos, se registraba la encuesta, lo cual toma un total de 50 minutos. Finalmente, en la etapa de Almacenamiento y visualización, se lleva a cabo un caso aplicado a 4 unidades agrícolas, lo que se logra en un tiempo total de 90 minutos.

Los resultados de validación del nuevo sistema implementado, muestra una disminución significativa en los tiempos de ejecución de las etapas. En Contexto y sensibilización, el tiempo se reduce a 22 minutos; en Registro de datos, se reduce a 20 minutos; y en Almacenamiento y visualización, se logra una disminución considerable del tiempo a 50 segundos.

Los resultados de este proyecto incluyen la optimización de los procesos de recolección de datos, la implementación de estructuras digitales eficientes y seguras, y una contribución al desarrollo más sostenible y eficiente de la agricultura en la región.

Palabras clave: trazabilidad, recolección de datos, lean & green, agricultura, sostenibilidad, eficiencia

Abstract

The idea of implementing this project arose from the need to improve data collection and management in the agricultural sector, specifically in the municipalities of the Tequendama region. Manual data collection presents significant challenges in terms of efficiency and reliability. Our goal is to transform this process to make it faster and more optimized, ensuring that data is stored securely and up to date.

The project is divided into three stages: Context and Awareness, Data Recording, and Storage and Visualization. In the first stage, Context and sensitization, a meeting with the farmer was held and the Lean & Green methodology and the objective of the project was contextualized, which took 25 minutes. In the second stage, Data Recording, the survey was recorded, which took a total of 50 minutes. Finally, in the Storage and Visualization stage, a case applied to 4 agricultural units is carried out, which is achieved in a total time of 90 minutes.

The validation results of the new system implemented show a significant decrease in the execution times of the stages. In Context and Awareness, the time is reduced to 22 minutes; in Data Recording, it is reduced to 20 minutes; and in Storage and Visualization, a considerable reduction in time is achieved to 50 seconds.

The results of this project include the optimization of data collection processes, the implementation of efficient and secure digital structures, and a contribution to the more sustainable and efficient development of agriculture in the region.

Key words: traceability, data collection, Lean & green, agriculture, sustainability, efficiency.

Tabla de Contenido

Introducción *11*

1 Capítulo. Descripción del proyecto 12

1.1 Planteamiento del problema *12*

1.2 Justificación *20*

1.3 Objetivos *21*

1.3.1 Objetivo general 21

1.3.2 Objetivos específicos 21

1.4 Hipótesis *21*

1.5 Alcance y justificación *22*

1.6 Metodología y materiales *26*

1.6.1 Tipo de estudio 26

1.6.2 Metodología propuesta por el proyecto 26

2 Capítulo. Marco teórico y antecedentes 28

2.1 Marco Teórico *28*

2.1.1 Trazabilidad 28

2.1.2 Gestión de datos 29

2.1.3 Lean & Green en procesos agrícolas 31

2.1.4 Antecedentes 35

3 Capítulo. Caracterización del sistema actual de trazabilidad 41

3.1 Contexto y Sensibilización *42*

3.2 Registro de datos *48*

3.3 Visualización de datos *73*

3.3.1 Análisis de procedimientos 76

4 Capitulo. Diseñar estructura del sistema de almacenamiento y visualización 77

4.1 Desarrollar modelo de almacenamiento de datos *78*

4.1.1 Diseño lógico: Modelo Entidad - relación 80

4.1.2 Diseño lógico Modelo Base de datos Relacional Modelo 82

4.1.3 Construcción del modelo MySQL 84

4.1.4 Desarrollo funcional: Casos de uso 89

4.2 Desarrollo de la Interfaz *96*

4.2.1 Interfaz de recolección de datos (PHP) 96

4.2.2 Interfaz de visualización de datos power bi 102

5 Capitulo. Validar el sistema de almacenamiento y visualización de datos 104

5.1 Plan de Visitas a Cuatro Unidades Agrícolas *104*

5.2 Definir estrategias de sensibilización Lean & Green para productores *104*

5.3 Prueba de Hipótesis *105*

5.4 Presupuesto proyectado de implementación *115*

6. Resultados *116*

7. Conclusiones *117*

8. Recomendaciones *119*

9. ANEXOS 128

Listas Especiales

Lista de Figuras

Figura 1 Diagrama de Ishikawa, recolección de datos..... 14

Figura 2 Diagrama de comparación de las causas (Pareto)..... 17

Figura 3 *Árbol de problemas- Causas y efectos* 18

Figura 4 *Evidencia fotográfica de datos recolectados* 23

Figura 5 *Procesos del análisis y la caracterización de datos* 24

Figura 6 *Diagrama de flujo proyecto* 27

Figura 7 *Poster de sensibilización* 43

Figura 8 *Diagrama caja y bigotes Etapa contexto y sensibilización actual* 45

Figura 9 *Poster de sensibilización actualizado.* 47

Figura 10 *Variables de registro en el instrumento de recolección de datos.* 49

Figura 11 *Diagrama caja y bigotes Etapa registro de datos actual* 72

Figura 12 *Análisis* de registro 73

Figura 13 *Diagrama de cultivos cosechados* 74

Figura 14 *Diagrama de las acciones de predicción de desempeño lean & green*..... 74

Figura 15 *Diagrama de Reprocesos* 74

Figura 16 *Diagrama de impacto de las prácticas agrícolas en la salud humana* 75

Figura 17 *Diagrama de Sobreproducción* 75

Figura 18 *Diagrama de flujo de fases* 76

Figura 19 *Diagrama de relación de las herramientas en cada etapa.* 77

Figura 20 *Diagrama de flujo del sistema.* 79

Figura 21 *Modelo entidad relación* 81

Figura 22 *Modelo Relacional* 83

Figura 23 *Atributos de la tabla Roles* 84

Figura 24 *Atributos de la tabla Users* 84

Figura 25 *Atributos de la tabla Survey* 85

Figura 26 *Atributos de la tabla Estate* 86

Figura 27 *Atributos de la tabla Municipalities* 87

Figura 28 *Atributos de la tabla Survey_answers* 87

Figura 29 *Atributos de la tabla Question_Type* 88

Figura 30 *Atributos de la tabla Questions* 88

Figura 31 *Atributos de la tabla answers* 89

Figura 32 *Diagrama de uso Registrar usuario* 90

Figura 33 *Diagrama de uso Editar usuario* 91

Figura 34 *Diagrama de caso de uso Registrar finca* 92

Figura 35 *Diagrama de caso de uso Editar finca* 93

Figura 36 *Diagrama de caso de uso Eliminar finca* 94

Figura 37 *Diagrama de caso de uso Crear Encuesta* 95

Figura 38 *Interfaz principal* 96

Figura 39 *Interfaz Inmueble* 97

Figura 40 *Interfaz de creación de nueva finca.* 98

Figura 41 *Interfaz Encuesta* 99

Figura 42 *Interfaz Nueva Encuesta* 101

Figura 43 *Dashboard por finca* 103

Figura 44 *Dashboard General.* 103

Figura 45 *Cronograma de actividades.* 104

Figura 46 *Diagrama Caja y Bigotes Etapa contexto y sensibilización.* 106

Figura 47 *Diagrama Caja y Bigotes Etapa Registro de datos.* 108

Figura 48 *Diagrama Caja y Bigotes Etapa Visualización de datos.* 111

Figura 49 *Diagrama Caja y Bigotes Tiempo Total.* 113

Lista de tablas

Tabla 1 Calificación de las causas según su utilidad 15

Tabla 2 *Metodología del proyecto.* 26

Tabla 3 *Artículos de revistas científicas.* 36

Tabla 4 *Tiempos observados etapa de Contexto y sensibilización.* 45

Tabla 5 *Análisis* de tiempos Etapa Contexto y sensibilización sistema actual 45

Tabla 6 *Rango intercuantil* etapa contexto y sensibilización manual 46

Tabla 7 *Tiempos observados de la encuesta, etapa de Registró de datos.* 71

Tabla 8 *Análisis de tiempos Etapa Registro de datos sistema actual* 72

Tabla 9 *Rango intercuantil etapa registro de datos sistema actual* 72

Tabla 10 *Caso de uso Registrar usuario* 90

Tabla 11 *Caso de uso Editar usuario* 91

Tabla 12 *Tabla de caso de uso Registrar finca* 92

Tabla 13 *Tabla de caso de uso Editar finca* 93

Tabla 14 *Tabla de caso de uso Eliminar finca* 94

Tabla 15 *Tabla de caso de uso Crear Encuesta* 95

Lista de Anexos

Anexo 1 *Formato Tratamiento De Datos* 128

Anexo 2 *Formato De Encuesta Modelo De Medición Lean & Green Unidades Agrícolas Región Del Tequendama.* 130

Introducción

En el contexto de la agricultura, la eficiencia operacional (Lean) y la sostenibilidad ambiental (Green) son elementos clave para garantizar la competitividad y el desarrollo sostenible de las unidades productoras. La implementación de prácticas Lean y Green en la agricultura no solo busca optimizar los procesos productivos, sino también reducir el impacto ambiental negativo asociado a estas actividades. En este sentido, el seguimiento preciso de datos asociados a la producción agrícola se vuelve fundamental, y la digitalización del proceso de recolección de datos emerge como una necesidad. En estudios previos, se ha demostrado que la aplicación de principios Lean y Green en la agricultura conlleva una serie de beneficios significativos. La reducción de desperdicios, la optimización de recursos, la mejora en la calidad del producto y la minimización del impacto ambiental son solo algunas de las ventajas observadas. Estos referentes en la literatura científica evidencian la importancia y la viabilidad de aplicar enfoques Lean y Green en el sector agrícola.

Es en este contexto que surge la necesidad de desarrollar un estudio enfocado en el diseño de un sistema de almacenamiento y visualización de datos Lean & Green para unidades productoras en la Región del Tequendama. Esta región, caracterizada por su actividad agrícola y cosecha del mango, enfrenta desafíos en términos de eficiencia y sostenibilidad que pueden abordarse mediante la implementación de herramientas digitales que permitan un seguimiento más preciso y efectivo de los procesos agrícolas.

El presente estudio tiene como objetivo principal diseñar un sistema que permita caracterizar, hacer seguimiento y análisis visual del nivel de ineficiencias en procesos agrícolas bajo el enfoque Lean & Green. Se aplicará en unidades productoras ubicadas en los municipios de la región del Tequendama, contribuyendo así a mejorar la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental en la agricultura de la región.

1 Capítulo. Descripción del proyecto

1.1 Planteamiento del problema

En el contexto global, la transición hacia prácticas más eficientes y tecnológicas en la recolección de datos se presenta como imperativa, especialmente al considerar el proceso manual prevalente en diversos casos. Esta necesidad es aún más apremiante en entornos como el estudio y análisis de un conjunto de datos, donde la recolección de datos manual enfrenta desafíos significativos. La precisión y confiabilidad de la información son pilares esenciales para la toma de decisiones estratégicas y la mejora continua de los procesos.

La recolección manual de datos ha revelado limitaciones sustanciales que afectan la calidad de la información recopilada. Problemas como la falta de estandarización en la formulación de preguntas, la variabilidad en la interpretación de registro de datos y la escritura ilegible comprometen la integridad de los datos obstaculizando la capacidad para realizar análisis con precisión. La estandarización y modernización de los procesos de recolección de datos no solo benefician a un sector específico, sino que también contribuyen al avance general de las prácticas empresariales, científicas y productivas.

Como antecedente a este contexto, se tuvo una primera experiencia de recolección de datos en entornos productivos agrícolas, en el segundo semestre de 2023 en el marco de una práctica de caracterización de ineficiencias productivas en zonas agrícolas de la Región del Tequendama. El

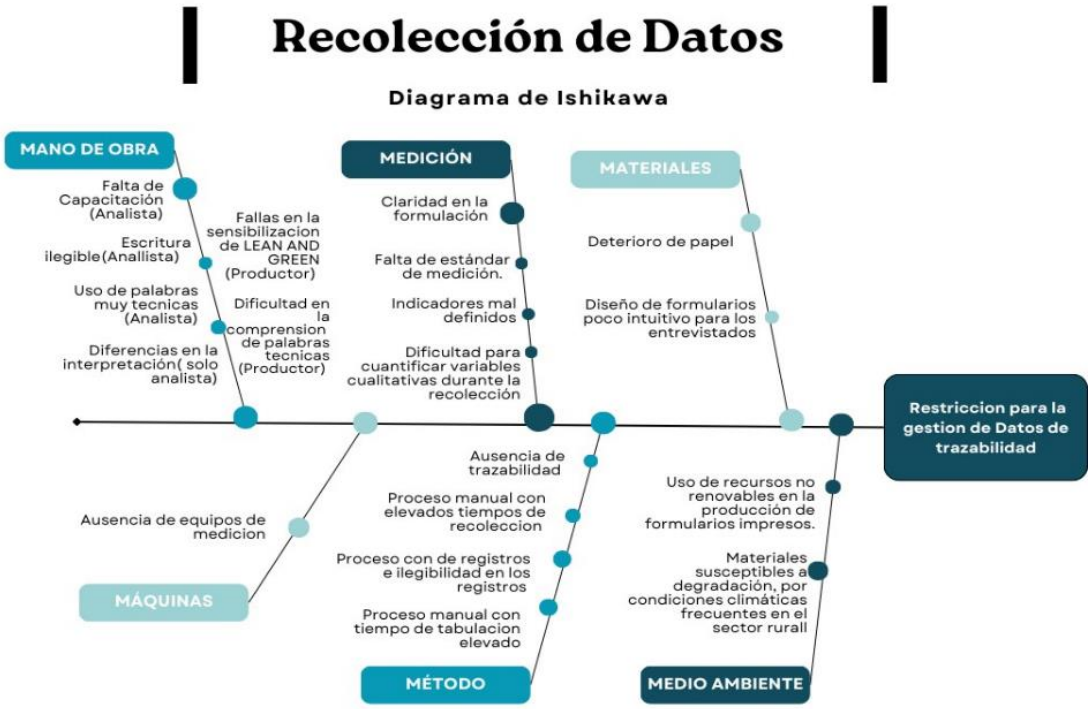
equipo de trabajo fue conformado por estudiantes y un profesor del programa de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Salle, quienes visitaron 4 fincas agrícolas en 2 oportunidades cada una de ellas para recolectar datos asociados a ineficiencias productivas y de impacto ambiental (Lean & Green) mediante entrevistas directas con los productores. En este proceso se identificaron restricciones como la falta de estandarización en la formulación de preguntas, la variabilidad en la interpretación de indicadores y la escritura ilegible que afectaron la calidad y confiabilidad de los datos obtenidos para su posterior análisis.

Estas deficiencias comprometen la calidad y confiabilidad de la información recopilada, lo que subraya la importancia de abordar el problema principal: la gestión y trazabilidad de datos. La falta de un proceso estandarizado y tecnológico para recopilar y gestionar datos agrícolas dificulta la toma de decisiones y la mejora continua de los procesos. Implementar soluciones que integren tecnologías modernas para la recolección, almacenamiento y análisis de datos contribuirá significativamente a superar estas limitaciones y permitirá una gestión más eficiente y trazable de la información recolectada en entornos agrícolas.

Para abordar esta problemática se basó de acuerdo con la recolección de los datos definida en el planteamiento del problema con ayuda de los análisis detallados de los diagramas Ishikawa, Pareto y Árbol de Problemas, como herramientas sistemáticas de análisis y visualización para comprender y priorizar las complejidades del proceso. El objetivo se enmarco en el análisis e intervención de las restricciones que se generan al implementar un sistema de gestión y trazabilidad de datos asociados con ineficiencias productivas en procesos agrícolas. Las causas que generan restricción para la gestión de datos de trazabilidad fueron clasificadas en categorías, como Mano de Obra, Medición, Materiales, Medio Ambiente, Método y Máquinas (las 5M), lo que facilita la comprensión de los factores que contribuyen a los problemas observados como se presenta en la Figura 1.

Figura 1

Diagrama de Ishikawa, recolección de datos



Una vez identificadas las causas de restricción, se determinó la importancia relativa de cada causa identificada que afectaría la eficiencia y la calidad al recopilar datos obtenidos en la salida de campo para recoger los datos en las unidades productoras. A continuación, se presenta una descripción de cómo se calificaron las causas, considerando su impacto en la optimización, velocidad, confiabilidad y actualización constante de la recolección de datos. Se utilizo una calificación de "No tan útil", "Algo útil", "Muy útil" y "Extremadamente útil" se asigna según el grado de impacto que se espera que tenga cada causa en la consecución de los objetivos específicos.

- **No tan útil:** Se asigna a causas cuyo impacto, aunque presente, no es determinante para los objetivos principales del sistema.

- **Algo útil:** Se asigna a causas que tienen un impacto moderado y contribuyen de manera significativa a los objetivos del sistema. Aunque no son cruciales, estas causas pueden mejorar la eficiencia, la calidad y otros aspectos relacionados con la recolección de datos.
- **Muy útil:** Se asigna a causas cuyo impacto es considerable y es esencial para alcanzar los objetivos. Estas causas tienen un impacto directo en la eficiencia, rapidez, confiabilidad y actualización constante de la recolección de datos.
- **Extremadamente útil:** Se asigna a causas cuyo impacto es crítico y esencial para los objetivos. Estas causas tienen un impacto directo y significativo en la optimización, rapidez, confiabilidad y actualización constante de la recolección de datos, y su abordaje es considerado prioritario.

En resumen, estas calificaciones reflejan la importancia relativa de cada causa en relación con los objetivos específicos, brindando una guía para priorizar las acciones de mejora, que se presentan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1

Calificación de las causas según su utilidad

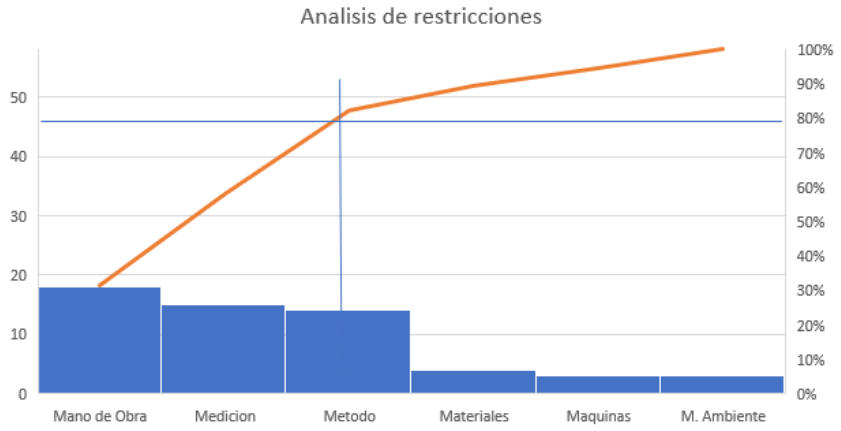
		Escala				
		No tan útil	Algo útil	Muy útil	Extremadamente útil	Justificación
Categoría	**Causa**	**1**	**2**	**3**	**4**	
Mano de Obra	Falta de Capacitación (Analista)			X		La capacitación mejoraría la interpretación y calidad de las entrevistas.
	Escritura ilegible (Analista)		X			Necesaria para entender los datos registrados
	Uso de palabras muy técnicas (Analista)			X		Palabras más simples facilitarían la comprensión de los productores
	Diferencias en la interpretación (solo analista)				X	Alinear la interpretación para garantizar consistencia en los datos
	Fallas en la sensibilización de LEAN AND GREEN (Productor)			X		Una sensibilización efectiva mejora la calidad de los datos
	Dificultad en la comprensión de palabras técnicas (Productor)			X		Simplificar el lenguaje y el objetivo mejora la comunicación
Medición	Claridad en la formulación				X	Mejorar la claridad garantiza respuestas más precisas y consistentes
	Falta de estandarizaciones las unidades de medición.				X	Establecer estándares es fundamental para la consistencia en la medición y analizar datos
	Indicadores mal definidos				X	Facilitar la cuantificación mejora la precisión de los datos
	Dificultad para cuantificar variables durante la recolección			X		Al momento de establecer las unidades de medida y definir los indicadores de una forma precisa y entendible, ya se sabe que datos recolectar
Materiales	Deterioro de papel	X				La principal idea es no realizarlo manualmente entonces el uso de papel no sería necesario
	Diseño de formularios poco intuitivo para los entrevistados			X		Sea cual sea la forma como se le quiere presentar al productor debe ser de forma clara e intuitiva
Medio ambiente	Materiales susceptibles a degradación, por condiciones climáticas frecuentes en el sector rural		X			La resistencia de materiales a diferentes situaciones es algo útil para asegurar los datos
	Uso de recursos no renovables en la producción de formularios impresos.			X		Minimizar el uso de recursos no renovables es esencial para la sostenibilidad
Método	Proceso manual con tiempo de tabulación elevado				X	a automatización reduce el tiempo y mejora la eficiencia del proceso
	Proceso de registros e ilegibilidad en los registros			X		Registros claros y legibles facilitan la interpretación y análisis
	Ausencia de trazabilidad				X	Mejorar la claridad de los registros aumenta la trazabilidad
	Proceso manual con elevados tiempos de recolección			X		La trazabilidad es clave para la auditoría y mejora de procesos
Máquinas	Ausencia de equipos de medición			X		La automatización acelera la recolección de datos y reduce errores

Después de la calificación de las causas según su utilidad, se realizó un Diagrama de Pareto, ver diagrama 1, para visualizar y priorizar las causas en función de su impacto en los objetivos. Un Diagrama de Pareto es una herramienta gráfica que ayuda a identificar y priorizar los problemas o causas principales en un conjunto de datos.

En este caso, el Diagrama de Pareto podría representar las causas identificadas en el análisis Ishikawa, que se estableció al recoger los datos en las unidades productoras de la región del Tequendama, junto con sus calificaciones de utilidad. Las causas se representarían en orden descendente, desde la causa con el impacto más alto (calificación "Extremadamente útil") hasta la menos significativa (calificación "No tan útil").

Figura 2

Diagrama de comparación de las causas (Pareto)



En este caso, ayudó a destacar las áreas críticas, como Mano de Obra, Medición y Método, que requerían atención inmediata para mejorar el proceso de recolección de datos.

En cuanto a las subcausas más críticas requieren atención inmediata como la discrepancia en la interpretación, especialmente entre analistas, destaca la necesidad de establecer directrices claras y garantizar una comprensión compartida. La falta de claridad en la formulación de preguntas

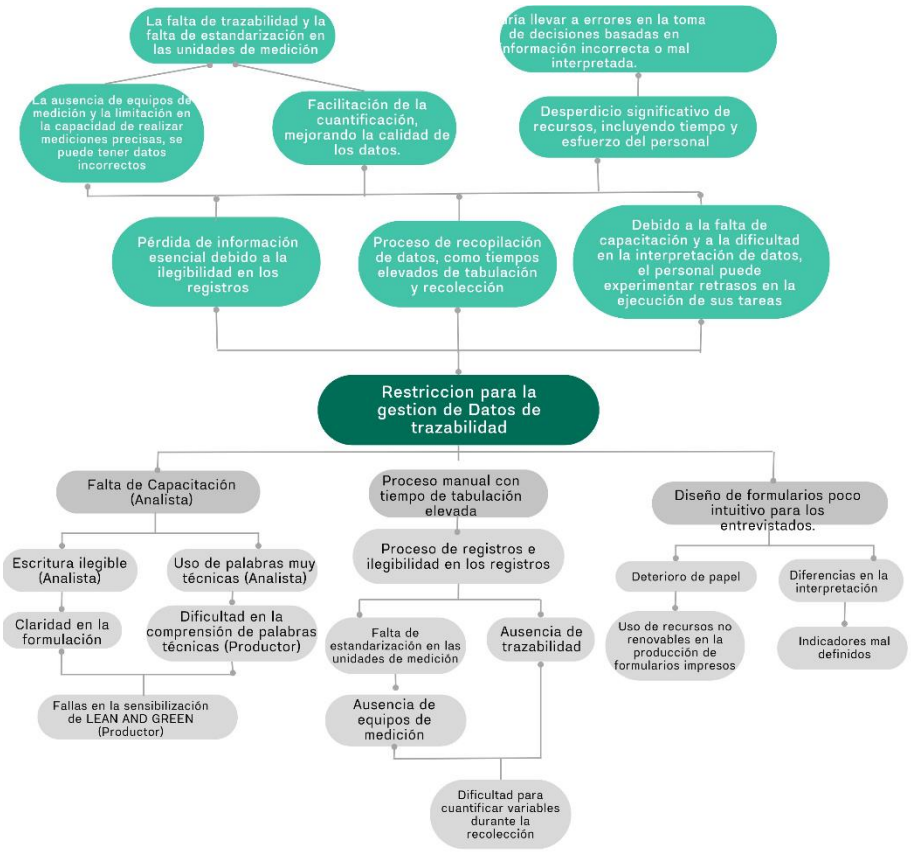
subraya la importancia de revisar y mejorar la redacción para evitar ambigüedades. La estandarización en las unidades de medición se presenta como un punto crucial para la consistencia en el análisis de datos, instando a la implementación de estándares claros. La automatización, especialmente en la tabulación de datos, surge como una prioridad para mejorar la eficiencia y reducir tiempos. Finalmente, la falta de trazabilidad destaca la importancia de establecer un sistema robusto que documente cada paso del proceso de recolección de datos, facilitando auditorías y mejoras continuas.

Al abordar estas subcausas críticas, se puede lograr una mejora sustancial en la calidad y la eficiencia de la recolección de datos.

Finalmente, el Árbol de Problemas permite visualizar las relaciones causa-efecto entre los problemas identificados, para identificar de manera detallada las consecuencias de las deficiencias en la Mano de Obra, Medición y Método como se observa en la Figura 3.

Figura 3

Árbol de problemas- Causas y efectos



Estos revelan que las deficiencias claves se encuentran en la mano de obra, donde la falta de capacitación y la escritura ilegible son obstáculos significativos. Además, las discrepancias en la interpretación de indicadores y la falta de estándares en las unidades de medición durante el proceso de medición, así como la ausencia de trazabilidad y el tiempo elevado en los procesos manuales, también emergen como desafíos sustanciales.

La situación actual del sistema de recolección de datos en las unidades agrícolas de la región del Tequendama se caracteriza por ser un enfoque manual, como se evidenció durante las visitas realizadas. En este proceso, se observaron las causas que se analizaron anteriormente que implican tiempos prolongados, desde la contextualización con el productor hasta la tabulación y análisis de datos. La recolección manual presenta desafíos significativos, como la variabilidad en los tiempos

de registro, la falta de agilidad en la obtención de información y la posibilidad de errores en los registros. Además, se identificaron oportunidades de mejora en la normalización de los resultados y la optimización de los tiempos de respuesta. Este análisis refuerza la necesidad de una intervención integral mediante un sistema que no solo agilice el proceso, sino que también garantice la consistencia y confiabilidad de los datos recolectados.

1.2 Justificación

El proyecto titulado "Diseño de un Sistema de Almacenamiento y Visualización de Datos Lean & Green de Unidades Productoras de la Región del Tequendama" es fundamental para modernizar y optimizar los procesos de recolección de datos en el sector agrícola de municipios del Tequendama. Los métodos manuales actuales son ineficientes y poco fiables, lo que dificulta una gestión efectiva del registro y tabulación de los datos. Implementar un sistema digitalizado, mejora la eficiencia operativa y reducir el impacto ambiental mediante una mejor trazabilidad y análisis de datos. Este proyecto no solo pretende transformar la forma en que se recopilan y almacenan los datos, sino también asegurar su fiabilidad y actualización continua. Además, se espera que la digitalización de estos procesos contribuya a un desarrollo agrícola más sostenible, incrementando la productividad y reduciendo costos. Al optimizar la recolección de datos, el proyecto también busca fomentar una colaboración informada entre analistas y productores, mejorando así la toma de decisiones basada en datos precisos y oportunos.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Diseñar un sistema de almacenamiento y visualización de los datos, que permita caracterizar, hacer seguimiento y análisis visual del nivel de ineficiencias en procesos agrícolas bajo el enfoque Lean & Green en unidades productoras de la región del Tequendama.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el método actual de registro de datos mediante el análisis de procedimientos actuales de recolección para identificar oportunidades de mejora en procesos de trazabilidad Lean & Green en unidades agrícolas de la región del Tequendama.
- Diseñar la estructura del sistema mediante la integración de una interfaz para el almacenamiento y visualización de datos compatible con las condiciones y procesos de unidades productoras de la región del Tequendama.
- Validar el sistema de almacenamiento y visualización de datos en los procesos agrícolas, mediante un caso aplicado en cinco unidades productoras, para demostrar la reducción de los tiempos del proceso de trazabilidad Lean & Green en la región del Tequendama.

1.4 Hipótesis

En el marco de este proyecto, se aborda la problemática existente en la recolección manual de datos en las unidades agrícolas de la región del Tequendama, la cual se caracteriza por ser un proceso lento y propenso a errores. Como respuesta, se propone el diseño de un sistema con interfaz de almacenamiento y visualización en la nube para agilizar y mejorar la eficiencia en los tiempos de recolección, almacenamiento y visualización de datos. La visita a campo en el municipio de Cachipay permitió observar de cerca las limitaciones del sistema actual y desarrollar un instrumento de

recolección de datos. Sin embargo, es necesario poner a prueba la efectividad de la nueva propuesta. Por ello, se plantea la siguiente hipótesis del proyecto.

- **Hipótesis Nula:** Se plantea que no hay diferencias significativas en el tiempo dedicado a las operaciones de trazabilidad entre el método de registro actual de datos y el sistema de almacenamiento y visualización.
- **Hipótesis Principal (Alterna):** Se postula que el diseño de un sistema de almacenamiento y visualización incide positivamente en la reducción del tiempo dedicado a las operaciones de trazabilidad en las unidades agrícolas de la región del Tequendama.

Estas hipótesis se someterán a prueba a través del análisis de datos recopilados durante la validación del nuevo sistema, evaluando los tiempos del proceso de trazabilidad tanto actual como propuesto.

1.5 Alcance y justificación

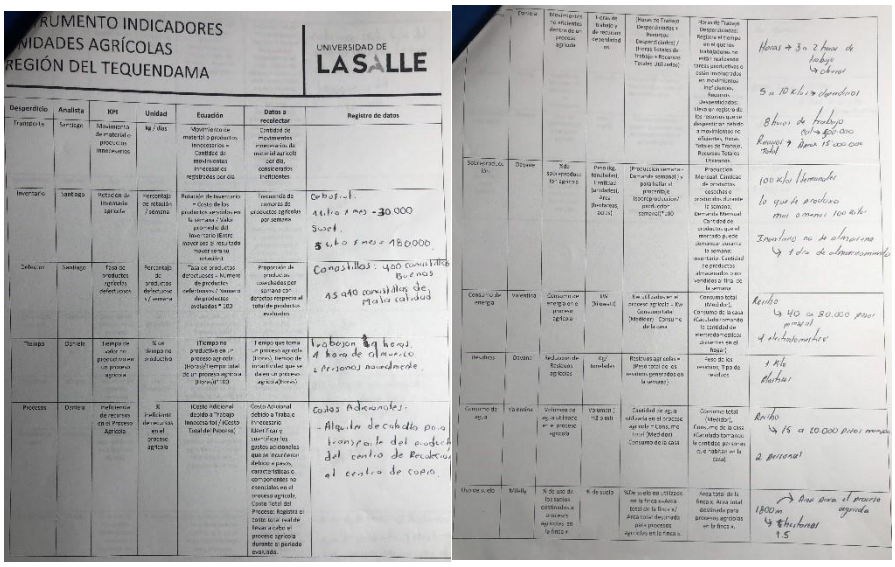
Durante el ejercicio de trazabilidad manual llevado a cabo en las visitas a las fincas, se recolectaron datos cruciales que evidencian las limitaciones y desafíos asociados con la recolección manual de información de los indicadores. Estos datos proporcionan una comprensión cuantitativa de los problemas identificados y respaldan la necesidad de una solución automatizada. A continuación, se presentan los resultados clave:

El tiempo que reflejó el periodo necesario para que el encuestador explique y contextualice al productor sobre el propósito de la entrevista y las preguntas a realizar. La duración significativa de este paso son 25 mi promedio subraya la importancia de optimizar el proceso para hacerlo más eficiente.

Luego se realizó la encuesta a los productores donde se basó en los indicadores a estudiar como lo muestra la figura 4.

Figura 4

Evidencia fotográfica de datos recolectados

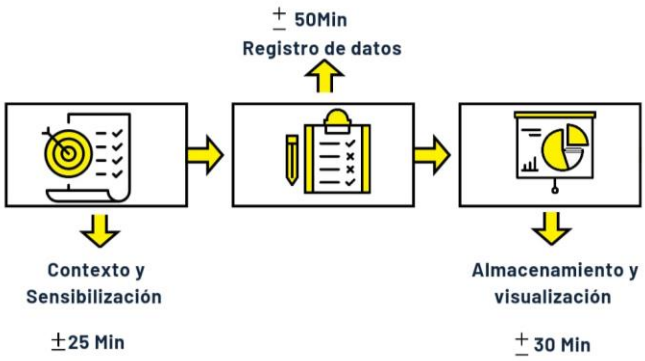


El tiempo invertido en el registro manual de respuestas durante la entrevista es una parte esencial del proceso 50 min La duración indica la necesidad de una mayor eficiencia en la toma de datos para reducir el tiempo dedicado a esta fase.

Luego de tener los datos se realizó la tabulación de estos, donde implica organizar, consolidar y clasificar los datos, consume una cantidad significativa de tiempo de 2 horas. Este aspecto destaca la necesidad de una metodología más eficaz para la gestión de datos después de la recolección. En el diagrama 2 se presentan los procesos previos para el análisis y caracterización de datos.

Figura 5

Procesos del análisis y la caracterización de datos



Como el tiempo de tabulación fue confuso y demorado en el proceso recolección de datos realizado manualmente donde en el planteamiento del problema se detalló con profundidad, el análisis de los datos también llevo tiempo por la variación en los registros entre diferentes encuestadores indica la falta de estandarización y coherencia en la interpretación de indicadores. Este proceso manual destaca la ilegibilidad de registros, y compromete la calidad de la información.

La Ingeniería Industrial surge como una disciplina clave para abordar estos desafíos, proponiendo soluciones integrales que redefinen el proceso de recolección de datos. El diseño eficiente de procesos implica la revisión y optimización de cada fase, desde la contextualización al productor hasta el análisis de datos. Esto no solo busca reducir los tiempos asociados con estas etapas, sino también eliminar redundancias y mejorar la consistencia en la interpretación de indicadores.

La implementación de sistemas automatizados representa un hito esencial en la mejora del proceso. La creación de un sistema que permita almacenar datos en la nube y actualizarlos constantemente agiliza significativamente la recolección y garantiza la disponibilidad inmediata de información actualizada. Esta solución no solo mejora la velocidad del proceso, sino que también aborda la problemática de la variabilidad al estandarizar y centralizar la información. La optimización de herramientas y formularios es otra contribución clave de la Ingeniería Industrial. Al diseñar

formularios intuitivos y seleccionar herramientas que faciliten la toma de datos, se minimizan los errores asociados con la recolección manual, mejorando la calidad y confiabilidad de la información. En resumen, la implementación de un sistema que optimice la recolección de datos, haciéndola más rápida, fiable y eficiente, es esencial para superar los desafíos actuales en el proceso

La falta de intervención en estas áreas podría tener consecuencias significativas. La toma de decisiones basada en datos erróneos, ineficiencias operativas debido a procesos manuales prolongados y la pérdida de oportunidades para mejorar la productividad agrícola son solo algunas de las repercusiones. Además, el impacto ambiental negativo asociado con la dependencia continua de métodos manuales, como el uso de recursos no renovables en la producción de formularios impresos, destaca la necesidad urgente de implementar soluciones eficaces.

El proyecto se propone llevar a cabo una transformación integral mediante la implementación de un sistema automatizado en la gestión de datos agrícolas en las unidades de la región del Tequendama. El alcance abarcará todas las fases del proceso, comenzando con la recolección inicial de datos en las unidades agrícolas mediante la introducción de herramientas y formularios ajustados para minimizar errores y maximizar la eficiencia. Posteriormente, se avanzará con el diseño de la estructura de la interfaz de almacenamiento y visualización de datos, facilitando el acceso de consulta y actualización constante. Además, el proyecto se centrará en el diseño de sistema intuitivo para la visualización de datos, permitiendo acceder y analizar la información de manera eficiente. Con esta implementación completa, se espera lograr una gestión de datos más rápida, fiable y eficiente, eliminando las limitaciones asociadas con los métodos manuales actuales.

1.6 Metodología y materiales

1.6.1 Tipo de estudio

El enfoque metodológico de investigación adoptado para abordar la problemática de la recolección de datos en la agricultura se basará en un diseño mixto, combinando métodos cualitativos (Caracterización y adopción en unidades agrícolas) y cuantitativos (Medición Lean and Green en unidades agrícolas). La investigación se centrará en fuentes de información primaria, obtenida a través de entrevistas con productores agrícolas en los municipios de Cachipay, La Mesa y El Colegio del Tequendama. Además, se utilizarán fuentes de información secundaria, como estudios previos y datos relevantes de la literatura existente, para respaldar y contextualizar la investigación. La población objetivo será conformada por las unidades agrícolas productoras en los municipios mencionados, y se llevará a cabo una muestra piloto inicial de 5-8 unidades agrícolas para evaluar la viabilidad y eficacia de las soluciones propuestas. Este enfoque mixto permitirá una comprensión integral de la problemática y orientará el diseño de un sistema eficiente y optimizado en términos de tiempos de recolección de datos.

1.6.2 Metodología propuesta por el proyecto

Tabla 2

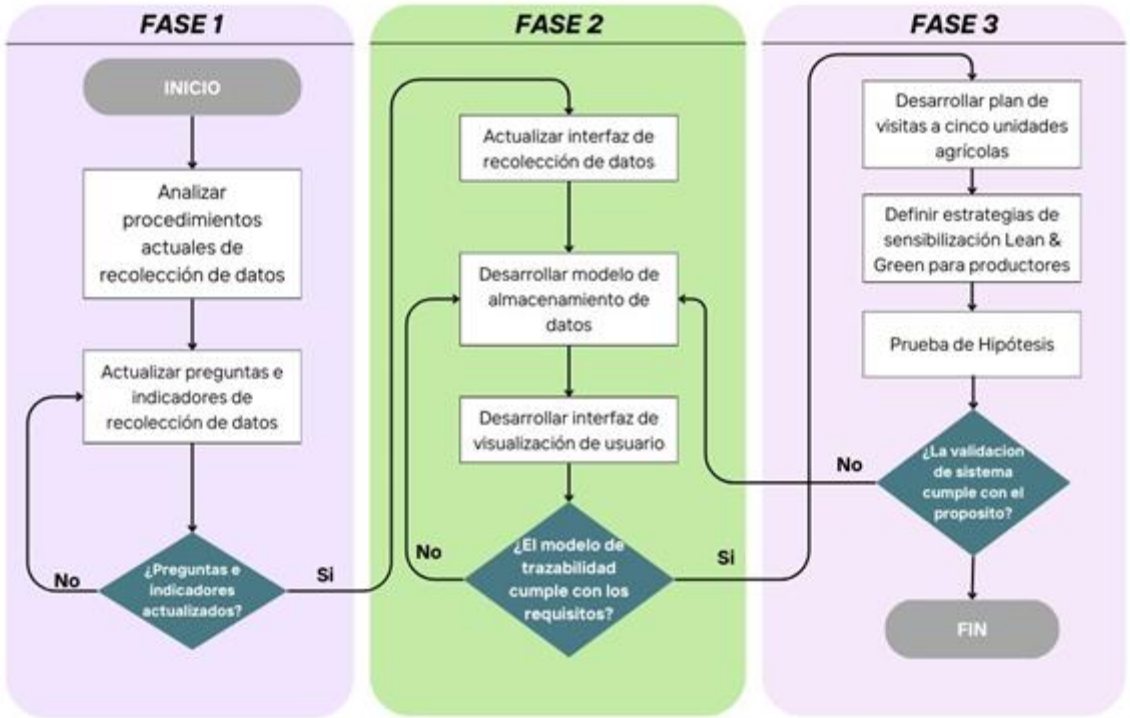
Metodología del proyecto.

Etapa	Actividad	Herramientas	Resultado
Caracterización del sistema actual de trazabilidad	1. Analizar procedimientos actuales de recolección de datos.	-Formato de encuesta -Tiempo observado de recolección	- Actualización de procedimientos - Diagrama de flujo del proceso de trazabilidad de datos
	2. Actualizar preguntas e indicadores de recolección de datos	-Indicadores de Lean and Green -Prueba piloto	- Preguntas actualizadas e indicadores estandarizados

Diseñar estructura digital de trazabilidad	1. Actualizar interfaz de recolección de datos	Lenguaje PHP.	Modelo digital de recolección de datos
	2. Desarrollar modelo de almacenamiento de datos	MySQL y modelos de bases de datos.	Modelo de almacenamientos de datos
	3. Desarrollar interfaz de visualización de usuario	Power Bi	Interfaz de usuario para visualización de datos
Validar el sistema de almacenamiento y visualización de datos	1. Desarrollar plan de visitas a cuatro unidades agrícolas	-Identificación de recursos y cronograma	- Plan de visitas a unidades agrícolas con asignación de recursos y cronograma de actividades
	2.Definir estrategias de sensibilización Lean & Green para productores	-Métodos de sensibilización	- Estrategias de sensibilización para productores
	3. Prueba de Hipótesis	-Tiempos de operaciones de trazabilidad	- Plan de monitoreo y evaluación para medir la efectividad del sistema de almacenamiento y visualización de datos

Figura 6

Diagrama de flujo proyecto



En segundo lugar, la figura 6. Ilustra la interconexión entre cada etapa y establece la secuencia en la que se deben realizar las actividades correspondientes a cada fase.

2 Capítulo. Marco teórico y antecedentes

2.1 Marco Teórico

2.1.1 Trazabilidad

En primera instancia se resalta la trazabilidad, definida como la capacidad de seguir la historia, aplicación o ubicación de elementos específicos (ISO, 2015), se ha vuelto esencial en la gestión de datos. Este estudio se basa en publicaciones originales recopiladas de las bases de datos AGRIS y Science Direct, seleccionando artículos publicados entre 2017 y la actualidad para analizar la adopción de tecnologías modernas en trazabilidad.

Diversos autores que han explorado la trazabilidad agrícola coinciden en resaltar las ventajas de la tecnología Blockchain debido a su eficacia en el manejo de grandes cantidades de datos Chen et al. (2020); Leng et al. (2018); Patel & Shrimali, (2021). La agricultura inteligente, al aplicar elementos de análisis de seguridad y sensores, contribuye a la categoría de digitalización y seguridad de la información, llevando la trazabilidad a un nivel donde se generan, recopilan y administran datos de manera más eficiente Paul et al., (2022); Rettore de Araujo Zonella et al., (2020) .

La evaluación de la productividad agrícola mediante la agricultura de precisión es otro aspecto clave. Este enfoque considera la eficiencia de variables técnicas y la capacidad de procesamiento de datos del sistema de información (Xu et al., (2018) . Tecnologías basadas en algoritmos de visión artificial, utilizadas para evaluar la productividad, mejoran la gestión de inventarios y el conteo de productos en la cadena de valor (Gao, Fang, et al., (2022); OGrady et al., (2021) . En el ámbito de la digitalización y seguridad de la información, se destaca la conversión de la agricultura convencional a orgánica mediante tecnologías digitales. Esto abre oportunidades para integrar conceptos de ecología y

tecnologías de datos en la generación de sistemas de innovación Schnebelin et al., (2021) . La adopción de tecnologías de digitalización, como la espectroscopía para medir propiedades físicas del suelo, facilita la delimitación de zonas de manejo Riefolo et al., (2022) .

2.1.2 Gestión de datos

En el ámbito de la gestión de datos, se subraya la importancia de convertir datos en información útil para decisiones en tiempo real en el contexto del big data Schmarzo, (2013). La producción masiva diaria de datos, impulsada por tendencias como el Internet de las Cosas (IoT), destaca la necesidad de gestionar y aprovechar eficazmente esta información valiosa DOMO (2019). La calidad de los datos se vuelve esencial, especialmente con el surgimiento de tecnologías como inteligencia de negocios, big data y analítica que generan valor en diversas industrias (Cai & Zhu, (2015). La gestión de datos se enfrenta al desafío de las 5 Vs: Volumen, Velocidad, Variedad, Veracidad y Valor (Douglas, (2001).

La agricultura se desenvuelve en un entorno de constante cambio, caracterizado por variaciones en los niveles de producción, mercados dinámicos y una competencia creciente. Este escenario ha acelerado drásticamente nuestras formas de comunicación y negocios, marcando una transición significativa en la toma de decisiones y las interacciones dentro del sector agrícola. El flujo abundante de información desde diversos canales, como redes sociales, artículos científicos y portales especializados, plantea un desafío significativo para la industria agrícola.

Esta transformación en la forma en que accedemos, interpretamos y utilizamos la información ha sido un impulsor clave para el desarrollo agrícola, respaldado por las perspectivas de la OCDE-FAO que pronostican un aumento del 15% en la demanda de productos agrícolas para el año 2028. En este panorama, la gestión inteligente de datos surge como un componente crucial para abordar los desafíos actuales en la agricultura (Sotomayor, Ramirez, & Martinez, 2021) No solo optimiza si no

también facilita el acceso a la información para todos los actores. Desde agricultores hasta consumidores promoviendo el intercambio de conocimientos y experiencias que fortalecen las capacidades. En un entorno donde la automatización y monitoreo son desafíos constantes en el sector agrícola Espíritu F. (2021).

En los últimos años, ha surgido la gestión inteligente de datos como una herramienta fundamental para enfrentar desafíos en el sector agrícola. Gracias a ellos se ha logrado simplificar tareas que antes eran costosas y complejas para ejecutarlas manualmente (Tovar Soto J, Solórzano Suárez J, Badillo Rodríguez A, Rodríguez Cainaba Genner O. (2019)

Empresas agroindustriales destacadas, como Pronaca, Cervecería Nacional S.A y el Ingenio Azucarero San Carlos, han implementado con éxito la gestión inteligente de datos. Estas organizaciones utilizan tecnologías como Big Data para gestionar información, controlar sistemas y, en última instancia, impulsar estrategias de crecimiento basadas en el gobierno efectivo de datos. Este enfoque integrado ha demostrado ser un impulsor clave para la eficiencia y la toma de decisiones informadas en el sector agroindustrial

De acuerdo con los planteamientos (López, 2021) destacó la integración de la gestión inteligente de datos ha sido fundamental para impulsar una estrategia de escalamiento enfocada en el gobierno de datos. Esta iniciativa ha permitido abordar de manera integral aspectos técnicos y análisis de información gracias a un equipo interno de expertos. Para maximizar el impacto de la gestión de datos, se ha optado por un enfoque colaborativo. El desarrollo de contenidos, la generación de nuevos modelos analíticos y la creación de indicadores se llevan a cabo en conjunto con el departamento de inteligencia empresarial. Esta colaboración asegura una gestión de datos integral de los datos, aprovechando tanto la experiencia interna como la perspectiva del usuario final, así se garantiza que los datos generados sean valiosos y relevantes para cubrir las necesidades.

2.1.3 Lean & Green en procesos agrícolas

El concepto de Producción Lean se fundamenta en el sistema desarrollado por Toyota, integrando principios, estrategias, metodologías, trazabilidad y herramientas para alcanzar la excelencia operacional. Paralelamente, el concepto de Producción Green, como una respuesta a las preocupaciones medioambientales, se centra en reducir los desperdicios y residuos ambientales. El énfasis en una mayor productividad y rentabilidad ha llevado a la adopción de estas filosofías en diversas industrias.

La integración de las metodologías Lean y Green ha emergido como un enfoque innovador en la optimización de procesos industriales, promoviendo simultáneamente la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental. Esta metodología combina los principios del Lean Manufacturing, que busca eliminar desperdicios y maximizar el valor para el cliente, con prácticas sostenibles que reducen el impacto ambiental. La combinación de estos enfoques se ha convertido en una tendencia creciente en diversas industrias, incluyendo el sector agrícola, donde está demostrando un potencial significativo para transformar las prácticas tradicionales.

La implementación del sistema de trazabilidad agrícola, en consonancia con los principios Lean & Green, pretende ofrecer una solución que no solo optimice la gestión de datos en términos de eficiencia, sino que también reduzca los impactos ambientales asociados con los métodos tradicionales de recolección manual Chen et al. (2020). Al adoptar prácticas Lean, se busca eliminar procesos innecesarios y mejorar la fluidez de la recolección de datos, reduciendo así el tiempo y los recursos empleados. Esto no solo beneficia la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad al minimizar desperdicios y redundancias Leng et al. (2018).

La convergencia de Lean & Green en la agricultura es esencial, ya que las prácticas agrícolas a menudo han pasado por alto los efectos medioambientales. Barth et al. (2017) sugieren que los

modelos de negocio en la agricultura deben ser más sostenibles y competitivos. Dues et al. (2013) proponen la combinación de principios Lean y Green para aumentar la competitividad empresarial y beneficiar al medio ambiente, señalando que Lean puede catalizar prácticas más ecológicas. Folinas et al. (2013) exploraron el Mapeo del Flujo de Valor (VSM) como una herramienta efectiva para "verdecer" la cadena de suministro agroalimentaria. Este estudio ofrece una visión sobre cómo las herramientas Lean pueden aplicarse de manera específica en la agricultura para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad.

La trazabilidad en la agricultura, respaldada por la implementación de tecnologías avanzadas, se alinea con estos principios al permitir una recolección de datos eficiente y sin desperdicios. La aplicación de Lean & Green en la trazabilidad implica no solo mejorar la eficiencia en la gestión de datos, sino también garantizar que esta gestión sea sostenible y amigable con el medio ambiente Paul K., et al (2022). La convergencia de Lean & Green en el proyecto de trazabilidad agrícola busca, por tanto, no solo optimizar la eficiencia en la recolección, almacenamiento y visualización de datos, sino también garantizar la sostenibilidad ambiental de todo Hu et al., (2021) ; Sengupta et al., (2019).

La investigación de Caldera et al. (2017) revisó la implementación de iniciativas verdes y ajustadas en diversos sectores, resaltando la influencia positiva de los métodos Lean en el desempeño ambiental. Su revisión proporciona una visión general de cómo estas iniciativas pueden integrarse y aplicarse en diferentes contextos empresariales. La literatura indica que el uso de métodos Lean tiene una influencia positiva en el desempeño ambiental, pero es crucial evaluar su éxito relativo, ya que algunos métodos Lean pueden no ser inherentemente "ecológicos". La propuesta de integrar Lean con Green en la agricultura surge como una estrategia para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad en este sector clave. Los autores mencionados, junto con la literatura revisada, ofrecen una perspectiva integral sobre la convergencia de Lean & Green y la trazabilidad en la

agricultura, destacando la necesidad de adoptar prácticas más sostenibles y competitivas en este campo.

En el ámbito agrícola, la metodología Lean & Green se ha aplicado con éxito para mejorar la eficiencia en la producción y reducir el impacto ambiental. Otro ejemplo prominente es el trabajo de Niederhauser et al. (2008), que resalta la creciente demanda de productos diferenciados y la necesidad de prácticas de gestión de la cadena de suministro más estrictas en el sector agrícola. En particular, en la producción de café, la implementación de Lean & Green puede resultar en mejoras significativas en la eficiencia operativa, reducción de residuos y menor huella ambiental.

La aplicación de Lean & Green en la agricultura se centra en la identificación y eliminación de desperdicios en el proceso productivo. Por ejemplo, la reducción de sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario y exceso de inventario son principios clave del Lean Manufacturing que pueden ser adaptados a la producción agrícola. Asimismo, en términos de sostenibilidad ambiental, la metodología aborda el consumo excesivo de energía, la gestión de residuos, el uso eficiente del agua y la reducción de la contaminación del suelo. Los estudios han demostrado que estas prácticas no solo mejoran la eficiencia, sino que también contribuyen a la sostenibilidad del sector. Un caso de aplicación en el sector cafetalero en el estado de Quindío, Colombia, muestra que la metodología Lean & Green puede ser efectiva para reducir el impacto ambiental de las propiedades productoras de café y mejorar la eficiencia operativa (Verrier et al., 2016).

La metodología Lean & Green ha sido adoptada más allá del sector agrícola, encontrando aplicaciones en diversas industrias, desde la manufactura hasta la tecnología. Un estudio de 2012 por Sacristán et al. revela que la adopción de enfoques Lean & Green en la manufactura ha permitido a las empresas mejorar sus prácticas ambientales y operativas simultáneamente. Estos enfoques

incluyen la implementación de tecnologías avanzadas y la optimización de procesos para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia.

El porcentaje de adopción de Lean & Green ha mostrado un aumento constante. Según un informe de 2021 de la consultora McKinsey, aproximadamente el 30% de las empresas manufactureras en Estados Unidos han implementado prácticas que combinan principios Lean y Green. Esta tendencia está respaldada por la creciente presión de los reguladores y las expectativas de los consumidores por prácticas más sostenibles. En la industria tecnológica, empresas como IBM y Siemens han adoptado prácticas Lean & Green para reducir su huella ambiental y mejorar la eficiencia operativa, destacando el impacto positivo de estas metodologías en la reducción de costos y la mejora de la sostenibilidad.

La metodología Lean & Green se enfoca en la reducción de diversos tipos de desperdicios. En el contexto Lean, los desperdicios comunes incluyen sobreproducción, tiempos de espera, transporte innecesario, exceso de inventario, procesamiento excesivo, defectos y movimientos innecesarios. Estos desperdicios no solo afectan la eficiencia operativa, sino que también pueden tener un impacto ambiental significativo.

Desde una perspectiva Green, los desperdicios más relevantes incluyen el consumo excesivo de energía, la generación de residuos, el uso ineficiente del agua, la contaminación del suelo y el ruido. La reducción de estos desperdicios es crucial para lograr una mayor sostenibilidad en los procesos industriales. El modelo de Value Stream Mapping (VSM) propuesto por Faulkner y Badurdeen (2014) es una herramienta efectiva para evaluar y mejorar el desempeño ambiental al identificar y eliminar desperdicios a lo largo de la cadena de valor. Varios modelos y herramientas se han desarrollado para evaluar la integración de Lean y Green. El modelo LARG-ANP de Cabral et al. (2012) integra sistemas Agile y Resilient con Lean y Green, proporcionando un marco para la toma de decisiones

multicriterio. La metodología SUSVSM de Faulkner y Badurdeen (2014) utiliza Value Stream Mapping para evaluar el desempeño ambiental, mientras que la matriz Lean y Green de Fercoq et al. (2016) combina los siete tipos de desperdicios Lean con la jerarquía de las 3R del sistema Green. Además, el modelo ROBECOSAM (2017) ofrece una evaluación de la sostenibilidad basada en pilares sociales, ambientales y económicos, aunque su complejidad limita su aplicación a empresas más grandes.

La metodología Lean & Green ha demostrado ser una herramienta valiosa para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en una variedad de industrias. Su aplicación en la agricultura está resultando particularmente efectiva al abordar desperdicios operativos y ambientales, y su adopción en otras industrias sigue en crecimiento. Sin embargo, aún existen desafíos y oportunidades para desarrollar y adaptar modelos de madurez Lean & Green que puedan ser utilizados en diferentes sectores.

2.1.4 Antecedentes

En el contexto de los antecedentes, es fundamental subrayar la relevancia del proceso llevado a cabo durante las salidas de campo en el municipio de Cachipay, en la región del Tequendama. Durante estas visitas, se evidenció que el sistema de recolección de datos en las unidades agrícolas era principalmente manual, lo que generaba numerosos desafíos. Este enfoque manual no solo consumía una cantidad considerable de tiempo, sino que también propiciaba la aparición de errores en la recopilación y registro de información. La experiencia directa en el terreno permitió comprender a fondo las limitaciones y deficiencias asociadas con este método, brindando una perspectiva práctica para la identificación de áreas de mejora. Estos hallazgos han sido fundamentales para orientar el enfoque del proyecto hacia la implementación de soluciones que aborden específicamente los problemas derivados del sistema manual de recolección de datos en el ámbito agrícola.

Estos antecedentes permiten identificar con claridad el problema que se está analizando, el cual se recurrió a varias fuentes de recolección segundarias como artículos, revistas. Con la finalidad en ofrecer una comprensión profunda de cómo la gestión de datos ha evolucionado y han surgido problemáticas específicas relacionadas con la trazabilidad de la información recopilada manualmente.

En el proceso de búsqueda de antecedentes en la base de datos Sciencedirect, se realizaron consultas focalizadas en los términos "Agricultural traceability" y "data management". Estos términos fueron seleccionados estratégicamente para abordar la temática de trazabilidad agrícola y la gestión de datos en el ámbito agrícola. La búsqueda se llevó a cabo con el objetivo de recopilar información relevante sobre proyectos, estudios o investigaciones relacionadas con la implementación de tecnologías, herramientas y métodos para mejorar la trazabilidad y gestión de datos en la agricultura. Se incluyeron trabajos que proporcionaran perspectivas prácticas, soluciones tecnológicas y avances metodológicos en el ámbito de la trazabilidad agrícola y la gestión eficiente de datos. Por otro lado, se excluyeron aquellos estudios que no estuvieran directamente relacionados con la temática específica o que carecieran de aplicabilidad en el contexto de la agricultura y la trazabilidad de productos agrícolas como se visualiza en la tabla 3.

Tabla 3

Artículos de revistas científicas.

Autor(es)	Objetivo del estudio	Herramientas – técnicas	Resultados - Impactos

(Zhang & Han, 2002)	El proyecto busca proporcionar una técnica estándar para el análisis en tiempo real y la gestión de datos de rendimiento, con un enfoque en la transparencia y accesibilidad para los agricultores.	Tablas de Información almacenadas y actualizadas.	Este método ha demostrado su eficacia a través de un estudio de caso que involucra datos de rendimiento obtenidos de un campo real en el centro de Illinois durante un período de 5 años. Los resultados indican que el modelo es capaz de lograr su objetivo de diseño, proporcionando una herramienta estandarizada y accesible para los agricultores
(Morais, Silva, Mendes, Pádua, & López, 2019)	Este proyecto es aprovechar las tecnologías emergentes y establecidas para mejorar las prácticas de agricultura de precisión (AP) y viticultura de precisión (PV). Se busca sistematizar los procedimientos de adquisición de datos para abordar problemas comunes en la gestión de cultivos, con el objetivo de aumentar tanto el rendimiento como la calidad de los cultivos	Arduino, La nube	El artículo destaca que mySense permite la adopción de aplicaciones de monitoreo en agricultura de precisión y viticultura de precisión, ha logrado crear un entorno tecnológico que facilita la integración eficiente de datos en el ámbito agrícola, contribuyendo así a mejorar las prácticas de gestión de cultivos y fomentar la adopción de tecnologías de monitoreo en la agricultura de precisión.
(Yuhan , Zhang, Xiaochun, & Yintang, 2021)	Este proyecto busca abordar los desafíos de seguridad en la recopilación de datos en entornos agrícolas, para garantizar la exactitud y seguridad en la recopilación de datos	Blockchain, La nube	El modelo de teoría, respaldo el enfoque integral y seguro para la gestión de datos en la agricultura, abordando las vulnerabilidades de los datos y mejorando la confianza en los resultados de la cadena de suministro verde.

(Debauche, Mahmoudi, Manneback, & Lebeau, 2022)	Este proyecto es abordar los desafíos asociados con la enorme cantidad de datos generados en el contexto de la Agricultura 4.0 y proporcionar una revisión comparativa de las diferentes arquitecturas de almacenamiento y procesamiento utilizadas para gestionar estos datos	Tecnologías de la Nube	Al poder tener los datos actualizados y guardados constantemente tuvo como resultado la satisfacción de necesidades específicas de la agricultura, las posibilidades de desarrollo horizontal y vertical, y la evaluación de su rendimiento en función de criterios relevantes.
(Sensen, Huang, & Xinghong, 2022)	El objetivo principal de este proyecto es explorar y evaluar dos modelos de trazabilidad de la cadena de suministro de productos agrícolas orgánico	Blockchain	Los hallazgos sugieren que el modelo blockchain es efectivo como modelo de cadena de suministro bajo condiciones específicas, como una alta conveniencia de compra y un bajo costo operativo de la plataforma blockchain
(Touhidul, Shabnam, Apubra, & Rakib, 2023)	Este documento propone una arquitectura peer-to-peer basada en Blockchain que integra una identidad auto soberana de productos agrícolas.	Blockchain	Comparación de plataforma Blockchain de Fantom y Ethereum en la que la primera presento mejores resultados de transacción y tiempo de verificación.
(Xiaofei, Jianguo, Wen, & Fakhar, 2023)	Este proyecto busca combinar el desarrollo comercial de toda la cadena industrial de productos agrícolas en el marco de "Internet + agricultura" con las expectativas ecológicas de los consumidores.	Programación Python	A través del análisis de datos y la implementación del modelo LDA con la ayuda de Python, se logra mejorar el modelo de trazabilidad existente. Esto contribuye a una mayor transparencia y confiabilidad en la cadena de suministro.
(Shouchen & Zhaoyu, 2023)	El proyecto tiene como finalidad mejorar la trazabilidad de la cadena de frío mediante la	Blockchain	Con el desarrollo de este modelo ha demostrado mejorar la confiabilidad y validez de la trazabilidad de los datos al abordar

	implementación de un sistema de trazabilidad. Establece relaciones de confianza a través de la participación multipartita, mantener bases de datos distribuidas, y un mecanismo de consenso para garantizar la integridad de los datos.		los problemas de opacidad y falta de confianza en la transmisión de datos
(Manoj , Krishnamoorthi, & Narendra, 2023)	Se propone un marco llamado donde utiliza tecnologías emergentes, generando confianza, automatizar los pagos basados en seguros con contratos inteligentes y proporcionar un intercambio de datos confiable utilizando Internet de las cosas (IoT) agrícola.	Blockchain, Oracle	La implementación de blockchain, garantizar la autenticidad, privacidad, procedencia y control de acceso de los datos agrícolas. También ha demostrado ser escalable y eficiente, cumpliendo con los requisitos de implementación en tiempo real. En resumen, AgriSSIOracle ofrece una solución innovadora y confiable para mejorar la gestión de riesgos agrícolas y contribuir a la seguridad alimentaria en regiones vulnerables.
(Karydas, Chatziantoniou, Stamkopoulos, Mourelatos, & Vassiliadis, 2023)	Este proyecto busca conectar la agricultura de precisión (AP) con la gestión agrícola mediante la integración, en un sistema de información de gestión agrícola basado en la nube.	Información en la nube	La creación del módulo 'ifarma/PreFer', que ha sido probado durante la temporada de cultivo de 2022. Ha demostrado cumplir plenamente con los requisitos de los agricultores al integrar de manera efectiva la los datos con precisión en la plataforma de gestión agrícola basada en la nube
(Khalil Ur, Shahla, Ashfaq, Akram, &	Este proyecto presenta un estudio innovador que utiliza la tecnología para registrar y rastrear información sobre la producción de cultivos,	Blockchain	Logro mejora la seguridad alimentaria al proporcionar un registro completo de las prácticas de producción de cultivos, para transformar la agricultura y promover prácticas sostenibles y

Muhammad, 2023)	desde las semillas hasta el consumo final, mejorando así la transparencia y sostenibilidad en la cadena alimentaria		seguras, permitiendo a los consumidores tomar decisiones informadas alineadas con sus preocupaciones ambientales y de salud
(Hsin-Yuan, Sharma, Sharma, & Sharma, 2023)	El proyecto integra dos tecnologías prominentes, en el contexto de la agricultura inteligente. El autor implementa un análisis en cuatro fases utilizando diferentes cadenas de búsqueda, y proporcionar una visión integral	VOSviewer, Blockchain	La gestión inteligente de la cadena de suministro mejoro trazabilidad y la transparencia en la agricultura, el potencial de la tecnología blockchain para mejorar la seguridad alimentaria, los seguros de cosechas, la trazabilidad y la sostenibilidad en la agricultura.

Según las referencias anteriores donde adoptan la trazabilidad y la gestión de datos en la agricultura, centrados en soluciones tecnológicas para la misma, resaltan la importancia de abordar desafíos en la cadena de suministro y la recolección de datos agrícolas. Esto ha abordado preocupaciones relacionadas con la calidad y la confiabilidad de la información, superando las limitaciones asociadas con la recolección manual, como la falta de estandarización en la formulación de preguntas y la variabilidad en la interpretación de indicadores. La implementación de la tecnología en entornos agrícolas ha mejorado la eficiencia de la recolección de datos al proporcionar mediciones precisas y oportunas.

Además, la integración de sistemas basados en la nube ha demostrado ser fundamental para la gestión y almacenamiento eficientes de grandes cantidades de datos agrícolas. Al tener acceso a una plataforma en la nube, los agricultores y otros actores en la cadena de suministro pueden mantener sus datos actualizados, compartir información de manera colaborativa y acceder a análisis avanzados para la toma de decisiones informadas.

Ambos proyectos, "AgriSSIOracle" y "Infraestructuras de Nube y Computación Colaborativa en Agricultura 4.0", han contribuido de manera significativa a mejorar la trazabilidad y la gestión de datos en la agricultura. "AgriSSIOracle" dan un lineamiento metodológico a este estudio, ya destaca que el utilizar tecnologías como Sistemas de Gestión de Datos y blockchain para garantizar la autenticación y la privacidad de los datos recolectados, abordando así problemas críticos de integridad y seguridad en la gestión de datos agrícolas. Por otro lado, "Infraestructuras de Nube y Computación Colaborativa en Agricultura 4.0" proporciona un valioso panorama comparativo de diversas arquitecturas utilizadas en Agricultura 4.0, mejorando la eficiencia en la recolección de datos al identificar las opciones más adecuadas para las aplicaciones agrícolas. Ambos enfoques han fortalecido la confiabilidad y la calidad de la información agrícola, allanando el camino para prácticas agrícolas más informadas y sostenibles.

3 Capítulo. Caracterización del sistema actual de trazabilidad

Este capítulo se enfoca en la caracterización del sistema actual de trazabilidad utilizado en las unidades productoras de la Región del Tequendama. Se abordarán las tres etapas principales del proceso: Contexto y sensibilización, Registro de datos, y Almacenamiento y visualización.

En la primera etapa, se examina el contexto en el que se desarrolla el sistema de trazabilidad actual, identificando los factores y las condiciones que influyen en su implementación y eficacia. Además, se llevará a cabo una sensibilización sobre la importancia de la metodología Lean & Green en el sector agrícola, destacando sus beneficios y su relevancia para mejorar la eficiencia operativa y la calidad del producto.

La segunda etapa se centra en el registro de datos, analizando los procedimientos actuales utilizados para recopilar información en las unidades productoras. Se identificarán los métodos y herramientas empleados, así como las dificultades y limitaciones encontradas en este proceso. Esta etapa

permitirá comprender en profundidad cómo se realiza la recolección de datos en el sistema actual de trazabilidad.

Finalmente, la tercera etapa se enfocará en el almacenamiento y visualización de datos. Se examinará cómo se gestionan y almacenan los datos recolectados, así como las herramientas utilizadas para su visualización y análisis. Se identificarán las características del sistema de almacenamiento actual y se evaluará su eficacia para satisfacer las necesidades de las unidades productoras en términos de seguimiento y control de la producción agrícola.

3.1 Contexto y Sensibilización

La etapa de sensibilización es una fase fundamental y estratégica del proyecto, enfocada en establecer un diálogo abierto y colaborativo con los agricultores de las unidades agrícolas en el Región del Tequendama. Durante esta etapa, se lleva a cabo una serie de actividades con el objetivo de crear conciencia sobre el proyecto, obtener la aceptación de los agricultores y garantizar su participación en la recolección de datos.

Antes de las visitas a las fincas, se realiza una exhaustiva preparación. Se diseña un plan detallado que incluía los objetivos de la sensibilización, los temas a tratar, y los recursos necesarios. También se desarrollan materiales informativos claros y accesibles como se muestra en la Figura 4 , se realizó un poster con información clara y ejemplos para los agricultores, se enfoca específicamente en los principios de Lean & Green, así como en las 5S (Clasificación, Organización, Limpieza, Estandarización y Disciplina). Estos conceptos se presentan de manera práctica, mostrando cómo al ser implementados mejora los procesos agrícolas y la sostenibilidad.

Después, se establece el contacto directo con los agricultores en las visitas programadas. Durante este contacto inicial. En la finca, se realiza una presentación detallada del proyecto. Se explican los objetivos, la metodología de trabajo y cómo la implementación de un sistema automatizado

beneficiaría tanto a los agricultores como al sector agrícola en general. Se enfatiza la importancia de su experiencia y conocimiento para el éxito del proyecto con ayuda del folleto visualizado en la figura 7.

Figura 7

Poster de sensibilización

La etapa de sensibilización fue el punto de partida crucial para entender a fondo el contexto de las unidades agrícolas y establecer las bases para la recolección de datos. Es esencial destacar que la etapa de sensibilización no solo se centró en explicar el proyecto, sino también en crear un ambiente de confianza y comprensión mutua. La interacción directa permitió aclarar dudas y asegurar la participación de los agricultores en el proceso. Al realizar la sensibilización no solo se centra en explicar el proyecto, sino también en crear un ambiente de confianza y comprensión mutua. La

interacción directa permitió aclarar dudas, definir adecuadamente los indicadores y asegurar la participación de los agricultores en el proceso.

Posteriormente se entrega un formato de confidencialidad de datos y participación de los agricultores para garantizar la integridad y privacidad de la información recopilada, así como formalizar la colaboración entre las partes involucradas en el proyecto. Este documento proporciona una estructura legal y ética, estableciendo claramente las responsabilidades y derechos tanto de los agricultores como de los analistas.

Al proporcionar a los agricultores la oportunidad de leer y firmar el formato, se les brinda la transparencia y la confianza necesarias para participar activamente en el proyecto. La firma representa su compromiso con la cooperación y permite a los analistas recopilar datos de manera ética y respetuosa. Además, el formato de confidencialidad refuerza la seguridad de los datos recopilados, transmitiendo a los agricultores la tranquilidad de que su información personal y los detalles de su finca se manejarán con el más alto nivel de confidencialidad como se muestra en la en el anexo 1.

Este enfoque demuestra un compromiso serio con la ética de la investigación y establece una base sólida para una colaboración exitosa entre los agricultores y el equipo del proyecto. La transparencia y el respeto por la privacidad son fundamentales para la construcción de relaciones duraderas y la obtención de datos precisos y valiosos para la mejora de los procesos agrícolas.

Se obtuvo el consentimiento para grabar las entrevistas. La grabación no solo sirvió como respaldo para la transcripción precisa de las respuestas, sino que también permitió capturar elementos no verbales y tiempos en el proceso.

En la siguiente tabla, se proporcionan los detalles de los tiempos estimados para cada fase del proceso de contexto y sensibilización, los tiempos se tomaron mediante regresos a cero. Donde

implica una charla informativa de 6 minutos, en la que se contextualiza al productor sobre el marco de Lean & Green y se consigue su consentimiento para manejar datos como se muestra en la tabla 4. Esta fase no solo establece una base sólida para la recolección de datos, sino que también fomenta la colaboración informada entre el analista y el productor.

Tabla 4

Tiempos observados etapa de Contexto y sensibilización.

TIEMPOS OBSERVADOS DE CONTEXTO Y SENSIBILIZACION (MIN)				
FINCA	**INFORMACION**	**5S**	**LEAN & GREEN**	**TIEMPO TOTAL (MIN)**
Inspección peña negra	6,32	9,12	6,49	21,93
San Pedro	7,18	6,15	8,12	21,45
El Olvido	8,26	7,48	9,12	24,86
La esperanza	6,12	5,430	8,47	20,02

Tabla 5

Análisis de tiempos Etapa Contexto y sensibilización sistema actual

Media (Tiempo total)	22,065
Mediana (Tiempo total)	21,69
Desv.Estandar	2,032281149

Figura 8

Diagrama caja y bigotes Etapa contexto y sensibilización actual

Tabla 6

Rango intercuantil etapa contexto y sensibilización manual

Rango Intercuantil (IQR)	2,66
Q1	20,735
Q2	21,69
Q3	23,395

El análisis de los tiempos observados de sensibilización revela una distribución relativamente estrecha y uniforme, con una mediana cercana a los 21.69 minutos y un rango intercuartil de 2.645 minutos. Esto sugiere una consistencia en la duración de la fase de sensibilización en las diferentes fincas analizadas, lo que podría indicar una implementación efectiva de los procesos de sensibilización.

Sin embargo, cualquier variación más allá del rango intercuartil podría indicar áreas de atención para mejorar la eficiencia en la fase de sensibilización, ya sea mediante la identificación de mejores prácticas o la optimización de los procedimientos existentes. Estos resultados sugieren que hay una variedad de factores que podrían influir en la duración de las sesiones de sensibilización, como la disposición de los productores, la efectividad de la charla informativa y las condiciones específicas de cada finca.

Para optimizar la etapa de sensibilización y lograr una reducción significativa en el tiempo requerido, es esencial adoptar enfoques innovadores y estratégicos. Se desarrolla un material informativo y fácil comprensión como se presenta en la figura 5, enfocándose más en los conceptos lean & Green que capturen la atención de los agricultores y faciliten la asimilación de conceptos clave. Esto implica tener todos los materiales necesarios listos de antemano, desde presentaciones visuales hasta folletos informativos, asegurando que cada componente transmita de manera clara y concisa los principios fundamentales de lean & green. Además, es crucial tener un diálogo previamente definido que se enfoque directamente en los beneficios específicos para los agricultores.

Figura 9

Poster de sensibilización actualizado.

Los analistas deben demostrar los siguientes requerimientos de entrenamiento:

- **Dominio del guion estructurado:** Deben estar equipados con un guion cuidadosamente estructurado que resalte los beneficios de prácticas lean & green en términos de eficiencia, reducción de costos y sostenibilidad ambiental. Deben evitar información innecesaria y centrarse en aspectos relevantes para los agricultores para acortar la duración de las sesiones.

- **Investigación previa detallada:** Antes de dirigirse a las fincas, los analistas deben realizar una investigación exhaustiva sobre el sector agrícola en cuestión, comprendiendo los procesos, desafíos y particularidades específicas. Esto les permitirá formular preguntas pertinentes durante la recolección de datos y evitar malentendidos que puedan causar pérdida de tiempo.
- **Preparación exhaustiva:** Es fundamental que los analistas se preparen exhaustivamente antes de emprender un estudio, asegurándose de comprender completamente lo que van a estudiar y recolectar. Esto garantizará la eficiencia en la recolección de datos, minimizará errores y maximizará la productividad en cada interacción con los agricultores.

En resumen, los analistas deben realizar una investigación previa detallada, tener una sólida capacitación en lean & green y estar completamente preparados antes de emprender cualquier estudio en el sector agrícola.

3.2 Registro de datos

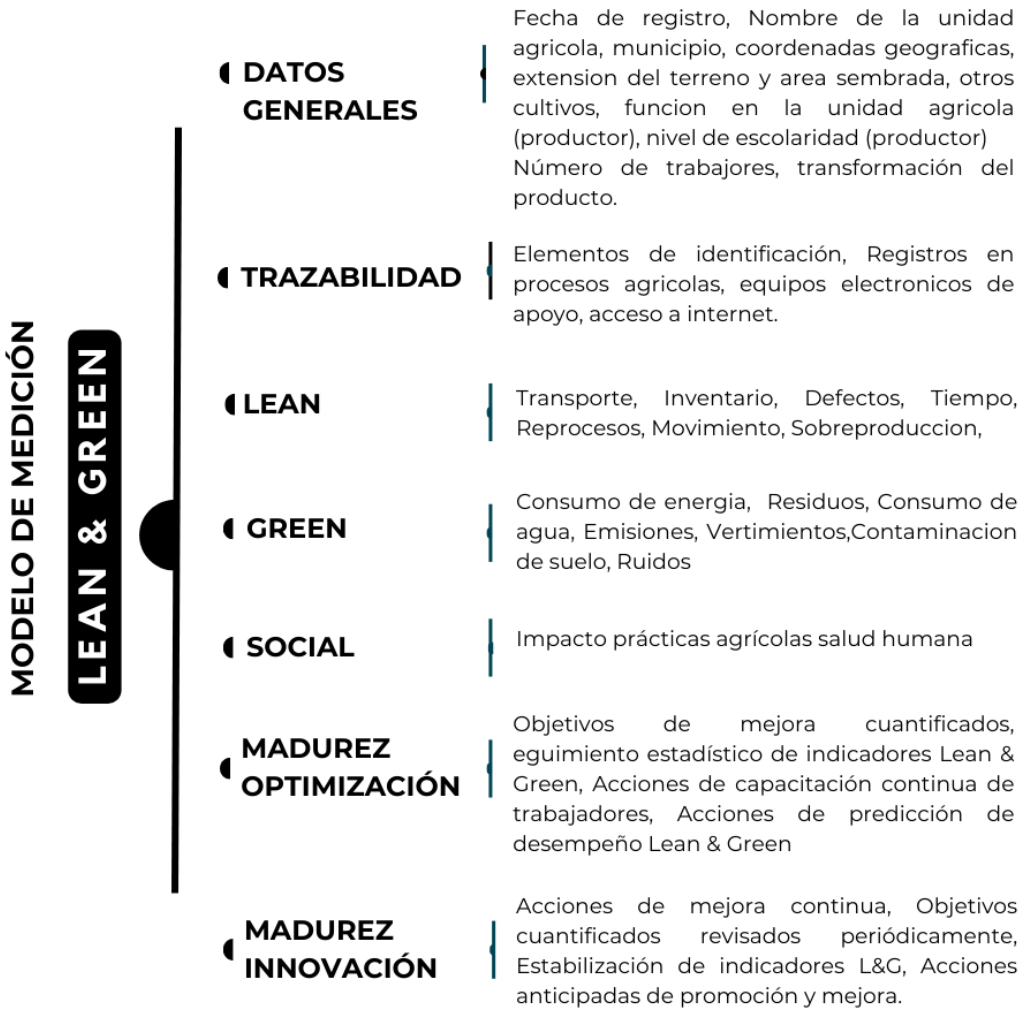
La fase de recolección de datos fue un paso crucial en el proyecto, llevado a cabo una preparación detallada después de la etapa de sensibilización. Cada analista se prepara detalladamente, revisando un formato de encuesta diseñado para obtener información precisa y específica sobre las prácticas agrícolas, trazabilidad y elementos Lean & Green. Esta toma de datos se escribió manualmente en este formato.

Tras firmar, se aplica el formato de encuesta en el que implica una interacción detallada, donde cada analista explica detalladamente cada pregunta para garantizar la comprensión precisa de los agricultores. La encuesta abordó aspectos como datos generales de la finca, datos generales del agricultor, prácticas de trazabilidad, y elementos relacionados con Lean & Green. Se tuvieron en cuenta factores culturales y lingüísticos para adaptar las explicaciones según el contexto específico

de cada finca, asegurando una comunicación efectiva. La figura 10, presenta los alcances de medición del instrumento de recolección de datos.

Figura 10

Variables de registro en el instrumento de recolección de datos.



El instrumento de encuesta se estructuró en cuatro secciones principales: Generalidades, Trazabilidad, Lean, y Green, Social, Madurez Optimización, Madurez Innovación, con el fin de obtener una visión integral de las prácticas y condiciones en las unidades agrícolas. Inicialmente, los estudiantes involucrados en este proyecto desarrollaron una serie de indicadores basados en su investigación y percepción de lo que podría ser útil para medir el rendimiento y la sostenibilidad en las unidades agrícolas. Sin embargo, durante la implementación, algunos de estos indicadores demostraron ser inviables debido a la falta de datos o recursos en las unidades agrícolas. Como resultado, el conjunto de indicadores se redujo a aquellos que eran más relevantes y manejables, asegurando que los datos pudieran ser recopilados de manera efectiva. A continuación, se describen los indicadores seleccionados y su relevancia:

La sección de Generalidades incluye variables como Fecha de Registro, Nombre de la Unidad Agrícola, Municipio, Coordenadas Geográficas, Extensión del Terreno, Extensión de Área Sembrada, Otros Cultivos, etc. Estas variables se seleccionaron para capturar datos básicos y demográficos que permiten contextualizar la unidad agrícola y sus operaciones. La información demográfica y de ubicación es esencial para el análisis espacial y la caracterización del entorno agrícola.

La sección de Trazabilidad indaga sobre el uso de elementos de identificación, registros en procesos agrícolas, equipos electrónicos de apoyo, y acceso a internet. Estas variables se incluyeron para evaluar las prácticas de seguimiento y control dentro de las unidades agrícolas. La trazabilidad es crucial para garantizar la calidad y la seguridad del producto, y para cumplir con las normativas y estándares del mercado.

- Elementos de identificación: Este indicador mide la presencia y uso de sistemas de identificación como códigos de barras, etiquetas RFID, o cualquier otro método que permita

rastrear los productos agrícolas a lo largo de la cadena de suministro. La trazabilidad es fundamental para la seguridad alimentaria y el cumplimiento normativo. La identificación precisa permite a las unidades agrícolas responder rápidamente a cualquier problema de calidad o retiro de productos del mercado. Estudios como los de (McDaniel, 2000) en su estudio sobre la gestión de la cadena de suministro, destacaron que la trazabilidad no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también es clave para garantizar la calidad del producto y responder eficazmente a incidentes como retiradas de productos del mercado. Jeff S., un experto en logística y gestión de la cadena de suministro, ha trabajado extensamente en cómo la trazabilidad puede mejorar la transparencia y la confianza en las cadenas de suministro agrícolas.

- Registros en procesos agrícolas: Este indicador se centra en la documentación y mantenimiento de registros detallados de todas las etapas del proceso agrícola. Mantener registros precisos es esencial para la trazabilidad, la planificación y la mejora continua. (Garza Reyes et al., 2009) reconocido por su investigación en la gestión de operaciones agrícolas, subraya la importancia de los registros como base para la toma de decisiones informadas y la mejora de procesos. Su trabajo ha demostrado que los registros detallados permiten a las unidades agrícolas identificar patrones de eficiencia y áreas de mejora, facilitando una gestión más efectiva de los recursos.
- Equipos electrónicos de apoyo: La utilización de tecnología aplicaciones móviles se mide con este indicador. La adopción de tecnologías digitales en la agricultura, conocida como agricultura de precisión, ha sido estudiada extensamente por autores como (Giovanni & Cariola et al., 2021). Estos autores, líderes en el campo de la innovación agrícola, han mostrado cómo la tecnología puede transformar la agricultura, permitiendo un uso más eficiente de los recursos y una mejora en la sostenibilidad. Su trabajo enfatiza que la

adopción de estas tecnologías no solo aumenta la productividad, sino que también reduce el impacto ambiental al optimizar el uso de insumos como agua y fertilizantes.

- Acceso a internet: Este indicador mide la disponibilidad y calidad del acceso a internet en las unidades agrícolas, un recurso clave para la implementación de sistemas de trazabilidad y el uso de tecnologías avanzadas. El acceso a internet es vital para la adopción de prácticas agrícolas modernas y ha sido objeto de estudio en investigaciones como las de Batte et al. (2003). Batte, un investigador conocido en el campo de la economía agrícola ha analizado cómo la conectividad en las zonas rurales afecta la adopción de tecnologías avanzadas y, en última instancia, la competitividad de las unidades agrícolas. Sus hallazgos indican que un buen acceso a internet es crucial para la integración de nuevas tecnologías que pueden mejorar la eficiencia y la sostenibilidad.

En la sección de Lean, se exploran aspectos relacionados con la eficiencia operativa, tales como Transporte, Inventario, Defectos, Tiempo, Reprocesos, Movimiento, y Sobreproducción. Las variables de respuesta en esta sección fueron diseñadas para identificar áreas de los desperdicios y oportunidades de mejora en los procesos agrícolas. En el desarrollo del proyecto, inicialmente se adoptó un enfoque cuantitativo para medir los diferentes desperdicios asociados con las prácticas agrícolas en las unidades productoras de la región del Tequendama. Sin embargo, durante las visitas y la implementación práctica, se observó que muchos agricultores enfrentaban dificultades para proporcionar datos precisos y cuantificables para ciertos indicadores. Esta situación complicaba el análisis y la posterior toma de decisiones orientadas a la mejora de los procesos.

Como resultado, se decidió actualizar la metodología y adoptar un enfoque cualitativo para medir los indicadores. Este nuevo enfoque permite a los agricultores seleccionar entre tres escenarios posibles que describen sus prácticas en relación con cada desperdicio. Los tres escenarios se

califican en una escala de 1 a 3, donde 1 representa un nivel bajo o deficiente, 2 un nivel medio o adecuado, y 3 un nivel alto o óptimo.

- **Transporte:**

  En la producción agrícola, el desperdicio de transporte representa un problema significativo. Según los principios del Lean Manufacturing, este tipo de desperdicio se refiere a cualquier movimiento de personas, herramientas o productos que no agrega valor al proceso productivo. En la agricultura, esto puede traducirse en desplazamientos innecesarios de trabajadores entre campos, el transporte excesivo de herramientas o la movilización frecuente de productos cosechados. Como señala Yasuhiro Monden et al. (1993), uno de los principales expertos en Lean, estos movimientos innecesarios suelen ser consecuencia de una mala planificación del espacio de trabajo. En la agricultura, donde las distancias pueden ser extensas, una distribución eficiente de los recursos es fundamental para minimizar este tipo de desperdicio. Los indicadores definidos para este desperdicio son:

- *Existen desplazamientos innecesarios de personas, insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados (Valor: 1):* Este indicador se planteó porque el transporte innecesario de recursos dentro de la unidad agrícola genera costos adicionales y desperdicia tiempo valioso. Este desperdicio puede ser evitado con una mejor planificación y distribución de las tareas.
- *Evita desplazamientos innecesarios de personas, insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados (Valor: 2):* La eliminación de desplazamientos innecesarios reduce el tiempo y los recursos empleados, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa.

- *Planea desplazamientos de personas, insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados de acuerdo con procedimientos documentados (Valor: 3):* Este indicador mide la efectividad en la planificación y la ejecución de los movimientos dentro de la unidad agrícola, asegurando que todos los desplazamientos estén optimizados para reducir desperdicios.

- **Inventario:** Almacenar productos o materiales en exceso sin un propósito claro es un desperdicio en la metodología Lean. En el contexto agrícola, el almacenamiento excesivo puede resultar en pérdidas debido a la caducidad de los productos. Taiichi Ohno et al., 1998, el padre del sistema de producción Toyota, identificó el almacenamiento excesivo como uno de los siete desperdicios principales en la manufactura y otros sectores. Ohno argumenta que mantener inventarios mínimos y producir en respuesta a la demanda, en lugar de producir en exceso, es clave para reducir desperdicios y mejorar la eficiencia. Los indicadores para este desperdicio son:

- *Presenta desorden y cantidades insuficientes de insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados en el almacén (Valor: 1):* El desorden en el inventario lleva a la falta de control sobre los recursos, lo cual puede resultar en pérdidas de productos o en la necesidad de realizar compras innecesarias.

- *Almacena de manera apropiada y en cantidades justas los insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados (Valor: 2):* El almacén es funcional y los materiales están organizados, pero no siempre se basa en un plan documentado que garantice una gestión óptima de los recursos.

- *Planea ubicación y cantidades necesarias de insumo, maquinaria, herramientas o productos cosechados de acuerdo a procedimientos documentados (Valor: 3):* Existe un sistema de almacenamiento bien planificado y documentado, que asegura que cada insumo, herramienta y producto esté en el lugar adecuado y en la cantidad necesaria, optimizando el uso del espacio y los recursos.

- **Defectos:**

  El desperdicio por defectos en la agricultura surge cuando los productos cosechados no cumplen con los estándares de calidad, ya sea por problemas en el cultivo, la cosecha o los insumos utilizados. Estos errores no solo generan pérdidas directas al desechar productos, sino que también incrementan los costos de producción y dañan la reputación del agricultor. Como señala Karwowski et al. (2006), una gestión eficaz de la calidad *es esencial para* minimizar estos desperdicios y garantizar la satisfacción del cliente. Los indicadores que se establecieron para el desperdicio de defectos fueron:

- *No realiza seguimiento a defectos del producto cosechado (Valor: 1):* Los productos defectuosos no son identificados ni controlados, lo que podría llevar a pérdidas económicas y problemas de calidad que afectan la reputación de la unidad agrícola.

- *Hace seguimiento y control a defectos del producto cosechado (Valor: 2):* Se identifican y controlan los defectos, pero no se toman medidas preventivas para evitar que estos ocurran en el futuro.

- *Planea acciones de control para mitigar defectos de producto cosechado de acuerdo a procedimientos documentados (Valor: 3):* Se implementan acciones preventivas y correctivas documentadas para controlar y reducir la aparición de defectos en los productos, garantizando una alta calidad y reduciendo pérdidas.

- **Tiempo:**

  Este desperdicio mide el tiempo en que los recursos, ya sean humanos o materiales, no están siendo utilizados de manera productiva. Los periodos de inactividad representan una pérdida directa de eficiencia. Shigeo Shingo, uno de los principales arquitectos del sistema Toyota, destacó en su trabajo la importancia de reducir al mínimo el tiempo ocioso para mejorar la productividad. Shingo, conocido por su desarrollo del concepto de Poka-Yoke (a prueba de errores), enfatizó que reducir los tiempos de espera y mejorar el flujo de trabajo es esencial para alcanzar la excelencia operativa. A continuación, se muestra los indicadores establecidos para este desperdicio:

- *Periodos de inactividad de personas o maquinaria son frecuentes en los procesos agrícolas (Valor: 1):* Los trabajadores y las máquinas permanecen inactivos durante largos periodos debido a una falta de planificación o coordinación, lo que genera una pérdida significativa de productividad.

- *Evita en los procesos agrícolas periodos de inactividad de personas o maquinaria (Valor: 2):* Se toman medidas para minimizar los tiempos muertos, pero aún se pueden presentar ineficiencias debido a la falta de un plan formal.

- *Planea acciones anticipadas para evitar en los procesos agrícolas periodos de inactividad de personas o maquinaria de acuerdo con procedimientos documentados (Valor: 3):* Se sigue un plan documentado que prevé y mitiga cualquier posible periodo de inactividad, asegurando que tanto las personas como las máquinas estén en uso continuo y eficiente.

- **Reprocesos:**

  En la agricultura, los reprocesos pueden involucrar tareas como la recolección, limpieza, o tratamiento adicional de los productos, lo cual incrementa los costos operativos y reduce la eficiencia. Según David Pimentel et al. (2004), los reprocesos son un claro ejemplo de ineficiencia en sistemas productivos, ya que duplican el esfuerzo y el uso de recursos sin agregar valor adicional. En el ámbito agrícola, los reprocesos pueden surgir de prácticas de cultivo inadecuadas o de la falta de control de calidad en etapas tempranas, lo que subraya la importancia de una planificación y ejecución cuidadosa para evitar estos desperdicios.

- *Existen procesos agrícolas innecesarios (Valor: 1):* Se realizan actividades adicionales que no agregan valor al producto final, resultando en un uso ineficiente de tiempo y recursos.

- *Promueve eliminación de procesos innecesarios (Valor: 2):* Se identifican y eliminan algunos procesos redundantes, pero no siempre se sigue un enfoque sistemático para evitar que estos reaparezcan.

- *Planea acciones anticipadas para eliminar procesos innecesarios de acuerdo con procedimientos documentados (Valor: 3):* Se implementan planes y procedimientos documentados que prevén y eliminan cualquier proceso innecesario, garantizando que todas las actividades agrícolas sean productivas y eficientes.

- **Sobreproducción:** Este desperdicio se refiere a la capacidad de una unidad agrícola para maximizar su producción mediante el uso eficiente de recursos. La filosofía Lean enfatiza la eliminación de desperdicios y la optimización de procesos para alcanzar la máxima eficiencia productiva. Según Womack & Jones et al., 1996, considerados pioneros en la conceptualización del Lean, una producción elevada se logra mediante la eliminación de actividades que no agregan valor. Su obra, "Lean Thinking", ha sido fundamental para difundir los principios de Lean en diversas industrias, incluyendo la agricultura, donde estos principios ayudan a maximizar la producción al tiempo que se minimizan los recursos utilizados. Los indicadores que se establecieron para este desperdicio son:

- *Es frecuente la producción elevada que genera unidades no vendidas (Valor: 1):* Se cosechan más productos de los que se pueden vender, resultando en pérdidas económicas y desperdicio de recursos.

- *Evita producción elevada que genera unidades no vendidas (Valor: 2):* Se trata de ajustar la producción a la demanda, aunque no siempre se consigue evitar la sobreproducción.

- *Planea acciones anticipadas para vender la cantidad de producto cosechado (Valor: 1):* Se sigue un plan documentado que ajusta la producción a la demanda real, minimizando cualquier excedente y asegurando que toda la cosecha se pueda vender.

- **Movimiento:**

El desperdicio de movimiento se refiere a cualquier desplazamiento o acción innecesaria realizada por los trabajadores o el equipo que no añade valor al producto final. En la agricultura, esto puede incluir movimientos innecesarios durante la siembra, cultivo, o recolección, lo cual resulta en una pérdida de tiempo y en un aumento de la fatiga del trabajador. Autores como Jonathan Foley et al. (2011) han explorado cómo la planificación y organización eficientes pueden reducir los movimientos innecesarios y mejorar la productividad en las explotaciones agrícolas. La optimización de los movimientos permite que los trabajadores y las máquinas se muevan de manera más eficiente, minimizando el tiempo y el esfuerzo gastados en desplazamientos no productivos. Los indicadores establecidos para este desperdicio son:

- *Existen actividades en los procesos agrícolas innecesarias (Valor: 1):* El agricultor lleva a cabo acciones que no contribuyen al progreso del cultivo o la cosecha, generando desperdicio de esfuerzo y tiempo.

- *Promueve en los procesos agrícolas la eliminación de actividades innecesarias (Valor: 2):* Se reconoce y reduce la cantidad de actividades innecesarias, aunque no siempre se sigue un plan formal para eliminarlas por completo.

- *Planea acciones anticipadas para eliminar actividades innecesarias de acuerdo con procedimientos documentados (Valor: 2):* Se establecen y siguen procedimientos claros para identificar y eliminar cualquier actividad innecesaria, asegurando que todos los esfuerzos se centren en actividades que agregan valor.

Ahora la sección de Green aborda el impacto ambiental de las actividades agrícolas. Incluye variables como Consumo de Energía, Plan de Disposición de Residuos, Uso de Recurso Hídrico, Control de Quemas, Contaminación de Suelos, Vertimientos a Cuerpos de Agua, y Control de Ruidos. Estas variables se eligieron para evaluar las prácticas sostenibles y el manejo ambiental dentro de las unidades agrícolas. La gestión adecuada de los recursos naturales y la minimización del impacto ambiental son esenciales para la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura.

- **Consumo de energía:** Este desperdicio mide la cantidad de energía utilizada en las operaciones agrícolas. Un uso eficiente de la energía es esencial para reducir costos y minimizar el impacto ambiental. David Pimentel et al. (2004), expertos en ecología y agricultura sostenible, han investigado la relación entre el consumo de energía en la agricultura y su sostenibilidad. Conocido por sus estudios sobre los impactos ambientales de la agricultura intensiva, ha resaltado la necesidad de mejorar la eficiencia energética para reducir el impacto ambiental y aumentar la viabilidad económica de la agricultura. Los indicadores establecidos para el desperdicio de consumo de energía fueron:

- *No existe seguimiento del consumo de energía en actividades agrícolas (Valor 1):* No se monitorea ni controla la cantidad de energía utilizada, lo que podría estar resultando en un uso excesivo e ineficiente de recursos energéticos.

- *Hace seguimiento al consumo de energía en actividades agrícolas (Valor 2):* Se monitorea el consumo de energía, pero no siempre se toman medidas para reducirlo o hacerlo más eficiente.

- *Planea acciones de reducción de consumo de energía en actividades agrícolas de acuerdo a procedimientos documentados (Valor 3):* Se implementan y siguen planes documentados para reducir y optimizar el uso de energía, asegurando una gestión sostenible y eficiente de los recursos energéticos.

- **Plan de disposición de residuos:** Evalúa la existencia y efectividad de planes para la gestión de residuos generados en las unidades agrícolas. Una gestión adecuada de residuos es fundamental para la sostenibilidad y ha sido subrayada en estudios como los de Susan Hird et al. (1999), en su investigación sobre la gestión de residuos en entornos rurales, han mostrado cómo la implementación de planes de gestión de residuos bien estructurados puede reducir significativamente el impacto ambiental de las operaciones agrícolas. Los indicadores establecidos para el desperdicio de ruidos fueron:

- *No realiza actividades de disposición de residuos sólidos y líquidos generados en actividades agrícolas (Valor 1):* Los residuos no se manejan adecuadamente, lo que podría llevar a problemas de contaminación y afectar el entorno agrícola.

- Realiza actividades de disposición de residuos sólidos y líquidos generados en actividades agrícolas (Valor 2): Se maneja la disposición de residuos, pero no siempre se sigue un plan que garantice una gestión adecuada de todos los residuos.

- *Planea acciones de disposición de residuos sólidos y líquidos de acuerdo a procedimientos documentados (Valor 3):* Se sigue un plan documentado para la disposición adecuada de todos los residuos, asegurando la mínima afectación al medio ambiente y la conformidad con las normativas ambientales.

- **Uso de recurso hídrico:** Este desperdicio se centra en la cantidad y eficiencia en el uso del agua, un recurso crítico en la agricultura. La escasez de agua es un desafío creciente, y su gestión eficiente es vital para la sostenibilidad agrícola. *Jonathan Foley et al. (2011)*, en su influyente artículo sobre el uso global del agua en la agricultura, han discutido cómo la agricultura puede adaptarse a la creciente demanda de agua mientras se minimiza el impacto ambiental. Los indicadores establecidos para el desperdicio de consumo de agua fueron:

- *No existe seguimiento del consumo de agua en actividades agrícolas (Valor 1):* El uso de agua no se monitorea, lo que podría resultar en un uso ineficiente y potencialmente dañino para los recursos hídricos.

- *Hace seguimiento al consumo de agua en actividades agrícolas (Valor 2):* Se monitorea el uso de agua, pero no siempre se implementan medidas para reducirlo o hacerlo más eficiente.

- *Planea acciones de reducción de consumo de agua en actividades agrícolas de acuerdo a procedimientos documentados (Valor 3):* Se implementan y siguen planes documentados que optimizan el uso del agua, asegurando que cada gota se utilice de manera eficiente y sostenible.

- **Emisiones:** Este desperdicio mide las prácticas de quema controlada en las unidades agrícolas, una actividad que puede tener impactos significativos en la calidad del aire y el suelo. Mark Cochrane (1991), un ecólogo especializado en el estudio del fuego y su impacto en el medio ambiente ha examinado los efectos negativos de las quemas agrícolas no controladas. Su trabajo sugiere que, aunque las quemas pueden ser una herramienta útil para la gestión de tierras, deben ser cuidadosamente controladas para minimizar los daños ambientales y mejorar la sostenibilidad. Los indicadores establecidos para el desperdicio de emisiones fueron:

- *Son frecuentes las quemas o combustión de material proveniente de actividades agrícolas (Valor: 1):* Se realiza la quema de residuos agrícolas sin control, contribuyendo a la contaminación del aire y a la emisión de gases de efecto invernadero.

- *Hace seguimiento y control de quemas o combustión de material proveniente de actividades agrícolas (Valor: 2):* Se monitorea y se intenta reducir la quema de residuos, pero no siempre se evitan por completo.

- *Planea acciones que evitan quemas o combustión de material proveniente de actividades agrícolas de acuerdo a procedimientos documentados (Valor: 3):* Se implementan planes documentados que eliminan la necesidad de quemar residuos, utilizando métodos alternativos que no dañan el medio ambiente.

- **Vertimientos:** Este desperdicio se enfoca en la gestión de residuos líquidos y su impacto en los cuerpos de agua cercanos. Los vertimientos no controlados pueden causar daños significativos a los ecosistemas acuáticos, como han destacado Pamela Matson et al. (1997), en sus investigaciones sobre la agricultura y la salud de los ecosistemas, han abordado cómo los vertimientos agrícolas pueden contribuir a la eutrofización y otros problemas ecológicos. Los indicadores establecidos para el desperdicio de vertimientos fueron:

- *No realiza actividades de control de vertimientos de actividades agrícolas en cuerpos de agua (Valor: 1):* Los residuos líquidos se vierten en cuerpos de agua sin tratamiento, causando contaminación y afectando la biodiversidad acuática.

- *Controla vertimientos de actividades agrícolas en cuerpos de agua (Valor: 2):* Se controlan algunos vertimientos, pero no siempre se sigue un plan documentado para evitar la contaminación de cuerpos de agua.

- *Planea acciones que evitan vertimientos de actividades agrícolas en cuerpos de agua de acuerdo con procedimientos documentados (Valor: 3):* Se implementan y siguen planes documentados para evitar cualquier vertimiento de residuos líquidos en cuerpos de agua, protegiendo el entorno natural y cumpliendo con las normativas ambientales.

- **Contaminación de suelos:** Este desperdicio aborda la presencia de contaminantes en los suelos agrícolas, que pueden afectar la productividad y la salud ambiental. La contaminación del suelo es un problema crítico en la agricultura moderna, como lo han demostrado Stephen Smith y John Doran (1996), expertos en ciencia del suelo, han demostrado cómo la contaminación del suelo puede llevar a una disminución en la calidad de los cultivos y a problemas de salud pública. Han subrayado la necesidad de prácticas agrícolas que mantengan la salud del suelo a largo plazo, lo cual es esencial para la sostenibilidad de la producción agrícola. Los indicadores establecidos para el desperdicio de contaminación de suelos fueron:

- *No realiza actividades de control de productos contaminantes aplicados al suelo o acciones de mecanizado (Valor: 1):* El uso de productos químicos y las técnicas de mecanizado no se controlan adecuadamente, lo que podría estar degradando la calidad del suelo y afectando la productividad a largo plazo.

- *Aplica control y manejo de contaminación de suelos (Valor: 2):* Se aplican controles básicos para mitigar la contaminación del suelo, pero no siempre se sigue un plan documentado o riguroso.

- *Planea acciones que evitan contaminación de suelos de acuerdo con procedimientos documentados (Valor: 3):* Se siguen planes y procedimientos documentados para evitar la contaminación del suelo, asegurando prácticas agrícolas sostenibles que protegen y conservan la salud del suelo.

- **Ruidos:** Este desperdicio mide los niveles de ruido generados por las operaciones agrícolas y su impacto en la salud humana y el bienestar de las comunidades cercanas. El control de ruidos es un aspecto importante de la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida, como lo han señalado Helmut Ising y Bernd Kruppa (2004), expertos en salud ambiental, han investigado los efectos de la contaminación acústica en la salud humana, destacando cómo los altos niveles de ruido pueden causar estrés, problemas auditivos y afectar la calidad de vida. Su investigación es crucial para comprender la importancia del control de ruidos en entornos agrícolas, donde las máquinas y el equipo pesado pueden generar niveles significativos de ruido. Los indicadores establecidos para el desperdicio de ruidos fueron:

- *Son frecuentes los ruidos generados por actividades agrícolas (Nivel: 1):* Las actividades agrícolas generan ruidos que no se controlan, afectando el bienestar de la fauna y las personas cercanas.

- *Controla ruidos generados por actividades agrícolas (Nivel: 2):* Se toman medidas para reducir los ruidos, pero no siempre se implementan controles eficaces o planificados.

- *Planea acciones que evitan ruidos generados por actividades agrícolas de acuerdo a procedimientos documentados (Nivel: 3):* Se implementan y siguen planes documentados para minimizar los ruidos generados por las actividades agrícolas, protegiendo el entorno y el bienestar de la comunidad.

La inclusión de variables sociales y de madurez en la encuesta busca proporcionar una visión más completa y detallada de la implementación y los efectos de las prácticas Lean & Green en el sector agrícola. Los estados de madurez son esenciales para evaluar y mejorar la implementación de prácticas Lean & Green en el sector agrícola. Estos estados ofrecen una estructura para medir el progreso, identificar áreas de mejora y guiar las acciones futuras. Los estados de madurez permiten identificar en qué fase se encuentra actualmente una unidad agrícola en la adopción de prácticas Lean & Green. Esto incluye:

Madurez de Optimización: Mide el nivel en el que se han implementado y sistematizado prácticas Lean & Green, como la definición de objetivos, seguimiento estadístico y acciones de capacitación.

Madurez de Innovación: Evalúa la capacidad para mejorar continuamente y adaptarse a nuevas prácticas, incluyendo la estabilidad de indicadores y la proactividad en la promoción de mejoras.

A continuación, se describen los indicadores para cada aspecto, su justificación y cómo se relacionan con los conceptos de madurez y optimización, así como con la innovación.

- **Social:** La inclusión de variables sociales en la evaluación de prácticas agrícolas Lean & Green es fundamental para asegurar que las mejoras en eficiencia y sostenibilidad no comprometan el bienestar de los trabajadores. En el contexto agrícola, la salud y seguridad

de los trabajadores son esenciales, ya que las prácticas laborales pueden tener efectos significativos en su bienestar físico y mental. Jonathan Foley et al. (2005), discute la importancia de considerar el impacto ambiental y social en las prácticas agrícolas. En su trabajo, enfatizan que las estrategias para la sostenibilidad deben incluir la protección de la salud humana como un objetivo clave, reforzando la necesidad de evaluar y mitigar los riesgos asociados con las prácticas agrícolas. Los indicadores establecidos fueron:

- *Existe impacto en la salud de las personas que trabajan en actividades agrícolas (Valor: 1):* Este indicador se enfoca en identificar si las prácticas agrícolas actuales afectan negativamente la salud de los trabajadores. Se considera relevante debido a que las condiciones de trabajo y los métodos agrícolas pueden tener un impacto significativo en la salud.

- *Mitiga el impacto en la salud de las personas que trabajan en actividades agrícolas (Valor: 2):* Evalúa si las unidades agrícolas están tomando medidas activas para reducir los riesgos para la salud. Esta pregunta ayuda a comprender el compromiso de las unidades con la seguridad y el bienestar de sus trabajadores.

- *Planea acciones de mitigación del impacto en la salud de las personas que trabajan en actividades agrícolas de acuerdo con procedimientos documentados (Valor: 3):* Este indicador verifica si existen planes formales y documentados para abordar los problemas de salud. La importancia de tener procedimientos documentados para la gestión de riesgos, la planificación y documentación son esenciales para una gestión efectiva del impacto ambiental y de salud.

- **Madurez Optimización:** La madurez en optimización e innovación es crucial para evaluar la capacidad de las unidades agrícolas para implementar y mantener prácticas Lean & Green de manera efectiva y sostenible. La madurez indica el nivel de desarrollo y eficacia en la implementación de estas prácticas, mientras que la innovación refleja la capacidad de adaptarse y mejorar continuamente. Foley et al. (2011) destaca la importancia de la innovación en la gestión de recursos para enfrentar desafíos globales, lo que es aplicable en la agricultura para mejorar la sostenibilidad y la eficiencia. En esta fase, se examina si se llevan a cabo acciones de mejora continua, si los objetivos cuantificados se revisan periódicamente, si los indicadores Lean & Green están estabilizados, y si se implementan acciones anticipadas para promover y mejorar las prácticas.

- *¿Objetivos de mejora cuantificados?:* Este indicador verifica si las unidades agrícolas han establecido objetivos de mejora claros y medibles en sus procesos Lean & Green. La cuantificación de objetivos es crucial para la mejora continua y la optimización de procesos.

- *¿Seguimiento estadístico de indicadores Lean & Green?:* Evalúa si se realiza un seguimiento sistemático y estadístico de los indicadores Lean y Green. La importancia del seguimiento de análisis de datos es fundamental para identificar áreas de mejora y optimización.

- ¿Acciones de capacitación continua de trabajadores?: Este indicador determina si se realizan capacitaciones continuas para los trabajadores, lo cual es esencial para mantener y mejorar las prácticas Lean & Green.

- ¿Acciones de predicción de desempeño Lean & Green?: Verifica si se utilizan métodos para predecir y anticipar el desempeño en términos de Lean y Green. La capacidad de anticipar el desempeño ayuda a prevenir problemas y optimizar recursos.

- **Madurez Innovación:** La madurez de innovación en el contexto de Lean y Green se centra en la capacidad de una unidad agrícola para adoptar y aplicar nuevas tecnologías y métodos que impulsen mejoras continuas y sostenibles. Jonathan Foley et al. (2011) destacan la importancia de la innovación para enfrentar desafíos globales y promover prácticas agrícolas más sostenibles. En esta fase de madurez, se evalúa si la unidad agrícola realiza acciones de mejora continua, si los objetivos cuantificados se revisan periódicamente, si los indicadores Lean & Green están estabilizados y si se implementan acciones anticipadas para la promoción y mejora de prácticas. Los indicadores establecios para la madurez de innovación son:

- *¿Acciones de mejora continua?:* Este indicador evalúa si la unidad agrícola está comprometida con la mejora continua, un principio clave en la filosofía Lean.
-
- *¿Objetivos cuantificados revisados periódicamente?:* Este indicador verifica si los objetivos cuantificados se revisan regularmente para asegurar que se mantengan relevantes y alcanzables.

- *¿Estabilización de indicadores Lean & Green?:* Evalúa si los indicadores Lean y Green se han estabilizado y mantenido en niveles óptimos. Karwowski at al (2006) menciona que la estabilización es un signo de madurez en la implementación de Lean & Green.

- *¿Acciones anticipadas de promoción y mejora?:* Verifica si se están tomando medidas proactivas para promover y mejorar continuamente las prácticas Lean & Green.

En resumen, La selección de estos indicadores para cada aspecto de madurez y social se basa en la necesidad de evaluar no solo la implementación de prácticas Lean & Green, sino también su impacto en la eficiencia operativa y en el bienestar social. Cada indicador se elige para proporcionar una visión integral del progreso y los desafíos en la adopción de prácticas sostenibles y eficientes en la agricultura. Los indicadores permiten identificar áreas de mejora, asegurar el cumplimiento de estándares y promover un entorno de trabajo saludable y productivo.

En la siguiente tabla 7, se detallan los tiempos estimados para esta fase del instrumento de indicadores, los tiempos se tomaron con regresos a cero del proceso de registro de los datos, para asegurar que se cuente con datos precisos sobre la duración de cada etapa, partiendo desde el inicio de la actividad.

Tabla 7

Tiempos observados de la encuesta, etapa de Registró de datos.

TIEMPOS OBSERVADOS REGISTRO DE DATOS(MIN)		
FINCA	**Encuesta**	**TIEMPO TOTAL**
Inspección peña negra	49,28	176,79
San Pedro	42,31	
El Olvido	40,62	
La esperanza	44,58	

Tabla 8

Análisis de tiempos Etapa Registro de datos sistema actual

Media (Tiempo total)	44,20
Mediana (Tiempo total)	43,45
Desv.Estandar	3,76

Figura 11

Diagrama caja y bigotes Etapa registro de datos actual

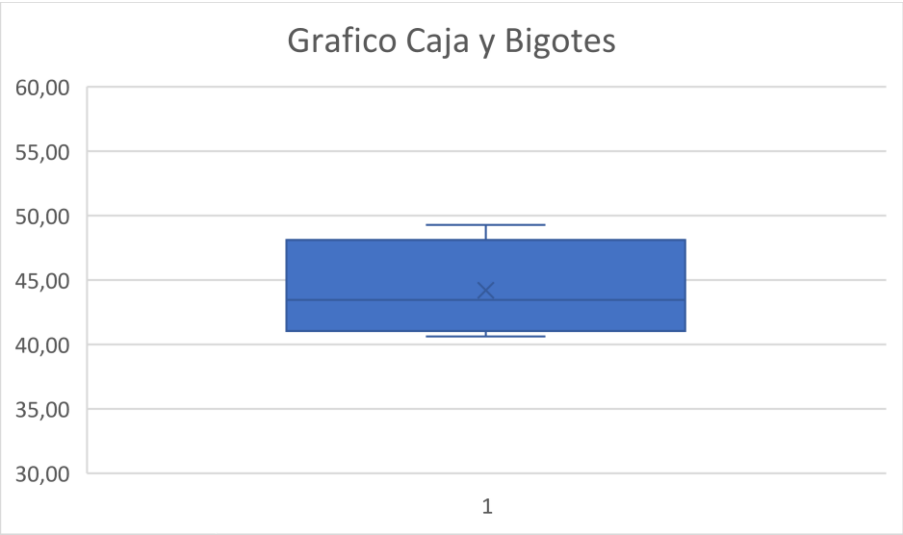


Tabla 9

Rango intercuantil etapa registro de datos sistema actual

Rango Intercuantil (IQR)	5,47
Q1	41,46
Q2	43,45
Q3	46,93

El análisis de los tiempos observados en el registro de datos revela una distribución más amplia en comparación con los tiempos de sensibilización, con una mediana de 43.45 minutos y un rango intercuartil de 5,47 minutos. La variabilidad en los tiempos, reflejada en el rango intercuartil de 5,47 minutos, puede deberse a diversos factores, como diferencias en la complejidad de las tareas de

registro, la experiencia del personal encargado, o la eficiencia de los sistemas y herramientas utilizados.

3.3 Visualización de datos

El proceso de tabulación de datos y la presentación descriptiva de los resultados obtenidos durante la fase de registro de datos, la cual incluye tanto las encuestas como los indicadores recolectados. La recolección de datos se realizó mediante encuestas aplicadas a las unidades agrícolas de la Región del Tequendama. Los datos de las encuestas fueron ingresados en una hoja de cálculo, utilizando herramientas como Microsoft Excel para el almacenamiento y organización inicial. Se registraron en tablas separadas dentro de la misma hoja de cálculo, permitiendo el cálculo y análisis automatizado de resultados. Posteriormente, se llevó a cabo una limpieza de datos para eliminar entradas duplicadas y corregir errores, asegurando la coherencia de la información. Debido a problemas de comprensión en el registro manual, no se pudieron obtener datos precisos sobre trazabilidad.

Al momento de analizar los datos y tabularlos se obtuvieron las siguientes graficas con los datos que se pudieron recolectar de las fincas:

Figura 12

Análisis de registro

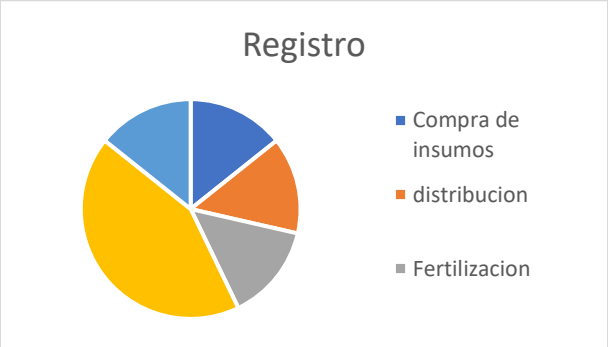


Figura 13

Diagrama de cultivos cosechados

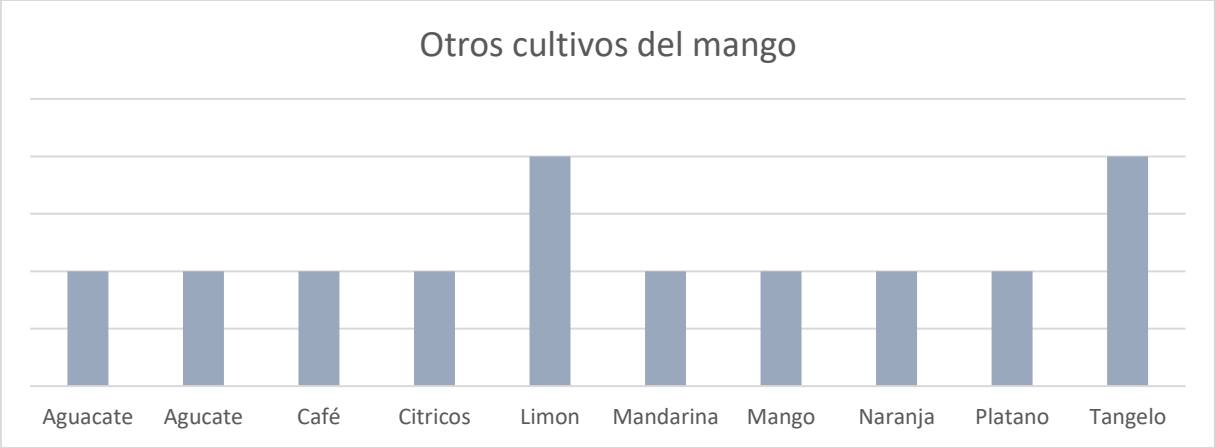


Figura 14

Diagrama de las acciones de predicción de desempeño lean & green

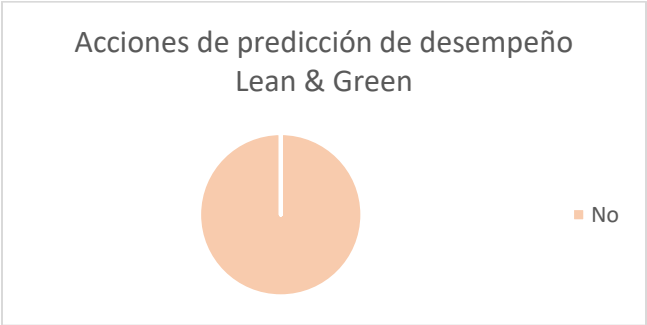


Figura 15

Diagrama de Reprocesos

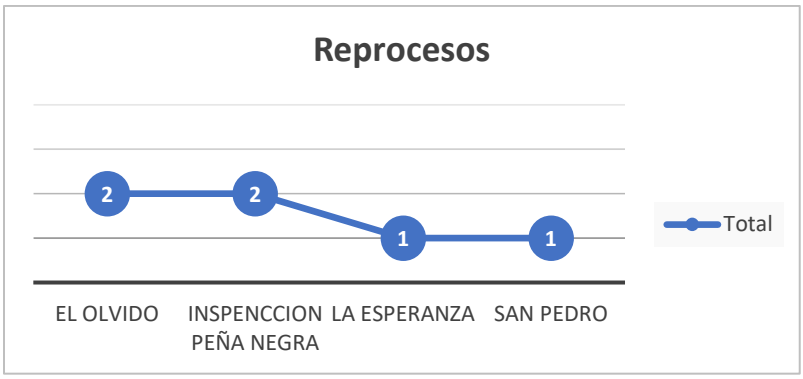


Figura 16

Diagrama de impacto de las prácticas agrícolas en la salud humana

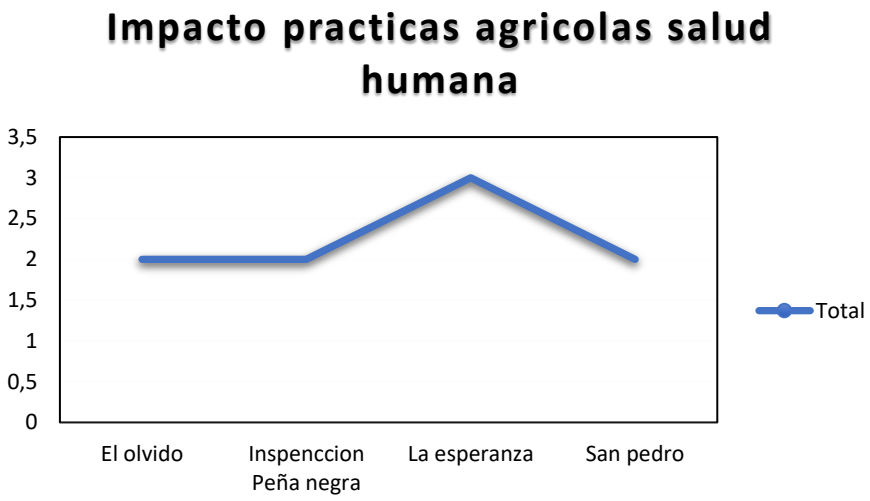
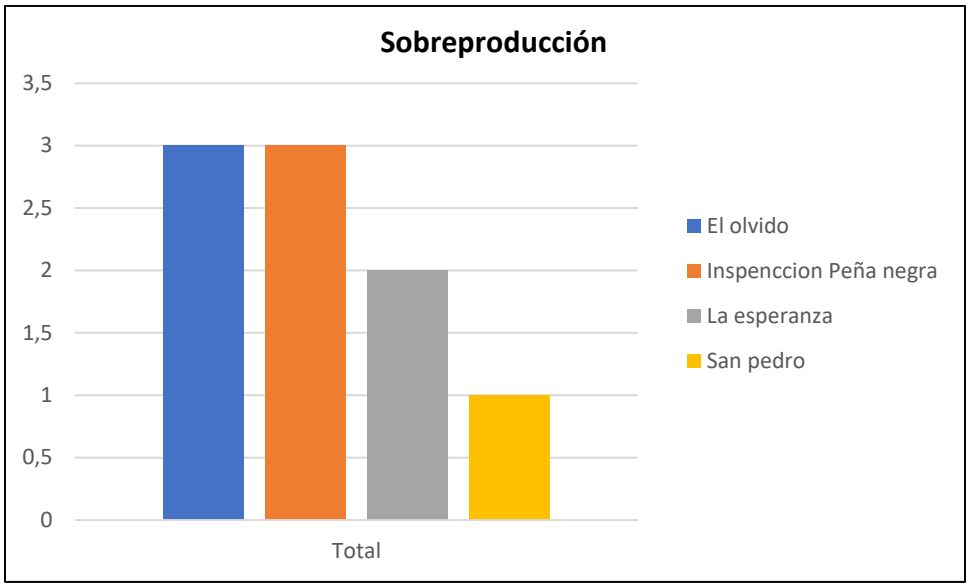


Figura 17

Diagrama de Sobreproducción

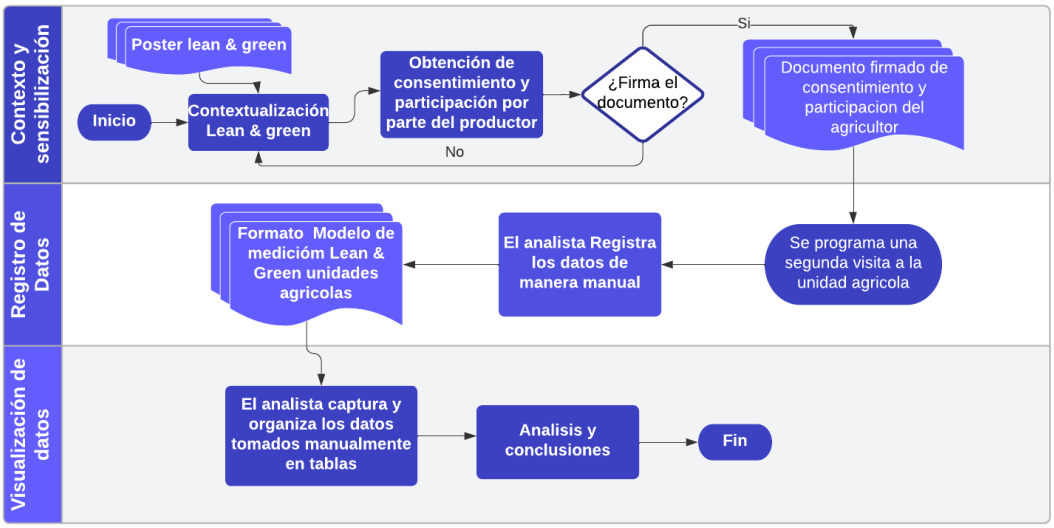


3.3.1 Análisis de procedimientos

El diagrama de flujo que se presenta a continuación traza de manera sistemática las tres etapas cruciales en el proceso de recolección y análisis de datos en el contexto agrícola, enfocado en la implementación de Lean & Green. Este proceso, dividido en las etapas de contexto y Sensibilización, Registro de Datos y Visualización de Datos, ha sido diseñado para asegurar una ejecución eficiente y coherente. La Sensibilización establece la interacción significativa con el productor y la obtención de datos consensuados. La Recolección de Datos, destaca la importancia de la interacción detallada y la captura precisa de información clave. Finalmente, la etapa de Análisis de Datos incorpora un proceso minucioso para transformar los datos recopilados en conocimientos prácticos. A través de este diagrama (figura 18), se visualiza la sinergia entre estas etapas, destacando la integralidad del proceso y su impacto en la obtención de datos confiables y significativos para la mejora continua en el ámbito agrícola.

Figura 18

Diagrama de flujo de fases

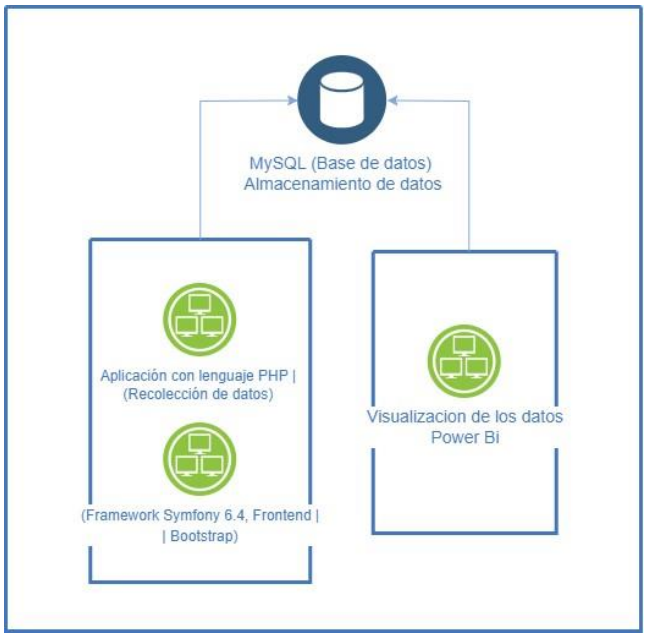


4 Capitulo. Diseñar estructura del sistema de almacenamiento y visualización

De acuerdo con el análisis de recolección y análisis de datos las unidades agrícolas, es esencial contar con un sistema de información digitalizado. Este sistema debe unificar la información, facilitar el acceso a los datos y reducir el tiempo necesario para la recolección y análisis. Al hacerlo, se promueve la obtención de datos confiables y significativos, lo que contribuye a la mejora continua en todas las facetas de la actividad agrícola, la figura 19 muestra la relación entre las herramientas utilizados para la creación de este sistema:

Figura 19

Diagrama de relación de las herramientas en cada etapa.



Este esquema representa la conexión entre las tres herramientas mencionadas: la aplicación PHP para la recolección y procesamiento de datos, MySQL como la base de datos central para almacenar los datos, y Power BI para la visualización y análisis de los datos almacenados en MySQL.

4.1 Desarrollar modelo de almacenamiento de datos

El diseño de un sistema de recolección de datos es la representación más general del sistema y de los resultados esperados. Este tipo de presentación como se muestra en la figura 20, permite que aquellos sin conocimientos técnicos en desarrollo de software comprendan los resultados que el nuevo sistema producirá. Una base de datos juega un papel crucial, almacenando, procesando y generando los resultados del usuario. Donde permite la creación, modificación y eliminación de una manera más eficiente.

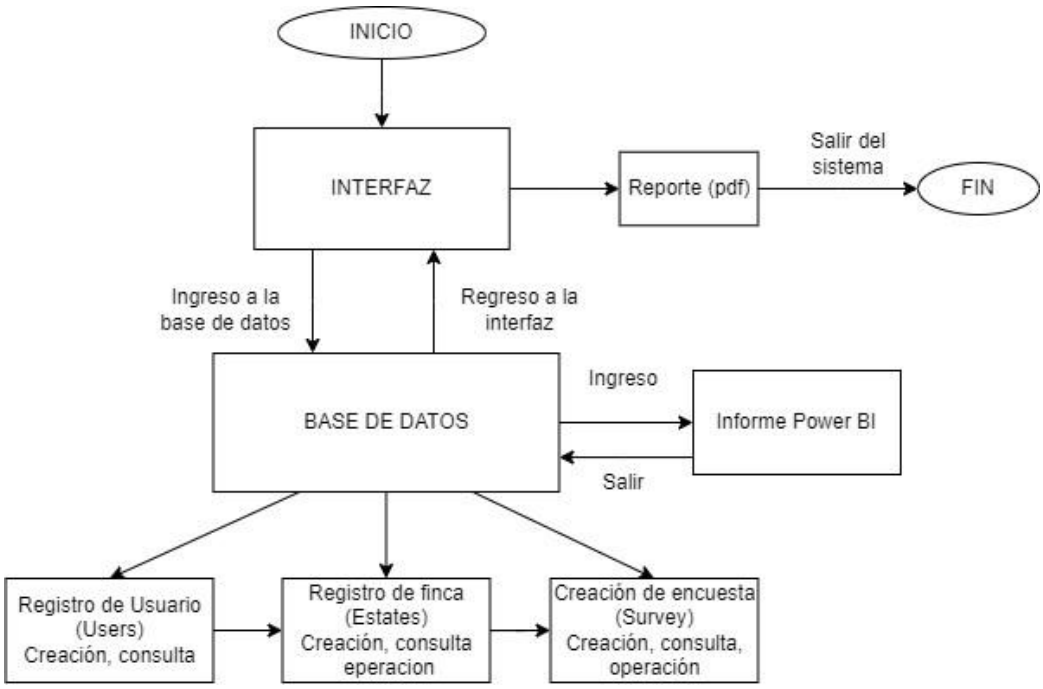
Tanto en este modelo como el de entidad-relación, las entidades se refieren al nombre de un objeto (persona, animal o cosa) que posee un conjunto de características (atributos) que la definen. Se

representa con un rectángulo. En el modelo conceptual, se utiliza la entidad como la representación más general. Para este caso, se han definido ocho entidades:

- Users: Personas registradas en la encuesta.
- Rol: El rol del usuario (analista/encuestado).
- Survey: La encuesta a registrar de la finca.
- Estate: Lugar donde se realiza la encuesta.
- Municipalities: Municipio donde se encuentra ubicada la finca.
- Question type: Tipo de preguntas en la encuesta (Trazabilidad, Lean, Green, Social, Madurez Innovación, Madurez Optimización).
- Question: Las preguntas de la encuesta.
- Answers: Las respuestas a cada pregunta.
- Survey_answers: Las respuestas de cada pregunta por finca.

Figura 20

Diagrama de flujo del sistema.



4.1.1 Diseño lógico: Modelo Entidad - relación

Existen varios tipos de modelado para bases de datos. En este proyecto, se utilizará el modelo ENTIDAD-RELACIÓN (ER), que es especialmente comprensible tanto para el programador como para el gestor de bases de datos como MySQL. No se profundizará en los procesos de gestión ni en el almacenamiento de la base de datos, ya que estos aspectos pertenecen a la fase de programación, implementación y pruebas del nuevo sistema. Dado que el proyecto es un modelo de sistema de información enfocado en la gestión documental y de procesos, se ofrece una explicación breve sobre los componentes del modelo Entidad-Relación para facilitar su comprensión a lectores no especializados en ingeniería de software. Por esta razón, se utiliza un lenguaje accesible en lugar de uno técnico, aunque se aclara que el modelo presentado será técnicamente preciso.

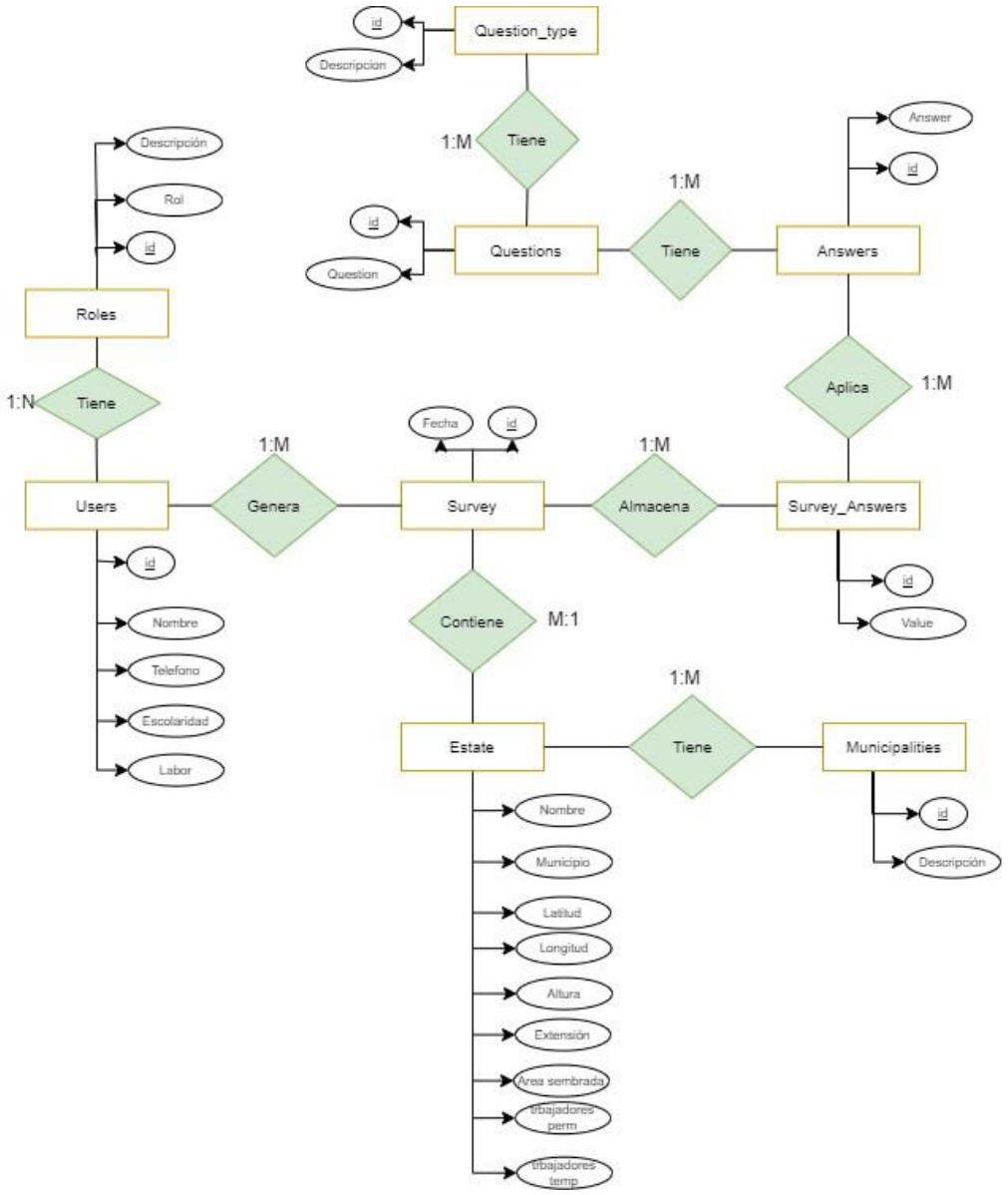
Una base de datos es una colección de datos organizados por tipo de característica o dependencia de un elemento específico, llamado ENTIDAD, que se interrelaciona con otras ENTIDADES para producir las respuestas o datos requeridos por el usuario. Cada característica de la entidad se denomina ATRIBUTO, y estos atributos tienen propiedades únicas, lo que permite que cada componente de la entidad sea único en toda la base de datos. Por ejemplo, en nuestro caso, una entidad se llama Users, y este usuario tiene atributos como un Id, que asegura que no hay dos usuarios con el mismo Id. Este atributo se denomina LLAVE de la entidad. Otros atributos pueden incluir nombre, escolaridad, teléfono, labor, etc.

La entidad Users se relaciona en la base de datos con otra entidad llamada Survey. Esta RELACIÓN tiene especificaciones, como que un usuario puede tener varias encuestas, y en el sentido contrario, una encuesta puede pertenecer a varios usuarios. Esta relación en el modelo ER se denomina relación de uno a muchos, aunque también pueden existir relaciones de muchos a muchos o de uno a uno. Una vez construido el modelo ER, se aplican las reglas de Normalización

para asegurar la integridad de la base de datos, evitando la duplicación de información. Cada entidad se convierte en una TABLA en la base de datos, donde cada fila de la tabla es un conjunto de datos que representa un objeto del mundo real. A continuación, se presentan modelo ER.

Figura 21

Modelo entidad relación



4.1.2 Diseño lógico Modelo Base de datos Relacional Modelo

Una vez se ha presentado el modelo entidad-relación, se aplican las reglas de normalización. Estas reglas permiten convertir el modelo en tablas, eliminar la redundancia (datos repetidos) y definir el tipo de datos para cada atributo de las entidades. Durante el proceso de normalización, se crean nuevas tablas a partir de las relaciones y se añade nueva información producida. También se incorporan tablas de referencia que son constantes en cualquier modelo y que alimentan el sistema de información adicional, como las tablas de Departamentos y Ciudades definidas por el DANE, entre otras.

Tipos de Datos en MySQL

Considerando que este sistema está proyectado para implementarse en MySQL, a continuación, se presentan los tipos de datos utilizados en este gestor. Esto facilita la interpretación de los datos presentados en cada una de las tablas, evitando la necesidad de explicar el tipo de dato en cada tabla individualmente. Por ejemplo, si en varias tablas se utiliza NOMBRE, que en este caso es del tipo VARCHAR, se explica una vez y se entiende que siempre que se use este atributo, se trata de un VARCHAR. Aquí están los tipos de datos más comunes:

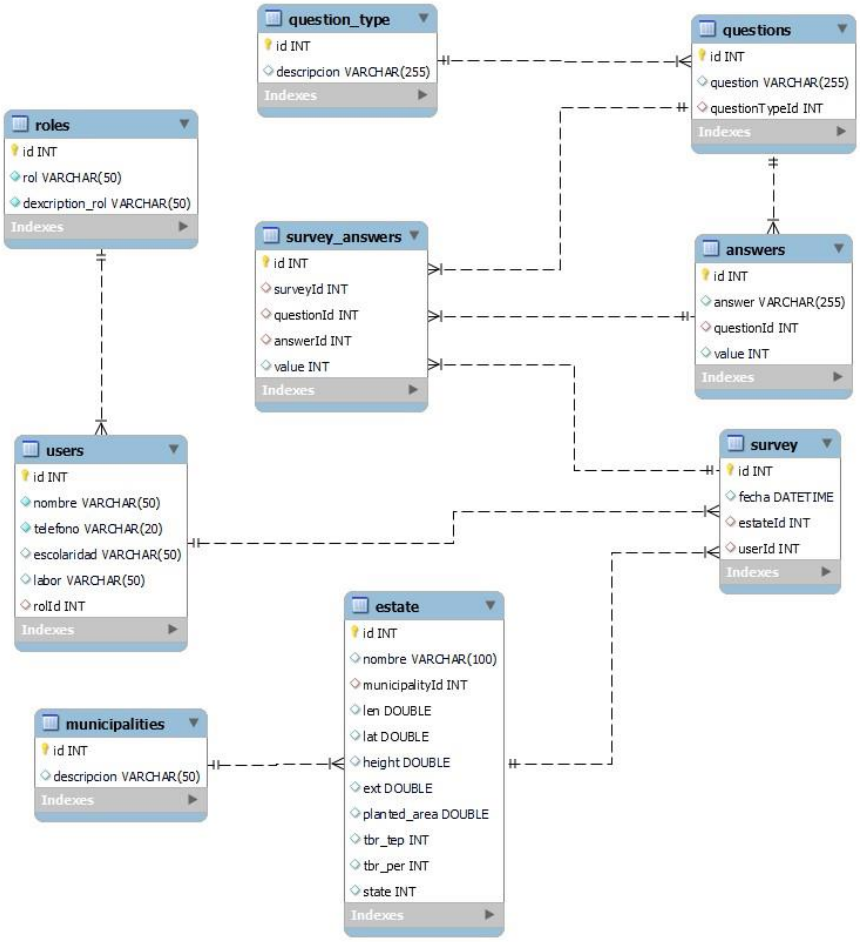
- INT: Se utiliza para representar valores numéricos enteros.
- AUTO_INCREMENT: Se utiliza para representar números generados automáticamente por el gestor. Estos números son únicos y no se repiten, representando la identificación única en el sistema, sirviendo como llaves primarias de la tabla.
- VARCHAR: Se utiliza para representar una cadena de caracteres, incluidos números. VARCHAR(50) permite hasta 50 caracteres y VARCHAR(n) donde n es el número máximo de caracteres.

- DATE: Se utiliza para almacenar fechas en el formato 'YYYY-MM-DD'.
- DATETIME: Se utiliza para almacenar fechas y horas en el formato 'YYYY-MM-DD HH:MM'.
- DECIMAL: Se utiliza para datos monetarios o cualquier valor decimal, almacenados con una precisión específica, como DECIMAL(10,4) para cuatro posiciones decimales.

Estos tipos de datos son fundamentales para asegurar la integridad y eficiencia del sistema de información implementado en MySQL.

Figura 22

Modelo Relacional



4.1.3 Construcción del modelo MySQL

Considerando que, al interpretar los requisitos mediante el modelo relacional, se procedió a definir los tipos de datos utilizados en MySQL. En el modelo relacional, cada tabla presenta la definición del tipo de dato requerido, y se elabora un diccionario de datos que explica a qué se refiere cada dato solicitado. Dado que varias tablas requieren el mismo tipo de dato, este se define una sola vez en la especificación de los datos, organizado por tabla.

Figura 23

Atributos de la tabla Roles

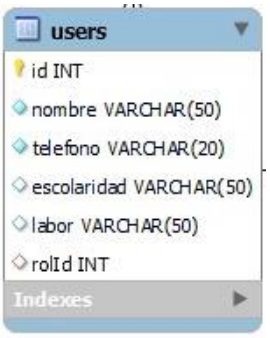
Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada rol es distinguible de los demás.

Rol: Almacena el nombre del rol (Analista/ Productor)

Descripcion_rol: Almacena la descripción del rol

Figura 24

Atributos de la tabla Users



Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada usuario sea distinguible de los demás.

Nombre: Nombre del usuario a crear en el sistema.

Teléfono: Almacena el número de celular del analista.

Escolaridad: Almacena el nivel de escolaridad del productor.

Labor: Almacena la labor que realiza el productor en la finca.

Rol_Id: Llave foránea que relaciona el usuario con un rol.

Figura 25

Atributos de la tabla Survey

Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada encuesta sea distinguible de las demás.

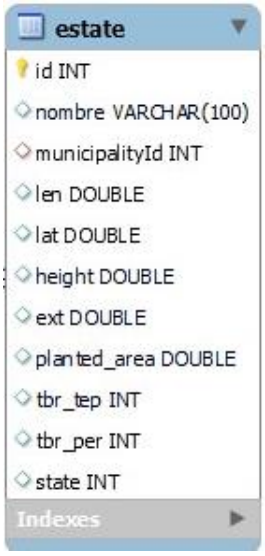
Fecha: Almacena la fecha de creación de la encuesta.

Estate_id: Llave foránea que relaciona la encuesta con una finca.

User_id: Llave foránea que relaciona la encuesta con un usuario creado.

Figura 26

Atributos de la tabla Estate



Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada finca sea distinguible de las demás.

Nombre: Nombre de la finca.

Len: Coordenada geográfica Longitud de la finca

Lat: Coordenada geográfica Latitud de la finca.

Height: La altura geográfica de la finca.

Ext: Extensión del terreno de la finca.

Planted_area: Extensión del área de la finca utilizada para sembrar cultivos.

Tbr_per: Número de trabajadores permanentes en la finca.

Tbr_tep: Número de trabajadores temporales en la finca.

MunicipalityId: Llave foránea que relaciona una finca con el municipio donde se encuentra ubicada.

Figura 27

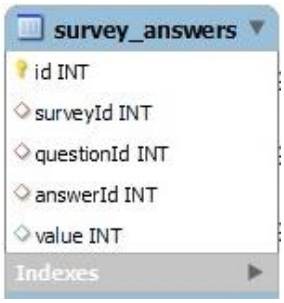
Atributos de la tabla Municipalities

Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada municipio sea distinguible de los demás.

Descripción: Nombre del municipio.

Figura 28

Atributos de la tabla Survey_answers



Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada encuesta con respuestas sea distinguible de las demás encuestas diligenciadas.

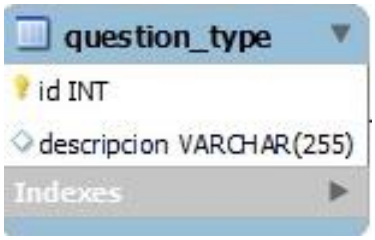
SurveyId: Llave foránea que relaciona la encuesta diligenciada a una encuesta creada.

QuestionId: Llave foránea que relaciona la encuesta diligenciada con las preguntas.

AnswerId: Llave foránea que relaciona la encuesta diligenciada con sus respectivas respuestas.

Figura 29

Atributos de la tabla Question_Type

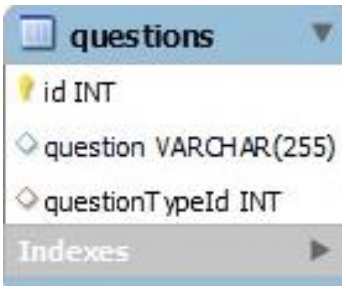


Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada tipo de pregunta sea distinguible de los demás tipos de pregunta creados.

Descripción: Nombre del tipo de pregunta (Otra, Trazabilidad, Lean, Green, social, Madurez Optimización, Madurez Innovación)

Figura 30

Atributos de la tabla Questions



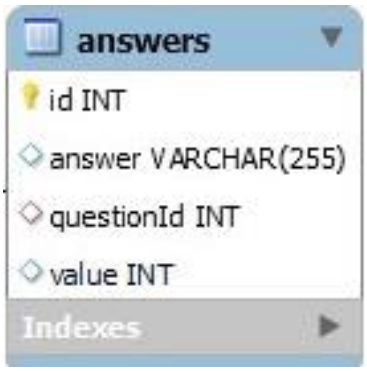
Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada pregunta sea distinguible de las demás preguntas creadas.

Question: Almacena la pregunta.

QuestionTypeId: Llave foránea que relaciona la pregunta con un tipo de pregunta.

Figura 31

Atributos de la tabla answers



Id: Se utiliza como llave de la tabla, esto asegura que cada respuesta sea distinguible de las demás respuestas creadas.

Answer: Almacena la respuesta.

Value: Agrega la calificación de las respuestas seleccionadas.

QuestionId: Llave foránea que relaciona las respuestas con su respectiva pregunta.

4.1.4 Desarrollo funcional: Casos de uso

Este capítulo presenta una visión detallada de los casos de uso en el proyecto. Cada caso de uso destaca sus objetivos, actores involucrados, acciones a realizar y los resultados parciales obtenidos en cada etapa del proceso. El actor principal es el analista:

Analista: Este actor será el encargado de supervisar y gestionar toda la información del sistema. Se encargará de la configuración inicial y continua del sistema de encuestas, incluyendo la gestión de usuarios, fincas y encuestas, así como la generación de reportes.

Figura 32

Diagrama de uso Registrar usuario

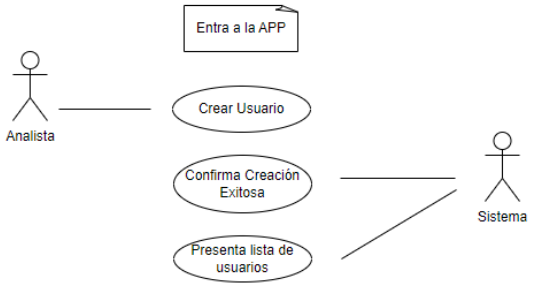


Tabla 10

Caso de uso Registrar usuario

Nombre	**Registrar usuario**
Objetivo	Permitir la creación de la información del encuestado
Actores	Analista
Descripción	El analista registra la información del encuestado en la aplicación por medio de la URL especifica, que tendrá acceso el analista
Caso de prueba	CP-001: Registro exitoso del usuario
Precondición	El analista debe tener acceso a la aplicación
Flujo Normal:	1. El analista ingresa a la aplicación
	2. Selecciona la opción de Usuario
	3. Completa el formulario con los datos del encuestado que se le piden.
	4. Guarda el usuario
	5. El sistema agrega el nuevo usuario en la base de datos
Flujos alternativos en caso de falla	5. El sistema comprueba el registro de los datos, si los campos para el registro de usuario no fueron totalmente llenados, el sistema no lo guarda
	6. El analista debe volver a crear el usuario
Postcondición	El usuario ha sido registrado correctamente y está disponible en la base de datos

Figura 33

Diagrama de uso Editar usuario

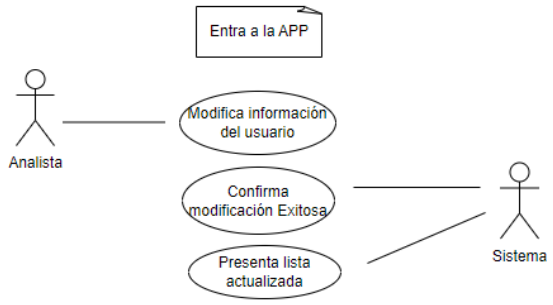


Tabla 11

Caso de uso Editar usuario

Nombre	**Editar usuario**
Objetivo	Permitir la edición de la información del encuestado
Actores	Analista
Descripción	El analista actualiza la información del encuestado en la aplicación a través de una URL específica, a la cual tiene acceso el analista
Caso de prueba	CP-002: Edición exitosa del usuario
Precondición	El analista debe tener acceso a la aplicación
Flujo Normal:	1. El analista ingresa a la aplicación
	2. Selecciona el módulo de Usuario
	3. Da clic en el botón de editar
	4. Modifica la información del usuario con los datos actualizados y selecciona "Actualizar usuario"
	5. El sistema guarda la actualización del usuario en la base de datos
Flujos alternativos en caso de falla	5. El sistema no realizo la Actualización del Usuario, e l analista puede intentar nuevamente editar y actualizar la información del usuario.
Postcondición	Los cambios realizados por el analista se han guardado correctamente y están reflejados en la base de datos.

Figura 34

Diagrama de caso de uso Registrar finca

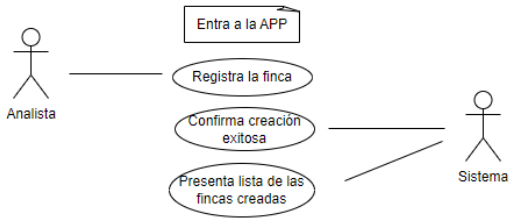


Tabla 12

Tabla de caso de uso Registrar finca

Nombre	**Registrar Finca**
Objetivo	Permitir la creación de la información de la finca
Actores	Analista
Descripción	El analista registra la información de la finca en la aplicación a través de una URL específica, a la cual tiene acceso el analista
Caso de prueba	CP-003: Registro exitoso de la finca
Precondición	El analista debe tener acceso a la aplicación
Flujo Normal:	1. El analista ingresa a la aplicación
	2. Selecciona la opción de Inmuebles
	3. Completa el formulario con los datos de la finca solicitados
	4. Guarda la información de la finca
	5. El sistema agrega la información de la nueva finca en la base de datos
Flujos alternativos en caso de falla	5. Después de que el analista completa el formulario con los datos de la finca y selecciona "Guardar finca", la aplicación no responde.
	6. Recargar nuevamente la URL Y el analista intenta nuevamente guardar la finca.
Postcondición	La finca ha sido registrada correctamente y está disponible en la base de datos

Figura 35

Diagrama de caso de uso Editar finca

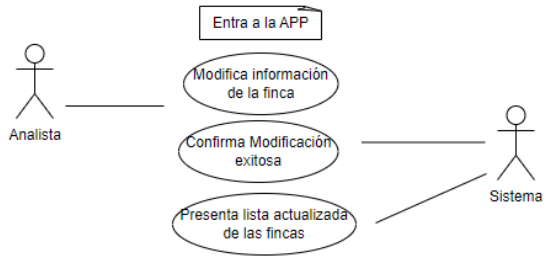


Tabla 13

Tabla de caso de uso Editar finca

Nombre	**Editar Finca**
Objetivo	Permitir editar la información de la finca ya registrada
Actores	Analista
Descripción	El analista actualizará la información de la finca en la aplicación a través de una URL específica, a la cual tiene acceso el analista.
Caso de prueba	CP-004: Edición exitosa de la finca
Precondición	El analista debe tener acceso a la aplicación y los permisos necesarios para editar fincas
Flujo Normal:	1. El analista ingresa a la aplicación
	2. Selecciona la opción de Inmuebles
	3. Da clic en editar
	4. Actualiza la información deseada de la finca y selecciona "Guardar cambios"
	5. El sistema actualiza la información de la finca en la base de datos
Flujos alternativos en caso de falla	5. El sistema no realizo la Actualización de la finca, e l analista puede intentar nuevamente editar y actualizar la información de la finca.
Postcondición	Los cambios realizados por el analista en la finca se han guardado correctamente y están reflejados en la base de datos

Figura 36

Diagrama de caso de uso Eliminar finca

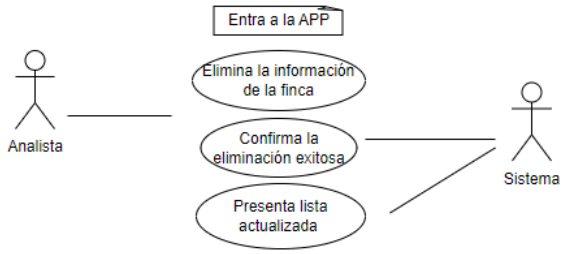


Tabla 14

Tabla de caso de uso Eliminar finca

Nombre	**Eliminar Finca**
Objetivo	Permitir eliminar la información de la finca ya registrada
Actores	Analista
Descripción	El analista eliminará la información de la finca en la aplicación a través de una URL específica, a la cual tiene acceso el analista.
Caso de prueba	CP-005: Eliminación exitosa de la finca
Precondición	El analista debe tener acceso a la aplicación y la finca ya debe estar guardada en la base de datos
Flujo Normal:	1. El analista ingresa a la aplicación
	2. Selecciona la opción de Inmuebles
	3. Da clic en eliminar
	4. El sistema elimina la información de la finca de la base de datos
Flujos alternativos en caso de falla	5. El sistema no realizo la eliminación de la información de la finca, e l analista puede intentar nuevamente editar y eliminar la información de la finca.
Postcondición	La finca ha sido eliminada correctamente de la base de datos

Figura 37

Diagrama de caso de uso Crear Encuesta

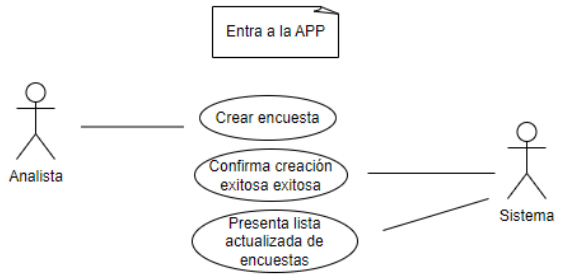


Tabla 15

Tabla de caso de uso Crear Encuesta

Nombre	**Crear Encuesta**
Objetivo	Permitir la creación de una nueva encuesta
Actores	Analista
Descripción	El analista crea una encuesta en la aplicación a través de una URL específica, a la cual tiene acceso el analista.
Caso de prueba	CP-006: Creación exitosa de la encuesta
Precondición	El analista debe tener acceso a la aplicación y los permisos necesarios para crear encuestas
Flujo Normal:	1. El analista ingresa a la aplicación
	2. Navega al módulo de encuestas
	3. Inicia el proceso de creación de la encuesta
	4. Registra la respuesta de cada pregunta de la encuesta
	5. Guarda la encuesta
	6. El sistema agrega la nueva encuesta a la base de datos
Flujos alternativos en caso de falla	6. Después de que el analista completa el proceso de creación de la encuesta y selecciona "Guardar la encuesta", el sistema muestra un mensaje de error.
	7. El analista verifica que todos los campos obligatorios estén llenos correctamente y que no haya errores de formato.
	8. Si los datos están correctos, el analista intenta nuevamente guardar la encuesta.
Postcondición	La encuesta ha sido creada correctamente y está disponible en la base de datos

4.2 Desarrollo de la Interfaz

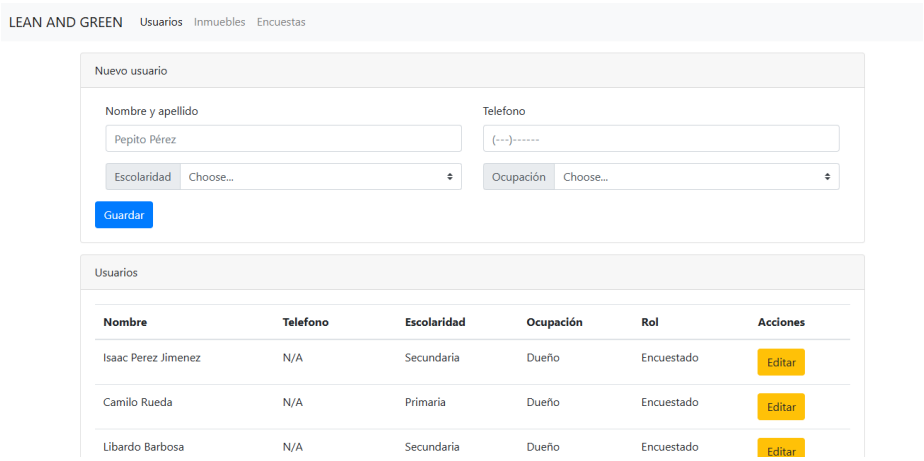
Para implementar este sistema, se creó una página web utilizando el lenguaje PHP con el framework Symfony, ejecutándose en un servidor local mediante XAMPP, la arquitectura de esta página fue basada en el patrón de Modelo- Vista-Controlador donde garantiza una aplicación modular, escalable y mantenible facilitando su desarrollo

4.2.1 Interfaz de recolección de datos (PHP)

En la interfaz principal del sistema como se muestra en la figura 38, la sección "Usuarios" actúa como un punto central para gestionar las cuentas de usuario. Aquí, los usuarios pueden realizar una variedad de acciones relacionadas con la administración de perfiles, lo que incluye la creación de nuevos usuarios y la gestión de los existentes.

Figura 38

Interfaz principal



Al crear un nuevo usuario, se solicitan detalles como el nombre completo, número de teléfono, nivel de educación y ocupación. Sin embargo, para asignar el rol de analista, únicamente se necesitan el nombre, apellido y número de teléfono, ya que el sistema identifica automáticamente este rol. Esta simplificación agiliza el proceso de creación de cuentas para analistas, evitando la necesidad de

ingresar información redundante. Además, la sección "Usuarios" ofrece una vista completa de todos los perfiles de usuario existentes, lo que permite a los analistas ver rápidamente quién está registrado en el sistema. Esta lista de usuarios también permite editar la información de cada perfil, lo que garantiza que los detalles estén siempre actualizados y precisos. En resumen, la sección "Usuarios" proporciona una herramienta integral para gestionar eficientemente las cuentas de usuario en el sistema, asegurando una experiencia de usuario fluida y una administración efectiva de perfiles.

Interfaz Inmueble

La interfaz de la sección "Inmueble" proporciona una vista detallada de las unidades agricolas registradas en el sistema. Aquí se presenta una descripción de las características y funcionalidades de esta sección:

Lista de Fincas:

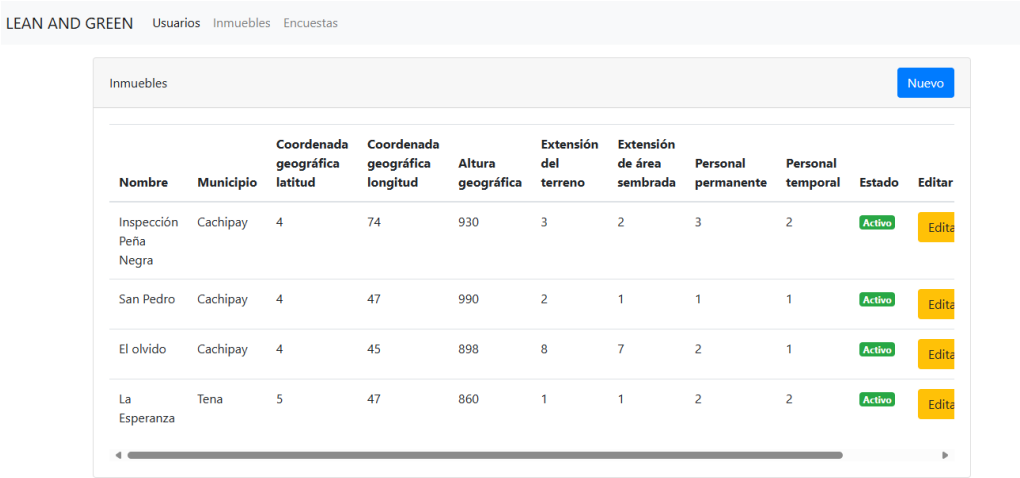
En la sección "Inmueble", los usuarios pueden visualizar una lista de nombres de fincas registradas, junto con su información relevante. Esto incluye detalles como el municipio donde se ubica la finca, las coordenadas geográficas, la extensión del terreno y la cantidad de personas que trabajan en la finca. Además, se muestra el estado activo de cada finca para indicar su disponibilidad.

Funciones de Edición y Eliminación:

Para facilitar la gestión de las fincas, los usuarios tienen la capacidad de editar y eliminar cada registro de finca según sea necesario. Esto les permite realizar actualizaciones en la información de la finca o eliminarla del sistema si ya no es relevante.

Figura 39

Interfaz Inmueble

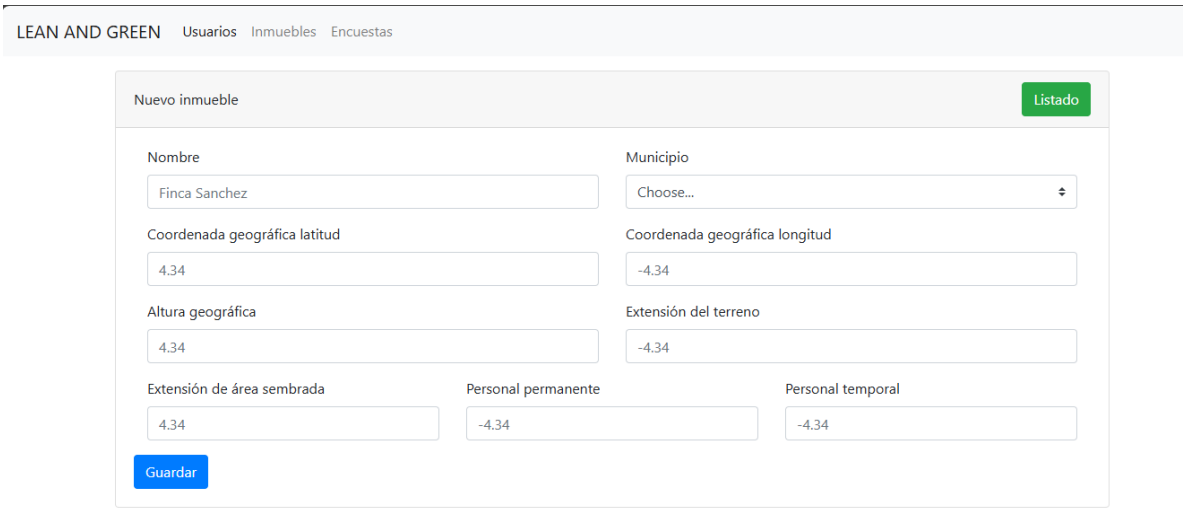


Creación de Nueva Finca:

La sección "Inmueble" también ofrece la funcionalidad de crear una nueva finca. Al hacer clic en el botón designado para este propósito, se abre un formulario donde el analista puede ingresar la información requerida sobre la finca. Este formulario solicita detalles como el nombre de la finca, el municipio, las coordenadas, la extensión del terreno y la cantidad de personas trabajando en ella. Una vez que el formulario está completo, el analista puede guardar la información para registrar la nueva finca en el sistema como se muestra en la figura 40.

Figura 40

Interfaz de creación de nueva finca.



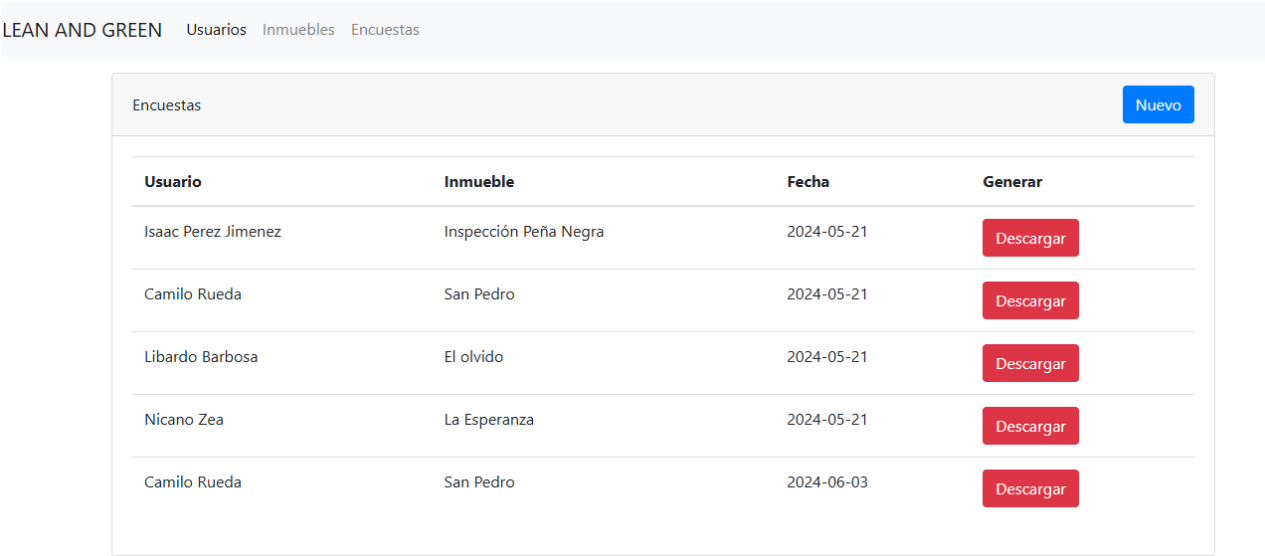
En resumen, la interfaz de la sección "Inmueble" proporciona una manera organizada y eficiente de gestionar la información relacionada con las fincas registradas en el sistema. Permite a los usuarios visualizar, editar, eliminar y crear registros de fincas de manera intuitiva, facilitando así la administración de la base de datos de las unidades agrícolas.

Interfaz Encuestas:

La interfaz de la sección "Encuestas", que se visualiza en la figura 41, proporciona una manera eficaz de gestionar y visualizar las encuestas realizadas a los productores en relación con sus respectivas fincas.

Figura 41

Interfaz Encuesta



Lista de Encuestas:

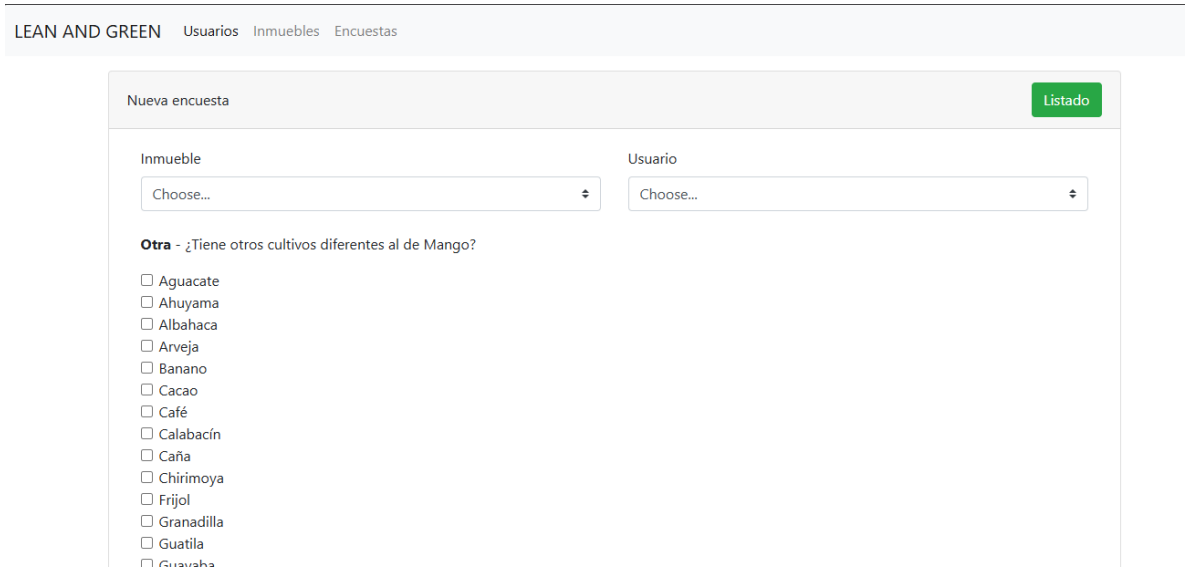
En la sección "Encuestas", se presenta una lista de las encuestas previamente creadas. Cada encuesta está asociada al nombre del productor y al nombre de la finca a la que pertenece. Esta información permite a los usuarios identificar rápidamente las encuestas correspondientes a cada productor y finca.

Descarga de Encuestas en PDF:

Para acceder a los detalles de una encuesta específica, los usuarios tienen la opción de descargarla en formato PDF. Al hacer clic en la encuesta deseada, se genera un documento PDF que contiene los datos recopilados durante la encuesta.

Figura 42

Interfaz Nueva Encuesta



Creación de Nueva Encuesta:

Para realizar una nueva encuesta, se ha implementado un botón con la etiqueta "Nuevo". Este se visualiza en la figura 42, al hacer clic en este botón, se abre un formulario de encuesta donde el usuario puede ingresar los datos correspondientes. Es importante destacar que, al crear una nueva encuesta, el usuario debe seleccionar el productor y la finca específica a la que se refiere la encuesta. Esto asegura que los datos recopilados estén asociados correctamente con el productor y la finca correspondientes en el sistema.

En resumen, la interfaz de la sección "Encuestas" proporciona una manera intuitiva y eficiente de gestionar las encuestas realizadas a los productores. Permite a los usuarios ver, descargar y crear

nuevas encuestas de manera fácil y precisa, garantizando así una recopilación de datos efectiva y una gestión eficaz de la información del productor y la finca.

4.2.2 Interfaz de visualización de datos power bi

La interfaz de visualización del usuario ha sido diseñada para ofrecer una experiencia mejorada en la comprensión de los datos relacionados con las fincas. Esto se logra mediante la integración de la base de datos con Power BI, lo que permite la creación de dashboards dinámicos y visuales. Estos dashboards, disponibles tanto por finca (figura 43) como de forma general (figura 44), proporcionan una representación clara y accesible de la información, permitiendo a los productores examinar detalles específicos de su finca y a los analistas obtener una visión global de todas las fincas registradas. A través de gráficos, tablas y herramientas interactivas, los usuarios pueden acceder a detalles y realizar análisis detallados, mejorando así su capacidad para tomar decisiones informadas y detectar tendencias relevantes en los datos. En resumen, la interfaz de visualización del usuario optimiza la visibilidad de los datos, facilitando una comprensión más profunda y rápida de la información relacionada con las fincas.

Figura 43

Dashboard por finca

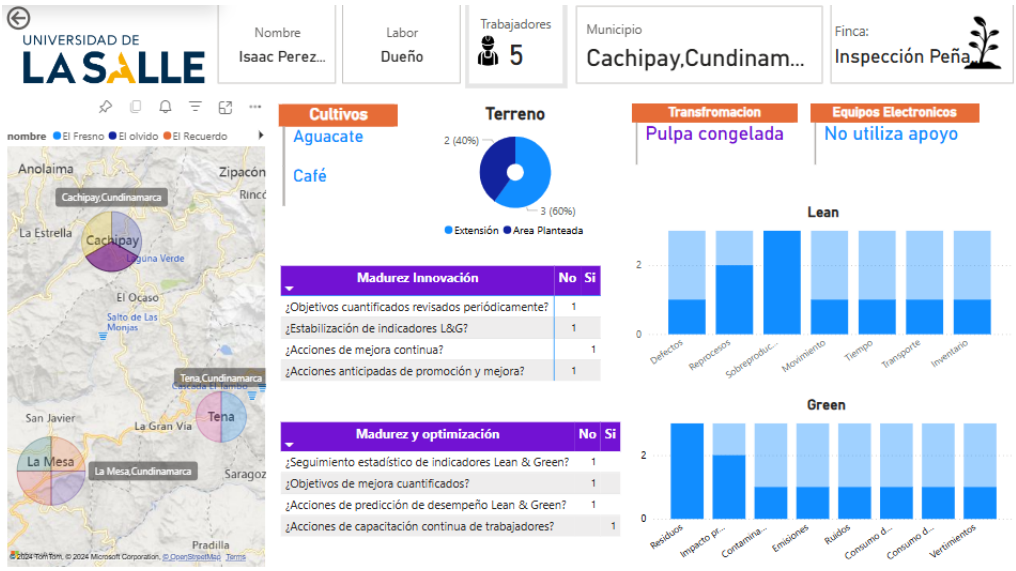
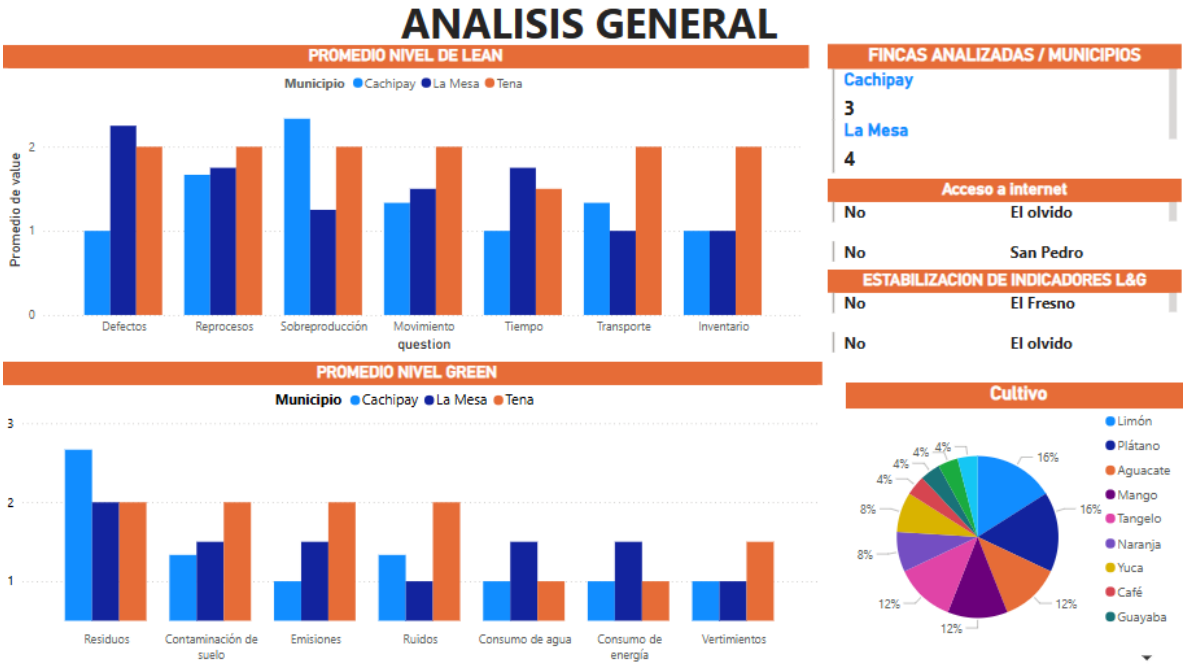


Figura 44

Dashboard General.



5 Capitulo. Validar el sistema de almacenamiento y visualización de datos

5.1 Plan de Visitas a Cuatro Unidades Agrícolas

Identificación de Recursos y Cronograma

Para llevar a cabo una evaluación del sistema de almacenamiento y visualización de datos, se desarrolla un plan de visitas a cuatro unidades agrícolas ubicadas en el municipio de La mesa, con el objeto de diseñar y validar el instrumento de recolección de dato. El plan incluye la identificación de los recursos necesarios y la creación de un cronograma detallado de actividades. Las visitas se realizan durante el mes de abril en dos fechas distintas, específicamente un fin de semana, para maximizar la disponibilidad de los productores.

El plan de visitas incluye, Fase 1: Contextualización y sensibilización, los recursos necesarios para esta fase es el Poster diseñado, herramientas Lean & Green. La Fase 2: Registro de Datos el cual como recurso necesario es el equipo de recolección de datos (página web) y finalmente la fase 3: Visualización de los datos, el cual recurso que se necesita para esta fase es el Dashboard en la herramienta Power Bi que se diseñó. A continuación, se presenta el cronograma de actividades:

Figura 45

Cronograma de actividades.

UBICACIÓN	ACTIVIDADES	20 ABRIL				21 ABRIL			
Municipio de La Mesa	Contextualización y sensibilización								
Municipio de La Mesa	Registro de Datos (Pagina web)								
Municipio de La Mesa	Tabulación de los datos (Power Bi)								

5.2 Definir estrategias de sensibilización Lean & Green para productores

En este subcapítulo, se propone la definición de estrategias de sensibilización Lean & Green dirigidas a los productores agrícolas. El enfoque inicial implica una visita a la finca, durante la cual se brinda

una explicación detallada al productor sobre los objetivos y alcance del proyecto. Se presenta de manera clara y concisa la metodología Lean & Green y se destaca cómo puede beneficiar a su finca. Para facilitar la comprensión, se proporciona material visual en forma de folletos que respaldan la explicación verbal. Además, se subraya la importancia de que el analista esté adecuadamente preparado y capacitado para transmitir estos conceptos de manera efectiva. Se compromete a dedicar el tiempo necesario para ofrecer una información clara y detallada, aprendiendo de las experiencias pasadas donde la sensibilización se realizó de forma superficial, sin lograr una comprensión completa por parte del productor. Este enfoque busca asegurar que los productores comprendan plenamente los beneficios y objetivos de la metodología Lean & Green, promoviendo así su participación y compromiso con el proyecto.

5.3 Prueba de Hipótesis

Se realizó un análisis de prueba de medias con 4 pares, utilizando tests t, para evaluar la efectividad del sistema automatizado implementado en las fincas donde se valida el sistema actualizado en comparación con el método manual utilizado en 4 fincas. Este análisis permitió comparar las medias de los tiempos de sensibilización, registro de datos, visualización y total entre ambos grupos.

El análisis de prueba de medias es un método estadísticamente sólido y validado que permite evaluar el impacto del sistema automatizado en la eficiencia del proceso de monitoreo y análisis de datos. Los resultados de este análisis proporcionarán información valiosa sobre la efectividad del sistema automatizado y ayudarán a determinar si ha logrado mejorar significativamente los tiempos de sensibilización, registro de datos, visualización y total en comparación con el método manual utilizado en Cachipay.

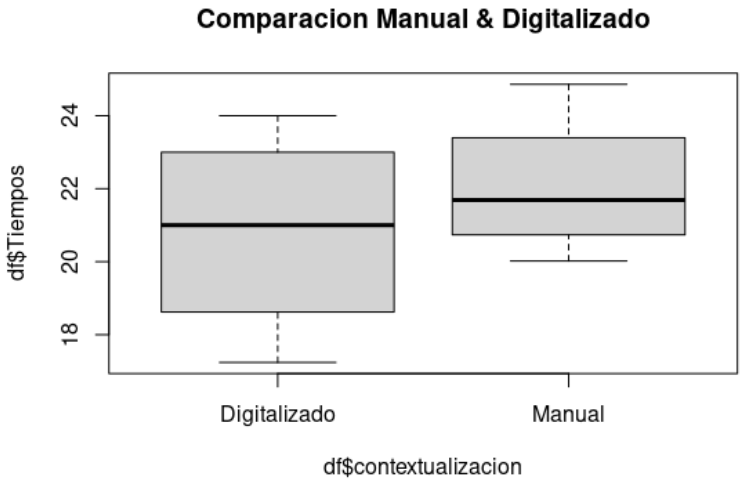
- **Hipótesis Etapa de contexto y sensibilización**

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en el tiempo de sensibilización entre el sistema manual y el sistema digitalizado

Hipótesis alternativa (H1): Existe una diferencia significativa en el tiempo de sensibilización entre el sistema manual y el sistema digitalizado

Figura 46

Diagrama Caja y Bigotes Etapa contexto y sensibilización.



Basándonos en la mediana, el procedimiento digital parece ser más eficiente para la etapa de contexto y sensibilización, ya que los tiempos promedio son menores en el sistema digitalizado que en el sistema manual.

Sistema Manual registro de los datos:

```
 Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
20.02   21.09   21.69   22.07   22.66   24.86
```

Sistema digitalizado registro de los datos:

```
 Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
20.00   21.50   23.00   23.25   24.75   27.00
```

Los datos sugieren que el sistema manual es más eficiente en términos de tiempo de sensibilización que el sistema digitalizado. Esto se debe a que la mediana y la media del tiempo de sensibilización son menores para el sistema manual. La diferencia en la mediana es de 1.31 minutos, lo que representa un 6% más de tiempo en el sistema digitalizado. El tiempo de sensibilización no solo depende del procedimiento en sí, sino también de una serie de factores que dependen del analista y del productor. La experiencia, el conocimiento, la complejidad de la información, la dinámica de la interacción, e incluso factores externos, pueden influir en la duración de la entrevista y, por lo tanto, en el tiempo que se dedica a la sensibilización.

Prueba de medias Contexto y sensibilización:

```
t = 0.21992, df = 4.3793, p-value = 0.8358
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -5.658478  6.668478
sample estimates:
mean of x mean of y
   22.065    21.560
```

Basándonos en los resultados proporcionados del test t, podemos concluir que no hay evidencia suficiente para determinar que los tiempos promedio de "sensibilización" para el sistema manual y el sistema digitalizado sean estadísticamente diferentes. El valor de t es muy bajo (0.21992) y el valor p es muy alto (0.8358). Esto significa que no hay evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia en medias entre los dos sistemas. El intervalo de confianza del 95% incluye el valor 0. Esto significa que es posible que no haya una diferencia real en medias entre los dos sistemas.

Con base en estos datos, no podemos concluir que haya una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de sensibilización entre el sistema manual y el sistema digitalizado.

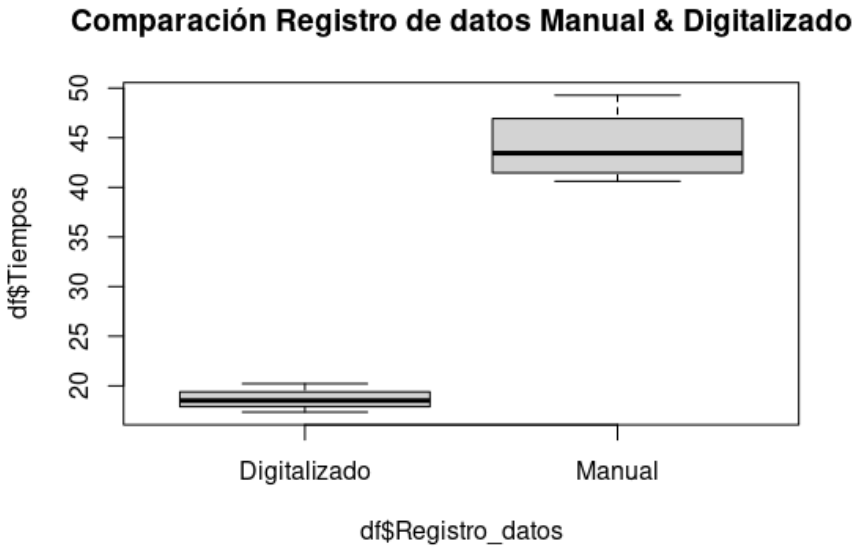
- **Hipótesis Etapa de Registro de datos**

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en el tiempo de registro de datos entre el sistema manual y el sistema digitalizado

Hipótesis alternativa (H1): Existe una diferencia significativa en el tiempo de registro de datos el sistema manual y el sistema digitalizado.

Figura 47

Diagrama Caja y Bigotes Etapa Registro de datos.



La gráfica de caja y bigotes revela diferencias significativas en la eficiencia del registro de datos entre el sistema manual y el sistema digitalizado. Los datos sugieren que el sistema digitalizado es mucho más eficiente y consistente en términos de tiempo de registro de datos. Se recomienda implementar el sistema digitalizado en otras fincas y realizar un seguimiento continuo del tiempo de registro de datos para evaluar su efectividad a largo plazo.

En conjunto, la gráfica de caja y bigotes proporciona evidencia visual convincente de que el sistema digitalizado ha logrado una mejora sustancial en la eficiencia del registro de datos en comparación con el sistema manual.

Sistema Manual registro de los datos:

```
 Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
40.62   41.89   43.45   44.20   45.76   49.28
```

Sistema digitalizado registro de los datos:

```
 Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
17.36   18.17   18.51   18.65   18.99   20.22
```

Al observar las medidas de resumen de ambos sistemas, se evidencia una clara ventaja del sistema digitalizado en cuanto a la eficiencia del registro de datos. El sistema digitalizado presenta un tiempo mínimo de registro de datos notablemente menor (17.36 segundos) en comparación con el sistema manual (40.62 segundos), lo que indica una capacidad superior para registrar datos de manera rápida desde el inicio.

Primer Cuartil (Q1): El primer cuartil del sistema digitalizado (18.17 segundos) es significativamente más bajo que el del sistema manual (41.89 segundos), lo que sugiere que el 25% de los tiempos de registro de datos en el sistema digitalizado son menores o iguales a 18.17 segundos, mientras que en el sistema manual se requiere más tiempo para alcanzarlo.

En cuanto a la mediana del sistema digitalizado (18.51 segundos) es considerablemente más baja que la del sistema manual (43.45 segundos), lo que indica que el tiempo promedio de registro de datos en el sistema digitalizado es aproximadamente un 57% más rápido que en el sistema manual. Y la media del sistema digitalizado (18.65 segundos) es similar a la mediana, lo que confirma la consistencia en su rendimiento. En conjunto, estos resultados demuestran que el sistema

digitalizado ha logrado una mejora sustancial en la eficiencia del registro de datos en comparación con el sistema manual. La reducción del tiempo promedio de registro de datos en un 57%. La implementación del sistema digitalizado representa un avance significativo en la eficiencia del proceso de registro de datos, con el potencial de mejorar la productividad general y la calidad de los datos recopilados.

Prueba de medias Registro de datos:

```
t = 12.976, df = 3.5864, p-value = 0.0003835
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 19.82319 31.27181
sample estimates:
mean of x mean of y
  44.1975   18.6500
```

La prueba t de medias, aplicada a los datos de registro de datos, arroja que la media muestral para el sistema manual es de 44.1975 minutos, y la media muestral para el sistema digitalizado es de 18.6500 minutos. La media muestral para el sistema manual es considerablemente mayor que la media muestral para el sistema digitalizado. Esto confirma la conclusión de que existe una diferencia estadísticamente significativa en los tiempos de registro de datos entre los dos sistemas.

El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias es de 19.82319 a 31.27181. Esto significa que estamos 95% seguros de que la verdadera diferencia en medias se encuentra dentro de este rango.

El valor de t es muy alto (12.976) y el valor p es muy bajo (0.0003835). Esto significa que hay evidencia muy fuerte para rechazar la hipótesis nula de que no hay diferencia en medias entre los dos sistemas. En conjunto, estos resultados confirman que el sistema digitalizado presenta un tiempo promedio de registro de datos significativamente menor (56% más rápido) que el sistema manual. La implementación del sistema digitalizado se traduce en una reducción sustancial del

tiempo total de registro, lo que representa un beneficio significativo para la eficiencia general del proceso.

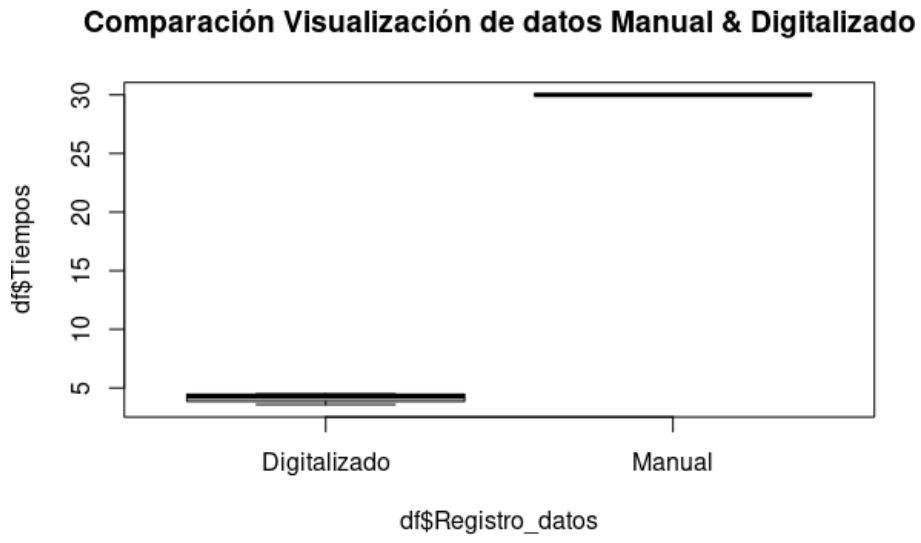
- **Hipótesis Etapa de Visualización de datos**

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en el tiempo de tabulación entre sistema manual y el sistema digitalizado

Hipótesis alternativa (H1): Existe una diferencia significativa en el tiempo de tabulación entre sistema manual y el sistema digitalizado

Figura 48

Diagrama Caja y Bigotes Etapa Visualización de datos.



La gráfica de cajas y bigotes proporciona evidencia contundente de que el sistema digitalizado ofrece una experiencia de visualización de datos significativamente más rápida que el sistema manual. La mediana de los tiempos de visualización de datos en el sistema digitalizado es de 4.275 segundos, mientras que en el sistema manual es de 30 segundos. Esto representa una reducción del 70% en el tiempo promedio de visualización de datos.

Sistema Manual registro de los datos:

```
Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
  30      30      30      30      30      30
```

Sistema digitalizado registro de los datos:

```
 Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
3.580   3.985   4.275   4.157   4.447   4.500
```

Los datos sugieren que el sistema digitalizado es mucho más eficiente en términos de tiempo de visualización de datos que el sistema manual. Esto se debe a que la mediana y la media del tiempo de visualización de datos son considerablemente menores para el sistema digitalizado. La diferencia en la mediana es de 25.725 minutos, lo que representa una reducción del 85.75% en el tiempo de visualización de datos para La Mesa con el sistema digitalizado.

Prueba de medias Visualización de datos:

```
t = 123.38, df = 3, p-value = 1.174e-06
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 25.17591 26.50909
sample estimates:
mean of x mean of y
  30.0000    4.1575
```

Basándonos en la evidencia de la prueba t de medias, podemos concluir que el intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias es de 25.17591 a 26.50909. Esto significa que estamos 95% seguros de que la verdadera diferencia en medias se encuentra dentro de este rango. La media muestral para el sistema manual es de 30.0000 minutos, y la media muestral para el sistema digitalizado es de 4.1575 minutos.

Con base en estos datos, podemos concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo de visualización de datos entre el sistema manual y el sistema digitalizado. El sistema digitalizado es mucho más rápido que el sistema manual en términos de tiempo de visualización de

datos. Se recomienda implementar el sistema digitalizado en otras fincas para aprovechar su mayor eficiencia. Significativo para la eficiencia general del proceso de visualización y análisis de datos.

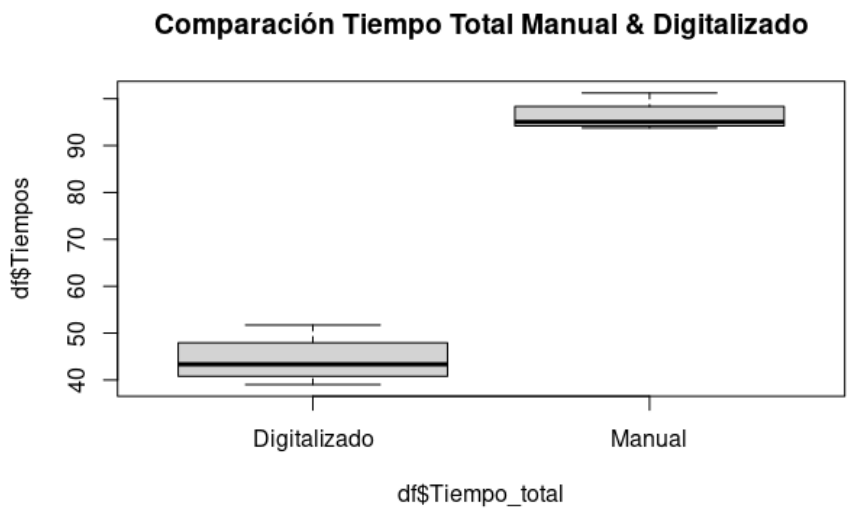
- **Hipótesis Tiempo Total**

Hipótesis nula (H0): No hay diferencia significativa en el tiempo total entre el sistema manual y el sistema digitalizado

Hipótesis alternativa (H1): Existe una diferencia significativa en el tiempo total entre el sistema manual y el sistema digitalizado

Figura 49

Diagrama Caja y Bigotes Tiempo Total.



La grafica de caja y bigotes proporciona evidencia contundente de que el sistema digitalizado ofrece una experiencia de procesamiento significativamente más rápida que el sistema manual. La barra del sistema digitalizado es significativamente más baja que la barra del sistema manual. Esto indica una diferencia notable en el tiempo total promedio requerido para completar el proceso entre ambos sistemas. La reducción del 55% en el tiempo total promedio representa una mejora sustancial en la eficiencia del proceso.

Sistema Manual Tiempo Total:

```
 Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
93.76   94.39   95.04   96.26   96.91  101.21
```

Sistema Digitalizado Tiempo Total:

```
 Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
39.03   41.68   43.36   44.37   46.05   51.72
```

Los datos sugieren que el sistema digitalizado es mucho más eficiente en términos de tiempo total que el sistema manual. Esto se debe a que la mediana y la media del tiempo total son considerablemente menores para el sistema digitalizado. La diferencia en la mediana es de 51.68 minutos, lo que representa una reducción del 54.38% en el tiempo total para La Mesa con el sistema digitalizado.

Prueba de medias Visualización de datos:

```
t = 16.412, df = 5.059, p-value = 1.394e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 43.79541 59.99459
sample estimates:
mean of x mean of y
  96.2625   44.3675
```

La media muestral para el sistema manual es considerablemente mayor que la media muestral para el sistema digitalizado. Esto confirma la conclusión de que existe una diferencia estadísticamente significativa en los tiempos totales entre los dos sistemas. El intervalo de confianza del 95% para la diferencia en medias es de 43.79541 a 59.99459. Esto significa que estamos 95% seguros de que la verdadera diferencia en medias se encuentra dentro de este rango.

Con base en estos datos, podemos concluir que existe una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo total entre el sistema manual y el sistema digitalizado. El sistema digitalizado es mucho más rápido que el sistema manual en términos de tiempo total.

5.4 Presupuesto proyectado de implementación

Las visitas a fincas se realizaron siguiendo un cronograma establecido, con una duración aproximada de 5 horas por finca. Se visitaban 2 fincas por día, aprovechando al máximo el tiempo disponible y considerando los desplazamientos entre cada una.

Para darle más soporte al sistema digitalizado se analizó en realizar la medición Lean % Green, a 54 fincas adicionales, como las de una asociación, requeriría un tiempo considerable si se mantiene la frecuencia actual de 2 fincas por día. En este escenario, se estima que el proceso tomaría aproximadamente 108 días ya que se estima hacer 3 visitas o más por cada unidad para llevar un seguimiento del estudio en cada unidad agricola.

Sin embargo, es importante considerar la disponibilidad de los productores, quienes solo estarían disponibles los fines de semana. En este caso, el tiempo para completar las visitas se extendería significativamente a 3 meses, manteniendo la frecuencia de 2 fincas por día y dos días de visitas por semana. A continuación, se muestra el presupuesto cuando se visito a una finca y el presupuesto que conlleva visitar 54 fincas.

PRESUPUESTO PROYECTO				
Concepto	**Descripción**	**Cantidad**	**Costo Unitario**	**Costo Total**
Costos Directos				
Desplazamientos	Viaje a las unidades agricolas (3 visitas x finca)	162 viajes	$100.000/viaje	$ 16.200.000
Materiales	Equipos, suministros (computador., camara)		$50.000/kit	$ 8.500.000
Otros	Gastos administrativos, etc.			$ 1.000.000
Nómina				
Analista	Salario	12 meses	$ 5.000.000	$ 60.000.000
Salud	Cobertura médica		$ 625.000	$ 7.500.000
Pensión	Ahorro para la jubilación		$ 800.000	$ 9.600.000
ARL	Riesgos laborales		$ 50.000	$ 600.000
Caja de Compensación	Beneficios sociales		$ 200.000	$ 2.400.000
SENA	Formación profesional		$ 100.000	$ 1.200.000
ICBF	Bienestar familiar		$ 150.000	$ 1.800.000
Total Nomina Analista				$ 83.100.000
Recolector de datos	Salario	12 meses	$ 3.500.000	$ 42.000.000
Salud	Cobertura médica		$ 437.500	$ 5.250.000
Pensión	Ahorro para la jubilación		$ 560.000	$ 6.720.000
ARL	Riesgos laborales		$ 35.000	$ 420.000
Caja de Compensación	Beneficios sociales		$ 140.000	$ 1.680.000
SENA	Formación profesional		$ 70.000	$ 840.000
ICBF	Bienestar familiar		$ 105.000	$ 1.260.000
Total Nomina Recolector de datos				$ 58.170.000
Total Nómina				$ 141.270.000
Otros Costos				
Viáticos	Alojamiento y alimentación (2 días/viaje)	108 días	$150.000/día (estimado)	$ 16.200.000
Imprevistos	Fondo de contingencia	10% del presupuesto total		$ 5.000.000
Total Otros Costos				$ 21.200.000
Costo Total del Proyecto				$ 188.170.000

6. Resultados

Las pruebas realizadas revelan una notable superioridad del sistema digitalizado sobre el sistema manual en términos de eficiencia de procesamiento, abarcando las tres fases evaluadas: contexto y sensibilización, registro de datos y visualización de los datos. En particular, se esperaba y logró una reducción de tiempo y una mejora en las fases de registro y visualización de datos.

Durante las pruebas en la fase de registro de datos, el sistema digitalizado demostró ser aproximadamente un 57% más rápido que el sistema manual. Este incremento en la velocidad se debe a la automatización de procesos repetitivos y a la reducción de errores humanos, que son más

comunes en el registro manual. Además, la digitalización facilita la integración y el acceso a bases de datos, lo cual optimiza la recolección y el almacenamiento de información.

En la fase de visualización de datos, la eficiencia del sistema digitalizado fue aún más evidente, con un tiempo promedio de visualización de datos que resultó ser un 100% más rápido que el del sistema manual. Esto se debe a las capacidades avanzadas de los sistemas digitales (Power Bi) para generar gráficos y reportes en tiempo real, permitiendo una interpretación más rápida y precisa de la información.

Además de la reducción de tiempo en las fases de registro y visualización, la implementación del sistema digitalizado mejora significativamente la precisión de los datos. Los sistemas digitales pueden incorporar validaciones automáticas y alertas de errores, lo que reduce la incidencia de datos incorrectos o incompletos. Esta mayor precisión es crucial para el análisis de datos, ya que decisiones basadas en información inexacta pueden llevar a resultados erróneos.

En resumen, la implementación del sistema digitalizado no solo reduce el tiempo total necesario para el registro y la visualización de datos, sino que también mejora la precisión y accesibilidad de la información. Estos beneficios se traducen en una mayor eficiencia general del proceso de análisis de datos, permitiendo una toma de decisiones más rápida, informada y efectiva.

7. Conclusiones

El proyecto de diseño e implementación de un sistema de almacenamiento y visualización de datos para la trazabilidad Lean & Green en la agricultura del Tequendama ha culminado con éxito, arrojando resultados altamente positivos que confirman el rechazo de la hipótesis nula y la validación de la hipótesis principal.

En primer lugar, la caracterización del método actual de registro de datos reveló ineficiencias significativas, tales como tiempos prolongados, falta de estandarización y errores en la captura de

información. A partir de este análisis, se identificaron oportunidades de mejora en los procesos de trazabilidad Lean & Green, incluyendo la implementación de formularios electrónicos y la capacitación del personal.

En segundo lugar, se diseñó un sistema digitalizado de almacenamiento y visualización, adaptable a las condiciones y procesos específicos de las unidades productoras de la región del Tequendama. La interfaz del sistema es amigable e intuitiva, permitiendo a los usuarios registrar, visualizar y analizar datos de manera sencilla y eficiente. Además, el sistema integra funcionalidades avanzadas almacenamiento de los datos con ayuda de la herramienta MySQl, el registro de los datos con ayuda de la página creada y la visualización de datos, como la generación de gráficos, informes y tableros de control, para facilitar la toma de decisiones estratégicas.

En tercer lugar, la validación del sistema en cinco unidades productoras demostró una reducción significativa en el tiempo dedicado a las operaciones de trazabilidad Lean & Green. El sistema permitió identificar y corregir ineficiencias en los procesos, optimizando el flujo de información. Los usuarios del sistema expresaron satisfacción con su facilidad de uso, efectividad y potencial para mejorar la eficiencia en sus operaciones.

En definitiva, los resultados obtenidos a lo largo del proyecto confirman que el diseño e implementación de un sistema de almacenamiento y visualización de datos incide positivamente en la reducción del tiempo dedicado a las operaciones de trazabilidad en las unidades agrícolas de la región del Tequendama. El sistema ha demostrado ser una herramienta eficaz para optimizar la trazabilidad, mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en las operaciones agrícolas de la región.

8. Recomendaciones

Para fortalecer la evaluación y el seguimiento de las prácticas Lean & Green en el futuro, se sugiere considerar la definición y aplicación de indicadores cuantitativos mediante ecuaciones precisas. Una vez que los productores hayan adquirido una comprensión clara de los indicadores y los datos solicitados, la incorporación de medidas cuantitativas permitirá una evaluación más detallada y objetiva de su desempeño. Este enfoque no solo facilitará la identificación de áreas específicas para la mejora continua, sino que también proporcionará datos más precisos y comparables para monitorear los avances en la implementación de prácticas Lean & Green. Implementar un sistema cuantitativo contribuirá a una gestión más efectiva de los recursos, optimización de procesos y sostenibilidad a largo plazo, alineando los esfuerzos de los productores con los objetivos estratégicos del proyecto.

Para maximizar los beneficios del sistema de almacenamiento y visualización de datos en la región del Tequendama, se recomienda su implementación completa en más unidades productoras. Se sugiere continuar la capacitación del personal para garantizar su correcto uso y maximizar su potencial. Además, se propone realizar un seguimiento continuo del impacto del sistema en la eficiencia y la productividad de las unidades productoras.

Una recomendación crucial para mejorar la eficiencia y accesibilidad del sistema es migrarlo a un servidor público. Eliminar la dependencia del Localhost es fundamental para que el sistema alcance su máximo potencial. Migrarlo a un servidor en la nube, como Amazon Web Services (AWS) o Microsoft Azure, ofrece múltiples beneficios:

Acceso desde cualquier lugar: Cualquier persona con acceso a internet podrá acceder al sistema desde cualquier dispositivo, independientemente de su ubicación geográfica.

Mayor escalabilidad: El sistema podrá adaptarse a las necesidades crecientes de las unidades productoras sin limitaciones de hardware.

Mejora de la seguridad: La información estará protegida por las medidas de seguridad de los proveedores de servicios en la nube.

Reducción de costos: Se eliminarán los gastos de mantenimiento de infraestructura local.

BIBLIOGRAFÍA

Barth, H., Per-Ola, U., & Pia , U. (2017). Towards A Conceptual Framework Of Sustainable Business Model Innovation In The Agri-Food Sector: A Systematic Literature Review. Sostenibilidad, Https://Doi.Org/10.3390/Su9091620.

Batte, M. T. (2003). Adoption Of Variable Rate Technology. Makara Teknologi, 7(3), 119–124.

Cai, L., & Zhu, Y. (2015). The Challenges Of Data Quality And Data Quality Assessment In The Big Data. Data Science Journal, Https://Doi.Org/10.5334/Dsj-2015-002.

Caldera, H., Desha, C., & Dawes, L. (2017). Exploring The Role Of Lean Thinking In Sustainable Business Practice: A Systematic Literature Review. Journal Of Cleaner Production, Pages 1546-1565.

Chen, Y. (2020). Lectronic Agriculture, Blockchain And Digital Agricultural Democratization: Origin, Theory And Application. Journal Of Cleaner Production, Https://Doi.Org/10.1016/J.Jclepro.2020.122071.

Chen, Y., Li, Y., & Li, C. (2020). Electronic Agriculture, Blockchain And Digital Agricultural Democratization. Journal Of Cleaner Production, Https://Doi.Org/10.1016/J.Jclepro.

Cochrane, M. A. (1991). The Effects Of Deforestation On The Agriculture And Livelihoods Of Indigenous Peoples In The Amazon Basin. Journal Of Tropical Ecology, 7(3), 349-366.

Debauche, O., Mahmoudi, S., Manneback, P., & Lebeau, F. (2022). Cloud And Distributed Architectures For Data Management In Agriculture 4.0 : Review And Future Trends. Ournal Of King Saud University - Computer And Information Sciences, Https://Doi.Org/10.1016/J.Jksuci.2021.09.015.

De Giovanni, P., & Cariola, A. (2021). Process Innovation Through Industry 4.0 Technologies, Lean Practices And Green Supply Chains,. (Https://Www.Sciencedirect.Com/Science/Article/Pii/S0739885920300676.

Dües, M., Tan, K., & Lim, M. (2013). Green As The New Lean: How To Use Lean Practices As A Catalyst To Greening Your Supply Chain. Journal Of Cleaner Production, Pages 93-100.

Domo. (2019, October 9). Data Never Sleeps 7.0: Infographic. Retrieved From Https://Www.Domo.Com/Learn/Data-Never

Douglas, L. (2001). 3d Data Management: Controlling Data Volume, Velocity And Variety. Douglas. Retrieved From Douglas.

Foley, J., Ramankutty, N., Brauman, K. Et Al. Soluciones Para Un Planeta Cultivado. Nature 478 , 337–342 (2011). Https://Doi.Org/10.1038/Nature10452

Foley, J. A., Defries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... & Snyder, P. K. (2005). Global Consequences Of Land Use. Science, 309(5734), 570-574.

Foley, Jonathan & Ramankutty, Navin & Brauman, Kate & Cassidy, Emily & Gerber, James & Johnston, Matt & Mueller, Nathaniel & O'connell, Christine & Ray, Deepak & West, Paul & Balzer, Christian & Bennett, Elena & Carpenter, Stephen & Hill, Jason & Monfreda, Chad & Polasky, Stephen & Rockström, Johan & Sheehan, John & Siebert, Stefan & Zaks, David. (2011). Solutions For A Cultivated Planet. Nature. 478. 337-342. 10.1038/Nature10452.

F, E. (2021, Octubre 6). Gestión Mediante Soluciones Tecnológicas Aplicadas A La Agroindustria. Retrieved From Https://N9.Cl/Q4avax

Folinas, D., Dimitrios, A., Dimitrio, T., & Malindretos, G. (2013). Exploring The Greening Of The Food Supply Chain With Lean Thinking Techniques. Procedia Technology, Pages 416-424.

Gao, F., Fang, W., Sun, X., Wu, Z., Zhao, G., Li, G., . . . Zhang, Q. (2022). A Novel Apple Fruit Detection And Counting Methodology Based On Deep Learning And Trunk Tracking In Modern Orchard. Computers And Electronics In Agriculture, Https://Doi.Org/10.1016/J.Compag.2022.107000.

Garza-Reyes, J. A. (2015). Lean And Green – A Systematic Review Of The State Of The Art Literature. Journal Of Cleaner Production, Pages 18-29.

Hird, S., & Pimentel, D. (1999). Sustainable Agriculture And Natural Resources. In Environmental Quality (Vol. 28, No. 2, Pp. 74-86).

Hu, S., Huang, S., & Su, J. (2021). A Framework Solution To Trust Crisis. Computers And Industrial Engineering. Blockchain And Edge Computing Technology Enabling Organic Agricultural, Article 107079.Https://Doi.Org/10.1016/J.Cie.2020.107079.

Hsin-Yuan, C., Sharma, K., Sharma, C., & Sharma, S. (2023). Integrating Explainable Artificial Intelligence And Blockchain To Smart Agriculture: Research Prospects For Decision Making And Improved Security. Smart Agricultural Technology, Https://Doi.Org/10.1016/J.Atech.2023.100350.

Ising, H., & Kruppa, B. (2004). Sustainable Agricultural Systems And Their Impact On Environmental Quality. Agricultural System.

Karydas, C., Chatziantoniou, M., Stamkopoulos, K., Mourelatos, S., & Vassiliadis, V. (2023). Embedding A Precision Agriculture Service Into A Farm Management Information System - Ifarma/Prefer. Smart Agricultural Technology, Https://Doi.Org/10.1016/J.Atech.2023.100175.

Khalil Ur, R., Shahla, A., Ashfaq, M., Akram, N., & Muhammad, W. (2023). Blockchain-Enabled Smart Agriculture: Enhancing Data-Driven Decision Making And Ensuring Food Security. Journal Of Cleaner Production, Https://Doi.Org/10.1016/J.Jclepro.2023.138900.

Karwowski, W. (2006). Handbook Of Human Factors And Ergonomics. Wiley.

Karwowski, W. (2003). Human Performance In Lean Production Environment: Critical Assessment And Research Framework. Human Factors And Ergonomics In Manufacturing & Service Industries, Https://Doi.Org/10.1002/Hfm.10047

Leng, K., Bi, Y., Jing, L., Fu, H., & Van Nieuwenhuyse, I. (2018). Research On Agricultural Supply Chain System. Chain Architecture Based On Blockchain Technology, Https://Doi.Org/10.1016/J.Future.2018.04.061.

López , S. (2021). Agroindustria: Oportunidades Para Trabajar Con Analítica Y Datos. Retrieved From :Https://Itahora.Com/2021/03/20/Agroindustria-Oportunidades-Para-Trabajar-Conanalitica-Y-Datos/.

Matson, P. A., Parton, W. J., & Power, A. G. (1997). Agricultural Intensification And Ecosystem Properties. Science

Mcdaniel, J. (2000). The Lean And Green A Practical Guide For Materials Managers And Supply Chain Managers To Reduce Costs And Improve Environmental Performance. United States Environmental Protection Agency.

Morais, R., Silva, N., Mendes, J., Pádua, L., & López, J. (2019). Mysense: A Comprehensive Data Management Environment To Improve Precision Agriculture Practices. Computers And Electronics In Agriculture, Pages 882-894.

O' Grady, M., Langton, D., Salinari, F., Daly, P., & O'hare, G. (2021). Service Design For Climate-Smart Agriculture. Information Processing In Agriculture, 8(2), 328–340. Https://Doi.Org/10.1016/J.Inpa.2020.07.003.

Patel, H., & Shrimali, B. (2021). Agrionblock: Secured Data Harvesting For Agriculture Sector Using Blockchain Technology. Ict Express, Https://Doi.Org/10.1016/J.Icte.2021.07.003.

Paul, K., Chatterjee, S., Pai , P., Varshney, A., Juikar, S., Prasad, V., . . . Dasgupta, S. (2022). Viable Smart Sensors And Their Application In Data Driven Agriculture. Computers And Electronics In Agriculture, Article 107096. Https://Doi.Org/10.1016/J.Compag.2022.107096.

Paul, K., Chatterjee, S., Pai, P., Varshney, A., Juikar, S., Prasad, V., . . . Dasgupta, S. (2022). Iable Smart Sensors And Their Application In Data Driven Agriculture. Computers And Electronics In Agriculture, Https://Doi.Org/10.1016/J.Compag.2022.107096.

Pimentel, D., Mcnair, M., Janecka, J., Wightman, J., & Others. (2004). Update On The Use Of Pesticides And Their Impacts On The Environment. In Environmental Sciences And Technology (Vol. 38, No. 1, Pp. 49-59).

Rettore De Araujo Zonella, R., Silva, R., & Pessoa Albini, L. (2020). Security Challenges To Smart Agriculture: Current State, Key Issues, And Future Directions. Array, 8, Article 100048, Https://Doi.Org/10.1016/J.Array.2020.100048.

Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing Tpm Supported By 5s To Improve The Availability Of An Automotive Production Line. Procedia Manufacturing, 38(2019), 1574–1581. Https://Doi. Org/10.1016/J.Promfg.2020.01.128

Riefolo , C., Belmont, A., Quarto, R., Quarto, F., Ruggieri, S., & Castrignanò, A. (2022). Otential Of Gpr Data Fusion With Hyperspectral Data For Precision Agriculture Of The Future. Computers And Electronics In Agriculture,, Https://Doi.Org/10.1016/J.Compag.2022.107109.

Schmarzo, B. (2013). Big Data: Understanding How Data Powers Big Business. John Wiley & Sons.

Schnebelin, E., Labarthe, P., & Touzard, T. (2021). How Digitalisation Interacts With Ecologisation? Perspectives From Actors Of The French Agricultural Innovation System. Journal Of Rural Studies, 6, 599–610. Https://Doi.Org/10.1016/J.Jrurstud.2021.07.023.

Sengupta, T., Narayanamurthy, G., Moser, R., & Kumar Hota, P. (2019). Sharing App For Farm Mechanization: Gold Farm's Digitized Access Based Solution For Financially Constrained . Computers In Industry, 109, 195–203. Https://Doi.Org/10.1016/J.Compind.2019.04.017.

Sensen, H., Huang, S., & Xinghong, Q. (2022). Exploring Blockchain-Supported Authentication Based On Online And Offline Business In Organic Agricultural Supply Chain. Computers & Industrial Engineering, Https://Doi.Org/10.1016/J.Cie.2022.108738.

Smith, S., & Doran, J. (1996). Sustainable Agriculture: An Analysis Of The Environmental Impact Of Farming Practices. Agricultural Systems, 52(2), 223-237.

Shouchen, L., & Zhaoyu, Y. (2023). Modeling And Efficiency Analysis Of Blockchain Agriculture Products E-Commerce Cold Chain Traceability System Based On Petri Net. Volume 9, Issue 11, Https://Doi.Org/10.1016/J.Heliyon.2023.E21302.

Sotomayor, Ramirez, & Martinez. (2021). Digitalización Y Cambio Tecnológico En Las Mipymes Agrícolas Y Agroindustriales En América Latina. Retrieved From Naciones Unidas: Https://Repositorio.Cepal.Org/Handle/11362/46965

Touhidul, A., Shabnam, S., Apubra, D., & Rakib, H. (2023). A Peer-To-Peer Blockchain-Based Architecture For Trusted And Reliable Agricultural Product Traceability. Decision Analytics Journal, Https://Doi.Org/10.1016/J.Dajour.2023.100363.

Tovar Soto, J., Solórzano Suárez, J., Badillo Rodriguez, A., & Rodríguez Cainaba, O. (2019). Internet De Las Cosas Aplicado A La Agricultura: Estado Actual. Retrieved From Lámpsakos: Https://Dialnet.Unirioja.Es/Servlet/Articulo?Codigo=7210369

Womack, J., & Jones, D. (1996). Lean Thinking: Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation. New York: Free Press.

Xiaofei, L., Jianguo, D., Wen, L., & Fakhar, S. (2023). Green Ambitions: A Comprehensive Model For Enhanced Traceability In Agricultural Product Supply Chain To Ensure Quality And Safety. Journal Of Cleaner Production, Https://Doi.Org/10.1016/J.Jclepro.2023.138397.

Xu, Y., Zhang, B., & Zhang, L. (2018). A Technical Efficiency Evaluation System For Vegetable Production In China. Information Processing In Agriculture, Https://Doi.Org/10.1016/J.Inpa.2018.05.001.

Yuhan , B., Zhang, K., Xiaochun, C., & Yintang, Y. (2021). Blockchain-Based Trust Management For Agricultural Green Supply: A Game Theoretic Approach. Journal Of Cleaner Production, Https://Doi.Org/10.1016/J.Jclepro.2021.127407.

9. ANEXOS

Anexo 1

Formato Tratamiento De Datos

Septiembre de 2023

Estimado(a) productor(a),

Nos complace darle la bienvenida a este cuestionario dedicado a la medición de "Ineficiencias Lean y Green" en unidades agrícolas de la región del Tequendama. Esta iniciativa hace parte del desarrollo de un proyecto de investigación adscrito a la Universidad de La Salle. Su participación es esencial para comprender y mejorar la eficiencia y sostenibilidad en las actividades agrícolas.

En un mundo donde la población crece constantemente, es crucial que la agricultura sea eficiente y respetuosa con el medio ambiente. Los conceptos Lean y Green son dos enfoques que han ganado terreno en diversas industrias, y su aplicación en la agricultura se vuelve cada vez más relevante. Aquí hay un breve resumen de lo que representan:

Lean: Se refiere a la búsqueda constante de la eficiencia a través de la eliminación de ineficiencias de proceso (desperdicios). En la agricultura, esto implica intervenir estas ineficiencias para obtener una producción óptima.
Green: Se centra en la sostenibilidad y la reducción del impacto ambiental. En el contexto agrícola, se trata de cultivar de manera responsable, minimizando la contaminación, el agotamiento de recursos naturales buscando así reducir el uso de recursos como agua, suelo, energía, entre otros.

Este cuestionario tiene como objetivo comprender mejor cómo se están aplicando estos principios en la agricultura y cómo se pueden optimizar aún más. Al participar, estará contribuyendo al avance de prácticas agrícolas más eficientes y sostenibles que beneficiarán tanto a los productores como al medio ambiente.

Sus respuestas son fundamentales para ayudarnos a identificar áreas de mejora y desarrollar estrategias que promuevan una agricultura más eficiente y ecológica. Confirmamos el **manejo confidencial de los datos.** Por lo anterior, su nombre y apellidos, número de identificación, número telefónico y correo electrónico **no serán registrados** en la base de datos del estudio. Adicionalmente, la seguridad de acceso a los datos será mediante clave con un periodo de consulta máximo de 2 años.

Agradecemos su tiempo y compromiso en este importante proyecto.

Confirmación de interés en participar en este estudio.

_____

Nombre del productor:
Identificación:
Teléfono:
Correo electrónico:

Atentamente,

Ing. Andrés Hualpa Zúñiga
Docente Universidad de La Salle
3114789116 – amhualpa@unisalle.edu.co

Ing. Msc. Andrés Hualpa Zúñiga

Anexo 2

Formato De Encuesta Modelo De Medición Lean & Green Unidades Agrícolas Región Del Tequendama.

MODELO DE MEDICIÓN LEAN & GREEN
UNIDADES AGRÍCOLAS
REGIÓN DEL TEQUENDAMA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

Formato Analista

A. DATOS GENERALES

1. Fecha de Registro (Día/Mes/Año) (__/_____/____)

2. Nombre de la Finca:

3. Municipio:

Anapoima	Anolaima	Apulo	Cachipay	El Colegio	La Mesa	Quipile	San Antonio	Tena	Viotá

4. Coordenada Geográfica Latitud:

5. Coordenada Geográficas Longitud:

6. Altura geográfica:

7. Extensión del terreno (ha):

8. Extensión de Área Sembrada (ha):

9. ¿Tiene otros cultivos diferentes al de Mango?

Aguacate	Ahuyama	Albahaca	Arveja	Banano	Cacao	Café

Ing. Msc. Andrés Hualpa Zúñiga

Calabacín	Caña	Chirimoya	Fríjol	Granadilla	Guatila	Guayaba
Habichuela	Lechuga	Limón	Limonaria	Lulo	Maíz	Mandarina
Mango	Maracuyá	Mora	Naranja	Pimentón	Pitahaya	Plátano
Ruscus	Sábila	Sacha inchi	Tangelo	Tomate	Tomate de árbol	Yuca

10. ¿Qué función o labor desempeña en la finca?

Dueño	Administrador	Trabajador	Otro

11. ¿Qué nivel máximo de escolaridad tiene?

Primaria	Secundaria	Técnica	Universitaria	No tiene

12. ¿Cuántas personas trabajan para usted de manera permanente en la finca?

Cero	Una	Dos	Tres	Cuatro	Más de cuatro

13. ¿Cuántas personas trabajan de manera temporal en la finca?

Cero	Una	Dos	Tres	Cuatro	Más de cuatro

14. ¿Realiza alguna de las siguientes transformaciones al producto?

Mermelada	Jugo	Almíbar	Pulpa congelada	Pulpa deshidratada	Jarabe	Néctar
Helados	Dulces	Salsas	Encurtido	Aceites	Alimento de animales	Otro

B. TRAZABILIDAD

15. ¿Utiliza algún elemento de identificación para diferenciar insumos y/o herramientas en procesos agrícolas?

Marcación manual	Rótulo	Etiqueta	No utiliza identificación

16. ¿Realiza alguno de los siguientes registros?

Compra insumos	Fertilización	Manejo de plagas	Almacenaje	Distribución	No realiza registros

17. ¿Utiliza alguno de los siguientes equipos electrónico en sus labores agrícolas utiliza?

Celular	Tablet	Computador	Otro	No utiliza apoyo

Ing. Msc. Andrés Hualpa Zúñiga

18. ¿Cuenta con acceso a internet?

Si	No

C. LEAN

19. Transporte

Existen desplazamientos innecesarios de personas, insumos, maquinaria herramientas o productos cosechados	Evita desplazamientos innecesarios de personas, insumos, maquinaria herramientas o productos cosechados	Planea desplazamientos de personas, insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados de acuerdo a procedimientos documentados
1	x2	3

20. Inventario

Presenta desorden y cantidades insuficientes de insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados en el almacén	Almacena de manera apropiada y en cantidades justas los insumos, maquinaria, herramientas o productos cosechados	Planea ubicación y cantidades necesarias de insumo, maquinaria, herramientas o productos cosechados de acuerdo a procedimientos documentados
1	x	

21. Defectos

No realiza seguimiento a defectos del producto cosechado	Hace seguimiento y control a defectos del producto cosechado	Planea acciones de control para mitigar defectos de producto cosechado de acuerdo a procedimientos documentados

22. Tiempo

Periodos de inactividad de personas o maquinaria son frecuentes en los procesos agrícolas	Evita en los procesos agrícolas periodos de inactividad de personas o maquinaria	Planea acciones anticipadas para evitar en los procesos agrícolas periodos de inactividad de personas o maquinaria de acuerdo con procedimientos documentados

23. Reprocesos

Existen procesos agrícolas innecesarios	Promueve eliminación de procesos innecesarios	Planea acciones anticipadas para eliminar procesos innecesarios de acuerdo con procedimientos documentados

24. Movimiento

Ing. Msc. Andrés Hualpa Zúñiga

Existen actividades en los procesos agrícolas innecesarias	Promueve en los procesos agrícolas la eliminación de actividades innecesarias	Planea acciones anticipadas para eliminar actividades innecesarias de acuerdo con procedimientos documentados

25. Sobreproducción

Es frecuente la producción elevada que genera unidades no vendidas	Evita producción elevada que genera unidades no vendidas	Planea acciones anticipadas para vender la cantidad de producto cosechado

D. GREEN

26. Consumo de energía

No existe seguimiento del consumo de energía en actividades agrícolas	Hace seguimiento al consumo de energía en actividades agrícolas	Planea acciones de reducción de consumo de energía en actividades agrícolas de acuerdo a procedimientos documentados

27. Residuos

No realiza actividades de disposición de residuos sólidos y líquidos generados en actividades agrícolas	Realiza actividades de disposición de residuos sólidos y líquidos generados en actividades agrícolas	Planea acciones de disposición de residuos sólidos y líquidos de acuerdo a procedimientos documentados

28. Consumo de agua

No existe seguimiento del consumo de agua en actividades agrícolas	Hace seguimiento al consumo de agua en actividades agrícolas	Planea acciones de reducción de consumo de agua en actividades agrícolas de acuerdo a procedimientos documentados

29. Emisiones

Son frecuentes las quemas o combustión de material proveniente de actividades agrícolas	Hace seguimiento y control de quemas o combustión de material proveniente de actividades agrícolas	Planea acciones que evitan quemas o combustión de material proveniente de actividades agrícolas de acuerdo a procedimientos documentados

30. Vertimientos

No realiza actividades de control de vertimientos de actividades agrícolas en cuerpos de agua	Controla vertimientos de actividades agrícolas en cuerpos de agua	Planea acciones que evitan vertimientos de actividades agrícolas en cuerpos de agua de acuerdo con procedimientos documentados

Ing. Msc. Andrés Hualpa Zúñiga

31. Contaminación de suelo

No realiza actividades de control de productos contaminantes aplicados al suelo o acciones de mecanizado	Aplica control y manejo de contaminación de suelos	Planea acciones que evitan el uso de contaminantes en el suelo y acciones de mecanizado de acuerdo con procedimientos documentados

32. Ruidos

Se emiten de manera frecuente ruidos generados por actividades agrícolas que perturban el ecosistema	Hace control de ruidos que perturban el ecosistema generado por actividades agrícolas	Planea acciones que evitan ruidos que perturban el ecosistema de acuerdo a procedimientos documentados

E. SOCIAL

33. Impacto prácticas agrícolas salud humana

Existe impacto en la salud de las personas que trabajan en actividades agrícolas	Mitiga el impacto en la salud de las personas que trabajan en actividades agrícolas	Planea acciones de mitigación del impacto en la salud de las personas que trabajan en actividades agrícolas de acuerdo con procedimientos documentados

F. MADUREZ OPTIMIZACIÓN

34. ¿Objetivos de mejora cuantificados?

Si	No

35. ¿Seguimiento estadístico de indicadores Lean & Green?

Si	No

36. ¿Acciones de capacitación continua de trabajadores?

Si	No

37. ¿Acciones de predicción de desempeño Lean & Green?

Si	No

G. MADUREZ INNOVACIÓN

Ing. Msc. Andrés Hualpa Zúñiga

38. ¿Acciones de mejora continua?

Si	No

39. ¿Objetivos cuantificados revisados periódicamente?

Si	No

40. ¿Estabilización de indicadores L&G?

Si	No

41. ¿Acciones anticipadas de promoción y mejora?

Si	No