



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación

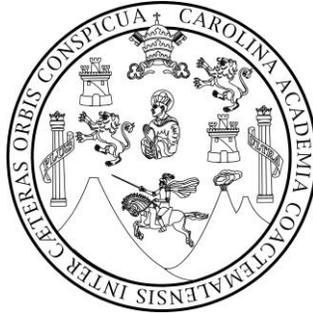
**TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE
INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN
SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA**

Lic. Marvin René Yac Cortez

Asesorado por el MBA Everest Darwin Medinilla Rodríguez

Guatemala, mayo de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE
INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN
SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LIC. MARVIN RENÉ YAC CORTEZ

ASESORADO POR EL MBA EVEREST DARWIN MEDINILLA RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN**

GUATEMALA, MAYO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Alvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Marlon Antonio Perez Türk
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Everest Darwin Medinilla Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 11 de agosto de 2021.

Marvin René Yac Cortez

LNG.DECANATO.OI.355.2022

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA**, presentado por: **Marvin René Yac Cortez**, que pertenece al programa de Maestría en artes en Tecnologías de la información y la comunicación después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, mayo de 2022

AACE/gaoc



Guatemala, mayo de 2022

LNG.EEP.OI.355.2022

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

“TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA”

presentado por **Marvin René Yac Cortez** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Tecnologías de la información y la comunicación** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Colí

Director

**Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería**





Guatemala, 14 de noviembre 2021

M.A. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

M.A. Ingeniero Álvarez Cotí:

Por este medio informo que he revisado y aprobado el **TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: "TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA" del estudiante **Marvin René Yac Cortez** quien se identifica con número de carné **100016000** del programa de **Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación**.

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el *Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014*. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Atentamente,

MARLON ANTONIO PEREZ TURK
INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS
COLEGIADO No. 4492

MA. Ing. Marlon Antonio Pérez Türk
Coordinador

Maestría en Tecnologías de la Información y la Comunicación
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, noviembre de 2021.

M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí

Director

Escuela de Estudios de Postgrado

Presente

Estimado M.A. Ing. Álvarez Cotí

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: **“TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA”** del estudiante **Marvin René Yac Cortez** del programa de Maestría en **Tecnologías de la Información y la Comunicación**, identificado con número de carné: **100016000**.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



MSc. Ing. Everest Darwin Medinilla Rodríguez

Colegiado No. 4,332

Asesor de Tesis

Everest Darwin Medinilla Rodríguez
Ingeniero en Ciencias y Sistemas
Colegiado 4,332

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por concederme la vida, hacerme sentir la necesidad y permitir saciarme de un poco más de conocimiento durante el curso de este trabajo.
Mis padres	Paulina Cortez (q. d. e. p.) y Miguel Yac, muchas gracias por su amor y buenos ejemplos.
Mi esposa	Emilza Colop, muchas gracias por su apoyo y la influencia más importante de amor y trabajo en mi vida.
Mi hijo	Guillermo Yac, por llegar y permitirme vivir las nuevas etapas y oportunidades que nos regala la vida.
Mis profesores	Algunos sembraron, otros regaron, no podría nombrar a tantos y agradecerles por cultivar en nosotros sus alumnos la semilla del conocimiento.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por procurarnos educación, instrucción y las herramientas para ampliar nuestros horizontes.
Facultad de Ingeniería	Por hacer realidad la oportunidad que todos necesitamos de estudiar una maestría.
Mis amigos de la Facultad	Gracias por su apoyo y compañerismo, que siempre permanezca nuestra amistad.
Asesor	Gracias por sus consejos e interés genuino en apoyarme a culminar bien esta investigación.
La finca	Gracias al propietario por la oportunidad y al personal por su tiempo y apoyo con este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	XI
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XIII
OBJETIVOS.....	XVII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XIX
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 Otros estudios de la transformación digital en la agricultura.	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Transformación Digital.....	5
2.1.1 Definición	5
2.1.2 Características	6
2.1.3 Tipología	7
2.1.4 Procesos.....	8
2.1.5 Metodología	9
2.2 Automatización	9
2.2.1 Definición	10
2.2.2 Características	10
2.2.3 Tipología	13
2.2.4 Metodología	15
2.3 Control de Inventarios.....	15

2.3.1	Definición.....	15
2.3.2	Características.....	16
2.3.3	Procesos	17
2.4	Cosechas de Nuez de Macadamia	17
2.4.1	Definición.....	17
2.4.2	Características.....	18
2.4.3	Procesos	19
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	21
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	49
4.1	Análisis interno	49
4.2	Análisis externo	51
	CONCLUSIONES.....	59
	RECOMENDACIONES	61
	REFERENCIAS	63
	APÉNDICES.....	67

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	DPN Cosecha y procesamiento de la nuez de macadamia.....	24
2.	DPN Cosecha y procesamiento de la nuez de macadamia.....	25
3.	DPN Cosecha y procesamiento de la nuez de macadamia.....	25
4.	Diagrama Entidad – Relación: Datos de cosechas	27
5.	Diagrama Entidad – Relación: Datos de producto procesado	28
6.	Flujo de datos: Cosecha de nuez de macadamia.....	29
7.	Flujo de datos: Cosecha de nuez de macadamia.....	30
8.	Comparativo de los factores que dificultan la transición digital.	32
9.	No se necesita adoptar la tecnología digital.	33
10.	Recurso económico.....	33
11.	Resistencia al cambio del personal	34
12.	La falta de tiempo del personal	34
13.	La falta de conocimiento o capacitación.....	35
14.	Falta de tecnología digital adecuada.....	35
15.	Diagrama conceptual de automatización	36
16.	Diagrama conceptual de automatización	37
17.	Diagrama Contextual, Nivel 1 del Modelo C4.....	39
18.	Diagrama de Contenedores, Nivel 2 del Modelo C4	40
19.	Monitoreo de Trabajo en Campo, Nivel 3 del Modelo C4.....	41
20.	Recepción en Beneficio, Nivel 3 del Modelo C4.....	42
21.	Recepción y Entrega en Bodega, Nivel 3 del Modelo C4.....	43
22.	Interface de Datos, Nivel 3 del Modelo C4	44
23.	Pantallas del Inicio y Registro de Usuarios	45

24.	Pantallas del Ingreso y Opciones Funcionales	46
25.	Pantallas de Recolección en Campo y Recepción en Beneficio	47
26.	Pantallas de Bodega para Recepción y Entrega.....	48

TABLAS

I.	Matriz de operacionalización de variables	XX
II.	Personal que participó en entrevista y encuesta.....	21
III.	Procesos por departamento.....	22
IV.	Matriz de evaluación de procesos generadores de datos	23
V.	Entidades maestras	26
VI.	Entidades transaccionales	26
VII.	Indicadores de la variable	31
VIII.	Matriz de valores de las respuestas.....	32
IX.	Valoración de los factores.....	38
X.	Departamentos participantes en la investigación	50
XI.	¿Dónde se generan los datos de los controles manuales?.....	50
XII.	Tipos de factor que dificultan la transición digital en la finca.....	51
XIII.	Factores limitantes e impulsores para adoptar las TIC	54

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
h	Hora
lb	Libra
qq	Quintal
un	Unidad

GLOSARIO

Automatizar	Consiste en crear controles de los procesos de una empresa, con el objetivo de tener la mínima cantidad de personas haciendo labores operativas. Los beneficios de esto son muchísimos, se reducen los tiempos de latencia, se baja el número de errores y los costos de operación son mucho menores.
BPMN 2.0	<i>Business Process Model and Notation Version 2.0</i> , la Versión 2 del Modelo y Notación de Procesos de Negocio.
BPR	<i>Business Process Reengineering</i> , que traducido es Reingeniería de Procesos de Negocio.
CBHMS	<i>Cloud-Based Harvest Management Software</i> , que traducido es <i>Software</i> para la Gestión de Cosechas Basado en la Nube, abreviado SGCBN.
Control	Puede ser el dominio sobre algo o alguien, una forma de fiscalización, un mecanismo para regular algo manual o sistémicamente. Comprobación, inspección, fiscalización, intervención.
DPN	Diagrama de Proceso de Negocios

IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
Lector CB	Un lector de códigos de barras o lector CB, es un escáner capaz de leer los códigos de barras por medio de un láser o un lector de área. Se trata de un dispositivo electrónico cuya función principal es rastrear estos códigos y enviar los datos, mediante una antena <i>WiFi</i> , <i>Bluetooth</i> o cable, a un terminal u ordenador que gestionará y almacenará la información obtenida mediante las lecturas realizadas.
Metodología C4	Consiste en un conjunto jerárquico de diagramas de arquitectura de software: contexto, contenedores, componentes y código. Cada jerarquía proporciona un nivel diferente de abstracción o enfoque.
NIH	Corresponden a las palabras <i>Nut in Husk</i> que traducido significa Nuez en Cáscara, así se denomina el fruto de nuez de macadamia tal como se recolecta del campo.
NIS	Corresponden a las palabras <i>Nut in Shell</i> que traducido significa Nuez en Concha, así se denomina al fruto de nuez de macadamia después que se ha descascarado.

Nivel de inventario	Es la situación de la existencia de producto en los almacenes, puede ser exacto, sobrante o faltante, lo ideal para una empresa es tener un nivel exacto de todos los tipos de inventarios que maneja.
Nuez de macadamia	Las nueces de macadamia son un fruto de textura dura que se puede tomar como <i>snack</i> crudo, al igual que cualquier otro fruto seco, tostadas o en recetas para elaborar postres. A partir de este alimento también se fabrican aceites de cocina o cosméticos.
PLMS	<i>Portable Labor Monitoring System</i> que traducido es Sistema Portátil de Monitoreo del Trabajo.
POS	<i>Point of Sale</i> , que traducido es Punto de Venta.
RRHH	Recursos Humanos.
Sistema RFID	Un sistema RFID, <i>Radio Frequency Identification</i> o Identificación por Radio Frecuencia, se basa en un lector/escritor y un <i>tag</i> o <i>transponder</i> . El objetivo es transmitir datos mediante el <i>tag</i> portátil leído por el lector RFID. Los datos transmitidos dependen de cada aplicación, por ejemplo, la localización del producto.
Sistema	Un conjunto de elementos interrelacionados que funciona como un todo. Cada elemento del sistema puede funcionar independiente, pero forma parte de una estructura mayor u otro sistema.

Tecnología digital	A diferencia de la análoga, se expresa en números cero y uno, lo cual permite manipular los datos e información digitales de forma exacta, precisa, con mínimo margen de error, y de forma continua.
TI	Tecnología de la Información.
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación.
Transformación digital	Integración de tecnología digital en los procesos de una empresa, provocando un cambio radical en la forma de hacer las cosas para brindar valor a sus clientes, un cambio cultural de reinención de la organización.
Usuario directo	Es el que utiliza el sistema a nivel transaccional, es decir alimenta, captura o digita datos al sistema, el usuario directo también es un usuario final.

RESUMEN

Esta investigación aplicada pretende proponer la transformación digital, a través de la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala; donde todavía se realizan los controles de forma manual, que provocan tardanza e inexactitud en obtener la información de cosechas y procesamiento; tampoco hay ninguna propuesta para adoptar la tecnología digital que facilite el acceso oportuno y confiable a dicha información.

El diseño de esta investigación es no experimental, del sub-diseño no experimental transversal, alcance descriptivo y enfoque mixto.

Se utilizó el método descriptivo, las técnicas de la entrevista, la encuesta y el análisis de procesos. Se usó el instrumento de la entrevista profunda no estructurada, el cuestionario, diagramas de procesos, de flujo de datos, de entidad relación, la metodología C4 y el prototipo para la propuesta de mejora.

Fue importante encontrar que los factores que se deben atender para una transición digital en la finca están relacionados con la cultura de los trabajadores, no tanto con la disposición de recursos tecnológicos ni financieros. Y se logró hacer el diseño conceptual, de la automatización de los controles de las cosechas e inventarios de la producción de nuez de macadamia.

Se recomienda iniciar una alfabetización digital en la finca, para que la adopción de la propuesta de solución no se perciba como una imposición sino como la satisfacción de una necesidad que beneficiará a todos, tanto al cliente como a la empresa misma que administra la finca productora de nuez de macadamia.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se desconoce si los procesos del control de inventarios de la cosecha y producto terminado de la nuez de macadamia pueden aprovechar la transformación digital, no hay una propuesta de un sistema automatizado que proporcione reportes exactos y oportunos de las existencias de dichos inventarios, para la mejora continua en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

La información de inventarios de cosecha y producto procesado de la nuez de macadamia se entrega tarde y se duda de su exactitud porque los controles se realizan a mano en formularios de papel que luego se transcriben a hojas electrónicas, no hay un sistema automático para este propósito. Tampoco se sabe cómo automatizar estos procesos de control en la finca.

- Descripción general del problema

Hace falta reconocer la oportunidad de la transformación digital con un sistema de control de inventarios automatizado de la cosecha y producto terminado de la nuez de macadamia, para apoyar la mejora continua en la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Los controles manuales de las cosechas y procesamiento de la nuez de macadamia dificultan conocer los datos exactos y a tiempo de las existencias y trazabilidad. Se desconocen los factores que han dificultado la adopción de una mejor tecnología para estos controles. No ha habido una propuesta de automatización para apoyar la mejora continua.

- Definición del problema

Se debe esperar al menos una semana para obtener la información de las cosechas y los niveles de inventario de la producción de nuez de macadamia. El proceso manual es lento y propenso a errores de transcripción por la legibilidad de la escritura de los asistentes de cosecha.

No se cuenta con ningún método rápido de saber cuánto producto se ha cosechado durante cierto lapso, también es difícil saber los niveles de existencias del producto procesado. Falta una transformación digital a través de un sistema automatizado de control de inventarios de las cosechas.

La toma de decisiones es lenta e inoportuna, en relación a la gestión de ventas del producto y finalmente al manejo de plantaciones, dependiente de la intuición de las personas y no de los datos.

- Problemas específicos

Los controles manuales del inventario de nuez de macadamia cosechada están propensos a ser inexactos y sobre todo lentos en dar informes útiles al departamento de ventas, al departamento contable y a la gerencia de la empresa.

Los controles manuales actuales no están aprovechando la automatización, porque no han evolucionado con la transformación digital.

La falta de un sistema automatizado de control provoca la generación de desconfianza e incertidumbre en la información de cosechas y en los procesos

del departamento de producción, lo que hace pensar que se toman decisiones intuitivas e ineficientes, que dependen de las personas y no de los datos.

- Pregunta central de investigación

¿A través de qué tipo de sistema proponer la transformación digital en una finca que produce nuez de macadamia, ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala?

- Preguntas auxiliares de investigación
 - ¿Cuáles son los procesos de control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia aptos para la automatización en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala?
 - ¿Cuáles son los principales factores que dificultan la transformación digital para la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala?
 - ¿Qué diseño proponer para automatizar los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia a propósito de la transformación digital en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala?

OBJETIVOS

General

Proponer la transformación digital a través de la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia, en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Específicos

1. Determinar cuáles son los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia aptos para la automatización en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.
2. Identificar los principales factores que dificultan la transformación digital a través de la automatización del control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.
3. Proponer el diseño conceptual para una automatización de los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia a propósito de la transformación digital en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

A continuación, se describe cómo se desarrolló la propuesta de investigación aplicada. Se indica el tipo de investigación que se abordó, cuáles técnicas e instrumentos se utilizaron para recopilar los datos y los procedimientos realizados para llevar a cabo la investigación.

Esta investigación es de tipo descriptivo, debido a que describe y analiza la situación de los procesos y a continuación propone la posible solución de mejora, no contempla la implementación de la solución.

El diseño de esta investigación es no experimental, porque no modifica ninguna variable, solo propone una mejora. Asimismo, es del sub-diseño no experimental transversal, porque los datos son recolectados en corto tiempo; con el objetivo de conocer los controles de inventarios existentes y el aporte de este trabajo es hacer una propuesta de mejora de dichos controles en el ámbito de la transformación digital.

La investigación tiene un alcance descriptivo, aunque el enfoque es mixto porque contiene una parte de análisis cualitativa y una parte cuantitativa. Se hace uso de la técnica análisis de procesos, se utilizó la herramienta de la entrevista y el cuestionario, así como diagramas de procesos de negocio, diagramas de flujo de datos, de entidad-relación, del modelo C4 y el prototipo.

Las variables de investigación son:

- Los procesos de control de cosechas e inventarios de nuez de macadamia.
- Los factores que dificultan la transformación digital en la finca.
- Los procesos de control de inventarios con oportunidad de ser automatizados.

En la tabla I se plasma la operacionalización de las variables, la cual se necesita realizar por la condición abstracta de las mismas.

Tabla I. **Matriz de operacionalización de variables**

Problema	Variables	Definición	Dimensiones	Indicadores
Se desconoce si los procesos del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia pueden aprovechar la transformación digital para la mejora continua de la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.	Controles de inventarios	Procedimientos en los cuales se pueden capturar datos de transacciones de inventarios	Descripción, Transacción, Ubicación, Trabajador	1-Controlado 2-No controlado
	Factores que dificultan la transformación digital	La razón o causa de la situación actual de los controles de inventarios de las cosechas de nuez de macadamia	Tipo de causa	1-Prescindible 2-Costo económico 3-Resistencia al cambio 4-Tiempo 5-Capacitación 6-TIC's
	Los procesos de control con oportunidad de ser automatizados	Reconocimiento de la necesidad de automatizar los controles de inventarios	Existencia de la necesidad	1-Si 2-No

Fuente: elaboración propia.

El conjunto de estudio es el grupo de procesos de control de inventarios durante el proceso de cosecha de nuez de macadamia que comienza desde el plan de recolección hasta que se despacha el producto para la venta al cliente.

En consecuencia, el conjunto de las personas involucradas que podían aportar datos sobre la situación de los controles y sobre las posibilidades de mejora, son pocas con un máximo de 12 personas.

Era importante entender todos los procesos de control de las cosechas y también tomar en cuenta la opinión de las 12 personas. No era válido excluir a nadie por lo que se toma en cuenta el universo, no se muestrea.

Se incluyen únicamente los procesos de control de inventarios de cosechas y de procesamiento del cultivo de nuez de macadamia; dicho producto se recolecta durante cualquier época del año, lo que garantiza que se pueda realizar el trabajo de investigación en cualquier momento. Del mismo modo, se incluye solo personal involucrado en el proceso de cosecha y de procesamiento de la nuez de macadamia para las entrevistas.

Se excluyen cualquier otro proceso relacionado a cualquier otro cultivo diferente a nuez de macadamia, por la necesidad de poder observar el proceso en cualquier día del año. No se entrevista a ninguna persona que no esté involucrada en el proceso estudiado. Esto es para minimizar el riesgo de recopilar opiniones o datos inexactos de personas que desconocen el proceso de cosecha de la nuez de macadamia y afectar negativamente la investigación.

Se utilizó el método descriptivo porque el objetivo principal era identificar los procesos principales del caso bajo estudio o análisis.

Se usó la técnica de la observación directa porque no se participó dentro del caso, sino que se observó desde afuera.

Se recurrió a los instrumentos de la observación, la entrevista y el cuestionario, porque había que determinar el flujo de procesos de negocio y la opinión de los usuarios sobre el tema de la transformación digital.

Fue necesario ir a ver cómo suceden la recolección y las entregas del producto recogido del campo al beneficio, del beneficio a la bodega, y cómo suceden los despachos cuando se envía el producto para la venta. También fue necesario entrevistar al personal involucrado en los controles de la cosecha y del procesamiento.

Se hizo una reunión informativa, con todas las personas que tienen funciones laborales relacionadas a los procesos de inventarios de las cosechas de nuez de macadamia, para asegurar el conocimiento del propósito de la propuesta de investigación y pudieran estar anuentes a colaborar.

Se identificó cada proceso principal y se tomó un ejemplo de cada formulario físico utilizado actualmente, para conocer la indispensabilidad de cada proceso y se generó el respectivo diagrama, por ejemplo, de procesos, de entidad relación y de flujo de datos, según los objetivos de la investigación.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo consiste en realizar una propuesta de automatización, de los procesos de control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia, en una finca porque se necesita rapidez y exactitud en la obtención de información para la mejora continua y competitividad de la empresa. Todos estos controles se siguen realizando de forma manual, lo que provoca tardanza e inexactitud en obtener los informes de cosechas. Es importante abordar este proyecto desde el punto de vista de una transición digital, para que las decisiones en la finca se tomen con base en los datos, no solamente en la intuición y la costumbre.

El problema, de lentitud e inexactitud, puede provocar la pérdida de oportunidades de negocio, al no tener una forma de tomar las mejores decisiones. Por lo tanto, cabe cuestionar por qué no se han automatizado estos controles al considerar que la finca tiene décadas de existir, con el riesgo de rezagarse de la competencia por la evidente falta de incursionar en la transformación digital en sus procesos operativos.

La importancia de esta investigación aplicada se deriva de la importancia de los negocios agrícolas en nuestro país, porque además de buscar su rentabilidad en medio de una competencia globalizada, cumplen una función de apoyo al desarrollo sostenible de la población por medio de la alimentación y nutrición adecuadas y por eso vale la pena que la agricultura invierta en la mejora continua.

Se logró hacer un diseño conceptual para automatizar los controles de cosecha, como una propuesta para que la finca logre mejores resultados, pero sobre todo se logró detectar por orden de importancia los factores que han dificultado una transición digital en la finca, para que la propuesta de solución no solo sea de forma, sino que también de fondo.

Se abordó la investigación con entrevistas y encuestas a los usuarios directos y con un análisis de procesos, para luego documentarse de posibles tecnologías disponibles en el mercado que se pueden adoptar en la finca.

El capítulo 1 contiene el marco referencial, que es el estado del arte y otros estudios sobre el tema de la transformación digital y los negocios agrícolas.

En el capítulo 2 se desarrolla de forma estructurada un marco teórico que incluye la transformación digital, la automatización, los controles de inventarios y la cosecha de nuez de macadamia.

El capítulo 3 expone los resultados obtenidos, cuáles y cómo son los procesos de control de las cosechas y el producto procesado; cuáles son los factores que han dificultado la transición digital en estos procesos operativos; y cómo se pueden automatizar dichos procesos.

El capítulo 4 discute los resultados de la investigación internos y externos.

Finalmente se resalta las conclusiones importantes y en consecuencia se hace las recomendaciones a la finca para incursionar en la tecnología digital y la automatización de sus procesos de control de cosechas y producto procesado de nuez de macadamia.

1. MARCO REFERENCIAL

La incursión en las tecnologías digitales, a veces se hace simplemente porque el entorno obliga a hacerlo, por ejemplo, las personas aprenden a usar aplicaciones de conversación usando un teléfono inteligente, si quieren mantener la comunicación con sus conocidos y amigos. Sin embargo, en las empresas, específicamente, en las agrícolas ese paso no es tan sencillo, porque hay otros factores que dificultan una transformación digital a nivel empresarial.

1.1. Otros estudios de la transformación digital en la agricultura.

Vega, Carvajal, y Morales (2019) publicaron resultados parciales de un proyecto, según su informe “Transformación Digital en el Sector Agrícola. Sistema de Información para Producción Hortofrutícola como Apoyo al Centro Agrícola Cantonal de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica” en el cual expresan que “las tecnologías digitales tienen el potencial de revolucionar la agricultura apoyando a los productores con un trabajo más preciso, eficiente y sostenible, bajo un proyecto de esta naturaleza desarrollado con metodologías ágiles participativas y con tecnologías *open-source*.” (p. 3).

De igual manera, Vega, Carvajal, y Morales (2019) exponen que “se hace necesario reorientar la investigación hacia las demandas prioritarias de los productores y productoras y el desarrollo de tecnologías que mejoren los procesos productivos en materia de calidad, inocuidad, que permitan aumentar rendimientos...” (p. 3).

Vega, Carvajal, y Morales (2019) concluyen que “El impacto de (su) proyecto en el cantón de Nicoya está en la integración de las TIC (...) para propiciar trazabilidad agrícola con la recopilación, almacenamiento, gestión y difusión de información asociada a un producto alimenticio.” (p. 3).

Asimismo, Nagel (2012), en su informe “Principales Barreras para la Adopción de las TIC en la Agricultura y en las Áreas Rurales”, de un proyecto cofinanciado por la CEPAL y la Unión Europea, expone que la barrera que dificulta la transformación digital se trata exclusivamente de educación o capacitación, no se trata de la actitud.

El autor Nagel (2012) encontró que hay factores que limitan y otros que impulsan la adopción de las TIC en la agricultura. Él dice que las “capacitaciones no avanzan, normalmente, hacia el desarrollo de habilidades para identificar, evaluar, y utilizar información. Estas constituyen operaciones que son necesarias para aplicar las TIC a la gestión agropecuaria, pero que los agricultores no están habituados a realizar.” (p. 24)

Lo anterior quiere decir que la capacitación digital debe mejorar su enfoque, no solo que los agricultores sean generadores de datos, sino también que sean consumidores de datos, para que realmente aprovechen las nuevas tecnologías bajo el enfoque de una transición digital en la agricultura.

En la Revista Prisma Social No. 25 se publican los resultados de un estudio titulado “La Cultura Corporativa: Claves de la Palanca para la Verdadera Transformación Digital”, en consecuencia, de uno de sus objetivos a “Determinar las principales barreras que pueden presentarse en el proceso de transición a la industria 4.0 desde la óptica de la cultura corporativa” los autores concluyen lo siguiente:

“Otro de los grandes errores, en los que caen la mayoría de las organizaciones, es el de limitarse a entender la transformación digital como la mera incorporación de tecnología digital. Sin duda alguna es un paso, pero para embarcarse realmente en la era digital es necesario un compromiso mayor que no puede entenderse sin una transformación de la cultura organizacional.” (Muñoz, Sebastián y Núñez, 2019, p. 453)

Esto hace evidente que había que considerar el factor corporativo para abordar el tema de la transformación digital en la presente investigación aplicada.

Fue importante encontrar la propuesta de Ampatzidis, Tan, Haley, y Whiting (2016) en su trabajo publicado en el artículo “*Cloud-based harvest management information system for hand-harvested specialty crops*”, lo que traducido es Sistema de Información de Gestión de Cosechas Basado en la Nube.

La propuesta de Ampatzidis, Tan, Haley, y Whiting (2016), básicamente, consiste en dos partes, primero un sistema PLMS *Portable Labor Monitoring System* que traducido es un Sistema Portátil de Monitoreo del Trabajo, y un CBHMS *Cloud-Based Harvest Management Software* que traducido es Software de Gestión de Cosechas Basado en la Nube. Con esto se puede trasladar al campo el pesaje de la cosecha, su identificación de origen y quién es el recolector. Esta información se carga en línea al sistema basado en la nube, sin afectar el trabajo de cosecha y garantizando un registro rápido y exacto de los datos de cosechas.

Este diseño descriptivo puede servir de modelo, quizás con alguna variante según las necesidades de la finca, para proponer la automatización necesaria de los controles de cosecha con el enfoque de la transformación digital.

Este enfoque es importante según Bert (2021), con el apoyo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, publica un artículo bajo el título de *La digitalización de la agricultura como determinante para la transformación de los sistemas alimentarios: una perspectiva desde las Américas* en el cual afirma que “la digitalización de la agricultura puede ser el desencadenante principal de la transformación de los sistemas alimentarios, y así constituirse en un proceso esencial para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.” (p. 3)

Los estudios anteriores hacen evidente que es transcendental implementar la digitalización en la agricultura para lograr una agricultura eficiente, pero sobre todo porque las empresas agrícolas, además de ser negocios que buscan una rentabilidad y mantenerse dentro de la competencia, con la consecución del mejoramiento de la agricultura implica su apoyo real al desarrollo sostenible que se necesita en América Latina.

2. MARCO TEÓRICO

Los conceptos derivados del tema de esta investigación son: la transformación digital, la automatización, los controles de inventarios y la cosecha de nuez de macadamia. De cada concepto se expone la definición, las características, la tipología y sus procesos.

2.1 Transformación Digital

Es un proceso de adoptar tecnología digital para buscar estratégicamente formas más eficientes de llevar a cabo las tareas de las personas o empresas.

2.1.1 Definición

La redacción de Grupo *PowerData* (s.f.) brinda esta definición:

La transformación digital es la integración de tecnología digital en todas las áreas de una empresa, cambiando fundamentalmente la forma en que opera y brinda valor a sus clientes. También supone un cambio cultural que requiere que las organizaciones desafíen constantemente el *statu quo*, experimenten y se sientan cómodas con el fracaso. (párr. 2)

Esto quiere decir que la transformación digital no se trata solamente de incorporar tecnología a los procesos, sino que también es un cambio de estrategia empresarial, que la empresa esté dispuesta al cambio constante.

También Ruíz (2019) contribuye con la siguiente definición, en la cual incluye la intencionalidad, la planificación y la inversión que debe haber para realizar este proceso, él dice que esto no va a suceder accidentalmente:

La transformación digital es un proceso sistemático y continuo. La madurez digital es una meta alcanzable para cualquier compañía, pero no se desarrolla accidentalmente, ni es el resultado de una solución rápida. Convertirse en un negocio digital maduro requiere que los líderes replanteen continuamente todo su negocio, paso a paso, desde la base. La madurez digital se alcanza mediante el compromiso, la inversión y el liderazgo. (p. 51)

2.1.2 Características

Algunas de las características importantes de la transformación digital, según la redacción de Grupo *PowerData* (s.f.), son las siguientes:

- Un proceso de cambio progresivo.
- Debe realizarse en toda la empresa.
- El enfoque final del proceso es el cliente, siempre se debe tratar de dar más valor al cliente.
- Se debe intentar de invadir la cultura de la empresa con el cambio de lo análogo o mecánico a lo digital.

De igual manera se puede extraer del artículo de Ruiz (2019), estos aspectos distintivos de una transformación digital:

- Es un proceso intencional, planificado, que requiere tiempo y compromiso.
- Es un proceso cultural a nivel empresa.
- Es más importante tomar acción, no tanto cuál.

- Implica desarrollar líderes más que tener líderes dentro de la empresa.

Cabe mencionar que Ruiz (2019) dice que el proceso de una transformación digital es importante porque “aumenta la probabilidad de que una organización sobreviva y prospere” (p. 51).

2.1.3 Tipología

La redacción de Grupo *PowerData* (s.f.) también señala que se puede enfocar en tres tipos de transformación digital, según lo que se desea mejorar: “La transformación digital puede implicar la reelaboración de los productos, procesos y estrategias dentro de la organización mediante el aprovechamiento de la tecnología digital” (párr. 3).

- Reelaboración de procesos

Mejor conocida como reingeniería de procesos o BPR *Business Process Reengineering*, es un enfoque administrativo que pone más atención a los procesos y no a las funciones, en rediseñar de manera radical los procesos básicos de los negocios con orientación al mercado o al cliente, para obtener el rendimiento deseado. Según Pérez, Gisbert y Pérez, (2017), esta herramienta “nos permite conocer la necesidad de cambio en algunos procesos productivos de una empresa, estudiarlos y plantear diferentes metodologías que permitirán mejorar rendimiento de los procesos”. (p. 90)

- Reelaboración de productos

El rediseño de productos, según Molineaux (2013), obedece a cambios de criterios de corto plazo a largo plazo, el diseño a largo plazo toma en cuenta “el impacto ambiental y social del producto en sus fases de producción, uso y posterior disposición” (p. 36)

- Reelaboración de estrategias

Gómez (2017) dice que los cambios en el entorno externo de las empresas provocarán pensar en modificar la estrategia empresarial, él expone que la estrategia “es un asunto dinámico que requiere de un análisis permanente y, normalmente, debe cambiar cada vez que se encuentre con algún hecho del entorno o de la industria que pueda afectar la competitividad”. (Párr. 3)

2.1.4 Procesos

Según Redondo, P. (2016) la transformación digital consiste principalmente en los procesos siguientes:

- Reconocimiento de la necesidad por la dirección de la empresa
- Implementar el uso eficiente de la tecnología
- Capacitación para una visión más digital al personal
- Definir la comunicación digital interna y externa de la empresa

De igual manera, Lauria (2020) indica que estas son las fases de la transformación digital en una empresa:

- Concientización y adaptación al mundo digital

- Investigación y búsqueda de oportunidades
- Capacitación en competencias digitales
- Desarrollo de la estrategia digital
- Nueva visión: Transformación de la empresa y RRHH
- Implementación y ejecución
- Análisis, revisión e implementación de mejoras

2.1.5 Metodología

Según García, (2017), el eje principal de la metodología de la transformación digital consiste en tres objetivos y tres palancas o acciones, contenidos de la siguiente manera:

- Diagnóstico o análisis de la situación actual
- Modelo de negocio digital o propuesta de mejora
- Objetivos: de velocidad, eficiencia y eficacia, experiencia del cliente
- Palancas: mercadeo, procesos, tecnología y personas
- Cuadro de mando para la gestión.

La automatización, como consecuencia de la transformación digital y su puesta en práctica, es el siguiente tema en este marco teórico.

2.2 Automatización

El objetivo de la automatización es hacer más eficientes las tareas repetitivas, usar equipos digitales para minimizar errores y tiempos de ejecución.

2.2.1 Definición

El sitio web de *Red Hat, Inc.* (s.f.) en su artículo “¿Qué es la automatización?” brinda esta definición sobre este término:

...consiste en usar la tecnología para realizar tareas casi sin necesidad de las personas. Se puede implementar en cualquier sector en el que se lleven a cabo tareas repetitivas. Sin embargo, es más común en aquellos relacionados con la fabricación, la robótica y los automóviles, así como en el mundo de la tecnología, como el software de decisiones empresariales y los sistemas de TI (párr. 1).

También el sitio QuimiNet.com brinda esta definición:

El término automatización se refiere a una amplia variedad de sistemas y procesos que operan con mínima, incluso sin intervención, del ser humano. Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: mediación, evaluación y control (párr. 1).

2.2.2 Características

Las ventajas de negocio logradas por medio de la automatización sobrepasan los retos que implican un proyecto de automatización.

- Ventajas

Las condiciones de mejora logradas por medio de una automatización se reflejan en la productividad, la confiabilidad y la simplicidad de los procesos de negocio.

- Mayor productividad

De acuerdo a Sevilla (2016), “la productividad se encarga de medir y calcular el total de bienes y servicios que han sido producidos por cada factor utilizado (tierra, trabajo, capital, tiempo, etc.) durante un periodo determinado.” (párr. 1). Esto quiere decir que la automatización de procesos buscará siempre producir más en menor tiempo.

- Mayor confiabilidad

Es lógico considerar que la confiabilidad de un sistema automatizado es mayor a la de un sistema manual, si se considera que una persona se cansa y puede cometer errores en contraste a un equipo computarizado, que puede tener cierta vulnerabilidad a fallas, pero su diseño debe siempre orientarse a la tolerancia a fallos, según López (2015) este concepto se refiere a prever mecanismos de recuperación de acuerdo al tipo de fallo si fuera transitorio, intermitente o permanente, por ejemplo establecer puntos de revisión y estrategias de prevención. (p. 141)

- Control simplificado.

Red Hat, Inc. (s.f.) expone que entre más personas hay en la empresa más grande será la probabilidad existan lagunas de conocimiento, lo que significa que unos no sabrán qué esperar de los demás, solo con una codificación adecuada se puede tener mejor control.

- Retos

La automatización de procesos es el resultado de una iniciativa de cambio, que implica tomar riesgos y afrontar retos de costos de inversión, de hacer equipo de trabajo y eliminar el rechazo al cambio.

- Costo

Según Cameron (2021), una de las ventajas de la automatización es “la reducción de costos operativos de manera sistemática” (párr. 11). Pero al principio de un proyecto se debe hacer una inversión, que a veces desanima realizarlo porque no se tiene la capacidad económica para ello, Cameron (2021) indica que “es importante que la dirección no pase por alto el potencial de ahorro de la automatización, pero sobre todo la mejora del servicio al cliente” (párr. 12).

- Alcance

Cameron (2021) también afirma lo siguiente:

El éxito de la automatización desarrollada internamente en las empresas es limitado por las personas. (...) Los sistemas a menudo fallan debido al mantenimiento y a las mejoras requeridas para mantener y expandir el proyecto. Además, las soluciones de automatización internas suelen ser costosas y generalmente son de baja prioridad en el departamento de IT. (párr. 35)

2.2.3 Tipología

El sitio web de *Red Hat, Inc.* (s.f.) hace esta clasificación de los diferentes tipos de automatización que se pueden realizar:

- Automatización de TI.
- Automatización empresarial.
- Automatización robótica de procesos.
- Automatización industrial.

Asimismo, el sitio web *QuimiNet.com* (2008) hace la siguiente clasificación para implementar la automatización industrial:

- La automatización fija:

Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, por tanto, se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto con rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Un posible inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado. (párr. 6)

- La automatización programable:

Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a las variaciones de configuración del producto; esta adaptación se realiza por medio de un programa (Software). (párr. 7)

- Automatización flexible:

Es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora. (párr. 8)

2.2.4 Metodología

Llamas, (2020) expone la metodología para aplicar una automatización con la siguiente secuencia cíclica:

- Detección de actividad repetitiva
- Estudio en la forma de automatización
- Elaboración de la estrategia de automatización
- Ejecución del proceso ya automatizado
- Análisis y reporte del proceso transformado
- Repetir el ciclo

El objeto de automatización en esta investigación es el control de inventarios, el cual se trata en el tema siguiente.

2.3 Control de Inventarios

Es el trabajo de seguir de cerca los movimientos de entrada o salida de los productos en un almacén para conocer su estado en cualquier momento.

2.3.1 Definición

Westreicher (2020) nos da la siguiente definición de Control de Inventarios: El control de inventario es el proceso por el cual una empresa administra las mercancías que mantiene en almacén. Esto, con el objetivo de recopilar información de la entrada y salida de los productos, buscando además el ahorro de costes. (párr. 1)

El objetivo es llevar el registro de las existencias y minimizar el costo de este proceso.

El procedimiento de dicho registro debe reflejar la comprobación fehaciente del ingreso o la salida de los productos del almacén, para que el conocimiento oportuno del *stock* pueda ser utilizado con toda confianza en la toma de decisiones relativas a los productos almacenados.

La siguiente definición sintetiza para qué sirven los controles de inventarios:

El control de inventarios en empresa consiste en comprender lo que se tiene, dónde está en el almacén o cuándo entran y salen las existencias para ayudar a reducir los costes, acelerar el cumplimiento y prevenir el fraude. Tener un inventario sofisticado debería ser una prioridad para cualquier negocio, ya que implica tener una mayor supervisión sobre el *stock*, pudiendo actuar incluso como un sistema de contabilidad configurado para salvaguardar los activos. (Sanmiguel, 2019, párr. 3)

De la definición anterior se puede decir que el sistema de control de inventarios involucra todos los componentes computarizados para registrar los movimientos de ingresos o salidas de los productos, que permitan posteriormente de forma oportuna y exacta poder emitir informes o reportes de las existencias reales de inventario.

2.3.2 Características

- Genérico y multiusuario para gestionar múltiples bodegas y sucursales, con seguimiento de artículos por lotes y series.

- Un software en punto de venta (POS) que permita controlar el inventario para venta directa de productos al cliente final.

2.3.3 Procesos

Los movimientos de inventarios que se deben controlar y registrar son los ingresos al almacén, las salidas del almacén, los ajustes con base a conteo físico. Las salidas del almacén también pueden ser las provocadas por las ventas.

Los controles de inventarios en esta investigación son de las cosechas de la nuez de macadamia, el tema siguiente a tratar en este capítulo.

2.4 Cosechas de Nuez de Macadamia

Es el conjunto de tareas que se realizan para recoger el producto del campo de las plantaciones de nuez de macadamia, desde la recolección hasta la venta.

2.4.1 Definición

Cosechar la nuez de macadamia consiste en recolectar los frutos maduros que caen del árbol, no se cortan, sino que se recogen los que han caído al suelo por su madurez, que se conocen cómo NIH, *Nut in Husk* o Nuez en Cáscara.

La trazabilidad de las cosechas consiste en llevar registros de la procedencia del campo, de las personas que llevaron a cabo la recolección, el lote de procesamiento, la fecha de cada proceso, que, ante la eventualidad de un reclamo del consumidor, los registros faciliten aislar el lote en cuestión.

Los controles de cosecha de esta nuez se llevan a cabo entre el inicio de recolección en campo hasta la entrega al cliente comprador de la Nuez en Concha, conocida como NIS o *Nut in Shell*. Es evidente que hay otras etapas que componen la trazabilidad completa de producción de la nuez de macadamia, por ejemplo, desde la compra de productos nutrientes o de control de plagas que podrían ser aplicados, sin embargo, el contexto de esta investigación es solamente la cosecha de NIH nuez en cáscara hasta la obtención de NIS nuez en concha.

2.4.2 Características

La magnitud de la recolección de la nuez de macadamia del campo es variable dependiendo de la temporada y del manejo que se le ha dado a la plantación.

- Temporada alta

La temporada alta, aproximadamente sucede durante seis meses desde septiembre hasta febrero. “Se puede recolectar durante todo el año, (la cosecha) tiene una temporada alta de aproximadamente seis meses, el último cuatrimestre del año y el primer bimestre del año siguiente.” (Alex Teleguario, comunicación personal, 26 de septiembre, 2021).

- Temporada baja

La temporada baja también se extiende por seis meses, desde marzo hasta agosto aproximadamente.

- Factores de producción

Los niveles de producción o cosecha dependen en gran manera del manejo que se les da a los árboles, también dependen de la edad de los cultivos. “Alrededor de los 10 años de edad del árbol llega a su pico de productividad. Si es una plantación tecnificada puede rendir hasta casi cuatro veces más que una plantación que no es tecnificada.” (Alex Teleguario, comunicación personal, 26 de septiembre, 2021).

2.4.3 Procesos

La secuencia de los principales procesos de la cosecha de nuez de macadamia inicia con la recolección del campo, continúa con el descascarado, termina con el secado y almacenamiento adecuado del producto procesado.

- Recolección

Sol (2011) explica que la cosecha de la nuez de macadamia se debe planificar para preparar el suelo y dejar el tiempo solo lo suficiente para que caigan los frutos por su propio peso y madurez sin que se inicie el proceso de germinación, de esa manera se recolecta un fruto maduro fresco. (p. 165)

- Descascarado

Las propiedades de la cáscara de la nuez cambian rápidamente con la humedad, por eso es necesario descascarar la nuez húmeda en cáscara el mismo día de la cosecha (Sol, 2011, p.176). Con este proceso mecánico se obtiene la nuez en concha.

- Secado y almacenamiento

La clasificación por flote se hace colocando la nuez en concha recién descascarada en agua, para separar los frutos que flotan clasificadas como descarte, e inmediatamente pasar el resto a un proceso adecuado de secado (Sol, 2011, p.192).

Todo esto se hace con el fin de evitar la germinación de esta semilla mientras se guarda en espera de ser entregada al cliente. Por eso se debe tener mucho cuidado en evitar excesiva humedad, la cual puede depender de varios factores ambientales del lugar de almacenaje.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Se presenta el resultado de cada uno de tres objetivos propuestos en la investigación de los procesos de control de inventarios de cosecha y de producto procesado de una finca que cultiva nuez de macadamia ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Objetivo 1: Determinar cuáles son los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia aptos para la automatización en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Se identificó el cargo de las personas involucradas en el proceso de cosechas de la nuez de macadamia, la tabla II muestra la agrupación de los cargos. Se realizó entrevista al personal participante en tareas de control, que generan datos, con oportunidad de ser automatizados. No se incluyó al grupo de recolectores porque ellos no participan en el registro de datos de control.

Tabla II. **Personal que participó en entrevista y encuesta**

Cargo	Personas	Entrevistado	Encuestado		
Gerente Agrícola	1	1		1	
Gerente Administrativo	1	1		1	
Supervisor de Cosechas	1	1		1	
Supervisor de Beneficio	1	1		1	
Supervisor de Bodegas	1	1		1	
Asistente de Campo	1	1		1	
Asistente de Beneficio	1	1		1	
Asistente de Bodegas	1	1		1	
Bodegueros	3	3		0	
Digitador de Datos	1	1		1	
Recolectores	0	0		0	
TOTAL	12	12	100 %	9	75 %

Fuente: elaboración propia.

Se identificó el trabajo realizado por cada persona en los diferentes departamentos participantes en todo el transcurso del proceso, desde la planificación de la cosecha hasta la gestión de ventas y entrega al cliente de la nuez de macadamia en la finca. La tabla III agrupa los procesos realizados en cada uno de los cinco departamentos identificados como participantes en la cosecha de nuez de macadamia en la finca.

Tabla III. **Procesos por departamento.**

Cosechas	Transporte	Beneficio	Bodegas	Administración
•Planificación	•Traslado de producto	•Pesaje	•Pesaje de despachos	•Gestión de ventas
•Recolección		•Descascarado	•Pesaje para almacenamiento	•Informes de cosechas e inventarios
•Entrega en beneficio		•Control de calidad •Clasificación por flote •Secado y 2do pesaje •Muestreo de Calidad NIS •Entrega de hojas de datos	•Entrega a cliente	

Fuente: elaboración propia.

Se hizo una matriz de evaluación de los procesos, si son generadores de datos con oportunidad de ser automatizados, la tabla VIII muestra los resultados.

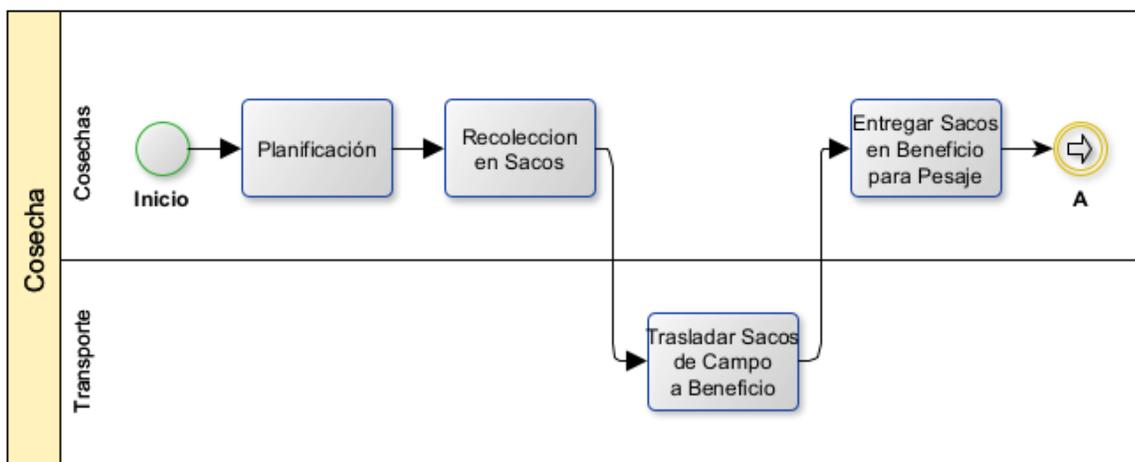
Tabla IV. **Matriz de evaluación de procesos aptos para automatizar**

¿Es proceso de control para automatizar?	No	Sí
» Planificación de cosecha	x	
» Recolección de nueces en campo	x	
» Identificación de sacos en campo (origen, calidad, recolector)		✓
» Transporte de sacos de campo a beneficio	x	
» Pesaje y recepción de sacos con nuez en cáscara en beneficio		✓
» Muestreo en beneficio para proyección de nuez en concha		✓
» Descascarado y control de calidad de descascarado	x	
» Clasificación de nuez en concha	x	
» Secado y control de calidad de nuez en concha		✓
» Pesaje de sacos con nuez en concha		✓
» Gestión de venta e informes	x	
» Pesaje y despacho al cliente		✓

Fuente: elaboración propia.

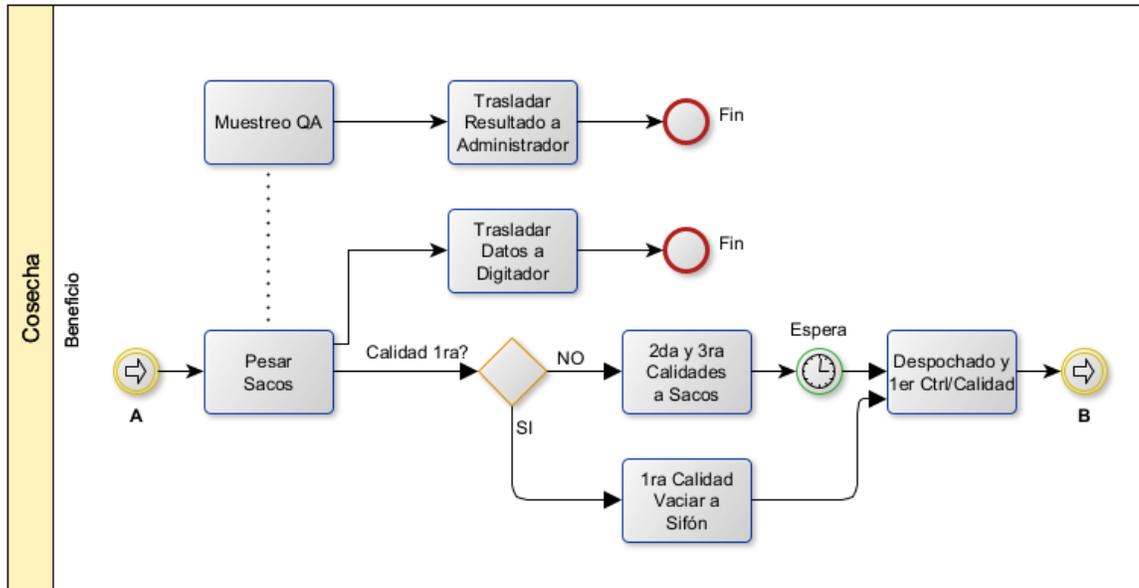
Se determinó la secuencia y la interdependencia de los procesos de negocio de la cosecha y procesamiento de nuez de macadamia en la finca y se realizó un DPN o Diagrama de Procesos de Negocio, que se muestra en la figura 1, la figura 2 y la figura 3, utilizando la nomenclatura BPMN 2.0 *Business Process Model and Notation Version 2.0*, la Versión 2 del Modelo y Notación de Procesos de Negocio.

Figura 1. **DPN Cosecha y procesamiento de la nuez de macadamia**



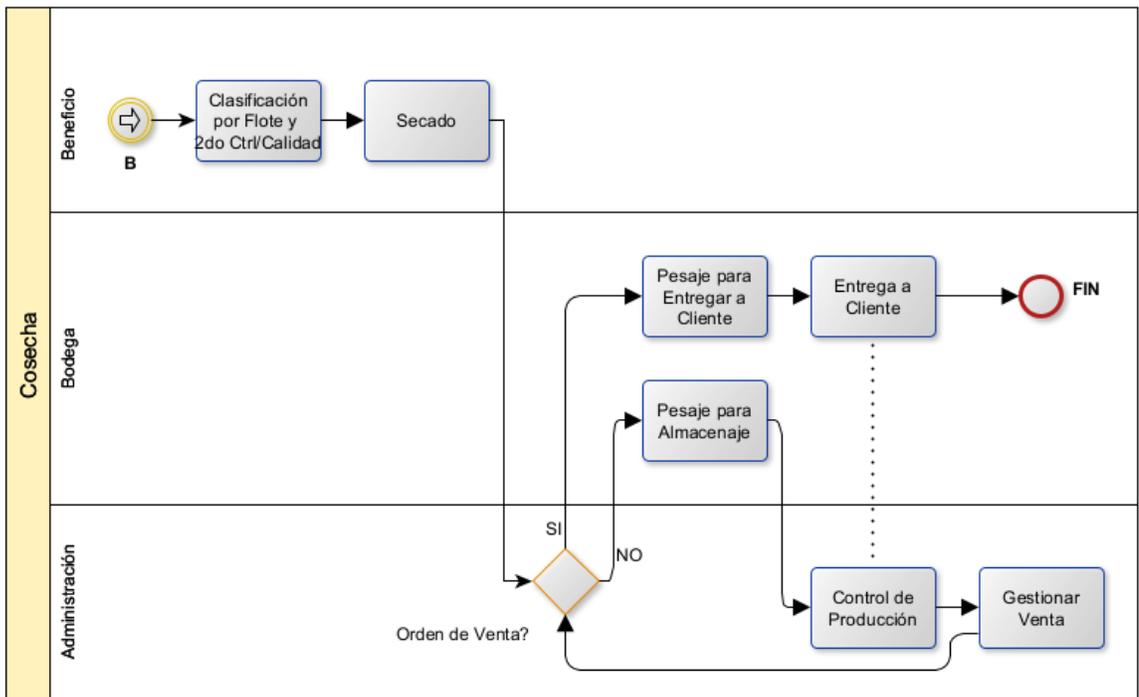
Fuente: elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

Figura 2. DPN Cosecha y procesamiento de la nuez de macadamia



Fuente: elaboración propia, realizado con yEd Graph Editor

Figura 3. DPN Cosecha y procesamiento de la nuez de macadamia



Fuente: elaboración propia, realizado con yEd Graph Editor.

Se identificó cada componente de datos necesario durante todo el proceso, asimismo el vínculo entre dichos componentes, para realizar el Diagrama de Entidad-Relación. La tabla IV muestra las entidades maestras y sus características o atributos principales en los controles del inventario de cosechas y producto procesado.

Tabla V. **Entidades maestras**

Finca	Lote	Variedad	Cultivo	Bodega	Beneficio	Cliente	Personal
•Nombre	•Nombre	•Nombre	•Nombre	•Nombre	•Nombre	•Nombre	•Nombre
•Dirección	•Ubicación	•Origen		•Ubicación	•Ubicación	•Dirección	•Grupo
	•Año de siembra					•Teléfono	•Contrato
	•No. Plantas Crecimiento					•Contacto	
	•Plantas Producción						

Fuente: elaboración propia.

La tabla V muestra las entidades que representan las transacciones de cosecha, monitoreo de control de calidad de las cosechas y el almacenamiento del producto terminado.

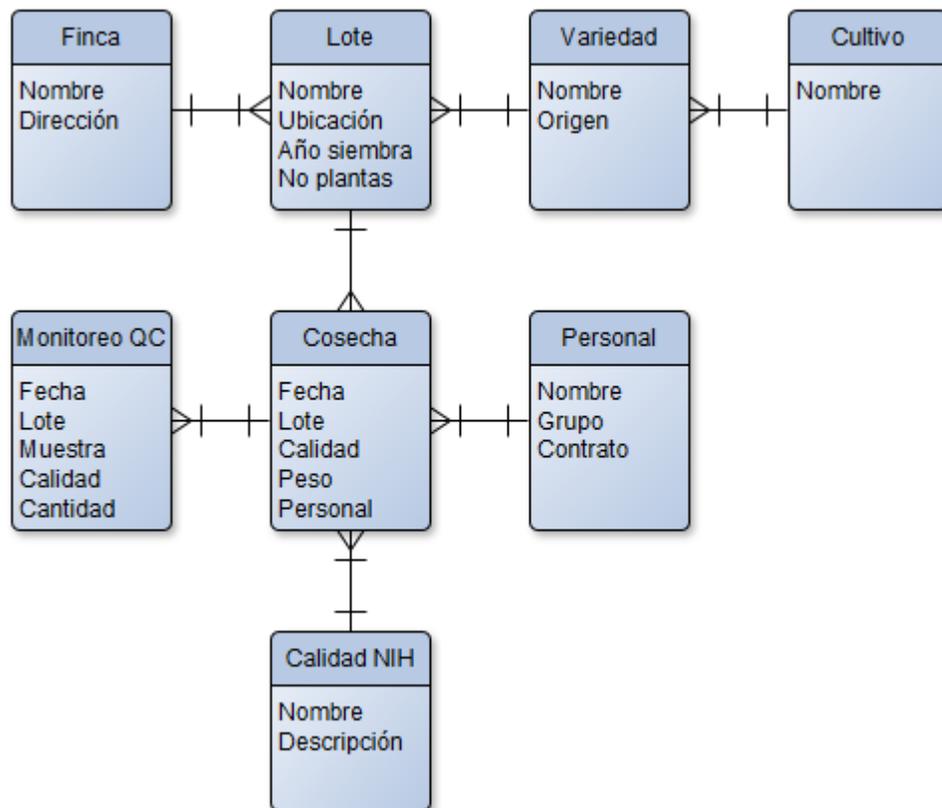
Tabla VI. **Entidades transaccionales**

Cosecha	Monitoreo QC	Inventario PT
•Fecha	•Fecha	•Fecha
•Lote	•Muestra	•Fecha Cosecha
•Calidad	•Calidad	•Calidad
•Peso	•Cantidad	•Peso
•Recolector		•Cliente
		•Destino

Fuente: elaboración propia.

Se hizo el análisis de las relaciones entre las entidades, así como la correspondiente cardinalidad entre ellas, la figura 4 muestra el Diagrama Entidad-Relación resultante de los datos de cosechas.

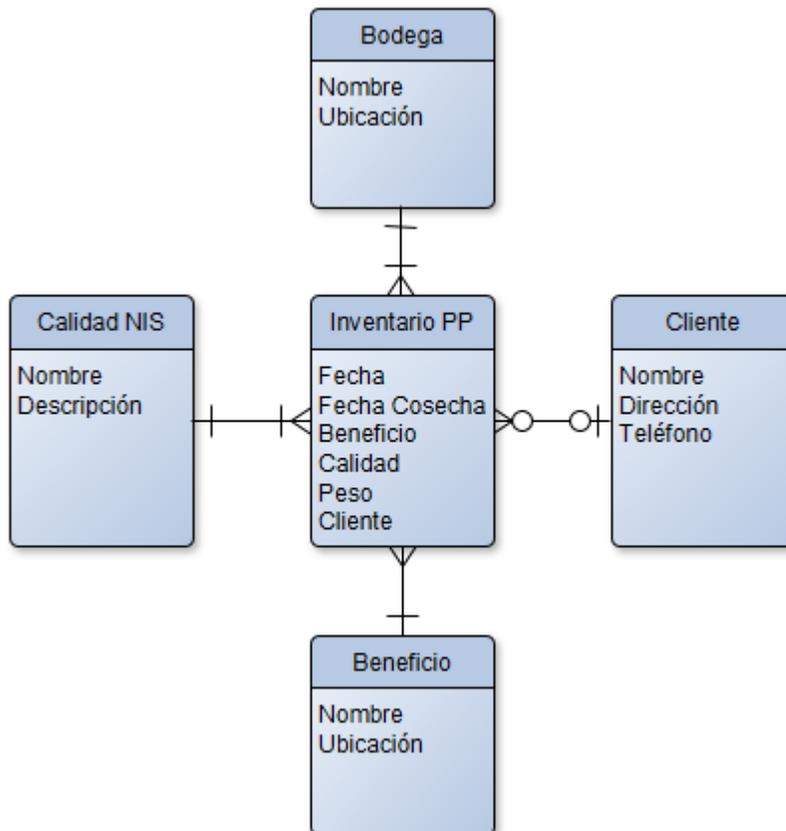
Figura 4. **Diagrama Entidad – Relación: Datos de cosechas**



Fuente: elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

La figura 5 muestra el diagrama Entidad-Relación de los datos de producto procesado en el beneficio de nuez de macadamia.

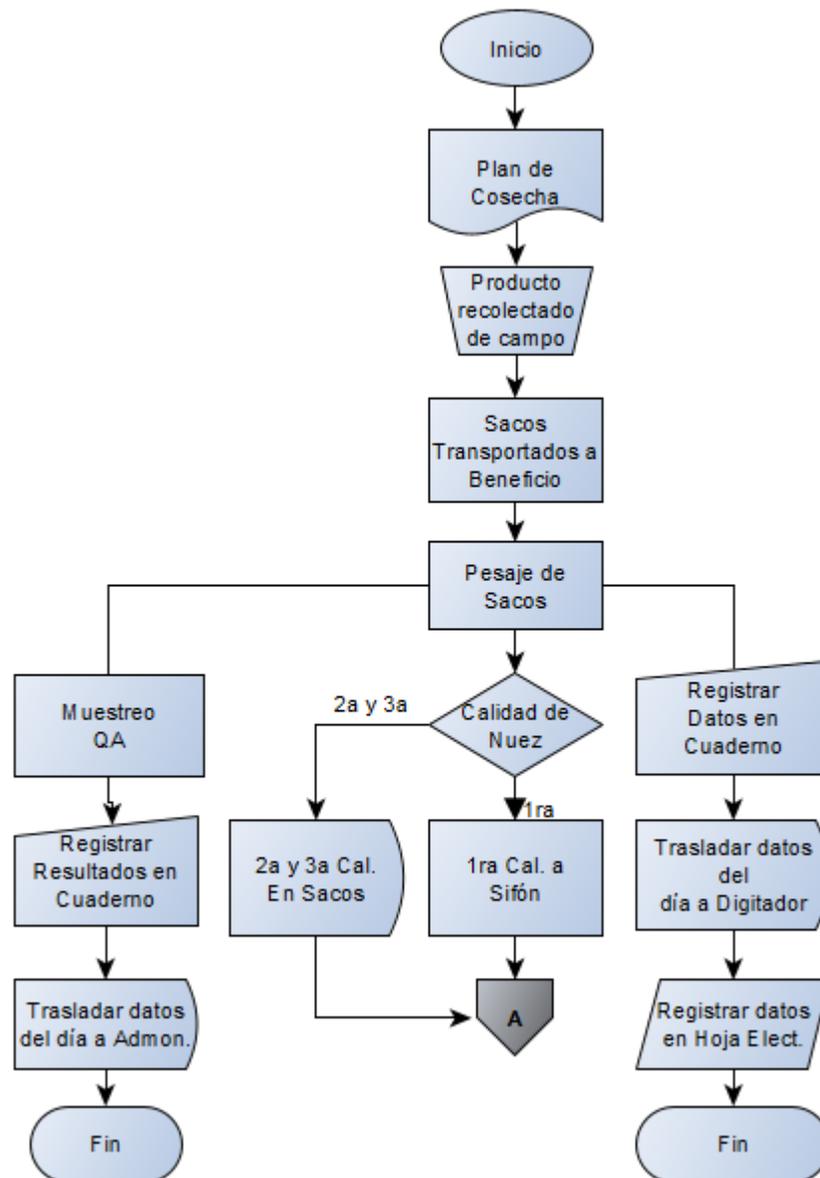
Figura 5. **Diagrama Entidad – Relación: Datos de producto procesado**



Fuente: elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

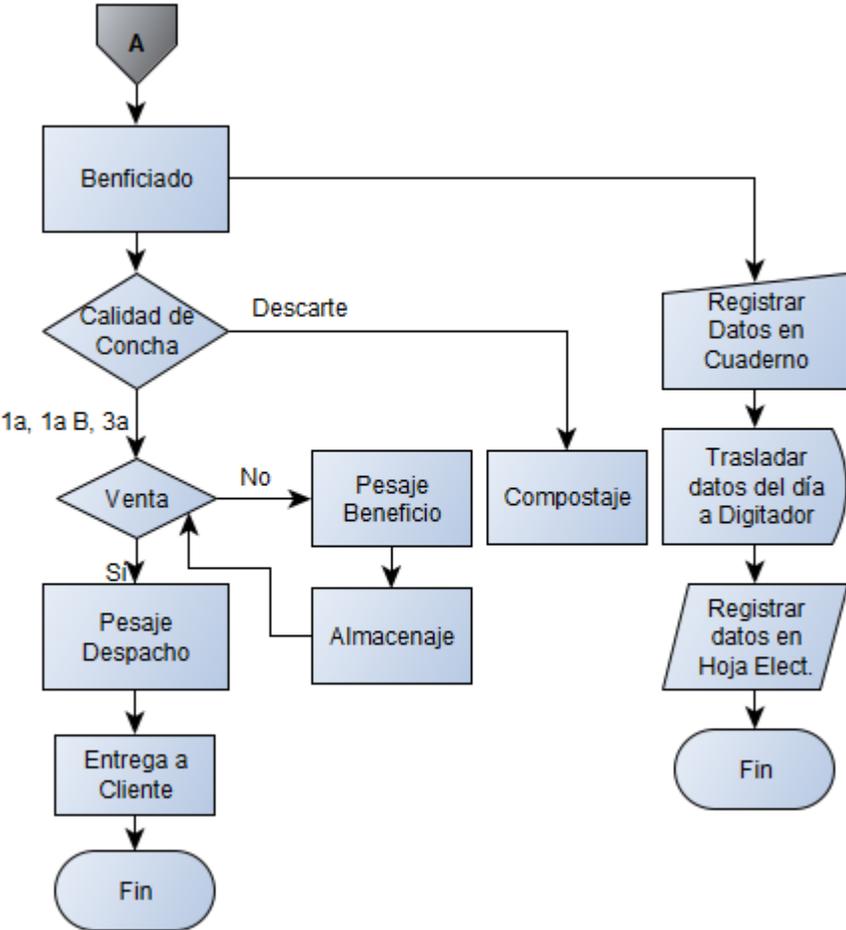
Se hizo un análisis del flujo de datos que se genera durante los procesos y se registran en los controles de cosecha y de inventarios de producto procesado de la nuez de macadamia, la figura 6 y la figura 7 representan el Diagrama de Flujo de Datos resultante.

Figura 6. Flujo de datos: Cosecha de nuez de macadamia



Fuente: elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

Figura 7. Flujo de datos: Cosecha de nuez de macadamia



Fuente: elaboración propia, realizado con yEd Graph Editor.

Objetivo 2: Identificar los principales factores que dificultan la transformación digital a través de la automatización del control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Se evaluó la percepción del personal respecto de cuáles han sido los factores que han dificultado la transformación digital en la finca, que han estancado la automatización de los controles manuales, se midieron los indicadores de la variable “Factores que dificultan la transformación digital”. En la tabla VI se describen los indicadores evaluados.

Tabla VII. **Indicadores de la variable**

Variable:	Factores que dificultan la transformación digital en la finca
Indicador	Descripción
1-Necesidad	Reconocimiento de la necesidad de incursionar en la tecnología digital
2-Costo	Disposición de recursos económicos para invertir en la transformación digital
3-Resistencia al cambio	Miedo o dificultad del personal para hacer las cosas de una forma diferente
4-Tiempo	Falta de tiempo del personal para ocuparse en una transformación digital
5-Conocimiento	Falta de conocimientos o capacitación para abordar la transformación digital
6-TIC's	Se considera que no hay tecnología ni personal de TICS para el caso

Fuente: elaboración propia.

Con una encuesta se midió la opinión de los trabajadores acerca de los factores que han dificultado una transformación digital en los controles de las cosechas e inventarios de la nuez de macadamia en la finca. Se utilizó la escala de Likert para una transformación a valores, 1= Muy desacuerdo, 2=Desacuerdo, 3=De acuerdo, 4=Muy de acuerdo. Las preguntas se formularon de modo que entre más alto el valor más dificultad representa el factor.

La tabla VII muestra los datos recopilados de la encuesta que midió la percepción de los factores que han dificultado una transición digital en la finca.

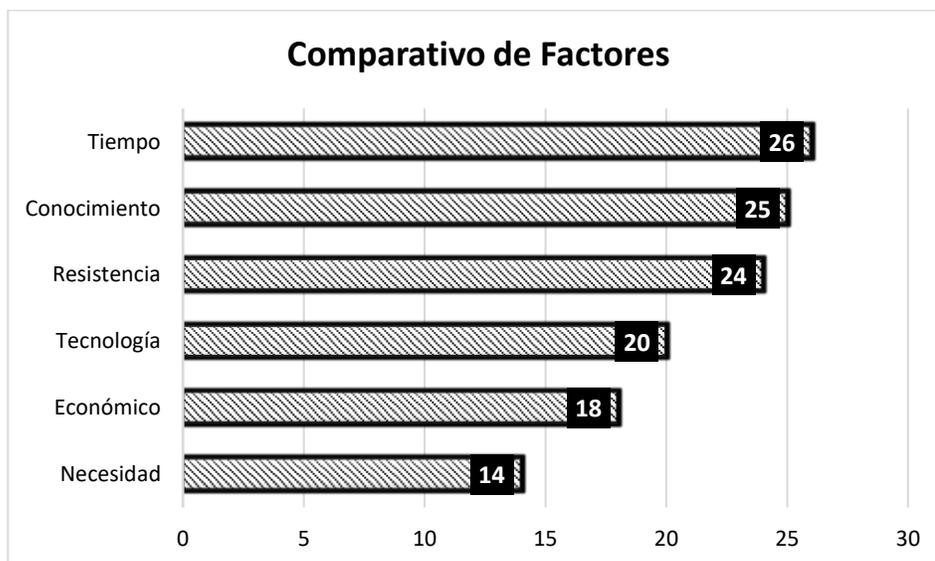
Tabla VIII. **Matriz de valores de las respuestas.**

Factores =>	Necesidad	Dinero	Humano (Resistencia)	Tiempo	Conocimiento (Capacitación)	Tecnología
Trabajador 1	1	2	3	3	2	2
Trabajador 2	1	2	2	3	2	3
Trabajador 3	2	3	3	4	3	1
Trabajador 4	1	1	1	1	3	3
Trabajador 5	2	2	4	3	3	1
Trabajador 6	2	2	2	2	2	2
Trabajador 7	2	2	2	3	3	2
Trabajador 8	1	2	4	4	4	3
Trabajador 9	2	2	3	3	3	3
	14	18	24	26	25	20

Fuente: elaboración propia.

El criterio fue que entre más alto el valor asignado, el factor dificulta más la transición digital, se hizo una sumatoria y la figura 8 compara los totales.

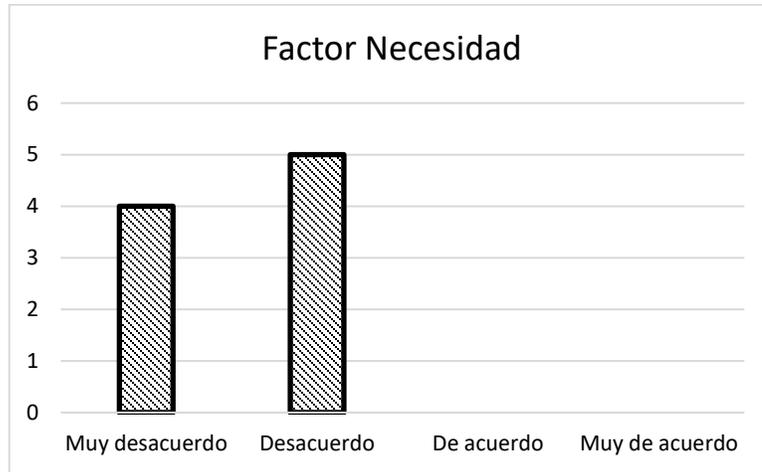
Figura 8. **Comparativo de factores que dificultan la transición digital.**



Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

La figura 9 muestra el resultado de la sentencia “en la finca no se necesita la transformación digital en los controles de cosechas de la nuez de macadamia”.

Figura 9. **No se necesita adoptar la tecnología digital.**



Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

La figura 10 muestra el resultado a la sentencia “la falta de dinero dificulta la transición digital en los controles de cosechas de la nuez de macadamia”.

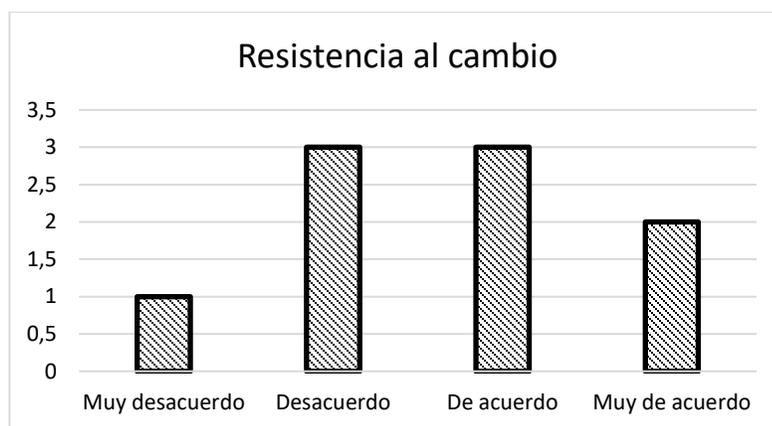
Figura 10. **Recurso económico.**



Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

La figura 11 muestra la respuesta a “la resistencia al cambio del personal dificulta el uso de tecnología digital en los controles de las cosechas de nuez de macadamia”.

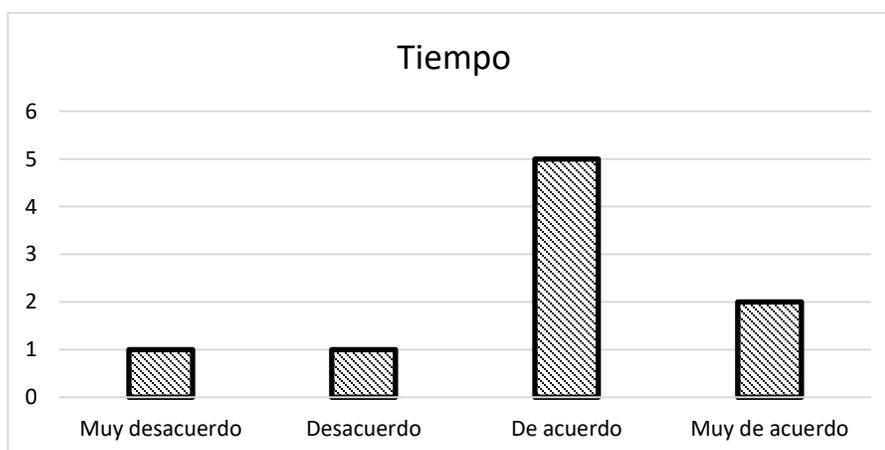
Figura 11. **Resistencia al cambio del personal**



Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

La figura 12 muestra el resultado a “la falta de tiempo dificulta la adopción de la tecnología digital en los controles de cosechas de nuez de macadamia”.

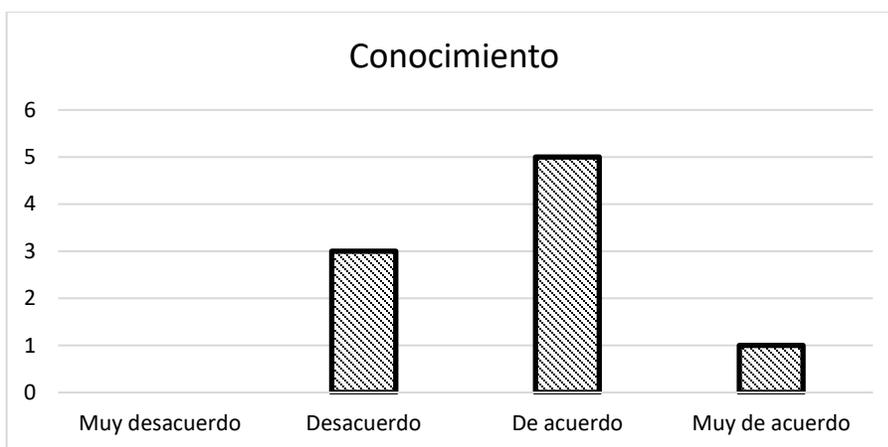
Figura 12. **La falta de tiempo del personal**



Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

La figura 13 muestra el resultado a “la falta de conocimiento o capacitación en la finca dificulta el uso de la tecnología digital en los controles de las cosechas de nuez de macadamia”.

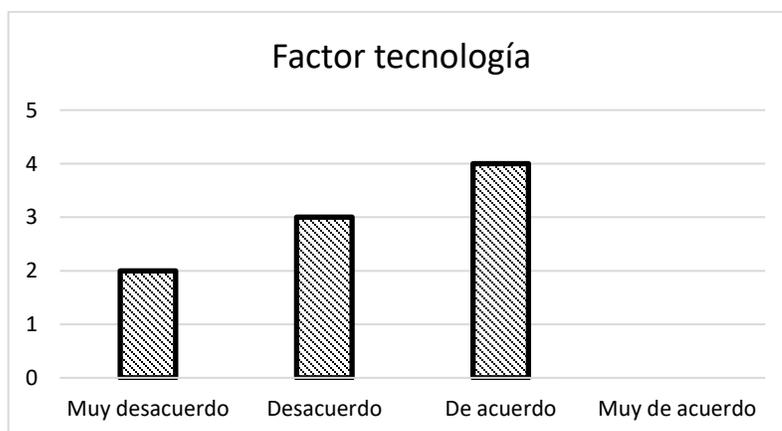
Figura 13. **La falta de conocimiento o capacitación**



Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

La figura 14 muestra el resultado a “no hay tecnología digital disponible para usar en los controles de cosecha de la nuez de macadamia en la finca”.

Figura 14. **Falta de tecnología digital adecuada**



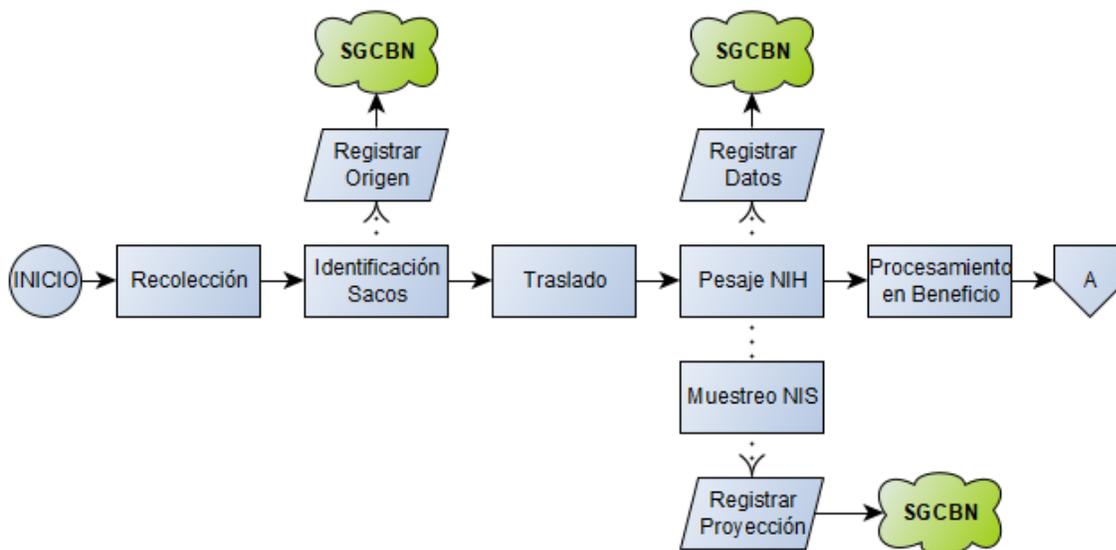
Fuente: elaboración propia, realizado con *Microsoft Excel*.

Objetivo 3: Proponer el diseño conceptual para una automatización de los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia a propósito de la transformación digital en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Se hizo el análisis conceptual de una automatización de los procesos de control de cosechas y del producto procesado, que se muestra en la figura 15 y la figura 16.

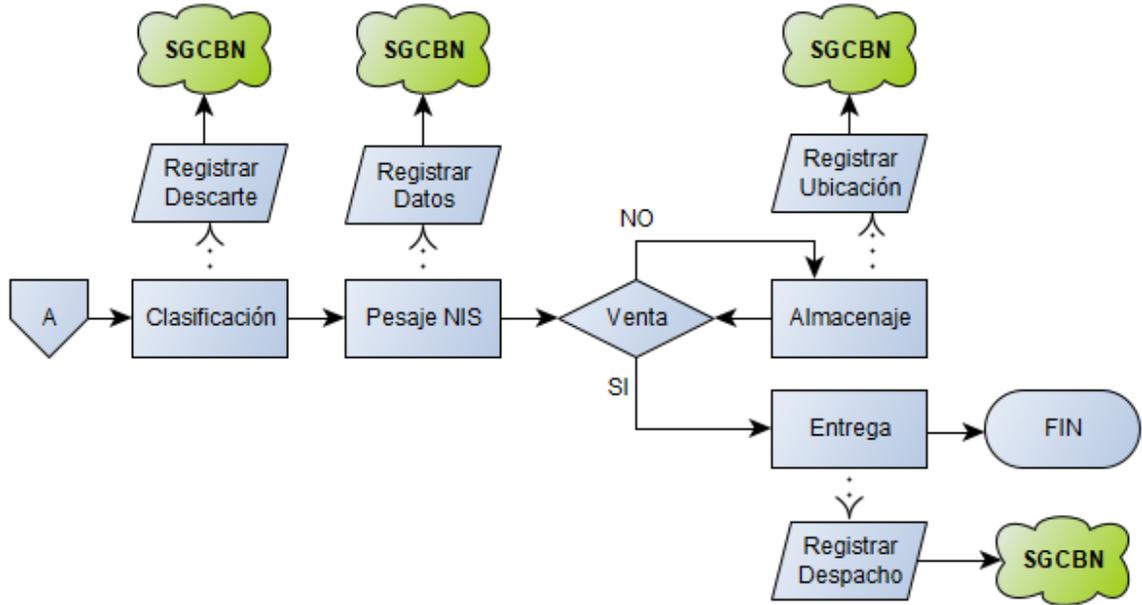
El concepto propuesto en este caso es el SGCBN o *Software* para la Gestión de Cosechas Basado en la Nube, que se puede adoptar en cada proceso que necesita un registro de datos, este *software* se representó con la nube con las siglas SGCBN en los diagramas de la figura 15 y la figura 16. El concepto consiste en sustituir los controles manuales por controles informáticos automatizados con tecnología digital, con la ventaja de funcionar en el lugar donde se generan los datos y en el momento que se generan.

Figura 15. **Diagrama conceptual de automatización**



Fuente: Elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

Figura 16. Diagrama conceptual de automatización



Fuente: elaboración propia, realizado con yEd Graph Editor.

Objetivo general: Proponer la transformación digital a través de la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia, en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.

Se les pidió a las personas involucradas en el proceso de cosecha de la nuez de macadamia, por medio de una encuesta, valorar que tanto impacto negativo o dificultad representan seis factores en la adopción de tecnología digital en los controles de los inventarios. Los factores que dificultan más la transición digital en los procesos, como se muestran en la tabla IX, son el tiempo del personal para cambiar los procesos, la falta de conocimiento en el tema y la resistencia al cambio.

El hallazgo de los factores más importantes sentó las bases para abordar la propuesta de la transformación digital, con el propósito de respaldar la automatización de los procesos al atender primero la cultura empresarial en la finca, es decir atender el fondo además de la forma del problema.

Tabla IX. **Valoración de los factores**

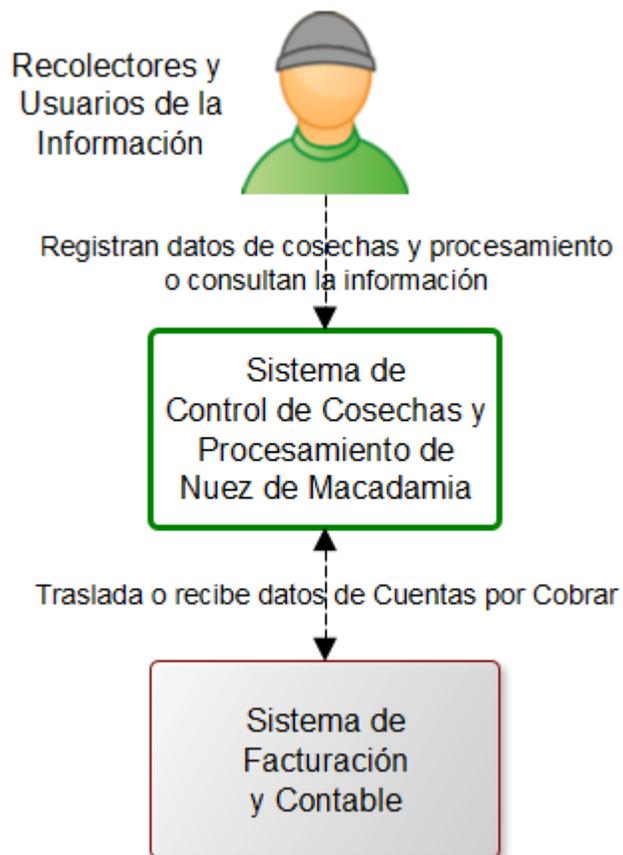
Factor	Tipo de factor	Valoración	Proporción
Tiempo	Humano	26	20%
Conocimiento (Capacitación)	Humano	25	20%
Humano (Resistir al cambio)	Humano	24	19%
Tecnología	Tecnológico	20	16%
Dinero	Financiero	18	14%
Necesidad	Humano	14	11%
		127	100%

Fuente: elaboración propia.

Se utilizó el Modelo C4 para explicar el concepto de la propuesta de automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia, este modelo simula un cambio de enfoque, en este caso se enfocan tres niveles: contextual, contenedor y componentes.

En la figura 17 se muestra el contexto de la propuesta de solución, los usuarios interactúan con el sistema de control de cosechas y este sistema interactúa con el sistema de facturación y contable.

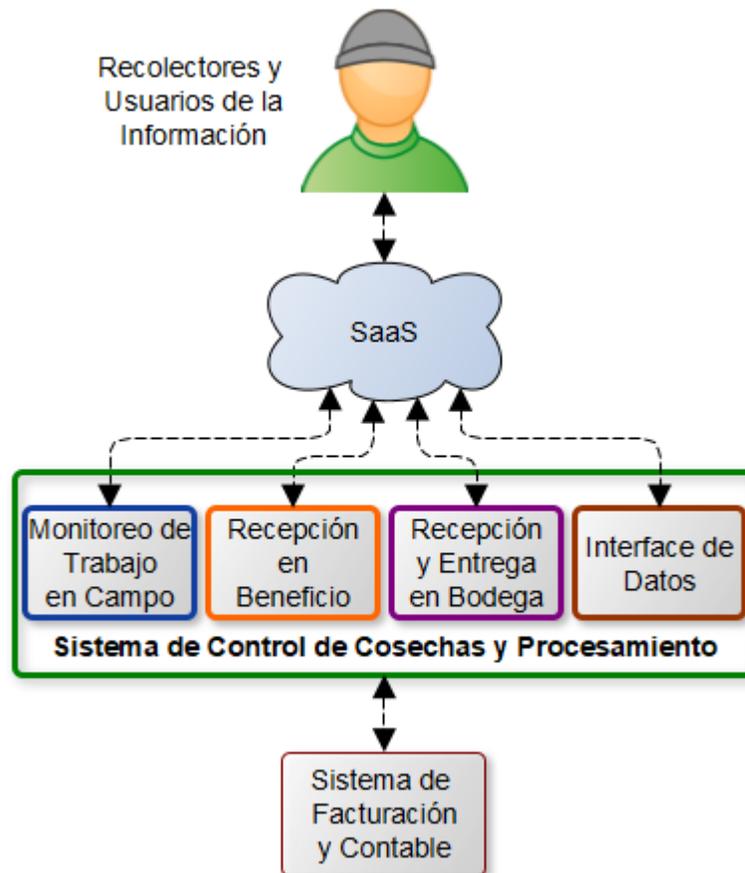
Figura 17. **Diagrama Contextual, Nivel 1 del Modelo C4**



Fuente: Elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

En la figura 18 se baja al nivel 2 del modelo C4, el sistema de control de cosechas y procesamiento de nuez de macadamia se descompone en sus principales componentes: el monitoreo de trabajo en campo, la recepción en beneficio, la recepción y entrega en bodega y la interface de datos.

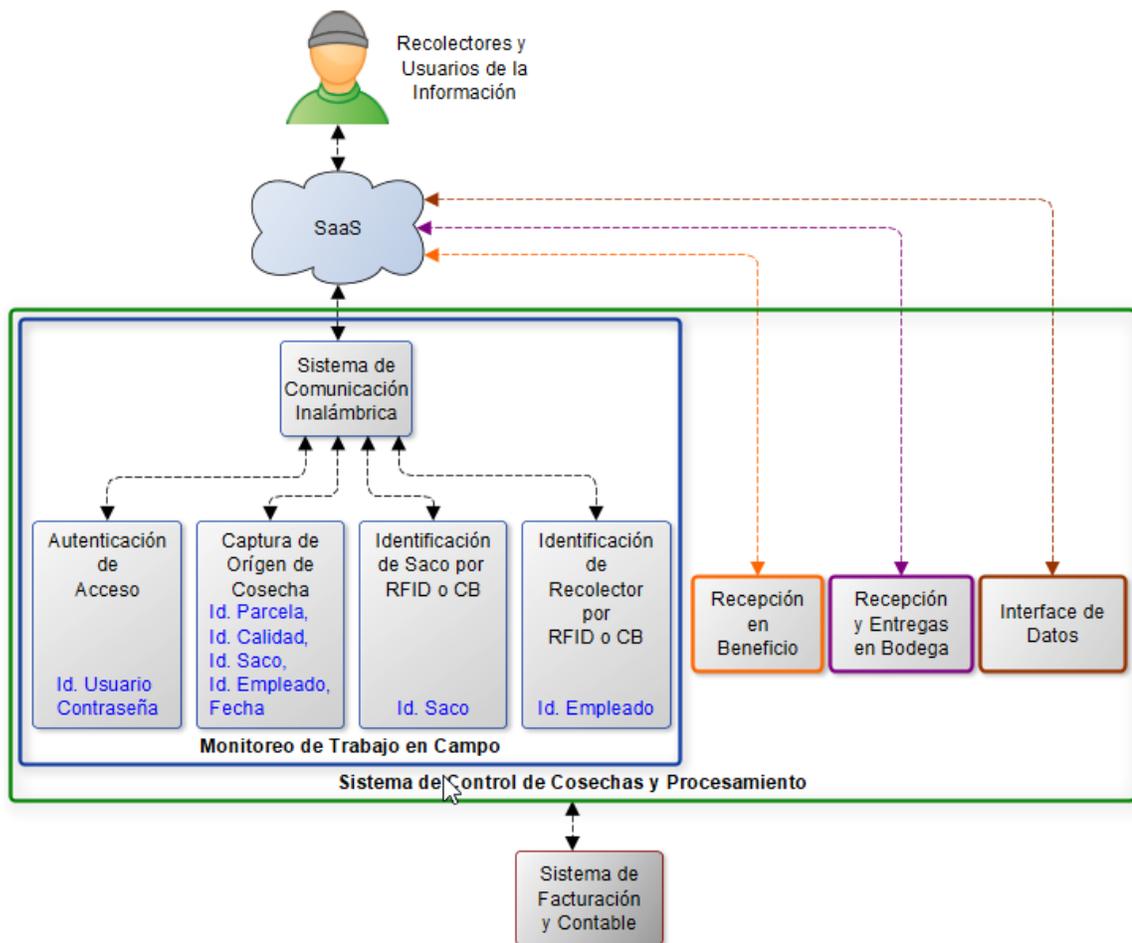
Figura 18. **Diagrama de Contenedores, Nivel 2 del Modelo C4**



Fuente: Elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

En el nivel 3 del modelo C4 se enfoca cada contenedor del nivel 2 y se muestran los componentes funcionales. En la figura 19 se muestran los componentes funcionales del contenedor Monitor de Trabajo en Campo que contiene: un sistema de comunicación inalámbrica, la autenticación de acceso, la captura de origen de la cosecha, la identificación del saco con radiofrecuencia o código de barras y la identificación del recolector también con radiofrecuencia o código de barras.

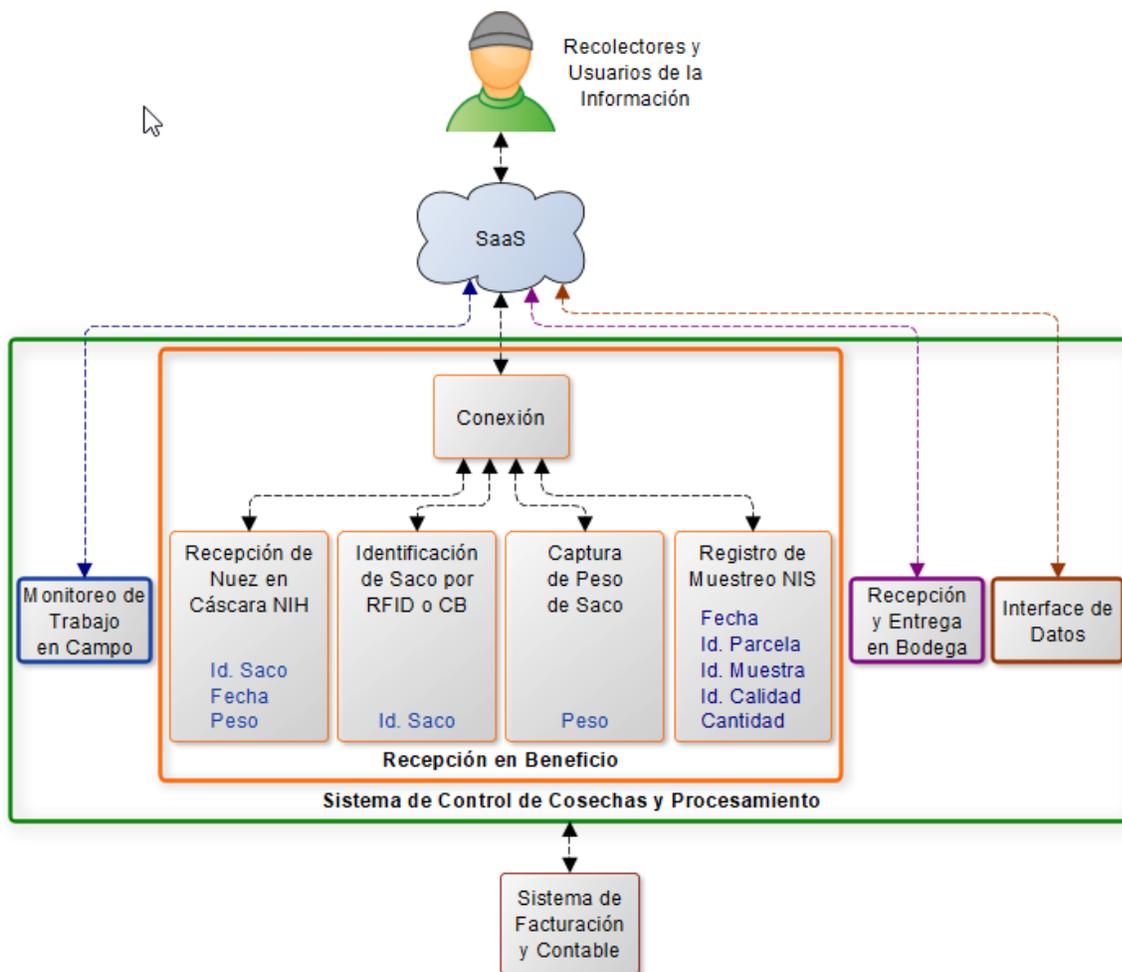
Figura 19. **Monitoreo de Trabajo en Campo, Nivel 3 del Modelo C4**



Fuente: Elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

Se muestran los componentes del contenedor de Recepción en Beneficio en la figura 20: conexión a la nube, recepción de nuez en cáscara o NIH *nut in husk*, identificación de saco con radiofrecuencia o código de barras, captura de peso del saco con nuez en cáscara. También se tienen un registro de muestreo para proyección de nuez en concha del día o NIS *nut in shell*.

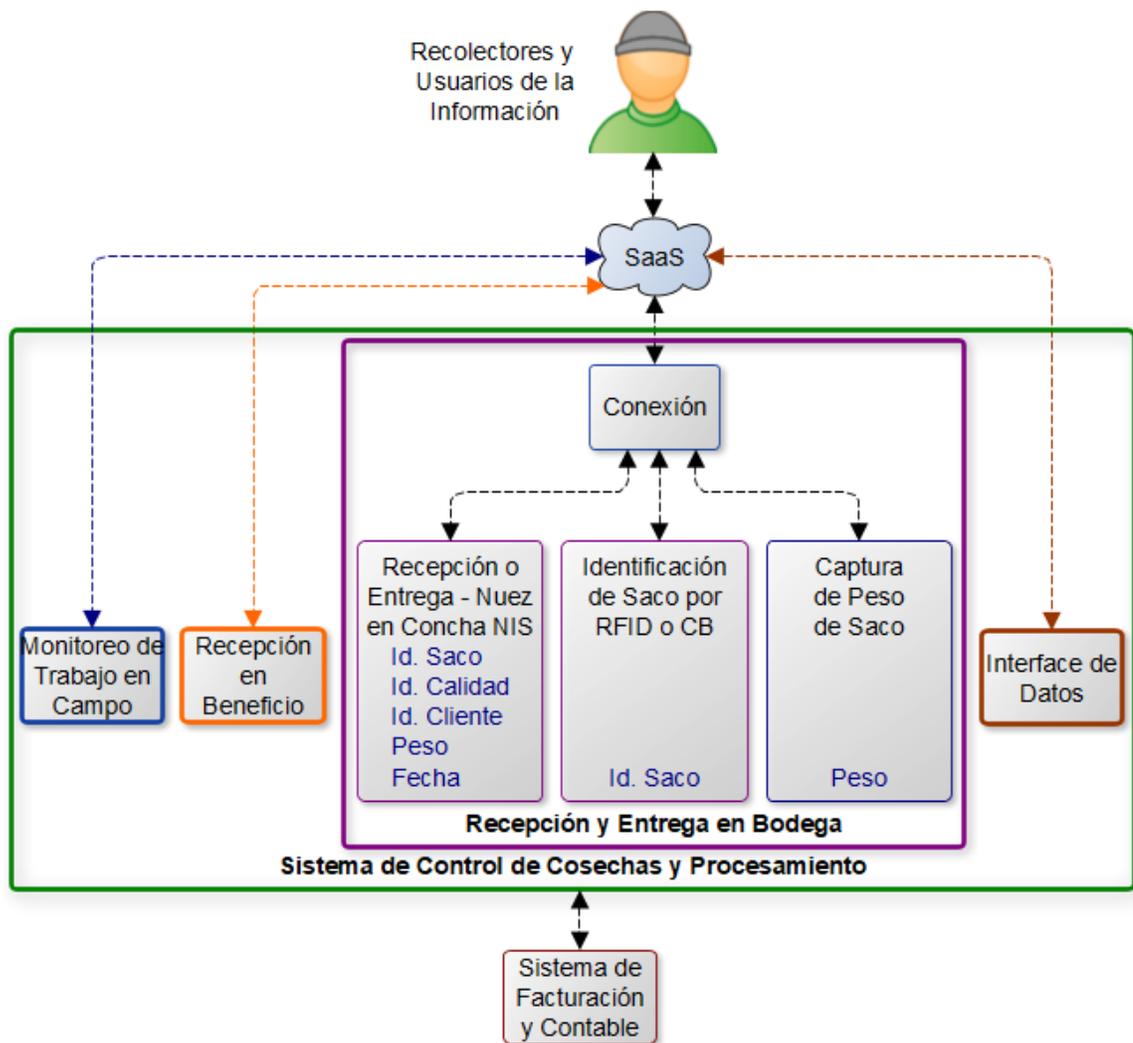
Figura 20. **Recepción en Beneficio, Nivel 3 del Modelo C4**



Fuente: Elaboración propia, realizado con yEd Graph Editor.

Los componentes del contenedor de Recepción y Entrega en Bodega son: recepción o entrega de nuez en concha, identificación de saco por radiofrecuencia o código de barras, captura de peso del saco con nuez en concha.

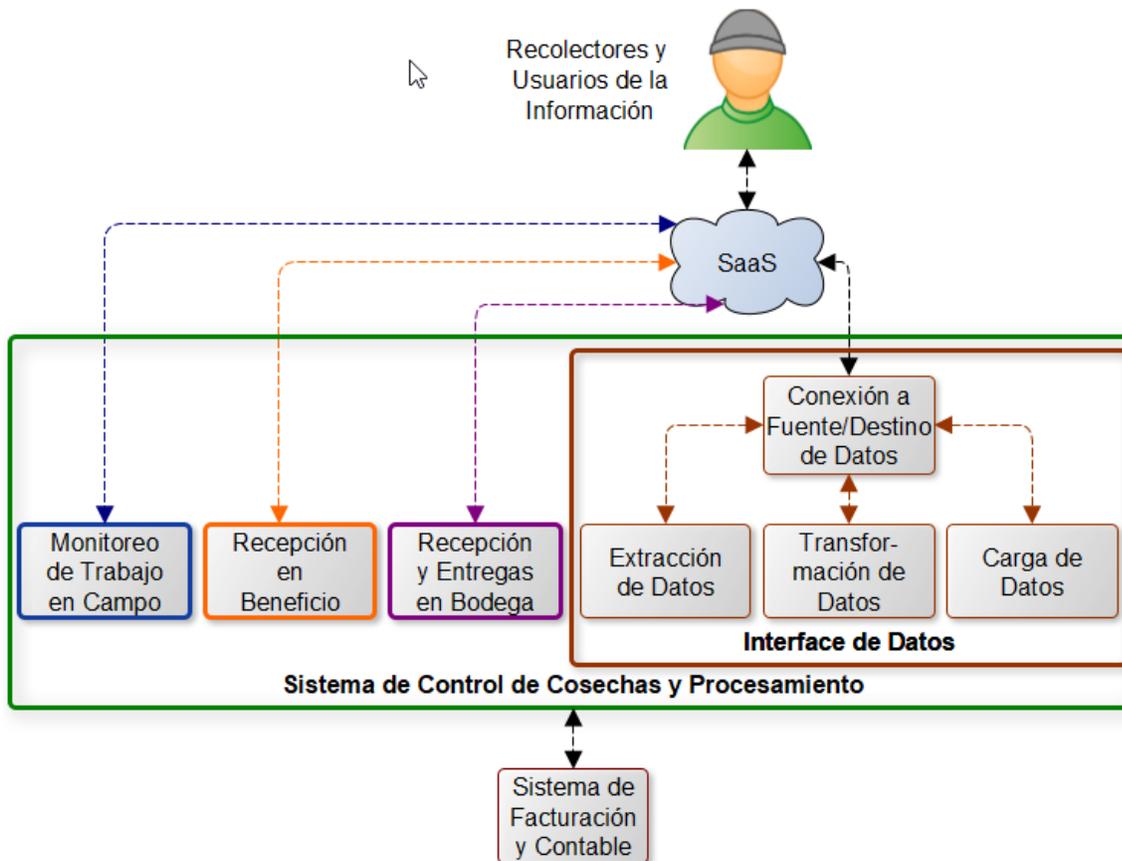
Figura 21. **Recepción y Entrega en Bodega, Nivel 3 del Modelo C4**



Fuente: Elaboración propia, realizado con yEd Graph Editor.

Los componentes de la Interface de Datos son: una conexión a la fuente o al destino de los datos, la extracción de los datos, la transformación de los datos y la carga de los datos a la base de datos destino.

Figura 22. **Interface de Datos, Nivel 3 del Modelo C4**



Fuente: Elaboración propia, realizado con *yEd Graph Editor*.

Por último, se realizó un prototipo de la aplicación desde el punto de vista del usuario. El prototipo permite realizar pruebas en equipos de diseño moderno y demostrar la funcionalidad antes de su desarrollo y codificación. Se incluyen las pantallas más importantes desde la figura 23 hasta la figura 26.

Figura 23. **Pantallas del Inicio y Registro de Usuarios**



Fuente: Elaboración propia, realizado con *Marvel App*.

En la pantalla de inicio se abre sesión o se puede solicitar el registro de un nuevo usuario final. En la pantalla de registro se establecen las credenciales y el administrador recibirá un *token* por *email* para autorizar el registro.

Figura 24. **Pantallas del Ingreso y Opciones Funcionales**



Fuente: Elaboración propia, realizado con *Marvel App*.

En la pantalla de ingreso se usan las credenciales para iniciar una nueva sesión de trabajo y según el registro autorizado se podrá escoger una de las tres funciones principales, de recolección en el campo, de procesos en beneficio o de movimientos del inventario en bodega.

Figura 25. Pantallas de Recolección en Campo y Recepción en Beneficio



Fuente: Elaboración propia, realizado con *Marvel App*.

En la pantalla de recolección de frutos del campo, se digita el código de parcela, se capturan los datos del saco y del recolector, se asignan la fecha y el correlativo de lote. En la pantalla de beneficio, se leen los datos del saco traído desde el campo y se agrega el peso capturado, para completar los datos de origen de la cosecha.

Figura 26. Pantallas de Bodega para Recepción y Entrega



Fuente: Elaboración propia, realizado con *Marvel App*.

La pantalla de las funciones de bodega puede ser de recepción o de despachos. En la pantalla de recepción se detectan los datos del saco, el lote de procesamiento y el peso capturado. En la de despacho se digita el código de cliente, se leen los datos del saco y el peso de salida capturado.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La finca como empresa agrícola necesita mejorar continuamente y adoptar mejores prácticas para ser competitiva en el mercado globalizado, le es necesario cambiar los procesos de control manuales y tomar ventaja de la tecnología digital, prepararse para el mundo de la información digital; se investigó la oportunidad de una transición digital y se discuten los resultados obtenidos.

4.1 Análisis interno

A propósito del objetivo 1 de determinar cuáles son los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia aptos para la automatización, se realizaron entrevistas no estructuradas al personal que genera o utiliza datos de trazabilidad de las cosechas para entender los procesos de control y todos describieron a su manera cómo se recopilan los datos y para qué les sirve. Los recolectores no participaron en estas entrevistas porque ellos no realizan registros en los formularios, ni utilizan la información que se recopila en los libros de registros. Se realizaron 12 entrevistas, al 100% del personal que registra o usa los datos de control, la población para investigar la descripción de los procesos de control de cosechas.

Se encontró que hay 5 departamentos que participan en el proceso, listados en la tabla X, lo cual es bueno para la investigación porque hay variedad de puntos de vista y de responsabilidades entre las fuentes de información.

Tabla X. **Departamentos participantes en la investigación**

No. Departamento
1 Cosechas
2 Transporte
3 Beneficio
4 Bodegas
5 Administración

Fuente: elaboración propia

También se encontró que los datos de trazabilidad de cosechas e inventario de producto terminado se registran exclusivamente en los puntos de pesaje de cada tipo de producto, ver tabla XI. Se hace un registro manual en papel, luego se trasladan los datos a una hoja electrónica y se tiene revisada la información hasta una semana después que se recopiló en los procesos de pesaje, el Diagrama de Procesos de Negocio se muestra en las figuras 1 y 2.

Tabla XI. **¿Dónde se registran datos de los controles manuales?**

¿El proceso de control manual genera datos?	NO	SI
Recolección en campo	x	
Identificación de sacos en campo (Recolector)	x	
Transporte de sacos a beneficio	x	
Pesaje en beneficio de sacos con nuez en cáscara		✓
Muestreo en beneficio de nuez en concha		✓
Descascarado y control de calidad	x	
Clasificación de nuez en concha	x	
Secado de nuez en concha	x	
Pesaje de sacos con nuez en concha		✓
Gestión de venta	x	

Fuente: elaboración propia.

Para apoyar el objetivo 2, se aplicó la encuesta de los factores que han dificultado una transformación digital en la finca.

Fueron 9 de 12 posibles personas que tomaron la encuesta, el 75% de la población, que registra o usa datos de control en todo el proceso, hubo 3 personas que no pudieron llenar el cuestionario.

En este caso se encontró que hay coincidencia entre los participantes sobre los factores que ha dificultado una transición del sistema manual a un sistema computarizado, como parte de una cultura de transición digital en la finca.

En la tabla XII, se observa que se valoró cerca del 70% de impacto a factores humanos, disponer de tiempo, conocimiento, resistencia al cambio, que han dificultado la adopción de tecnología digital en la finca, a excepción que todos reconocen que hay necesidad de una transición digital.

Los factores tecnológicos y financieros no son considerados limitantes para una transición digital, solo fueron valorados con el 30% de impacto.

Tabla XII. **Tipos de factor que dificultan la transición digital en la finca**

Tipo de factor	Valoración	Proporción
Humano	89	70%
Tecnológico	20	16%
Financiero	18	14%
	127	100%

Fuente: elaboración propia.

4.2 Análisis externo

De acuerdo al objetivo de entender los procesos de control de cosechas y de producto terminado de la nuez de macadamia se encontró que el registro de origen, de dónde, qué calidad y quién recogió la cosecha es un proceso importante, además de la cantidad o peso del producto.

Vega, Carvajal, y Morales (2019) publicaron resultados parciales de un proyecto, según su informe “Transformación Digital en el Sector Agrícola. Sistema de Información para Producción Hortofrutícola como Apoyo al Centro Agrícola Cantonal de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica” en el cual buscan desarrollar tecnologías para mejorar los procesos productivos en materia de calidad e inocuidad, al mismo tiempo para aumentar los rendimientos como consecuencia de los costos de producción. Su objetivo: “propiciar la trazabilidad agrícola con la recopilación, almacenamiento, gestión y difusión de información asociada a un producto alimenticio”.

En esta investigación de la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, se encontró que los involucrados con los controles de cosecha tenían claro que por tratarse de un producto alimenticio era importante conocer el origen de la nuez de macadamia, además de buscar un buen rendimiento al analizar los datos de productividad de los lotes o parcelas.

Al incluir un proceso de pesaje NIH, que en inglés significa *Nut In Husk*, de la nuez en cáscara, se recopilan datos de trazabilidad agrícola como requisito para garantizar la inocuidad del producto, además de la información para el pago de planillas de los recolectores.

De acuerdo al objetivo de identificar los principales factores que dificultan la transformación digital en la finca, se encontró que el factor humano representa una importante barrera que superar para la transición digital en las empresas agrícolas.

En este sentido, Nagel (2012), en su informe Principales Barreras para La Adopción de Las TIC en La Agricultura y en Las Áreas Rurales, sobre varios países de América Latina, expone que se trata exclusivamente de educación o capacitación, mas no se trata de actitud.

Nagel dice que la adopción de tecnología de la información y la comunicación en la agricultura depende de la “heterogeneidad estructural y la estratificación de los agricultores”, que quiere decir que no es lo mismo hablar de una empresa agrícola mediana o grande que un agricultor independiente a la hora de querer adoptar tecnología digital en sus procesos.

De acuerdo al autor Nagel, la tabla XIII resume los factores que son limitantes, y los factores que son impulsores, de la transición digital en la agricultura.

Tabla XIII. **Factores limitantes e impulsores para adoptar las TIC**

No.	Factor limitante para adoptar las TIC	No.	Factor impulsor para adoptar las TIC
1	Nivel educativo de los agricultores	1	Competitividad de los mercados
2	Oferta de conectividad	2	Oferta de operaciones electrónicas
3	Mercados no demandan información y conocimiento	3	Presión social
4	Falta de estrategias de inclusión digital	4	Presión comunicacional
5	Ubicación rural		

Fuente: Nagel (2012).

En la presente investigación, por el contrario, no se consideraron factores externos a la empresa, como Nagel hace ver, que seguramente son importantes a considerar en un próximo estudio. Adicionalmente Nagel incluye cuáles son los factores impulsores para una transformación digital.

En la presente investigación tampoco se averiguó sobre los factores favorables, esto es un vacío en la investigación porque al averiguar cuáles factores están a favor de un cambio en la finca, se pueden optimizar. Es decir, no solo se debe enfocar en lo que se debe corregir de cero, sino que también se debe enfocar esfuerzos en lo que ya se tiene algo a favor.

También con relación a este mismo objetivo de identificar los principales factores que dificultan la transformación digital en la finca, Muñoz, Sebastián, y Núñez, (2019), exponen que “la cultura corporativa es un factor determinante en el modo en que se realiza esa transición digital” (p. 440). Ellos exponen que dicha cultura es un “conjunto de conocimientos que permite a alguien desarrollar su juicio crítico” para abordar los problemas.

Se puede decir que la cultura corporativa va a estimular o bloquear la búsqueda de respuestas o soluciones a diferentes problemas dentro de las empresas.

En este caso de investigación se coincide con Muñoz, Sebastián, y Núñez, (2019), porque se encontró que el conocimiento sobre las TIC en la finca ha sido una de las principales barreras, determinante por qué todavía no se haya dado el paso a la transformación digital en los procesos de control de trazabilidad agrícola e inventarios de producto procesado.

En relación al tercer objetivo, de proponer un modelo conceptual de automatización de los controles de cosecha en la finca, se encontró que Ampatzidis, Tan, Haley, y Whiting (2016) proponen específicamente para el proceso de cosecha de cultivos especiales que requieren mano de obra intensa, un sistema CBHMIS *Cloud-Based Harvest Management Information System*, que traducido al español es un Sistema de Información de Gestión de Cosechas Basado en la Nube.

Este sistema consiste en un PLMS *Portable Labor Monitoring System* que traducido es un Sistema Portátil de Monitoreo del Trabajo, y un CBHMS *Cloud-Based Harvest Management Software* que traducido es Software de Gestión de Cosechas Basado en la Nube. El modelo conceptual es trasladar al campo el registro de los datos la cosecha, implementando una pulsera RFID para identificar a los recolectores, un sistema de pesaje en línea, que registra el código de la parcela, el tipo de producto, el peso de la recolección del fruto y transmitir los datos a un software basado en la nube, que posteriormente permite analizar la eficiencia de recolección, generar reportes de pago, mejorar la logística de manipulación del producto.

También en relación al tercer objetivo de esta investigación, para el caso de la finca de nuez de macadamia ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, no se propuso trasladar el pesaje al campo, solamente la identificación y asociación de los sacos a su respectivo recolector, porque el terreno tiene mucha inclinación para colocar las balanzas y en varios puntos no hay señal de telefonía celular.

Lo que se propone es implementar un sistema basado en la nube por la compatibilidad con equipo portátil. El pesaje del producto sigue realizándose en el beneficio ubicado en el casco de la finca, con la diferencia que las balanzas se conectan por medio de una computadora y registran los datos directamente al sistema.

Por último, según Bert (2021) apoyado por el IICA Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura en su publicación “La Digitalización de La Agricultura como Determinante para La Transformación de Los Sistemas Alimentarios: Una Perspectiva Desde Las Américas”, la agricultura de Guatemala, como de todo el mundo, especialmente de América Latina se relaciona con el sistema de alimentación, que repercute en la nutrición y salud de las personas así como los ecosistemas o el medio ambiente. Por lo tanto, se necesita mejorar en muchas cosas, más allá de la rentabilidad de las empresas agrícolas, sin embargo se reconoce que desde las empresas agrícolas es donde se impulsa la transformación de la agricultura. Específicamente se considera la transformación digital como la reinención de la estrategia de mejorar la cadena de valor, enfocada desde el punto de vista del consumidor. Esto implica promover mejoras en la forma de producir, procesar, distribuir, comercializar y consumir los productos agrícolas, se apoya la idea que se deben tomar decisiones con base en los datos, dando un paso más adelante de la toma de decisiones intuitivas.

El punto de partida de este trabajo de investigación concuerda con Bert, que es correcto el abordaje de la transformación digital en un proceso agrícola, en este caso el proceso de cosecha de la nuez de macadamia en la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia aptos para la automatización por departamento, en la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, son los siguientes: De cosechas: recolección y entrega de nuez en cáscara. De beneficio: recepción y muestreo. De bodegas: recepción y despachos de nuez en concha.
2. Se identificó cuáles factores dificultan la transformación digital en los controles de cosecha de la nuez de macadamia en la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, que son de índole humano no de índole tecnológico, ni económico. Estos factores son: la falta de tiempo, la falta de conocimiento o capacitación y la resistencia al cambio.
3. Un diseño conceptual de automatización de los procesos de control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, inicia con la automatización de la identificación de los sacos de recolección del producto, sigue con los procesos de pesaje en el beneficio, tanto al pesar la nuez en cáscara NIH como al pesar la nuez en concha NIS, el almacenamiento y el despacho al cliente. En el campo se plantea utilizar una estación de control de labores, en el beneficio y bodega utilizar estaciones de pesaje.

4. El abordaje de la transformación digital a través de la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en la finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala, debe atender primero la cultura empresarial en la finca. Se necesita explicar las ventajas de la transición digital para que el personal que debe ser agente de cambio esté dispuesto a invertir tiempo en un proyecto de transformación digital, invertir recursos para capacitaciones en este tema y en motivación para mitigar la resistencia al cambio. También hace falta realizar una alfabetización digital, es decir que se atienda el problema de fondo, no solo de forma.

RECOMENDACIONES

1. Hacer un estudio adicional para determinar detalladamente los requisitos que deben cumplir los equipos, como lectores de radiofrecuencia o códigos de barra, balanzas, tipo de conectividad, para satisfacer las necesidades de cada punto de control, con un presupuesto adecuado y se logre que la captura de datos de las cosechas se haga en el momento cuando se generan y en el lugar donde se generan los mismos.
2. Realizar un estudio complementario sobre los factores que favorecen la transformación digital, porque en este trabajo se investigó sobre los factores que la dificultan. Sería bueno cambiar el enfoque con el objetivo de optimizar los factores favorables y cambiar los esfuerzos de corregir lo malo a mejorar lo bueno que se tiene a favor.
3. Efectuar un estudio nuevo en la finca para alinear el proceso de transformación digital con la visión estratégica del negocio, que tome en cuenta el impacto en el personal, que investigue las etapas necesarias para un cambio efectivo de cultura, acorde a las condiciones de la empresa y lograr que el proceso sea integral y gradual.

4. Llevar a cabo una investigación adicional para elegir la opción de servicio en la nube a utilizar o *SaaS, Software As A Service*, para garantizar la accesibilidad y aprovechar las ventajas de costos y administración, la investigación puede ampliar las bases para tomar la decisión, porque esta es de importante impacto en el futuro y hay una gama de opciones en el mercado, como *Google Cloud Platform, Microsoft Azure, AWS de Amazon*, etc.

5. Capturar los datos de la recolección de la nuez, con dispositivos *hand-held* o portátiles para registrar los datos desde el campo, para esto se sugiere identificar a los recolectores con una pulsera o con un gafete para facilitar la captura del código del trabajador, también codificar los sacos y que se usen específicos para cada calidad de la nuez. Y para la captura del peso, utilizar balanzas digitales con la capacidad de conectarse de forma inalámbrica y transmitir los datos a un dispositivo computacional.

REFERENCIAS

1. Ampatzidis Y., Tan L., Haley R, Whiting M., (2016) *Cloud-based harvest management information system for hand-harvested specialty crops*, USA. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/271434313_Harvest_Management_Information_System_for_Specialty_Crops
2. Bert, Federico (2021) *La digitalización de la agricultura como determinante para la transformación de los sistemas alimentarios: una perspectiva desde las Américas / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, Costa Rica.* Recuperado de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18586?locale-attribute=es>
3. Cameron, Pat (2021) *Automatización de procesos: 5 principales beneficios en empresas.* Helpsystems.com Recuperado de <https://www.helpsystems.com/es/recursos/guias/automatizacion-de-procesos-5-principales-beneficios-en-empresas>
4. García R. Israel (2017) *Metodología de Transformación Digital.* garciareal.com Recuperado de <https://www.garciareal.com/2017/01/04/metodologia-de-transformacion-digital/>
5. Gómez O., Jorge I. (2017) *¿Debo cambiar mi estrategia empresarial?* INALDE Business School. Recuperado de <https://www.inalde.edu.co/blog/direccion-de-empresas/debo-cambiar-mi-estrategia-empresarial/>

6. Grupo *Power Data* (s.f.) *Transformación digital. Qué es y su importancia y relación con los datos.* Recuperado de <https://www.powerdata.es/transformacion-digital>
7. Hidalgo, Pedro (s.f.) *Estudio sobre la Transformación Digital en ejecución.* Recuperado de <https://smartsoftint.com/estudio-sobre-la-transformacion-digital-en-ejecucion/>
8. Lauria, Gustavo (2020) *Fases del Proceso de Transformación Digital de una Empresa.* DEBMEDIA Recuperado de <https://debmedia.com/blog/proceso-de-transformacion-digital/>
9. Llamas, Jonathan (2020), *Automatización de Procesos.* Economipedia. Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/automatizacion-de-procesos.html>
10. López Fuentes, Francisco de Asís (2015) *Sistemas distribuidos.* México, UAM, Unidad Cuajimalpa.
11. Molineaux, Pascal J. (2013). *La Búsqueda de un Desarrollo Sostenible: La Necesidad de Rediseñar Los Productos Manufacturados.* Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales. Universidad Javeriana, Cali. ISSN: 2339-3122. Recuperado de Acaemia.edu
12. Muñoz Daniel, Sebastián Ana, Núñez Marian, (2019). *La Cultura Corporativa: Claves de La Palanca para La Verdadera Transformación Digital.* Revista Prisma Social No. 25. 2º Trimestre 2019 ISSN: 1989-3469
13. Nagel José, (2012) *Principales Barreras para la Adopción de las TIC en la agricultura y en las áreas rurales.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)

14. Pérez Andrés, G., Gisbert Soler, V. y Pérez Bernabeu, E. (2017). *Reingeniería de procesos. 3C Empresa: investigación y pensamiento crítico*, Edición Especial, 81-91. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.81-91/>.
15. QuimiNet (2008), *¿Qué es la automatización?* QuimiNet.Com Recuperado de <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-la-automatizacion-27058.htm>
16. *Red Hat, Inc. (s.f.) El concepto de automatización.* Redhat.com Recuperado de <https://www.redhat.com/es/topics/automation>
17. Redondo, Pedro (2016) *Proceso de Transformación Digital.* Bilinea.com. Recuperado de <https://bilinea.com/proceso-transformacion-digital/>
18. Ruiz-Falcó Rojas, F. (2019). *Análisis empírico de la transformación digital en las organizaciones.* International Journal of Information Systems and Software Engineering for Big Companies (IJISEBC), 6(1), 35-52. Recuperado de <http://uajournals.com/ojs/index.php/ijisebc/article/view/443/334>
19. Sanmiguel, María (2019) *La importancia de los inventarios en una empresa.* Ekon. Recuperado de <https://www.ekon.es/importancia-inventarios-empresa/>
20. Sevilla Arias, Andrés (2016). *Productividad.* Economipedia.com Recuperado de: <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>
21. Sol, Q. Gabina (2011) *Manual técnico para productores de nuez de macadamia.* Asociación Mexicana de Productores, Procesadores y Exportadores de Nuez de Macadamia, A.C., México. Recuperado de <http://macadamiamexico.com/wp-content/uploads/2016/06/>

22. Vega-Briceño, Carvajal-Matarrita, Morales-Guadamuz (2019) *Transformación digital en el sector agrícola. Sistema de Información para producción hortofrutícola como apoyo al Centro Agrícola Cantonal de Nicoya, Guanacaste, Costa Rica*. Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional, Costa Rica.

23. Westreicher, Guillermo (2020). *Control de inventario*. Economipedia.com
Recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/control-de-inventario.html>

APÉNDICES

La matriz de consistencia fue una guía fundamental para mantener el enfoque y desarrollar la idea de la propuesta de investigación.

Apéndice 1. Matriz de consistencia

TÍTULO: TRANSFORMACIÓN DIGITAL A TRAVÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL DE INVENTARIOS DE LA COSECHA DE NUEZ DE MACADAMIA EN UNA FINCA UBICADA EN SANTA BÁRBARA, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA					
Problema	Objetivos	Preguntas de investigación	Metodología	Conclusiones	Recomendaciones
Problema principal	General	Pregunta general	Investigación		
No se sabe a través de qué tipo de sistema proponer la transformación digital en una finca que produce nuez de macadamia, ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala	Proponer la transformación digital a través de la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia, en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.	¿A través de qué tipo de sistema proponer la transformación digital en una finca que produce nuez de macadamia, ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala?	Tipo de investigación descriptivo, diseño no experimental, enfoque mixto. Variables: información oportuna de existencias, controles de inventarios, cosechas de nuez de macadamia.	Los procesos de control de cosechas son: identificar sacos en campo, recibir nuez en cáscara en beneficio, muestreo para proyectar procesamiento diario, control de calidad de nuez en concha, recibir y entregar en bodegas.	Se sugiere hacer un estudio adicional para determinar los requisitos y costos de los equipos para implementar el diseño, el propósito es capturar los datos dónde y cuándo se generan.
Problemas secundarios	Específico	Preguntas específicas	Objetivos y factibilidad		
Los controles manuales del inventario de nuez de macadamia cosechada están propensos a ser inexactos y lentos en dar informes útiles al departamento de ventas, al departamento contable y a la gerencia de la empresa.	• Determinar cuáles son los procesos de control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala.	¿Cuáles son los procesos de control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala?	Proponer la transformación digital a través de la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala	Los factores que dificultan la transformación digital son de índole humano: falta de tiempo, resistencia al cambio, falta de conocimiento o capacitación	Se propone considerar la realización de un estudio adicional para alinear la transformación digital con la visión estratégica de la empresa, que tome en cuenta el impacto en el personal y que sea un cambio cultural integral y gradual.
La falta de un sistema automatizado de control provoca la generación de desconfianza e incertidumbre los datos de cosechas, lo que hace pensar que se toman decisiones intuitivas e ineficientes, que dependen de las personas y no de los datos.	Identificar los principales factores que dificultan la transformación digital a través de la automatización del control de los inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala	¿Cuáles son los principales factores que dificultan la transformación digital para la automatización del control de inventarios de la cosecha de nuez de macadamia en una finca ubicada en Santa Bárbara, Suchitepéquez, Guatemala?	Factibilidad: seis meses de duración. Beneficios de mejora para ventas, finanzas. Financiamiento es de la empresa. Recurso humano existente. Costos presupuestados por la empresa. La gerencia ha autorizado el acceso al lugar.	Un diseño conceptual de automatización de los controles de cosecha puede iniciar con el proceso de recolección, continúe con los procesos de pesaje en beneficio, almacenaje y despacho de bodega	Se propone realizar una investigación adicional para elegir la plataforma a utilizar, la opción propuesta es un servicio en la nube, SaaS Software As A Service, por accesibilidad y las ventajas de costos y administración, hay una gama de opciones en el mercado.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Modelo del cuestionario

CUESTIONARIO: Sobre los procesos de control de cosecha y procesamiento de la nuez de macadamia.

Por favor responda lo más exacto posible. ¡Sus respuestas son muy importantes! ¡Muchas gracias!

¿Considera que usted conoce el proceso de cosecha de la nuez de macadamia de la finca?

Sí No

¿Cuál es su departamento de trabajo?

Cosechas Bodegas Administración
 Transportes Beneficio

Expresar si usted está de acuerdo o no con los asuntos siguientes, según la escala indicada:

1 = Muy en desacuerdo, 2 = En desacuerdo, 3 = De acuerdo, 5 = Muy de acuerdo

A) En la finca no se necesita la transformación digital en los controles de cosechas de la nuez de macadamia.

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 Muy de acuerdo

B) La falta de dinero dificulta la transición digital en los controles de cosechas de la nuez de macadamia.

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 Muy de acuerdo

C) La resistencia al cambio del personal dificulta el uso de tecnología digital en los controles de cosechas de la nuez de macadamia.

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 Muy de acuerdo

D) La falta de tiempo dificulta la adopción de la tecnología digital en los controles de cosechas de nuez de macadamia.

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 Muy de acuerdo

E) La falta de conocimiento o capacitación en la finca dificulta el uso de la tecnología digital en los controles de las cosechas de nuez de macadamia.

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 Muy de acuerdo

F) No hay tecnología digital disponible para usar en los controles de cosecha de la nuez de macadamia en la finca.

Muy en desacuerdo 1 2 3 4 Muy de acuerdo

Fuente: elaboración propia.