



Trabajo de grado en modalidad de aplicación

[213012] Sistema de información para la calidad del cultivo de tomillo en la empresa *Always Fresh Farming*.

Ana María Becerra Giraldo^{a,c}, Alejandra López Moreno^{a,c}, Paula Catalina Martínez Calderón^{a,c}, Sara Gabriela Rojas Oliva^{a,c},

Javier Eduardo Niño Toro^{b,c}

^aEstudiante de Ingeniería Industrial

^bProfesor, director del Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Industrial

^cPontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

Abstract

In Colombia, exports generate an essential income to the economy of the country, which is why it is important to lead studies and actions concerning exterior commercialized products. Currently aromatic herbs, like thyme, face high quality controls to get to their final customer. The enterprise Always Fresh Farming is responsible for the production and commercialization of thyme. Throughout its trajectory it has shown different kinds of problems that has prevented them from achieving their productivity goals.

Therefore, the necessity of designing an information system is laid out. To do this it was required a diagnosis of the present situation of the production process, where it was shown that it does not have a permanent control of the information from the activities done in the sub processes of the beds. Given the above it was necessary to do an analysis of the variables that could have a major influence in the final's product quality. According to the crucial variables found in phases of the process an experimental design was outlined. Limitations of time, costs and staff were considered to define the variables for the experiment. The variables were type of seeding, dusting and type of tool used in the cut. The results of the experiment allow to resolve that the three factors individually have a significative effect on the final product quality.

Based on the results, the planning of the information system begins. This system follows the guidelines of AFF, and it is modeled considering the information of each phase of the process and the activities conducted in each of them. It is supplemented by two maps in which the users can observe the pashes and conditions of all the beds in the crop. In addition, the system provides the option of generating a report in Power BI, where tactic and operational indicators are found, supporting decision making.

To validate the correct functioning of the proposed system and expectations of AFF, the enterprise conducted a pilot test, which had constant support from the authors of this study. Firstly, an explanatory video along with an instructive was made, with the aim of training the staff who will be using the tool. Afterwards the enterprise carried out functioning tests of the system under different guidelines, this allowed the verification and evaluation of the tool by three methods.

Finally, with the results obtained in the pilot test, satisfaction and economic indicators were considered. Moreover, it is expected that once the information system is implemented, the pounds rejected will decrease by 23% which would generate an increase of \$7,446,400 pesos of the export thyme ingress. As the system generates a positive impact in the economic level, it would be advised that AFF implements the tool.

Key Words: Information system, crop, experiment design, indicators, AFF.

1. Justificación y planteamiento del problema

En la actualidad, se considera que una de las formas de impulsar la economía de un país es por medio de la exportación de productos cultivados o producidos en su territorio. Según Procolombia (s.f), dicha actividad brinda beneficios para una nación y sus relaciones con otros, ya que, exportar bienes o servicios permite que

los países formen alianzas comerciales estratégicas. Además, se garantiza que los países den a conocer sus productos o servicios, lo que permite una mayor visibilización de estos y abre la posibilidad a nuevas inversiones.

En Colombia, las exportaciones generan ingresos necesarios para garantizar el equilibrio económico del país. Por ejemplo, si se comparan las cifras de exportaciones en los meses de diciembre de los años 2020 y 2019 se evidencia una disminución del 36,1%, principalmente, debido a la pandemia. Ahora bien, según el DANE (2020), en 2019 del total de exportaciones de plantas aromáticas, el 75% tuvieron como destino Estados Unidos. El Ministerio de Agricultura (2020) informó que en promedio 600 toneladas de estos productos fueron exportadas en 2020 a este país, lo que equivale a un monto de US \$2 millones. A continuación, se puede observar el comportamiento de exportación de los últimos 10 años.

Figura 1.

Destino de las exportaciones del sector agropecuario (Plantas aromáticas y medicinales) en toneladas.

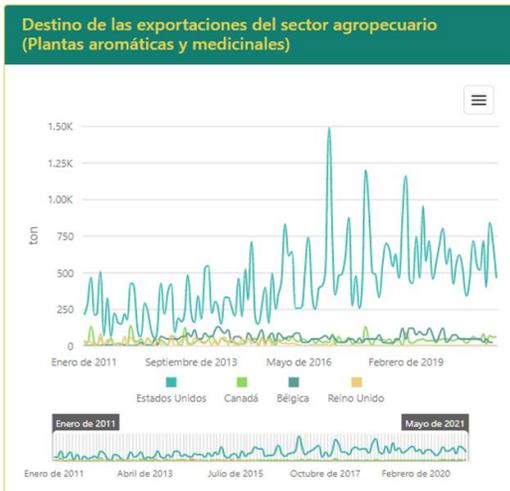
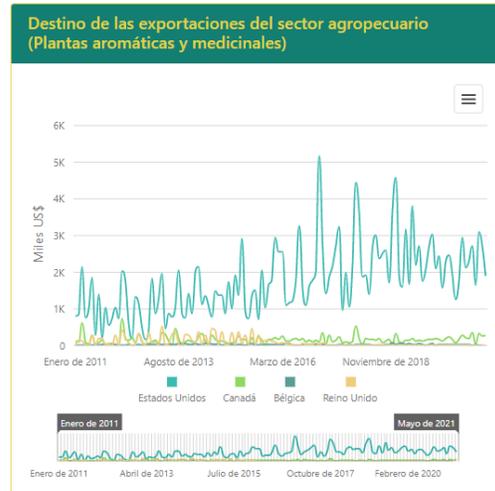


Figura 2.

Destino de las exportaciones del sector agropecuario (Plantas aromáticas y medicinales) en miles US\$



Nota. Los gráficos representan las exportaciones de plantas aromáticas a Estados Unidos, Canadá, Bélgica y Reino Unido. Tomado de Agronet (2021). Reporte: Principales Países de Destino de las Exportaciones del Sector Agroindustrial por Productos Seleccionados. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=22>

Desde el 2015 hasta 2019 las exportaciones hacia Estados Unidos de estos productos han crecido entre el 7% y 18%, lo que indica que es un mercado potencial. Adicionalmente, el departamento de Antioquia, donde está localizada la empresa productora de tomillo *Always Fresh Farming (AFF)*, es el principal productor de las plantas aromáticas en Colombia. Para el año 2019 el departamento registró un total de 936 hectáreas en todo el país (Ministerio de Agricultura, 2019).

En el país existen diversas hierbas aromáticas apreciadas en el mercado exterior, entre las cuales se encuentra el tomillo (*Thymus*). Se trata de una planta silvestre vivaz, leñosa, de aproximadamente 10 a 40 cm de altura y muy ramificada. Esta planta aromática es de clima templado y originaria de los países de la cuenca mediterránea occidental, su cosecha se da en suelos secos y soleados, pero también, resiste las bajas temperaturas y las sequías. Se puede propagar por semillas, esquejes o macollas y se cultiva con fines comerciales para la producción de hojas secas, aceites esenciales y extractos (Kuetze, 2017). Además, cuenta con aplicaciones farmacológicas, terapéuticas y culinarias que aumentan su deseabilidad en el mercado internacional (López, 2006).

Figura 3.

Representación visual del Tomillo.



Figura 4.

Empresa Always Fresh Farming.



El proceso de producción del tomillo es lineal y manual, por lo cual la calidad del producto final recae en tener un proceso de manufactura estructurado y claro para cada etapa: sembrado, recolección, preparación, enfriamiento, empaque, almacenamiento y transporte. En la siguiente tabla se presentan los principales requerimientos de calidad del tomillo para exportación:

Tabla 1.

Aspectos de calidad relevantes en el proceso de producción de tomillo.

ASPECTO DE CALIDAD	REQUERIMIENTOS	COMENTARIOS
Longitud de ápice.	Entre 15 y 20 cm. Las hojas deben estar cerradas en el extremo superior.	Esta tarea se hace planta por planta.
Turgencia.	Deben tener apariencia fresca e hidratada.	Para que las plantas estén hidratadas en el momento de corte, con un contenido del 90% del agua. Se recomienda hacerlo en la mañana ya que se encuentra turgente y sus estomas no han abierto.
Daños.	Libre de insectos, hongos, malezas.	Los daños se pueden ocasionar por plagas o roces mecánicos.
Temperatura.	El cuarto frío debe tener una temperatura entre los 4 y 10°C.	La zona debe cumplir con los requerimientos sanitarios y se debe mantener la cadena de frío para evitar la deshidratación y el choque térmico.

Nota. Requerimientos de calidad para los cultivos de tomillo. Tomada de: Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco manejo agronómico, producción y costos. Bareño, P., 2004, AGORA, p. 22.

Dada su relevancia en el mercado internacional, en este trabajo, se realizará una revisión específica a las 2 primeras etapas del proceso mencionadas anteriormente. Esta revisión se realizará en la empresa *Always Fresh Farming (AFF)*, tiene un cultivo ubicado en el municipio de Marinilla, Antioquia, específicamente en la vereda Gaviria. El área cultivada es de 5.000 metros cuadrados, donde hay 3 cultivos. El seleccionado se muestra en la figura 4, está dividida en 8 secciones, contiene aproximadamente 142 camas y en ellas hay sembradas 750 plantas de tomillo en promedio. Esta zona geográfica tiene una temperatura promedio de 17°C, se encuentra a 2.120 metros del nivel del mar, tiene una humedad del 53% aproximadamente y hace parte del piso térmico frío.

Actualmente, la compañía utiliza dos métodos para la siembra del tomillo. El primero, son las macollas las cuales hacen parte de la planta, que, según lo diagnosticado por la empresa, permite que haya un proceso de crecimiento acelerado para llegar a la fase de corte, pero a su vez tiene una vida útil corta. El segundo, son los esquejes que corresponden exclusivamente al tallo de la planta. Esto hace que su proceso de crecimiento sea más lento, pero a su vez garantiza una vida más larga. Una vez se haya cumplido el tiempo en cada uno de los métodos, se procede a la fase de corte. En esta fase se emplean tijeras y/o cuchillos y se recoge la materia prima cortada en canastas. Luego son transportadas a la siguiente fase, el empaque.

La empresa *AFF*, a partir de lo mencionado anteriormente, ha evidenciado diferentes problemas en sus fases. En primer lugar, no han logrado cumplir con la meta de peso, donde cada planta cortada debe pesar 100 gramos. Los registros actuales muestran que su peso es menor a 50 gramos, lo que implica que la empresa no está teniendo los resultados esperados y, por lo tanto, baja su competitividad en el mercado. También, han recibido devoluciones por parte del empacador, la principal razón de esto es que el corte no haya sido uniforme y en el tiempo adecuado.

En la recolección hecha en el mes de julio, correspondiente a la cosecha de mayo a julio del 2021, se evidenciaron datos alarmantes, ya que, se esperaba que en este periodo de tiempo se recolectarían 8.000 libras, pero solo lograron recolectar 3.825. Además, es importante aclarar que, en términos de facturación, ésta solo se logró para 2.068 libras de las comprometidas con la exportadora. A continuación, se presenta un cuadro y una gráfica realizada con los datos proporcionados por la empresa *AFF* donde se evidencia el destino del producto faltante.

Tabla 2.

Destino libras de tomillo recolectadas en la cosecha de mayo a julio de 2021, de la empresa AFF.

Cosecha mayo-julio 2021		
Destino de las libras de tomillo	Libras	Porcentaje
Recolección total	3,825	100%
Entrega a la exportadora	2,178	57%
Rechazo del empacador, por corte	285	7%
Perdidas por corte mayor a 14 semanas	454	12%
Venta al empacador, con destino a comercio local	114	3%
Destinadas a la producción de aceite	100	3%
Se convirtieron en esqueje	502	13%
Venta local	192	5%

De la información proporcionada por la empresa se evidenciaron las pérdidas que se están presentando. De la cosecha esperada sólo pudieron obtener el 47.81%, y de lo que recolectaron, solo el 56.94% pudo lograr las exportaciones pronosticadas. En otras palabras, si el precio de venta por libra es de 0.75 dólares, se vendieron \$1.634 dólares aproximadamente, y se dejaron de ganar alrededor \$3.132 dólares, si se hubiera logrado exportar las 8.000 libras proyectadas. El precio de venta al comercio local se realizó por un valor de \$3.000 pesos el kilogramo.

De las cifras anteriormente presentadas, se refleja que el objetivo de producción no se cumple. La razón de esto es que se presentaron conceptos de pérdida como rechazo del empacador por corte o pérdidas por corte mayor a 14 semanas. Estos rechazos se dan por el incumplimiento del estándar de altura, mencionado en la Tabla 1. Sin embargo, es importante mencionar que hay un gran potencial para que los resultados cambien, debido a que, en la recolección realizada en la última semana de agosto del año 2021, en un bloque diferente, las cifras del peso por planta cortada tuvieron un promedio de 68 gramos.

Basado en lo anterior, en la empresa *AFF* se evidencia una ausencia de mecanismos de control del proceso productivo que afectan negativamente la mejora continua de sus procesos en las etapas de siembra y corte. Esto le ha generado inconvenientes, como, la baja calidad del producto y altos porcentajes de pérdida. No obstante, a pesar de lo descrito anteriormente, se identifica un mercado potencial para la exportación, lo que motiva a preguntarse ¿Qué herramienta de administración de datos le puede permitir a *AFF* obtener indicadores de rendimiento para aumentar el conocimiento de sus cultivos y así mejorar la toma de decisiones?

1. Antecedentes

A partir del problema planteado en *AFF* se tiene el reto de controlar el proceso productivo del tomillo a través de herramientas de ingeniería. Por ello, se realiza una investigación con el fin de identificar estrategias de mejora aplicadas a procesos de agricultura, aplicación de sistemas de información en cultivos, aspectos de

control de calidad y análisis estadístico en la agricultura. Se espera que la información proporcione guías para el desarrollo del proyecto y, así mismo, abra la puerta a las posibles soluciones de los problemas que presenta la empresa.

Dentro de los aspectos relevantes para tener en cuenta, referido al control de calidad se identificó el trabajo “Análisis de la implementación de las BPM de acuerdo con la norma ISO 22000:2018 para el cultivo de Menta (*Mentha spicata*) en la finca Garden Herbs, del municipio de Cajicá Cundinamarca” de Chávez, Olivares y Rodríguez, (2020), en donde se identifica el no cumplimiento de los estándares de calidad que exige el mercado. La investigación deriva en la creación de una cartilla para la aplicación de las normas ISO 22000 a través de la implementación de la metodología BPM y BPA. (Chávez Z, et all, 2020).

De otra parte, en el estudio “Quality control and crop characterization framework for multi-temporal UAV LiDAR data over mechanized agricultural fields” realizado por Yi-Chun Li y Ayman Habib en el año 2020, se propone un sistema atemporal de control de calidad y caracterización de cultivos en campos agrícolas utilizando tecnología LiDAR. El desempeño del control de calidad propuesto se evalúa utilizando bases de datos recolectadas en diversos campos con diferente tamaño, orientación, cultivos y etapas de crecimiento, a partir de los datos recolectados por el LiDar. Se realiza un análisis estadístico que permite determinar el estado de los cultivos en tiempo real, concluyendo que la detección de hileras conlleva a la extracción automática de parcelas.

En cuanto a estrategias de mejora de procesos se encontró Six Sigma. Esta, fue utilizada en un estudio titulado “Inventory management model design in a strawberry crop, based on the model order for a single period and six sigma metrics” realizado en el año 2016 por Daniel Pineda y Natalia Ramírez. El objetivo fue diseñar un modelo para la administración de inventarios en un cultivo de fresas que permitiera el control de los niveles de desperdicio, determinado por las limitaciones productivas de cultivo. Esto se hizo a través de un modelo de inventarios de pedido de un periodo y la implementación de las métricas de Six Sigma. El modelo consideró funciones probabilísticas relacionadas a la demanda de las últimas temporadas. Se encontró que el modelo en su fase teórica es funcional y permite establecer la cantidad óptima de recolección, además establece controles de cultivo, teniendo en cuenta los requisitos de calidad de Six Sigma.

También en el cultivo de Spirulina se ha aplicado esta metodología. Como lo muestra el artículo “Metodología Seis Sigma en el Incremento de Producción de Spirulina” de Daniel Freire, Omar Flor y Gabriela Álvarez (2020), presentaron resultados de mejora en productividad de la Spirulina, aplicados en una empresa productora de esta conocida microalga. Para poder tener mejoras en el proceso, se identificaron aspectos tales como los procesos generales y específicos, etapas del proceso, las variables físicas y químicas que afectan a la producción de este cultivo. Seguido a esto, diseñaron una metodología la cual comenzó con el cálculo del costo del momento del proceso productivo, continuando con el diseño del plan de mejora a seguir con el que se identificó el análisis de productividad que se tenga en la prueba piloto. A partir de esto, pudieron concluir que los costos más elevados se relacionan con el tipo de las materias primas y mano de obra. De igual manera el plan piloto permitió reducir el tiempo que se toman en diferentes etapas y la implementación de cartas de control permitiendo que haya un control de mantenimiento del cultivo.

Seguidamente, la planificación operativa de los sistemas de producción agrícola se convierte, en una herramienta importante para la toma de decisiones de los agricultores. Así, Solano, Llinás, Montoya y Polo (2020), realizaron un modelo matemático como herramienta de apoyo a la toma de decisiones para problemas de planificación del mantenimiento de cultivos. El modelo buscó la minimización de los residuos generados por el uso de recursos necesarios para la tarea de mantenimiento de cultivos. Este se modeló como un Programa No Lineal Entero Mixto en un estudio de caso sobre fincas bananeras en Colombia. Asimismo, se implementó una Metodología de superficie de respuesta para el análisis de sensibilidad con el fin de obtener una importante reducción de costos, la optimización de recursos, desperdicios y un cronograma de actividades de mantenimiento de cultivos. Como resultado de esta implementación se obtuvo una reducción del 59% sobre el costo total y un nuevo enfoque de actividades y programación de tareas.

A su vez, Scarlato, Giménez, Lenzi, Borges, Betancur y Dogliotti (2017), realizaron el “Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento del cultivo de frutilla en Uruguay”. Para esto, evaluaron 76 cultivos en dos periodos de producción, donde se seleccionaron las siguientes variables: Crecimiento, desarrollo, manejo, rendimiento y ambiente. De la evaluación realizada se logró establecer que la afectación de rendimiento se daba por la fecha de plantación, instante en que se alcanza la densidad definitiva de las plantas y del cultivo. Aunque, la que mayor relevancia tuvo fue la cobertura del suelo “CS”, mostrando que se alcanzaron niveles de hasta 45%. Esto ocasiona que se dejen áreas del suelo descubiertos, haciendo que se perdiera la intercepción de radiación. Analizando los grupos de media y baja CS se encontró que las grandes diferencias estaban en el pH del suelo, balance de agua y fertilización en los cultivos. A partir de esto, concluyeron que para maximizar el rendimiento se podría controlar la distancia entre canteros, número de filas en estos y la distancia entre las plantas sembradas, permitiendo una adecuada racionalización de los costos de producción.

Con relación a los procesos de mejora, en el artículo “Fortnightly dynamics and relationship of growth, dry matter partition and productivity of maize based sole and intercropping systems at different elevations” de M Arshad, (2021) se presenta un estudio realizado en cultivos de maíz y frijol, que tenía por objeto, relacionar los factores del PH del suelo, época del año, clima y elevación, con el rendimiento del cultivo y su crecimiento. Se realizó a través de un análisis estadístico en el programa SAS utilizando ANOVA para obtener el nivel de significancia del efecto de los factores, la herramienta LSD para identificar las medias que eran diferentes entre sí y la prueba de correlación de Pearson entre variables. Se concluyó que estos factores sí afectan los cultivos de maíz y frijol. Además de que la elevación genera más productividad en los cultivos.

Entrando en el tema de los Sistemas de Información, en “Manejo por sitio específico del cacao basado en Sistemas de Información Geográfica”, realizado por José Espinosa, Francisco Mite, Sergio Cedeño, Sandra Barriga y Javier Andino (2006), tomó como caso de estudio La Hacienda las Cañas identificando que muchos cultivos utilizan gran cantidad de información, pero no de la mejor manera, por lo que después de desarrollar un SIG, la hacienda pudo obtener información veraz sobre las medidas de los lotes de cacao y así obtener una relación pertinente de rendimiento. A partir de esto, la plataforma implementada puede recopilar los datos agronómicos del cultivo a lo largo del tiempo, para así hacer predicciones y recomendaciones sobre la producción del área sembrada.

Del mismo modo, en el artículo “Development of a crop and farmer activity information system” realizado por Febrian Galih y Argo Wilbowo (2017), se desarrolló un sistema de información utilizando el enfoque del ciclo de vida del desarrollo del sistema en cascada, el cual cuenta con ciertos procesos principales como la recopilación de datos de cultivos, del calendario de la siembra, la actividad agrícola, entre otros, que permite brindar información sobre cultivos y plantas agrícolas en forma de gráficos y tablas. Se diseñó con el objetivo de respaldar la información para el usuario final (agricultores y partes interesadas) relacionada con el procesamiento de datos de cultivos y la actividad agrícola. El alcance del artículo llegó hasta el procesamiento de datos morfológicos, las especies de cultivos y plantas, el periodo de cosecha y la actividad agrícola que desarrollan en la provincia de Yogyakarta en Indonesia. La implementación dio como resultado un sistema de información capaz de procesar los datos de las actividades de los agricultores y los cultivos, donde se recopilan y manejan datos de cultivos, proporcionando así, información detallada de ellos.

Por último, se identificó el artículo “Use of management information systems from the perspective of farmers” sobre el uso y el impacto de un sistema de información gerencial (SIG) en la gestión de pequeñas empresas dedicadas a la actividad rural. El estudio se realizó en el año 2021 por Andressa Bittarello, Stella Maris Lima Altoé y Ricardo Suave, donde se llevó a cabo una recolección de información por medio de 37 cuestionarios y 7 entrevistas a productores rurales. El análisis de los datos se hizo a través de pruebas estadísticas de diferencias y los resultados obtenidos indican que el uso de los SIG afecta positivamente la gestión, en especial el control de los costos y la asistencia a la toma de decisiones. En conclusión, se recalca la necesidad de que los productores rurales implementen el uso de los SIG.

La revisión de literatura especializada en relación con los sistemas de información permite postular que para su uso adecuado en la toma de decisiones, se deben tener en cuenta aspectos que van desde las estrategias de mejora de procesos, pasando por el control de calidad, el análisis estadístico y los sistemas de información. Los estudios presentan un adecuado panorama de las herramientas relevantes para el desarrollo de esta investigación, sin embargo, ninguno integra las diferentes herramientas en un único sistema, para lo cual se realizará una propuesta en este sentido en el marco de este proceso académico.

2. Objetivos

Formular un sistema de información para el proceso productivo del cultivo de tomillo que brinde indicadores de rendimiento a la empresa Always Fresh Farming que aumente el conocimiento del cultivo y así permita la mejora de la toma de decisiones.

- Realizar un diagnóstico del proceso productivo de la empresa *AFF* que permita identificar las variables con mayor efecto en la calidad del producto.
- Establecer experimentalmente los factores de mayor efecto en el rendimiento y calidad de la producción de tomillo de la empresa *AFF*.
- Diseñar un sistema de información para control de calidad en la empresa *AFF* a través de un aplicativo de fácil uso, que brinde información precisa para la toma de decisiones.
- Validar el funcionamiento del sistema de información propuesto a través de una prueba piloto con la empresa *AFF* para obtener un indicador de satisfacción en la compañía.

3. Cuerpo del documento

3.1. Objetivo 1

3.1.1. Metodología

Este estudio contempla la realización de un diagnóstico del proceso productivo del tomillo en la empresa *AFF* con el objetivo de entenderlo, identificar las falencias y establecer las variables que tienen mayor incidencia en la calidad del producto. El desarrollo de este análisis involucra como actores centrales del estudio académico a las investigadoras, los recolectores y los socios de la empresa *AFF*.

La realización del diagnóstico parte de la investigación directa en la empresa con respecto a las actividades que se llevan a cabo actualmente en el proceso productivo del tomillo. Para esto, existen herramientas de recolección de datos tales como las entrevistas, los diagramas de proceso, las tablas resumen y la caracterización del proceso, las cuales permiten recabar información y representar la secuencia de las actividades en un proceso. También se cuenta con la matriz de ponderación de factores que aprueba la evaluación y elección de la mejor opción entre diferentes criterios. Además de un modelo de madurez que clasifica los procesos en niveles de acuerdo con su desarrollo para examinar y controlar factores clave.

Inicialmente, en la descripción de este, se contempló un método de recolección de información a través de la entrevista al administrador del cultivo para identificar con detalle las actividades específicas del proceso. A partir de esta, se diseñó un diagrama de proceso dividido por etapas donde se muestran las entradas, salidas, tiempos e insumos. Se estableció el alcance, los objetivos, participantes y las relaciones del proceso a través de la caracterización. Como complemento, se realizó una tabla que incluye los siguientes factores: Humano, información, ciclos del proceso, insumos, relaciones estratégicas, equipos y herramientas.

Lo anterior, dando cumplimiento al capítulo 4 de la norma ISO 90001 del 2015, numeral 4.4, específicamente 4.4.1 y 4.4.2 donde se debe documentar la información de los procesos caracterizando, las entradas, las salidas, criterios, métodos, secuencias, recursos y responsabilidades. Con el objetivo de tener un sistema de gestión de calidad y un enfoque al mejoramiento continuo de procesos.

Una vez comprendido el proceso, se realizó un análisis de las posibles variables que lo afectan y que serán una base para el desarrollo de los siguientes objetivos. Para la realización de la matriz de ponderación las variables se escogieron bajo las herramientas creadas en la descripción del proceso (entrevista, diagrama de proceso tabla de resumen). Para las escalas de valoración de la matriz de ponderación se utilizó una escala numérica. En primer lugar, se definió junto a la organización cuatro criterios de evaluación y a cada uno se le asignó un peso siendo la suma de estos, equivalente a 100. Con el fin de evaluarlas se realizó una escala de valoración donde los valores oscilan entre 1 y 4, siendo 1 indiferente y 4 totalmente. La suma producto entre los pesos de cada criterio y el valor registrado por cada variable tiene un valor máximo de 400. En caso de que el puntaje obtenido haya sido mayor a 300, se consideró que esa variable es crítica para el proceso productivo.

Finalmente, se llevó a cabo el modelo de madurez del proceso donde se hizo uso de una escala para medir el desempeño de la empresa AFF en cuanto al estado de sus procesos. (Anexo 1). A continuación, se muestra el desarrollo del diagnóstico:

Tabla 3.

Actividad y herramientas del desarrollo del diagnóstico del proceso productivo de la empresa AFF.

ACTIVIDAD	HERRAMIENTA	UTILIDAD
1. Recolección de información del proceso productivo.	Entrevista a recolector.	Identificación del proceso productivo del tomillo en AFF.
2. Delimitación del proceso.	Caracterización.	Evaluación del alcance, objetivos, participantes y relaciones del proceso.
3. Identificación de las etapas del proceso y sus actividades.	Diagrama de procesos, Tabla resumen.	Visualización específica de cada una de las etapas del proceso productivo en AFF.
4. Evaluación de condiciones de los involucrados en el proceso.	Tabla resumen.	Descripción detallada de las condiciones actuales de AFF.
5. Identificación y selección de las variables más relevantes para el proceso.	Matriz de ponderación de factores.	Selección de las variables con mayor incidencia en el cultivo de tomillo de AFF.
6. Valoración del desempeño general de AFF.	Modelo de maduración de procesos.	Medición del estado actual del proceso productivo de tomillo de AFF.
7. Validación del diagnóstico con la empresa AFF.	Socialización con la empresa.	Verificación del diagnóstico obtenido.

3.1.2. Resultados

En función de identificar las variables con mayor efecto en la calidad del tomillo se realizó un diagnóstico del proceso mediante distintas herramientas. Se utilizó una entrevista para el administrador del cultivo y a través de esta se logró identificar las diferentes etapas y actividades del proceso, con las cuales se construyó el diagrama de procesos (Anexo 1).

El diagrama de procesos permitió observar que el proceso se divide en 4 etapas. La primera es la preparación que tiene una duración de 20 días aproximadamente, donde se alista la tierra para la siembra. La segunda es la siembra, la cual se realiza por método de macolla o esqueje, en esta etapa se prepara la tierra con los respectivos abonos. La tercera etapa se refiere al tiempo de espera de cosecha y al acompañamiento que se le hace al cultivo, brindándole todo lo necesario para su buen desarrollo. Por último, está la etapa de cosecha en la que se recolecta el producto final. Adicionalmente esta herramienta permite identificar las entradas y salidas de cada etapa. A partir de los resultados, se decidió utilizar esta división de etapas para el resto del proyecto.

Para complementar la información, se realizó una tabla con las características importantes para el entendimiento y desarrollo del proceso y recopilando la información descrita en la entrevista, diagrama de procesos y la tabla resumen, se diagramó la caracterización del proceso donde se reconoció la limitada documentación de las actividades. A partir de este diagrama, se identificó que la empresa AFF, registra la información de las etapas principales del proceso y no tiene en cuenta el resto de las actividades que desarrolla. Teniendo en cuenta la información anterior y habiendo definido las etapas del proceso, por medio de la matriz de ponderación de factores se encontraron las variables críticas del proceso (Anexo 1).

Tabla 4.

Variables críticas del proceso productivo de la empresa AFF.

Etapa	Variables / Factores críticos
Preparación de la tierra	Registro de camas construidas por lote
Siembra	Cantidad de libras de esqueje sembrado.
	Registro de plantas sembradas por fecha.
	Registro de cantidad de plantas sembradas por método.
Tiempo de espera cosecha	Riego.
	Abono.
	Maleza.
	Fumigación.
	Control maleza.
	Registro de plantas con <i>Botrytis</i> .
Cosecha	Tipo de herramienta utilizada para corte.
	Registro de libras recolectadas.
	Registro de rechazo.

El resultado de esta ponderación permitió conocer las variables que, tanto para la empresa como para el grupo de trabajo, resultan ser más valiosas para el proceso productivo. Estas, direccionaron cuales serán posiblemente usadas para los siguientes objetivos de la investigación. Como última herramienta de diagnóstico, se realizó el modelo de maduración del proceso productivo del tomillo.

Tabla 5.

Nivel de maduración del proceso productivo de la empresa AFF.

TIPO DE PROCESO	SUBPROCESO	NIVEL DEL PROCESO					
		0-1	> 1-2	> 2-3	> 3-4	> 4-5	> 5-6
Producción del tomillo.	Preparación de la tierra.		X				
	Siembra.			X			
	Tiempo de espera cosecha.		X				
	Cosecha.				X		

A través de la puntuación se concluyó que los subprocesos con niveles más bajos son la preparación de la tierra y el tiempo de espera de cosecha, por lo tanto, son aquellos que requieren de más atención. La falta de seguimiento y aplicación de nuevas estrategias al proceso reduce la competitividad de la empresa en el mercado. Adicionalmente, se identificaron los subprocesos con los cuales se puede realizar una investigación asertiva. En este caso se centró el experimento en las etapas de siembra y cosecha, debido a que cuentan con más información y control de los datos, según su nivel de madurez. Cuentan con una mayor estandarización de las actividades y por tanto una manera de hacer seguimiento y retroalimentación a partir de los resultados.

Esto se complementó con la inclusión del subproceso de tiempo de espera, el cual se considera relevante en el desarrollo y resultado del cultivo, a pesar de que en el momento no presente una estandarización de trabajo o un control de información adecuado. Es un subproceso que está abierto a modificaciones, pruebas y experimentos para determinar la mejor opción para el cultivo y que permitan además articular el trabajo en todos los subprocesos.

Teniendo en cuenta el diagnóstico del proceso mediante las herramientas aplicadas con anterioridad, se puede concluir que el proceso en general es moderadamente bueno, en tanto los subprocesos están bien definidos. Igualmente se tiene alto conocimiento sobre los insumos, herramientas, límites y características involucrados en estos. Además, el registro que se lleva mediante las facturas generadas por la empresa genera un control en el cultivo. Los procesos que se llevan a cabo actualmente ayudan a la empresa a cumplir algunos de sus objetivos. Cuenta con herramientas que le permiten la gestión de información y la correcta asignación de actividades. La empresa AFF desarrolla toda su actividad enfocada al cliente y define claramente los roles dentro del proceso.

Sin embargo, no se tiene registro sobre las mezclas de componentes en: la siembra, el abono, la fumigación y características de las camas lo que no permite evidenciar donde se pueden presentar fallas durante la cadena interna de producción del tomillo. Además, el conocimiento sobre el cultivo depende únicamente del administrador, lo que genera una alta dependencia del conocimiento siendo contraproducente para la empresa. Con respecto a los insumos, es importante identificar cuales afectaron positiva y negativamente al cultivo con el fin de tomar acciones sobre los mismos para alcanzar los objetivos de la empresa. Así mismo, y aunque existe el manejo de algunos indicadores de seguimiento, no se implementaron análisis o acciones de mejora.

Gracias a las herramientas utilizadas, se logró obtener una perspectiva más acertada sobre las características y desarrollo del cultivo. Lo que permitió definir las variables preliminares para el desarrollo del diseño de experimentos:

Tabla 6.

Variables preliminares para el diseño de experimentos.

Etapa	Variables / Factores críticos
Siembra.	Registro de plantas sembradas por fecha.
	Registro de cantidad de plantas sembradas por método.
Tiempo de espera cosecha.	Riego
	Abono
	Maleza
	Fumigación
	Registro de plantas con <i>Botrytis</i> .
Cosecha.	Tipo de herramienta utilizada para corte.
	Registro de libras recolectadas.

Por otro lado, de acuerdo con el reporte del último trimestre de recolección de producto, se pudo establecer que se obtuvieron 10,264 libras por todo el cultivo. Pero como se ha mencionado no todas estas fueron utilizadas para exportación. En el siguiente cuadro se encuentran la cantidad de libras, el porcentaje que representa y el valor de estas. De acuerdo con estas cifras se puede determinar que el 37% de la recolección total fue pérdida para exportación lo que equivale a un valor de \$12,150,400 pesos.

Tabla 7.

Producto no exportado.

Producto no exportado				
Concepto de pérdida	Cantidad de libras	Porcentaje que representa		Valor por libras
Rechazo del empacador, por corte	821	8%	\$	2,627,200
Perdida por corte mayor a 14 semanas	1334	13%	\$	4,268,800
Venta al empacador, con destino a comercio local	205	2%	\$	656,000
Destinadas a la producción de aceite	411	4%	\$	1,315,200
Venta local, no apta para exportación	1026	10%	\$	3,283,200
TOTAL	3797	37%	\$	12,150,400

A partir de estos datos, se realizó un análisis de utilidad de la empresa de acuerdo con los registros de costos y pronósticos que tiene. En el siguiente cuadro se muestran los datos obtenidos en el último trimestre, donde el precio de venta por libra es de 80 centavos de dólar, por lo que su equivalente en pesos colombianos es de \$3,200 pesos aproximados, obteniendo un ingreso por todo el cultivo de \$20,694,000 pesos.

Para efecto de determinar los costos y hacer una aproximación de análisis financiero, fue necesario manejar las unidades en camas. A partir de esto, se estableció que el valor de venta por cama es de \$231,301 pesos. Además, se establecieron los costos totales por trimestre teniendo un total de \$20,313,706 por las 142 camas, es decir todo el cultivo. Estos costos están divididos en fijos y variables; estos últimos incluyen los insumos que se utilizan en todo el proceso productivo, la mano de obra directa y el transporte para empacar el tomillo recolectado.

Tabla 8.

Ingreso de tomillo utilizado para la exportación en el último trimestre.

Tomillo exportación		
Precio de venta por libra	\$	3,200
Libras recolectadas en el último trimestre		10,264
Venta proyectada en el último trimestre	\$	32,844,800
Venta no realizada en el último trimestre	\$	12,150,400
Ingreso total trimestral	\$	20,694,400

Tabla 9.

Costos para la producción de tomillo para exportación en el último trimestre.

Costos de tomillo para exportación unidad de camas en un trimestre		
Costos fijos	\$	1,455,000
Costos variables	\$	132,808
Insumos	\$	22,502
Mano de obra	\$	90,306
Transporte	\$	20,000
Costos totales por trimestre	\$	20,313,706

Suponiendo que se tuviera el mismo valor del trimestre presentado de ingreso, venta no realizada y costos durante todo el año 2022, se obtendrían los resultados de utilidad neta, mostrados en la tabla 10. Al tener un valor de utilidad neta que representa solo el 1% de las ventas realizadas, demuestra que la empresa AFF necesita mejorar o cambiar su proceso de producción.

Tabla 10.

Estado de resultados para el 2022.

Estado de resultados		
Años	2022	Análisis vertical
Ventas	\$ 82,777,600	100%
Costo de ventas	\$ 75,434,824	91%
Utilidad bruta	\$ 7,342,776	9%
Gastos	\$ 5,820,000	7%
Utilidad operacional	\$ 1,522,776	2%
Tasa impositiva	\$ 517,744	1%
Utilidad neta	\$ 1,005,032	1%

3.2. Objetivo 2

3.2.1. Metodología

Como se ha establecido a partir del diagnóstico, el problema principal que tiene la empresa *AFF* es el no cumplimiento de estándares del producto para garantizar su exportación. En este objetivo se planteó que a partir del conocimiento del proceso y del diagnóstico realizado, se desarrolle un análisis de diferentes factores que puedan influir en la situación problemática, a partir de un diseño de experimentos. Se realizó una visita donde se observó la situación actual del cultivo con indicaciones del administrador. Una vez observado el funcionamiento del cultivo se identificaron los siguientes aspectos:

- En la actualidad la empresa cuenta con 3 lotes en diferentes lugares de la finca. Para el estudio se utilizó el “Lote B” porque se encuentra en constante producción a diferencia de los otros dos lotes.
- De las 142 camas que tiene el cultivo, las que son aptas para el estudio son 71. Estas camas debieron cumplir lo siguiente: fechas de cosechas pronosticadas con una diferencia máxima de cuatro días, que se encuentren en el segundo ciclo de cosecha, la longitud sea de aproximadamente 10 metros, tenga en promedio 750 plantas y se encuentren con una inclinación de 40 grados del terreno.
- Por limitación de tiempo, el experimento solo pudo considerar las variables de las etapas: siembra, tiempo de espera y cosecha. A continuación, se detallan las que se tuvieron en cuenta y las que no, con su respectiva justificación:
 - o **Riego:** Actualmente, la zona geográfica del cultivo se encuentra en invierno, por lo que no hay un control sobre el riego ni la cantidad de agua que cae en las camas por un determinado tiempo.

- **Abono:** Si bien representa una variable importante en el cultivo, no se pudo experimentar con ella debido a la frecuencia con la que se aplica (de 40 a 45 días antes de la cosecha) y a las políticas de la empresa que no permiten reducir este horizonte de tiempo.
- **Siembra:** Para contemplar esta etapa, se tuvo en cuenta el método de siembra de cada cama. Sin embargo, no fue una decisión del experimento.
- **Maleza:** El control de la maleza en las camas se manejó como la empresa lo venía realizando ya que existen muchos tipos de maleza y actualmente no se cuenta con herbicidas que traten todos estos tipos por lo que la mayoría de las veces la erradicación es manual.
- **Botrytis:** No se tuvo en cuenta el factor debido a la gran incidencia en campo del patógeno.
- **Cantidad de camas:** La empresa permitió experimentar con aproximadamente el 30% de las camas aptas para el estudio.

A partir de los diferentes bloqueos de factores para el desarrollo del diseño de experimentos, se establece que las variables y sus niveles o valores que pueden tomar son:

Tabla 11.

Factores y niveles seleccionados para el diseño de experimentos.

FACTOR	DESCRIPCIÓN	NIVELES
Tipo de siembra.	Método de siembra utilizado para sembrar por cama.	Macolla y esqueje.
Fumigación.	Tipo de fumigación aplicada a la semana por cama.	Fumigación con sábila y sin sábila.
Herramienta.	Tipo de herramienta que se debe usar al cortar las plantas por cama.	Tijeras y cuchillo.

De acuerdo con la selección de factores, se realizaron los siguientes pasos:

3.2.1.1. Definición del modelo estadístico

Un diseño de experimentos comprende una serie de pruebas las cuales consisten en aplicar algunos cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso con el objetivo de observar e identificar las causas de los cambios en la variable de respuesta. (Montgomery, 1991, citado en Granados, 2004). El experimento representa un medio para mejorar el rendimiento de un proceso, reducir la variabilidad y aumentar el apego a las especificaciones. Buscando la mejor combinación para aumentar la aceptación del tomillo para exportación se pretendió llevar a cabo un diseño de experimentos que permitiera identificar los rangos adecuados para determinar la aceptación del producto final.

Teniendo en cuenta que existen diversos diseños de experimentos tales como los diseños de un solo factor, los diseños en bloques y los diseños factoriales. Se decidió la aplicación del experimento adecuado a la empresa atendiendo a las principales restricciones existentes como lo son, el tiempo, el costo, la disponibilidad de personal, la distancia y la homogeneidad del cultivo a estudiar. Por lo tanto, se realizó un diseño de experimentos factorial 2^k con 3 factores de interés, el tipo de siembra, fumigación y herramienta de corte, cuya variable de respuesta es la cantidad de libras de tomillo aceptado para exportación por cama, donde la unidad experimental es una cama del cultivo de tomillo de AFF. El experimento contempló 8 tratamientos y 24 observaciones (3 réplicas por tratamiento).

3.2.1.2. Ejecución

3.2.1.2.1. Muestreo

Teniendo en cuenta la periodicidad y tiempos en que se hace cada una de las actividades en el proceso y la disponibilidad de la empresa, se estableció que la toma de datos se realizara en 4 semanas, por lo que, del terreno escogido, correspondiente a 71 camas aptas, se seleccionaron 24, que se encuentren a mínimo 24 días a cosechar. En este periodo, se evaluaron 3 factores, 2 niveles por cada uno y 3 repeticiones, teniendo así, en total, 8 combinaciones que se evidencian en el siguiente cuadro.

Tabla 12.

Asignación de combinaciones por cama para el diseño de experimentos.

TRATAMIENTO	VARIABLES DECODIFICADAS			VARIABLES CODIFICADAS		
	TIPO DE SIEMBRA	FUMIGACIÓN	TIPO DE HERRAMIENTA	TIPO DE SIEMBRA	FUMIGACIÓN	TIPO DE HERRAMIENTA
1	Macolla	Con sábila	Cuchillo	-1	-1	-1
2	Macolla	Sin sábila	Cuchillo	-1	1	-1
3	Macolla	Con sábila	Tijeras	-1	-1	1
4	Macolla	Sin sábila	Tijeras	-1	1	1
5	Esqueje	Con sábila	Cuchillo	1	-1	-1
6	Esqueje	Sin sábila	Cuchillo	1	1	-1
7	Esqueje	Con sábila	Tijeras	1	-1	1
8	Esqueje	Sin sábila	Tijeras	1	1	1

Adicionalmente, se instauró un cronograma donde se establecieron los tiempos de cada cama, con el fin de medir cada una de las variables según el nivel que tengan. Para poder tener un control que dé cuenta de la implementación efectiva de las distintas combinaciones realizadas, en cada una de las camas, se diseñó un formato de recolección de datos (Anexo 2). Esto permitió llevar a cabo un control de cada una de las variables y de los niveles correspondientes a cada cama. Además, como resultado, se pudo contabilizar la cantidad de libras recolectadas, una vez finalizó el proceso. Es importante aclarar que este formato se diligenció de manera conjunta con el administrador del cultivo, quien por medio de comunicación telefónica o mensajería transmitió las directrices a realizar cada día, con el fin de tener control sobre las actividades realizadas (Anexo 2).

3.2.1.2.2. Pruebas estadísticas

En esta fase, inicialmente, se realizó una depuración de los datos recolectados con el fin de eliminar de manera eficaz la información incorrecta o contaminada. Todos los diseños, experimentales, pasaron por la comprobación de supuestos de normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia. En ese sentido, se pueden usar diversas pruebas estadísticas, tales como, Kolmogórov-Smirnov, Shapiro Wilks o Anderson Darling, las cuales comprueban si los datos provienen o no de una distribución normal. Además, de la implementación de tests, como los de Levene o Bartlett, que verifican si k muestras, proceden de poblaciones con la misma varianza y prueba de rachas. Y, las de Durbin Watson, que detectan la presencia de autocorrelación en los residuos respectivamente.

El no cumplimiento de los supuestos disminuye la capacidad de detectar efectos reales y, por lo tanto, se deberían realizar pruebas paramétricas para diseños factoriales como, la prueba de Friedman, la cual contrasta la hipótesis nula de que las k variables relacionadas proceden de la misma población. Asimismo, se realizó la prueba de análisis de varianzas (ANOVA) para determinar el mejor tratamiento, es decir, el que aumente las libras de tomillo aceptado para exportación por cama.

3.2.1.3. Divulgación a la empresa de los resultados.

A partir de los resultados obtenidos, se realizó una reunión con los socios de la empresa para socializar los hallazgos de las pruebas realizadas. En esta, se hizo énfasis en las variables que benefician al cultivo y se generó un espacio de discusión, con el fin de resolver dudas y que los socios cuenten con más información para una mejor toma de decisiones.

4.2.2 Resultados

Con el objetivo de establecer cuáles son los efectos que tiene mayor repercusión en el rendimiento y la calidad de producción de tomillo en AFF se llevó a cabo un diseño de experimentos 2^3 . Para su ejecución se realizó una visita al cultivo donde se identificaron las 24 camas a utilizar en el diseño de experimentos y se demarcaron. Se especificaron las condiciones a evaluar según el nivel de cada factor como se muestra a continuación:

Figura 5.

Asignación de los niveles de cada factor.



Figura 6.

Demarcación del cultivo.



La recolección de datos se realizó de manera aleatoria durante 4 semanas, en las cuales se recolectaron 24 observaciones, del número de libras recolectadas de cada cama. Obteniendo como resultado:

Tabla 13.

Resultados del diseño de experimentos.

Factores			Libras recolectadas		
Tipo de siembra	Fumigación	Tipo de herramienta	Observación 1	Observación 2	Observación 3
Macolla	Con sábila	Cuchillo	77	76	80
Macolla	Sin sábila	Cuchillo	69	70	68
Macolla	Con sábila	Tijera	70	72	75
Macolla	Sin sábila	Tijera	65	67	68
Esqueje	Con sábila	Tijera	75	73	73
Esqueje	Sin sábila	Cuchillo	67	66	65
Esqueje	Con sábila	Tijera	68	70	71
Esqueje	Sin sábila	Tijera	63	62	64

4.2.2.1. Comprobación de supuestos

Se realizó la comprobación de los supuestos requeridos por el modelo, donde se obtuvo que este cumple con la normalidad, independencia y homogeneidad de varianzas (Anexo 2).

4.2.2.2. Modelo matemático

Se implementó el modelo matemático donde los efectos individuales del tipo de siembra, herramienta y fumigación de manera individual tienen un efecto significativo sobre la variable de respuesta. No obstante, los resultados no registraron ningún efecto significativo de interacción (doble o triple) de los factores que impactan en el rendimiento y la calidad del tomillo. A continuación, se presenta el Análisis de Varianzas (ANOVA) ejecutado:

Figura 7.

ANOVA del modelo estadístico.

```
> #-----ANOVA-----#
> anova=aov(modelo)
> summary(anova)
          Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
f_siembra  1  66.67   66.67  27.119 8.63e-05 ***
f_fumg     1 308.17  308.17 125.356 5.58e-09 ***
f_corte    1  80.67   80.67  32.814 3.11e-05 ***
f_siembra:f_fumg  1  0.00    0.00  0.000  1.000
f_siembra:f_corte  1  0.17    0.17  0.068  0.798
f_fumg:f_corte  1  6.00    6.00  2.441  0.138
f_siembra:f_fumg:f_corte  1  1.50    1.50  0.610  0.446
Residuals 16  39.33    2.46
---
signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

De lo anterior, se puede establecer con una significancia del 0.05 que, si existe un efecto significativo del tipo de siembra, el tipo de fumigación y el tipo de herramienta en la cantidad de libras aceptadas para la exportación.

En ese sentido, para identificar como afectan estos factores en el rendimiento y calidad del producto se presenta el gráfico de los efectos principales. El cual indica que de manera individual quien genera todo el ruido en términos del rendimiento y calidad del producto es el tipo de siembra, debido a que si el tipo de siembra es macolla se recolectan aproximadamente 74 libras, en comparación con el método por esqueje, que solo genera 66. Sin embargo, el factor fumigación y tipo de herramienta también presentan una diferencia importante según el nivel experimentado.

Figura 8.

Gráfico de efectos principales.

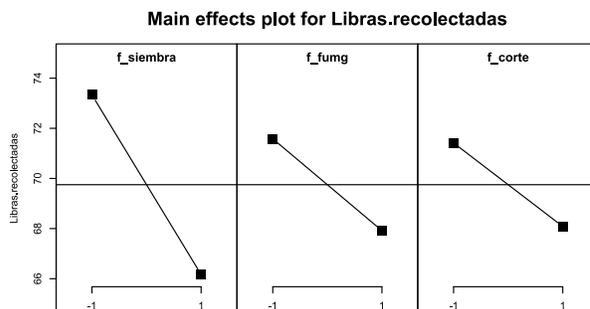


Figura 9.

Prueba Post-Hoc Tukey.

\$'f_siembra:f_fumg:f_corte'				
	diff	lwr	upr	p adj
1:-1:-1:-1:-1:-1	-4.0000000	-8.4322140	0.4322140	0.0928469
-1:1:-1:-1:-1:-1	-8.6666667	-13.0988807	-4.2344527	0.0000970
1:1:-1:-1:-1:-1	-11.6666667	-16.0988807	-7.2344527	0.0000022
-1:-1:1:-1:-1:-1	-5.3333333	-9.7655473	-0.9011193	0.0129513
1:-1:1:-1:-1:-1	-8.0000000	-12.4322140	-3.5677860	0.0002453
-1:1:1:-1:-1:-1	-11.0000000	-15.4322140	-6.5677860	0.0000049
1:1:1:-1:-1:-1	-14.6666667	-19.0988807	-10.2344527	0.0000001
-1:1:-1:1:-1:-1	-4.6666667	-9.0988807	-0.2344527	0.0353816
1:1:-1:1:-1:-1	-7.6666667	-12.0988807	-3.2344527	0.0003947
-1:-1:1:1:-1:-1	-1.3333333	-5.7655473	3.0988807	0.9602456
1:-1:1:1:-1:-1	-4.0000000	-8.4322140	0.4322140	0.0928469
-1:1:1:1:-1:-1	-7.0000000	-11.4322140	-2.5677860	0.0010444
1:1:1:1:-1:-1	-10.6666667	-15.0988807	-6.2344527	0.0000073
1:1:-1:-1:1:-1	-3.0000000	-7.4322140	1.4322140	0.3296255
-1:-1:1:-1:1:-1	3.3333333	-1.0988807	7.7655473	0.2236379
1:-1:1:-1:1:-1	0.6666667	-3.7655473	5.0988807	0.9993394
-1:1:1:-1:1:-1	-2.3333333	-6.7655473	2.0988807	0.6153105
1:1:-1:-1:1:-1	-6.0000000	-10.4322140	-1.5677860	0.0046924
-1:-1:1:1:1:-1	6.3333333	1.9011193	10.7655473	0.0028313
1:-1:1:1:1:-1	3.6666667	-0.7655473	8.0988807	0.1461707
-1:1:1:1:1:-1	0.6666667	-3.7655473	5.0988807	0.9993394
1:1:1:1:1:-1	-3.0000000	-7.4322140	1.4322140	0.3296255
1:-1:1:-1:1:1	-2.6666667	-7.0988807	1.7655473	0.4634613
-1:1:1:-1:1:1	-5.6666667	-10.0988807	-1.2344527	0.0077948
1:1:-1:-1:1:1	-9.3333333	-13.7655473	-4.9011193	0.0000397
-1:1:1:1:-1:1	-3.0000000	-7.4322140	1.4322140	0.3296255
1:1:1:1:-1:1	-6.6666667	-11.0988807	-2.2344527	0.0017151
1:1:1:-1:1:1	-3.6666667	-8.0988807	0.7655473	0.1461707

Además, se analizaron los diagramas de perfil donde se concluye que el factor Tipo de siembra es la principal fuente de variabilidad al momento de pesar las libras de tomillo recolectadas para exportación (Anexo 2). Para validar los resultados del mejor tratamiento se ejecutó la prueba de Post-Hoc Tukey en la cual se evaluaron los tratamientos que presentaran un p valor menor a 0,05 y una menor diferencia. Estos dos resultados se contrataron donde el resultado sugiere realizar el tipo de siembra por medio de la macolla, acompañada de la fumigación con sábila y del uso del cuchillo, como herramienta de corte, para alcanzar un nivel de recolección más grande.

A partir de estos resultados, se determinó que las variables de mayor efecto en la cantidad de libras recolectadas para exportación, deben ser parte esencial del sistema de información para su control y además deben ser monitoreadas y analizadas con respecto a otras variables a través del informe de gestión.

4.3 Objetivo 3

4.3.1 Metodología

Una vez realizado el diagnóstico y el diseño de experimentos, los cuales permiten evidenciar los factores involucrados en el cultivo de tomillo, así como los que pueden tener influencia en el producto final, se procede a realizar un sistema de información que brinde ayudas visuales. Y, un informe que sea de utilidad para la toma de decisiones. Esto teniendo en cuenta que, se conoce la significancia de las variables evaluadas en el diseño de experimentos en el producto final y que esto es un indicio para futuras experimentaciones con otras variables, por lo tanto, es importante su control. Además, que dada su importancia deben ser monitoreadas y contrastadas con otras variables para una toma de decisiones asertiva.

El sistema de información se entiende como una herramienta que permite recopilar, procesar, guardar y crear información la cual sea útil para la toma de decisiones. Además, sirve para controlar, visualizar y analizar dicha información en aras de generar un cambio positivo en las organizaciones. (Kionetworks ,s.f). Además, el sistema de información busca solucionar el problema de la accesibilidad a la información que hay en la empresa, ya que es una herramienta que recolecta la información fácilmente y genera, a su vez, informes que apoyan la labor de los trabajadores.

En ese sentido, se contempla poner a disposición de la empresa un sistema de información que brinde las herramientas necesarias para la toma de decisiones, a partir, de los datos recolectados en las múltiples etapas del cultivo de tomillo, ya que, dicho sistema se nutre de los procesos de observación que se llevaron a cabo en las distintas actividades, la recolección de datos y las variables que afectan el proceso. Muestra de ello es lo encontrado en el diagnóstico, donde se observó que las camas se identifican, únicamente, de manera visual.

Por lo anterior, se espera crear una herramienta que brinde apoyo y facilite el control de calidad en las distintas fases del cultivo, solucionando la falta de control sobre las camas y los procesos que se llevan en éstas. Además, este informe espera dar a conocer indicadores e información que permita reconocer a los trabajadores las camas, su etapa y estado, a través de ayudas visuales que se articulen a las prácticas cotidianas en las que se desenvuelven en el día a día.

Ahora bien, como primer acercamiento al sistema de información se realizó un diagrama de entidad-relación donde se identificaron todos los componentes que pueden existir en el diagrama para incluirlos en el sistema propuesto (Anexo 3). Una vez que se elaborado, se procedió a crear la planeación del sistema de información (Anexo 3). Así pues, durante la planeación se definió la importancia de identificar los actores que usarían el sistema y se creó una tabla que resume la información utilizada y requerida por la empresa, junto con las personas encargadas de diligenciar y utilizar dicha información.

Figura 10.

ERD sistema de información.

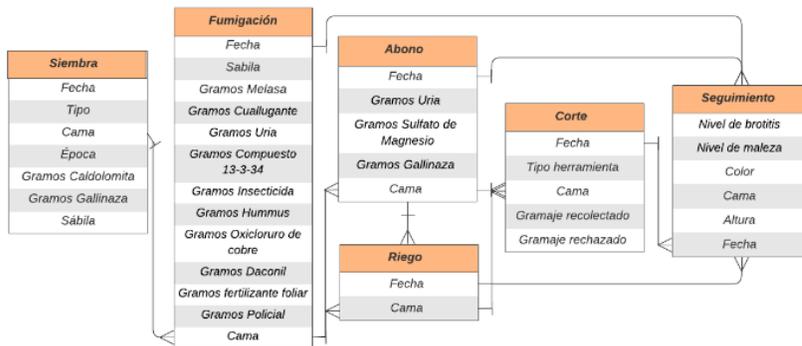


Tabla 14.

Tabla resumen de información.

ENCARGADOS	INFORMACIÓN
Administrador del cultivo.	Generar informe desde el sistema de información.
	Analizar los resultados del informe por medio de Power BI.
	Tomar acciones sobre el informe y presentarlo a los socios.
Técnicos.	Proporcionar la información de las proporciones de los insumos.
Socios.	Tomar acciones sobre el informe.
	Analizar los resultados del informe por medio de Power BI.

Posterior a ello se modeló el sistema de información en la herramienta Visual Basic for Application (VBA Excel), el cual tiene dos componentes. El primero, es donde se recolecta la información de las actividades que se llevan a cabo en cada una de las camas. En ese sentido, se llenan campos, tales como, número de cama, fechas, gramaje de las sustancias, entre otros. El segundo, hace referencia a una ayuda visual que se construye a partir de la información recolectada y se proyecta a través de dos planos que muestran datos e información relevante de cada cama. El primer plano, presenta la etapa del cultivo y el segundo identifica las novedades que pueden afectar el producto final.

Es importante aclarar, del buen diligenciamiento de la información y el análisis de esta depende que los trabajadores y directivos tomen mejores decisiones respecto a los insumos y herramientas que se utilizan actualmente en la empresa. Ahora bien, el análisis de la información y la creación del informe se realiza a través de Power BI que es una herramienta de análisis empresarial, la cual permite conectarse a los datos, modelarlos y visualizarlos de manera fácil y clara mediante la creación de informes. Esto permite al usuario y a la empresa tomar decisiones rápidas, y acceder a la información de su organización de manera práctica y sencilla. (Microsoft, s.f.)

Por otra parte, los indicadores del informe realizado en Power BI, para el presente estudio, se dividieron en tácticos y operativos. Los tácticos, le permiten a la empresa tomar decisiones a futuro y se hicieron en relación con las libras aceptadas sobre las libras recolectadas, teniendo en cuenta las diferentes variables de seguimiento. Para los operativos se usaron tableros como referencia a los resultados obtenidos en el diseño de experimentos, los cuales fueron relacionados con las tres variables significativas correspondientes al producto final, incluyendo las variables de seguimiento y las libras aceptadas.

4.3.2 Resultados

Dando cumplimiento al objetivo general planteado se creó el sistema de información que registra los procesos internos de la empresa para la producción de tomillo, el cual toma en cuenta los comentarios de los colaboradores, del administrador y de los socios, así como las observaciones recolectadas durante las visitas y las reuniones, con el fin de mejorar los procesos y la productividad de la empresa. (Anexo 4 y 5) Además, ofrece ayudas visuales y una conexión a Power BI (Anexo 6). La herramienta pretende mejorar el control de información en cada una de las actividades del proceso productivo. A continuación, se muestra un diagrama en donde se explica detalladamente la mejora en cada etapa del proceso.

Figura 11.

Mejoras del sistema de información.

ETAPAS DEL PROCESO	MEJORAS		
	Actividad	Antes	Después
Siembra	Selección del tipo de siembra.	Disponibilidad.	Indicador: tipo de siembra vs libras aceptadas.
	Cuidados que se deben tener en el cultivo.	Experiencia del administrador del cultivo.	Indicador: época vs libras aceptadas.
Abono	Insumos utilizados.	Experiencia del administrador del cultivo.	Creación de indicadores.
	Control de la actividad.	Control del administrador del cultivo.	Alertas: ejecución dentro de los límites
Fumigación	Uso de sábila.	Experiencia del administrador del cultivo.	Indicadores: sábila en fumigación vs libras aceptadas.
	Control de la actividad.	Control del administrador del cultivo.	Alertas: ejecución dentro de los límites
Riego	Frecuencia de la actividad.	Época.	Creación de indicadores.
Corte	Tipo de herramienta utilizada.	Habilidad del colaborador.	Indicador: tipo de herramienta vs libras aceptadas.
	Resultados libras recolectadas y aceptadas.	Informes de Google drive.	Mayor control para análisis.
Seguimiento	Registro novedades de las camas.	No se hacía.	Acciones correctivas e inmediatas.

Para este sistema de información se establecieron parámetros, los cuales fueron previamente acordados con la empresa, con el fin de que la herramienta se adapte a los procesos internos de esta. En ese sentido, la hoja de cálculo cuenta con una lista de selección para algunos datos. Además, cada celda solo acepta un tipo de dato y en caso de ingresar alguna información errónea aparece una alerta. Esto permite que los datos ingresados se mantengan dentro de las especificaciones del proceso, reduciendo errores en el diligenciamiento.

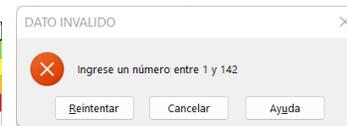
Figura 12.

Parámetros del sistema de información.

Tipo siembra	Época	Sabla	Tipo Herramienta	Color	Altura	Nivel Brotitis	Nivel Maleza
MACOLLA	INVIERNO	SI	CUCHILLO	VERDE OSCURO	0 a 5	NO TIENE	NO TIENE
ESQUEJE	VERANO	NO	TIJERAS	VERDE CLARO	6 a 10	BAJO	BAJO
				CAFÉ	11 a 15	MEDIO	MEDIO
					16 a 20	ALTO	ALTO

Figura 13.

Error del sistema de información.



La primera hoja del archivo cuenta con un menú que le permite al usuario desplazarse por varias hojas, registrar información, actualizar datos y visualizar mapas.

Figura 14.

Menú del sistema de información.



Dentro de la recolección de información se contempló la cantidad de repeticiones de cada actividad en cada cama. Para reducir la cantidad de datos a ingresar y evitar la duplicidad de estos y un reproceso para los trabajadores, se creó una hoja de cálculo de cada actividad realizada en las camas, con el fin de que haya un ingreso detallado de los datos correspondientes. Además, esta herramienta les permite ingresar la información sin importar el orden en la que acceden a esta, generando que el sistema se alimente de forma continua. Ahora bien, en las hojas de ingreso de información cuentan con un botón para regresar al menú, esto con el fin de brindar una experiencia de navegación cómoda para el usuario.

Dentro de cada hoja se encuentran el campo fecha de ingreso de la información, el cual le permite llevar un seguimiento de cada cuanto es alimentado el sistema, teniendo en cuenta que, entre más actualizado este, la información será más fiable. Por otra parte, los otros campos permiten identificar cuáles son los insumos, los procesos y las etapas por las cuales pasa cada cama del cultivo durante un ciclo de siembra. Ello posibilita que, se haga un seguimiento a la cantidad de insumos utilizados, para determinar si se encuentran dentro de los rangos establecidos y observar el impacto económico de estos.

Figura 15.

Hoja de etapa de abono.

IR A MENU					
Fecha Ingreso Información	Cama	Fecha de Abono	Gramos de Uria	Gramos de Sulfato de Magnesio	Gramos de Gallinaza
20/02/2020	1	20/02/2020	422	634	2110

Una vez se ha diligenciado toda la información correspondiente a la primera sección del menú se debe pinchar sobre el botón “Ver y Actualizar Datos”, esto con el fin de actualizar el sistema de información, los mapas y el informe. Cada vez que se actualicen los datos el sistema de información compilara todos los datos ingresados para cada cama. Para las fechas de siembra, en el primer ciclo, utiliza la fecha ingresada, mientras que, cuando se refiere a los siguientes ciclos utiliza la fecha de corte del ciclo inmediatamente anterior. Esto con el fin de registrar las fechas exactas de inicio y finalización de cada ciclo. Adicionalmente, el sistema cuenta con contadores de abonos, fumigaciones, riegos y seguimientos que permiten un mayor control sobre las actividades realizadas. Respecto a los insumos una vez se lleva a cabo la segunda repetición de cada actividad, el sistema arroja un promedio de la cantidad de insumos utilizados.

Ahora bien, el sistema de información, constantemente, emite alertas respecto al estado de las camas y los tiempos de cada etapa. Por ejemplo, si una cama está pendiente por actividad se arroja una alerta que muestra el número de camas inactivas y las actividades que están pendientes o fuera de los tiempos. Además, si una cama no ha recibido información en un plazo mayor a los 15 días, el sistema también notificará al usuario.

Figura 16.

Hoja “Data”.

ACTUALIZAR DATOS						ENVIAR DATOS A INFORME						IR A MENU						
Última Fecha Ingreso Informació	Cama	Etapa	Fecha de Siembra	Tipo de Siembra	Época													
6/04/2020	1	CORTE	6/01/2020	MACOLLA	VERANO													

Figura 17.

Alerta del sistema de información.

Microsoft Excel

Existe 1 cama pendiente por Abono

Aceptar

Cada uno de los mapas cuenta con un botón para regresar al menú, una tabla de convenciones y una tabla de información. Al oprimir el botón “Actualizar mapa” se debe observar cómo cada una de las camas cambian de color dependiendo de la información ingresada y las convenciones. Además, cada vez que se seleccione una cama y se pinche sobre el botón “Ver Información de la cama” automáticamente la tabla se actualizará. En ese sentido, los colores que aparezcan en el mapa de estado corresponderán a la etapa en que se encuentra la cama y en la tabla de información el usuario podrá consultar de manera clara y sencilla dicha etapa. Lo anterior, permite la toma de decisiones respecto a las actividades que se deben realizar, ejerciendo un mayor control sobre los procesos y cubriendo las necesidades del cultivo.

En el mapa de novedades, el color de la cama se determina con base en el nivel más alto de las novedades y, en la tabla de información se observa el nivel según la intensidad de cada una. El objetivo de este mapa es identificar los factores que pueden estar afectando el producto final para que el usuario tome las acciones correctivas en las camas donde se presenten.

Figura 18.

Mapa de estado.



Figura 19.

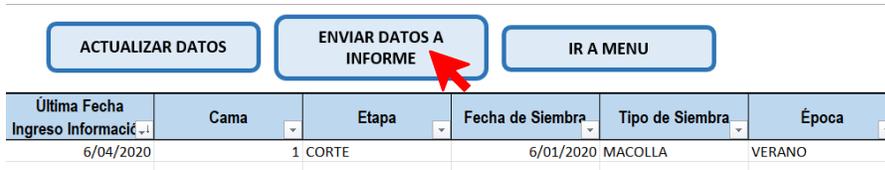
Mapa de novedades.



Una vez se finaliza el paso anterior se debe enviar la información a otro archivo de Excel, el cual va a estar vinculado con Power BI. Para esto se debe tener previamente abierto el archivo llamado “Datos Cultivo” y dar clic en el botón “Enviar Datos a Informe”. Ello con el fin de proteger los datos que van a estar vinculados al informe, los cuales no se pueden modificar. (Anexo 5). Después de esto, se debe actualizar el informe en la herramienta Power BI. (Anexo 6).

Figura 20.

Enviar datos al Excel vinculado con Power BI.



Por otro lado, durante el proceso se crearon cuatro tableros, uno de nivel táctico y los otros tres de nivel operativo en aras de jerarquizar los diferentes indicadores y brindar una información clara y concisa a los socios. El primero, genera alertas a los socios respecto a cuáles son las variables que más afectan al producto final. La forma en la que se opera es a través de tres filtros: año, cama y número de ciclo por cama, esto permite hacer un análisis preciso del comportamiento de cada cama a lo largo del tiempo y a su vez genera las condiciones de posibilidad para que se tomen mejores decisiones en los próximos ciclos.

Los otros tableros son de nivel operativo y están compuestos por las variables analizadas en el diseño de experimentos. Además, de las variables de seguimiento y las libras aceptadas. Dichos tableros, aunque son de tipo informativo, también brindan herramientas para la toma de decisiones positivas, a corto plazo, sobre el cultivo.

Figura 21.

Tablero nivel táctico.



Figura 22.

Tablero nivel operativo.



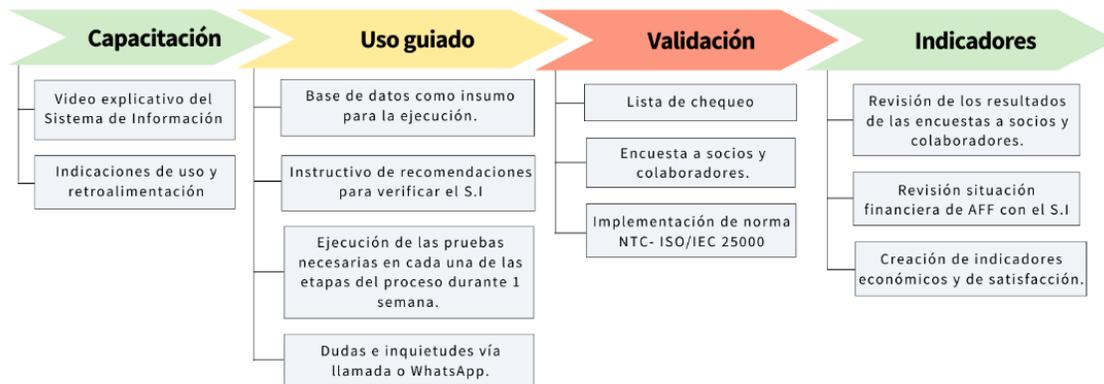
4.4 Objetivo 4

4.4.1 Metodología

Con el fin de validar el sistema de información se llevó a cabo una prueba piloto compuesta por los siguientes elementos: Capacitación, Uso guiado, Validación e Indicadores. Su planificación se evidencia a continuación:

Figura 23.

Planeación prueba piloto.



En primer lugar, se planteó la creación de espacios de capacitación con las personas involucradas en el proceso, donde se tuvieron en cuenta las condiciones económicas, sociales y espaciales de la empresa y los trabajadores. De lo anterior, se pudo deducir que el lugar en donde se lleva a cabo el cultivo no tiene una conexión aceptable a internet por lo que se realizó un video explicativo del sistema de información y se enviaron unas indicaciones sobre su uso. A partir de la capacitación se propuso un espacio de retroalimentación del video explicativo. (Anexo 7)

En segundo lugar, se llevó a cabo el uso guiado del sistema de información por parte de la empresa. Para la prueba piloto, se construyó una base de datos para 4 camas. La información suministrada para cada cama fue construida para un ciclo de vida completo de las plantas, es decir tres años. En cada una se diligenciaron los datos correspondientes a insumos, herramientas, variables de seguimiento, entre otras, con respecto a los rangos

suministrados por AFF. Esta fue enviada a la organización, junto con un instructivo con recomendaciones para la verificación del correcto funcionamiento de la herramienta. (Anexo 7)

Para esto, se dio un tiempo de una semana al personal, para la realización de las pruebas necesarias en cada una de las etapas del proceso. En este espacio y a medida que surgieron dudas e inquietudes se les brindó acompañamiento a través de llamadas y WhatsApp.

Una vez culminado este tiempo, se realiza la validación del funcionamiento del sistema de información, junto con AFF. Para esto se implementaron tres estrategias, una lista de chequeo, dos encuestas, y la implementación de la norma NTC- ISO/IEC 25000. La primera, fue construida a partir de dos elementos: los requerimientos de la empresa y las tareas y funciones que debía desarrollar el sistema una vez fuese recolectada la información. Dicha lista se divide en cuatro columnas. La primera, se refiere al concepto que se va a evaluar. La segunda, describe el ítem planteado. La tercera, propone las interacciones del ítem en la herramienta. Y, la cuarta indica si el ítem cumplió o no. De acuerdo con los resultados se verifica si la herramienta cumplió o no con el objetivo planteado.

Por otro lado, las dos encuestas se aplicaron a dos tipos de población. La primera a los socios, ya que, durante la construcción del sistema de información siempre manifestaron la importancia de tener una herramienta que les permitiera tomar mejores decisiones. En ese sentido, durante el sondeo se midieron diferentes aspectos en torno al manejo de la herramienta, su efectividad y el atractivo visual de la misma. La segunda, se llevó a cabo con los empleados que están encargados de subir la información al sistema y quienes harán uso de los mapas para el seguimiento continuo del cultivo. En esta se realizaron preguntas únicamente de la herramienta y se tomaron en cuenta aspectos como facilidad de uso, dificultades, aspectos de mejora, fortalezas, entre otras. (Anexo 8)

Finalmente, se implementó la Norma NTC- ISO/IEC 25000 *Ingeniería de sistema y software. Requisitos y evaluación de la calidad de sistemas y de software*. La cual establece unos parámetros de calidad que debe tener cualquier aplicativo que será utilizado por usuarios. Además, se tomó en cuenta principalmente la norma ISO/IEC 25022 que mide la calidad del uso del aplicativo. Las métricas tomadas en cuenta se determinaron dependiendo de los componentes que conforman el sistema y así mismo se les asignó un porcentaje de importancia a cada uno. Para la efectividad se asignó un valor del 40%, pues es necesario verificar que se puedan alcanzar los objetivos o necesidades del usuario. La eficiencia estuvo determinada por un valor de 30%, ya que es relevante verificar si es posible alcanzar los objetivos utilizando recursos mínimos. Por último, para la satisfacción se definió un valor de 30%, debido a que es importante identificar el nivel de satisfacción de los usuarios.

La evaluación de esta norma fue realizada a través de los cálculos para cada métrica. Una vez se obtuvo el resultado se calculó el valor ponderado de cada métrica con respecto a su valor deseado. Después se sacó el promedio de cada característica y este fue multiplicado por el porcentaje de importancia. Por último, se sumaron todos los valores finales de cada característica.¹

Los resultados de validación fueron insumos para la creación de indicadores de satisfacción de la herramienta. La medición de estos es importante, para una empresa, a la hora de tomar decisiones que afecten los procesos que desarrollan, ya que, a través de estas pueden entender de manera detallada los procesos y su relación con los responsables de estos. (Rincón, 1998, como se citó en Monroy y Simbaqueba, 2017). En este caso se diseñó un indicador para los socios y otro para los colaboradores del cultivo.

- Colaboradores: facilidad en el control de camas mensualmente. De acuerdo con la encuesta de satisfacción los operarios califican de 1 a 5 la utilidad del sistema de información para controlar las camas.

¹ Ver tabla en el apartado resultados.

- Socios: identificación de oportunidades de mejora cada dos meses. Los socios registran un nivel de satisfacción respecto a la identificación de oportunidades de mejora en el proceso de cultivo visualizadas a través del informe.

Estos indicadores fueron registrados en una ficha técnica (Anexo 9), la cual se divide en varias secciones. La primera, cuenta con la información del indicador, como, nombre, frecuencia de medición, persona encargada de la medición, ecuación matemática, la meta que tiene la empresa y el cumplimiento que se va obteniendo con los resultados. La segunda, corresponde a un semáforo donde se establecen los porcentajes según el nivel alcanzado por el indicador. La tercera, se refiere a la medición, en ese sentido, se registran los periodos según la frecuencia, el resultado de cada uno y los niveles alcanzados, basados en el semáforo anterior. La cuarta, registra en una gráfica lineal los resultados previos. Y, finalmente se realiza un análisis de los datos, para determinar si es necesario implementar un plan de acción. Por cada plan se identifican las actividades a realizar, quien las debe ejecutar, la fecha de estas y el cumplimiento que se ha alcanzado hasta el momento.

Por otro lado, de acuerdo con la situación financiera que registra AFF en la actualidad se llevaron a cabo una serie de especulaciones en articulación con los miembros de la organización. Como resultado se pudo establecer que los conceptos de pérdida de venta de tomillo para exportación presentados en la justificación son los que tendrán el impacto a la hora de implementar el sistema de información. A partir de los resultados de los anteriores objetivos, se tendrá la siguiente disminución en cada uno de estos.

Tabla 15.

Simulación comparativa del producto no exportado: situación actual vs sistema de información propuesto.

Producto no exportado						
Concepto de pérdida	Actual		Sistema de Información			Valor por libras
	Cantidad de libras	Porcentaje que representa	Cantidad de libras	Porcentaje que representa	Porcentaje de disminución	
Rechazo del emparador, por corte	821	8.0%	206	2.0%	6.0%	\$ 659,200.00
Perdida por corte mayor a 14 semanas	1334	13.0%	308	3.0%	10.0%	\$ 985,600.00
Venta al emparador, con destino a comercio local	205	2.0%	51	0.5%	1.5%	\$ 163,200.00
Destinadas a la producción de aceite	411	4.0%	290	2.8%	1.2%	\$ 928,000.00
Venta local, no apta para exportación	1026	10.0%	615	6.0%	4.0%	\$ 1,968,000.00
TOTAL	3797	37%	1470	14%	23%	\$ 4,704,000.00

Del anterior análisis se pueden establecer los siguientes indicadores:

Tabla 16.

Indicadores económicos.

Indicadores económicos		
Nombre	Formula	Descripción
% Ingreso real con sistema de información VS Ingreso real actual	$\frac{\text{Ingreso real pronosticado} - \text{Ingreso real actual}}{\text{Ingreso real pronosticado}} \times 100$	A partir de los resultados de la venta perdida para exportación de tomillo, se realizó una comparación del ingreso real con el sistema de información y la situación actual de AFF.
% Utilidad con sistema de información VS Utilidad actual	$\frac{\text{Utilidad pronosticada} - \text{Utilidad actual}}{\text{Utilidad actual}} \times 100$	De acuerdo al ingreso real pronosticado y al actual, se realizó una comparación de la utilidad con el sistema de información y la utilidad actual.

4.4.2 Resultados

De la positiva respuesta a la capacitación y el uso guiado se obtuvieron los resultados de la aplicación del proceso de validación.

- Lista de chequeo: Se obtuvo el 100% del cumplimiento de todos los conceptos requeridos (Anexo 8)

- Encuestas: Los resultados de las dos encuestas aplicadas a los socios y colaboradores revelaron que hubo una gran aceptación a la herramienta y consideran que es útil para el control y toma de decisiones sobre el cultivo de tomillo. (Anexo 8)
- Norma NTC- ISO/IEC 25000 *Ingeniería de sistema y software. Requisitos y evaluación de la calidad de sistemas y de software.*: El sistema de información cumple un 8,5 sobre 10 puntos a los requerimientos que propone la norma. (Anexo 8)

Tabla 17.

Resultado ISO 25022

ISO 25022	NOMBRE	PONDERACIÓN	PROMEDIO	NIVEL Y % DE IMPORTANCIA	VALOR FINAL	CALIDAD DE LA APLICACIÓN
Efectividad	Tareas Completadas.	10	9,88	40%	3,952	8,563
	Objetivos cumplidos.	10				
	Errores en tareas.	10				
	Tareas con errores.	9,4				
	Gravedad de errores.	10				
Eficiencia	Tiempo de tareas.	7,5	5,77	30%	1,731	
	Tiempo eficiente.	6,6				
	Productividad económica.	9,4				
	Porcentaje productivo.	3,75				
	Número de las acciones del usuario.	1,6				
Satisfacción	Nivel de satisfacción.	8,8	9,6	30%	2,88	
	Nivel de uso.	10				
	Proporción de usuarios que tienen quejas.	10				

Además. los resultados que arrojaron las encuestas permiten determinar el impacto del uso de la herramienta en el cultivo de tomillo e identificar los niveles de satisfacción planteados. En ese sentido, se observa que, la facilidad en el control de camas es percibida por los socios como un indicador que se cumple al 100%, superando la meta establecida por AFF del 85%. (Anexo 9). Asimismo, la identificación de oportunidades de mejora fue evaluada por los encuestados con un grado de satisfacción muy alta, la cual superó la meta concertada. Lo que determina la eficacia del sistema y sus componentes para una oportuna toma de decisiones en la compañía.

Por otro lado, de acuerdo con los resultados de ventas de pérdida pronosticadas por el sistema de información, si en la actualidad se tuvieran las ventas no exportadas por el valor de \$4,704,000 pesos, el ingreso total del trimestre tendría un aumento del 26%, es decir, \$7,446,400 pesos.

Tabla 18.

Ingresos tomillo para exportación con sistema de información.

Tomillo exportación	
Precio de venta por libra	\$ 3,200
Libras recolectadas en el último trimestre	10,264
Venta proyectada en el último trimestre	\$ 32,844,800
Venta no realizada en el último trimestre	\$ 4,704,000
Ingreso total trimestral	\$ 28,140,800

Costos de tomillo para exportación unidad de camas en un trimestre	
Costos fijos \$ 1,455,000	
Costos variables	\$ 132,808
Insumos	\$ 22,502
Mano de obra	\$ 90,306
Transporte	\$ 20,000
Costos totales por trimestre	\$ 20,313,706

Por ende, se puede evidenciar que el porcentaje de utilidad neta crece un 95%, es decir, \$19,658,496 pesos. Además, al realizar proyecciones para los siguientes años donde se espera que las ventas aumenten un 5% respecto al año anterior, es posible proyectar una utilidad neta de \$28,278,429 pesos.

Tabla 19.

Estado de resultados con sistema de información.

Estado de resultados						
Años	2022	Análisis vertical	2023	Análisis vertical	2024	Análisis vertical
Ventas	\$ 112,563,200	100%	\$ 118,191,360	100%	\$ 124,100,928	100%
Costo de ventas	\$ 75,434,824	67%	\$ 75,434,824	64%	\$ 75,434,824	61%
Utilidad bruta	\$ 37,128,376	33%	\$ 42,756,536	36%	\$ 48,666,104	39%
Gastos	\$ 5,820,000	5%	\$ 5,820,000	5%	\$ 5,820,000	5%
Utilidad operacional	\$ 31,308,376	28%	\$ 36,936,536	31%	\$ 42,846,104	35%
Tasa impositiva	\$ 10,644,848	9%	\$ 12,558,422	11%	\$ 14,567,675	12%
Utilidad neta	\$ 20,663,528	18%	\$ 24,378,114	21%	\$ 28,278,429	23%

Al finalizar el análisis de la viabilidad del sistema de información, se observa que cumple con los requerimientos establecidos por la empresa y la norma vigente para evaluar la calidad de aplicación. Adicionalmente, a través de los indicadores se puede evidenciar la satisfacción y la acogida por parte del personal de AFF con respecto a la herramienta creada, lo cual incrementa las posibilidades de que el sistema de información sea de uso permanente en la operación.

5. Limitaciones, conclusiones, recomendaciones

- Se logró diseñar una herramienta que le permite a AFF obtener indicadores de rendimiento a través de un informe para la toma de decisiones.
- A través del estudio se pudo observar que es posible identificar factores críticos de la calidad del producto final para su monitoreo mediante un sistema de información.
- Al evaluar los resultados del estudio se evidenció que el uso del sistema de información puede generar beneficios en la industria agrícola y permitir un mayor control sobre las actividades ejecutadas.
- El sistema de información creado permite un control de los datos y las actividades del proceso productivo, y se alcanzan las expectativas tanto del trabajo como de la empresa AFF.

Habiendo concluido el presente estudio es importante reconocer que quedan algunos vacíos que pueden ser complementados por otros estudios, ya que, por múltiples situaciones, el presente trabajo no logra abordar todos los fenómenos y procesos que giran en torno al cultivo de tomillo. Por ende, a continuación, se enumeran algunas recomendaciones o aspectos importantes que deben ser considerados en futuros estudios.

- Evaluar el costo-beneficio a la hora implementar diseños experimentales en el cultivo de tomillo.
- Se recomienda evaluar las afectaciones que puede sufrir el cultivo durante el verano, en temas relacionados con el abono y riego de este, ya que, estas variables pueden incidir de manera drástica en el producto final. Y en este trabajo debido a múltiples circunstancias no pudieron ser abordados.
- Implementar la medición de nuevos indicadores de económicos, rentabilidad y de rendimiento por medio de la ficha técnica, la cual fue creada bajo las necesidades y el contexto de la empresa, para posibilitar la toma de decisiones asertivas desde la mismas.
- Continuar con la medición de los indicadores de satisfacción, para continuar con la evolución del sistema de información. Con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en este o aspectos del proceso productivo que ya no sea necesarios de registrar.
- Para potencializar la herramienta se recomienda generar semáforos en los dashboards los cuales midan el cumplimiento de los indicadores planteados en el trabajo.
- A medida que el sistema de información sea utilizado, se adapte a los requerimiento y cambios de los procesos instaurados en el cultivo se pueden diseñar planes de acción e intervención que aumenten la productividad y eficiencia de la empresa.

6. Referencias

Arshad, M. (2021). Fortnightly dynamics and relationship of growth, dry matter partition and productivity of maize based sole and intercropping systems at different elevations. *European Journal of Agronomy*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030121001489>

- Bareño, P. (2004). Hierbas aromáticas culinarias para exportación en fresco manejo agronómico, producción y costos. AGORA. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/14068>
- Bittarello, A., Maris, S. & Suave, R. (2021). Use of management information systems from the perspective of farmers. *Revista Ambiente Contábil*, 13(2), 318-334. <https://doi.org/10.21680/2176-9036.2021v13n2ID25729>
- Cadena, J., Jiménez, A. & Sánchez, A. (2021). Nivel de madurez de la gestión de procesos en las medianas empresas de los sectores Metalmecánico y Alimentos Frescos y Procesados en la Provincia de Pichincha. *Revista Espacios*, 41, 10.
- Chávez, Z., Olivares, C., Rodríguez, M. (2020). Análisis de la implementación de las BPM de acuerdo con la norma ISO22000:2018 para el cultivo de Menta (*Mentha spicata*) en la finca Garden Herbs, del municipio de Cajicá Cundinamarca. Padlet. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/34420/MiltonRodriguezG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Corona, J. R. & Montañó, O. (s.f.). Metodología para identificar la madurez de una organización caso: pequeña empresa manufacturera. *Centro de Investigación Avanzada en Ingeniería Industrial*. <https://www.acacia.org.mx/busqueda/pdf/C15P34C.pdf>
- Dane (2020). *Boletín técnico de exportaciones* (V8). https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/exportaciones/bol_exp_dic20.pdf
- Espinosa, J., Mite, F., Cedeño, S., Barriga, S., & Andino, J. (2006). Manejo por sitio específico del cacao basado en sistemas de Información Geográfica. *Informaciones Agronómicas*, 60, 10-14.
- Freire, D., Flor, O., & Álvarez, G. (2020). Metodología Seis Sigma en el Incremento de Producción de Spirulina. *Minerva*, 1(1), 24-31.
- Kuete, V. (2017). *Thymus vulgaris. Medicinal Spices and Vegetables from Africa* (pp. 599-609). Academic Press
- Kionetworks (s.f) ¿Qué son los sistemas de información de una empresa?. *Kionetworkd*. [https://www.kionetworks.com/blog/data-center/los-sistemas-de-informacion-de-una-empresa#:~:text=Un%20Sistema%20de%20Informaci%C3%B3n%20\(SI,y%20visualizaci%C3%B3n%20de%20una%20organizaci%C3%B3n](https://www.kionetworks.com/blog/data-center/los-sistemas-de-informacion-de-una-empresa#:~:text=Un%20Sistema%20de%20Informaci%C3%B3n%20(SI,y%20visualizaci%C3%B3n%20de%20una%20organizaci%C3%B3n)
- Lin, Y., Habib, A. (2020). Quality control and crop characterization framework for multi-temporal UAV LiDAR data over mechanized agricultural fields. *Remote Sensing of Environment*, 256, 1-21. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112299>
- López, T. (2006). Tomillo. *Offarm*, 25(1), 74-77. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-tomillo-13083626>
- Microsoft (s.f). Visualización de datos | Microsoft Power BI. *Microsoft*. <https://powerbi.microsoft.com/es-es/>
- Ministerio de Agricultura (2020). *Principales Países de Destino de las Exportaciones del Sector Agroindustrial por Productos Seleccionados*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=22>
- Ministerio de Agricultura (2019). *Principales Países de Destino de las Exportaciones del Sector Agroindustrial por Productos Seleccionados*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=22>
- Moreta, S. A. (2021). Integración de las APIs REST de OSF y GitHub mediante una Aplicación Orientada a Servicios para publicar contenido Open Science. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11804/7/04%20ISC%20602%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Monroy & Simbaqueba. (2017). *La importancia de los indicadores de gestión en las organizaciones colombianas*. https://ciencia.lasalle.edu.co/administracion_de_empresas/1477
- Procolombia.(s.f) ¿Por qué exportar? <https://www.colombiatrader.com.co/como-exportar/por-que-exportar>
- Rodríguez, L. G. B., & Rodríguez, A. V. (2016). Implementación de un modelo lean para el cultivo y cría intensiva de la *Helix aspersa*. *UPIICSA. Investigación Interdisciplinaria*, 2(1), 51-63.
- Rojas, C., Quispe, G., Raymundo, C. (3 octubre 2018 - 5 octubre 2018). Lean Optimization Model for Managing the Yield of Pima Cotton (*Gossypium Barbadosense*) in Small-and Medium-Sized Farms in the Peruvian Coast. *4th Innovation and Trends in Engineering Congress*. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8587062>
- Scarlato, M., Giménez, G., Lenzi, A., Borges, A., Bentancur, Ó., & Dogliotti, S. (2017). Análisis y jerarquización de factores determinantes de las brechas de rendimiento del cultivo de frutilla en el sur del Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 21(1), 43-57.
- Solano, N. E. C., Llinás, G. A. G., Montoya-Torres, J. R., & Polo, L. E. R. (2020). A planning model of crop maintenance operations inspired in lean manufacturing. *Computers and Electronics in Agriculture*, 179, 105852.
- Vivas, L. E., & Notz, A. (2009). Plan de muestreo secuencial de *Oeobalus insularis* Stal (Hemiptera: Pentatomidae) en el cultivo de arroz en Calabozo estado Guárico, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(4), 857-872.

Figuras

- Agronet (2021). *Reporte: Principales Países de Destino de las Exportaciones del Sector Agroindustrial por Productos Seleccionados*. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=22>

7. Anexos

- <https://drive.google.com/drive/folders/1sXxC48BHHjNx4Wt4Nxx-XIQ6CFzBWpFo?usp=sharing>