

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Optimización de recursos en el proceso de Cultivo Protegido (F1, F2 y
Cuarentena)”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingenieros Industriales

Presentado por:

Roberto Ignacio Acosta Valle

Marco Eduardo Almeida Daqui

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

Es mi deseo dedicar este trabajo de titulación primordialmente a mis padres Roberto y María de los Ángeles, quienes fueron los pilares y la fuente de amor incondicional diaria para superar los obstáculos por los que he pasado para lograr esta meta, a mi abuela María Elisa por ser el complemento de apoyo y enseñanza diaria, a mis hermanos por enseñarme como ser un ejemplo a seguir. Finalmente quiero dedicar este trabajo de titulación a Patricia, por ser pieza fundamental de apoyo y motivación durante mi curso universitario.

Roberto Ignacio Acosta Valle

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico especialmente a mi mamá Susana ya que sin su amor y apoyo incondicional esto no hubiera sido posible, a mi hermana Luisa por ser mi consejera en momentos de duda y quien siempre me ha ayudado desde que tengo memoria, a mi tío Nacho quien también fue una pieza fundamental en momentos difíciles de mi vida y a mi papá que sé que desde el cielo está orgulloso de todo lo que he logrado.

A mis amigos, Roberto, Joao, Guido, Karen y Flor por ser un gran equipo de trabajo dentro del aula y grandes personas fuera de ella, sin ustedes hubiera sido muy difícil recorrer todo este camino.

Marco Eduardo Almeida Daqui

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por cada persona y enseñanza que puso durante mi curso universitario, a mis padres y hermanos quienes fueron apoyo y motivación día a día. Agradezco también a la ESPOL por haber sido mi segunda casa estos últimos 5 años, a Marco quien fue compañero y amigo desde el inicio de mi curso universitario y pieza fundamental de este trabajo y, finalmente, agradezco a cada uno de los docentes quienes forman el equipo de tutores y evaluadores de materia integradora por ser una guía sincera y oportuna en el desarrollo de este trabajo.

Roberto Ignacio Acosta Valle

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por haberme dado la fuerza y la fe necesaria para dar cada paso durante todo este tiempo.

A mi familia, por siempre creer en mí y ser mi motivación para dar todo en lo que me propongo.

A M.Sc. Israel Herrera por su tutela durante todo el proyecto.

A la empresa, por haberme abierto las puertas y darme soporte en todo lo necesario para realizar el proyecto

A la ESPOL, por haber sido mi segundo hogar en estos años de carrera.

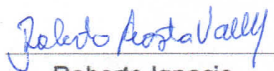
Y también a Roberto por ser mi compañero y amigo desde el preuniversitario.

Finalmente, agradezco a todo el cuerpo docente de la carrera de Ingeniería Industrial por haber compartido todos sus conocimientos para llegar a ser un gran profesional.

Marco Eduardo Almeida Daqui

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Roberto Ignacio Acosta Valle* y *Marco Eduardo Almeida Daqui*, y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Roberto Ignacio
Acosta Valle
Autor 1



Marco Eduardo
Almeida Daqui
Autor 2

EVALUADORES

Sofía López I., M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
**ISRAEL DAVID
HERRERA
GRANDA**

Israel Herrera G., M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La empresa en la que se desarrolla el presente proyecto es una bio fábrica, que se dedica a la multiplicación de plantas in vitro. Su línea posee 3 etapas: cuarentena, F1 y F2. En base a la revisión de la situación, se puede evidenciar la existencia de falencias en la línea de cultivo protegido lo cual es confirmado por la gerencia en entrevistas realizadas. El objetivo de este proyecto es aumentar el valor de la productividad global de la línea de cultivo protegido de 3.41 a 4.4. De forma paralela, se tiene como objetivo mejorar el control de los procesos, reducir costos e implementar indicadores para una evaluación precisa del estado de la línea. Para la lograr los objetivos se implementó la metodología DMAIC en donde se recogió información en sus 5 etapas de forma que se pueda definir el problema que acoge la empresa, encontrar sus causas raíz mediante la herramienta de 5 porque y determinar soluciones a implementarse mediante una matriz de impacto-esfuerzo. Mediante la implementación de las propuestas seleccionadas, se estima una mejora en su productividad global del 58.06% arrojado en la simulación, implicando un aumento del 44% en su volumen de producción. De forma paralela se estima una reducción aproximada del 27% de los costos no presupuestados mediante el plan de abastecimiento y una reducción de residuos estimada del 30%. En base a los resultados se logró alcanzar el objetivo planteado al inicio de este proyecto dejando una pauta de mejora a seguir para la empresa.

Palabras Clave: Productividad global, cultivo protegido, producción, costos.

ABSTRACT

The company in which this project is being developed is a biofactory, dedicated to the multiplication of plants in vitro. Its line has 3 stages: quarantine, F1 and F2. Based on the review of the situation, it can be evidenced the existence of shortcomings in the protected crop line, which is confirmed by management in interviews. The objective of this project is to increase the overall productivity value of the protected crop line from 3.41 to 4.4. At the same time, the objective is to improve process control, reduce costs and implement indicators for an accurate evaluation of the line's status. In order to achieve the objectives, the DMAIC methodology was implemented, where information was collected in its 5 stages in order to define the problem facing the company, find its root causes using the 5-cause tool and determine the solutions to be implemented using an impact-effort matrix. Through the implementation of the selected proposals, it is estimated an improvement in its global productivity of 58.06% shown in the simulation, implying an increase of 44% in its production volume. At the same time, an approximate 27% reduction in non-budgeted costs is estimated through the supply plan and an estimated waste reduction of 30%. Based on the results, the objective set at the beginning of this project was achieved, leaving a guideline for improvement to be followed by the company.

Keywords: *global productivity, protected crop, production, costs*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	2
1.1.1 Alcance.....	2
1.1.2 Restricciones	2
1.2 Justificación del problema	3
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico	4
CAPÍTULO 2	8
2. Metodología.....	8
2.1 Definición	8
2.1.1 Variable de interés.....	8
2.1.2 SIPOC	9
2.1.3 Definición del problema	10
2.2 Medición.....	11
2.2.1 Plan de recolección de datos	12
2.2.2 Verificación de datos.....	14
2.2.3 Proceso detallado	21
2.3 Análisis.....	28
2.3.1 Análisis de Causas	28
2.3.2 Plan de verificación de causas.....	33
2.3.3 Verificación de causas	33
2.3.4 Determinación de causas raíz.....	42
2.4 Mejora	44

2.4.1	Lluvia de ideas	45
2.4.2	Selección de soluciones.....	46
2.4.3	Plan de implementación	48
2.5	Implementación	51
2.5.1	Diseño e implementación de un tablero de control automatizado con diversos indicadores	51
2.5.2	Rediseño e implementación de formatos estandarizados para recolectar información de la línea	53
2.5.3	Estandarización del proceso de mezclado y capacitación al personal involucrado sobre los pasos correctos a seguir	55
2.5.4	Diseño e implementación de un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos	58
2.5.5	Simulación	59
2.6	Control	61
CAPÍTULO 3		63
3.	Resultados y Análisis.....	63
3.1	Resultados de la estandarización del proceso de mezclado	63
3.2	Resultados del plan de reabastecimiento	64
3.3	Comparación de situación actual y situación mejorada.....	64
3.4	Análisis económico.....	66
CAPÍTULO 4		67
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	67
4.1	Conclusiones.....	67
4.2	Recomendaciones.....	67
BIBLIOGRAFÍA		68
APÉNDICES		69

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
DMAIC	Definición, Medición, Análisis, Mejora, Control
SIPOC	Proveedor, Entradas, Procesos, Salidas, Cliente
VOC	Voice of Customer
CTQ	Critical to Quality
F1	Fase 1
F2	Fase 2

SIMBOLOGÍA

USD	dólares
Kg	kilogramos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 CTQ tree	9
Figura 2.2 SIPOC del proceso de cultivo protegido.....	10
Figura 2.3 Línea base de la productividad global de la línea de cultivo protegido del año 2020	11
Figura 2.4 Variables del plan de recolección de datos	12
Figura 2.5 Registro de unidades producidas y desechadas	15
Figura 2.6 Verificación de las unidades producidas y desechadas semana 19	15
Figura 2.7 Verificación de las unidades producidas y desechadas semana 20	16
Figura 2.8 Costos de insumos del año 2020	17
Figura 2.9 Factura de insumos	17
Figura 2.10 Costos generales del año 2021	18
Figura 2.11 Orden de pago de gastos generales	18
Figura 2.12 Costos de servicios prestados y mano de obra directa del año 2021	19
Figura 2.13 Roles de pago del año 2021	19
Figura 2.14 Prueba de normalidad de la productividad	20
Figura 2.15 Gráfica I-MR de la productividad.....	20
Figura 2.16 Análisis de capacidad	21
Figura 2.17 Diagrama de flujo funcional de Cuarentena	22
Figura 2.18 Diagrama de flujo funcional de Laboratorio	22
Figura 2.19 Diagrama de flujo funcional de Establecimiento In Vitro	23
Figura 2.20 Diagrama de flujo funcional de Propagación	24
Figura 2.21 Diagrama de flujo funcional de Enraizamiento	25
Figura 2.22 Diagrama de flujo funcional de Lavado	25
Figura 2.23 Diagrama de flujo funcional de Fase 1	26
Figura 2.24 Diagrama de flujo funcional de Fase 2	26
Figura 2.25 Lluvia de ideas con el personal de cultivo protegido.....	28
Figura 2.26 Validación de las posibles causas con el coordinador.....	28
Figura 2.27 Posibles causas que influyen en la problemática	29
Figura 2.28 Diagrama de Ishikawa	29
Figura 2.29 Diagrama de Pareto de las posibles causas	31
Figura 2.30 Matriz Impacto-Control	32
Figura 2.31 Prueba de normalidad del tiempo de proceso de mezclado	35
Figura 2.32 Prueba de diferencia de medias del alto tiempo de espera	36
Figura 2.33 Base de datos de la empresa	36
Figura 2.34 Formato de registro de plantas muertas.....	37

Figura 2.35 Base de datos de las unidades producidas y plantas muertas.....	37
Figura 2.36 Prueba de normalidad de unidades muertas en fase 1	38
Figura 2.37 Prueba de diferencia de medias de las plantas muertas en Fase 1	39
Figura 2.38 Prueba de normalidad de las unidades disponibles de tamo	40
Figura 2.39 Prueba de diferencia de medias de la poca disponibilidad de tamo	40
Figura 2.40 Prueba de normalidad unidades de fundas.....	41
Figura 2.41 Prueba de diferencia de medias de la ausencia de fundas	42
Figura 2.42 Posibles soluciones	45
Figura 2.43 Selección de soluciones	48
Figura 2.44 Formato estandarizado para registro de unidades.....	51
Figura 2.45 Formato del cálculo de indicadores	52
Figura 2.46 Tablero de control.....	53
Figura 2.47 Formato rediseñado para laboratorio.....	54
Figura 2.48 Formato rediseñado para Fase 1.....	54
Figura 2.49 Formato rediseñado para Fase 2.....	54
Figura 2.50 Otida del proceso de mezclado	55
Figura 2.51 Prueba de normalidad de tiempo de mezclado	56
Figura 2.52 Capacitación al personal de la empresa	58
Figura 2.53 Simulación del programa de plan de reabastecimiento	59
Figura 2.54 Simulación de la línea de cultivo protegido	59
Figura 3.1 Diferencia de medias de situación actual y mejorado	63
Figura 3.2 Unidades producidas aplicada la mejora	64
Figura 3.3 Situación actual vs Situación mejorada	65
Figura 3.4 Impacto en los 3 pilares de sostenibilidad	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos	13
Tabla 2.2 Clasificación de las actividades del proceso.....	27
Tabla 2.3 Sistema de calificación.....	30
Tabla 2.4 Resultado de evaluación.....	30
Tabla 2.5 Sistema de calificación.....	31
Tabla 2.6 Resultado de evaluación impacto-control.....	32
Tabla 2.7 Plan de verificación de causas	33
Tabla 2.8 Toma de tiempos piloto.....	34
Tabla 2.9 Toma de tiempos final.....	35
Tabla 2.10 Cinco ¿Por qué?	43
Tabla 2.11 Causas raíz	44
Tabla 2.12 Factores de causa raíz.....	44
Tabla 2.13 Costos de la posibles soluciones	46
Tabla 2.14 Sistema de calificación de soluciones	47
Tabla 2.15 Resultados de selección de posibles soluciones	47
Tabla 2.16 Prioridad de las soluciones	49
Tabla 2.17 Plan de implementación.....	50
Tabla 2.18 Calificación de Sistema Westinghouse.....	56
Tabla 2.19 Calificación de holguras	57
Tabla 2.20 Toma de tiempos piloto.....	60
Tabla 2.21 Cálculo del R mínimo.....	60
Tabla 2.22 Plan de control	62

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La organización en la que se ejecutó el presente proyecto es una bio fábrica, que se dedica a la multiplicación de plantas in vitro como el banano y el plátano. Con más de 20 años en el mercado, distribuye su producto a distintos clientes como lo son los agricultores grandes, medianos y pequeños de las provincias que más siembran banano como Los Ríos, Guayas, El Oro, Santa Elena y Manabí.

La línea de proceso a estudiar es el de cultivo protegido, el cual consiste en 3 etapas principales: cuarentena, donde el colino traído del proveedor es analizado, y entra a un proceso selección donde los más óptimos serán destinados para el proceso productivo; F1, invernadero de almacenamiento en cubetas simulando el proceso de termo cunas para su crecimiento; F2, invernadero en el cual el producto que sale de la fase anterior es depositado en fundas de cultivo hasta su desarrollo y crecimiento óptimo para posteriormente ser trasladado al cliente.

En los últimos dos años, la demanda se ha vuelto más irregular de lo que ya era debido al tipo de producto con el que se trabaja en consecuencia del surgimiento de la pandemia, lo que obligó a la empresa en cuestión a producir a un ritmo y volumen muy por debajo de su capacidad nominal, por lo que, el control de la producción e inventario pasó a segundo plano.

Usando la metodología DMAIC, en el presente proyecto se busca determinar el principal problema de la línea, cuello de botella y demás factores que bajan la productividad global, así mismo recolectar los datos que intervienen directamente en el proceso y verificar su confiabilidad. Finalmente, proponer herramientas útiles para el seguimiento y control de la producción con el objetivo de optimizar los recursos disponibles para la elaboración del producto terminado.

1.1 Descripción del problema

Actualmente, la empresa en cuestión presenta varias inconformidades con respecto al volumen de producción la cual está por debajo de las expectativas de la línea, los recursos utilizados los cuales varían mucho por cada mes, los costos que se generan por ese excesivo uso de recursos, entre otras. Todo esto se origina debido a que no existe un control en todo el proceso de cultivo protegido, a lo que se alinea con las necesidades emitidas por el cliente.

Por lo que, la implementación de indicadores será vital más adelante para conocer el estado de la línea y posteriormente un sistema para mantener un orden en el inventario y lograr la optimización de recursos.

1.1.1 Alcance

Debido a que el tiempo para realizar el proyecto es corto, y no se podría realizar todo lo que se desea, se establecerá un alcance con el que se trabajará todo el proyecto, tomando en cuenta todas las necesidades y problemas que mencionó el cliente, así como las restricciones que existen en el proceso. En este caso, en la línea de cultivo protegido intervienen varios procesos de distintas áreas, sin embargo, cuarentena, fase 1 y fase 2 son las áreas más críticas las cuales necesitan un análisis y mejoras para aun aumento del rendimiento general.

Por otro lado, se tomarán en cuenta otros criterios para determinar el alcance del proyecto:

- El proceso de enfundado se lo considera como cuello de botella, ya que de ese proceso depende la rapidez con la que el producto pasa de fase I a fase II.
- El proceso de crecimiento de la fase I y fase II, es donde se incurren más gastos de insumos y mano de obra.

1.1.2 Restricciones

Se presentan restricciones en el proceso de cultivo protegido tanto a nivel operativo como administrativo, los cuales se presentan a continuación:

- La empresa cuenta con poco presupuesto, por lo que no pueden realizar grandes inversiones para mejorar la línea de cultivo protegido.

- Falta de equipos e insumos que provocan lentitud en ciertas partes del proceso.
- La empresa no tiene todos los invernaderos habilitados, por lo que el volumen de la producción es bastante limitado.
- Falta de formatos estandarizados para un mejor control del movimiento interno de la producción.

1.2 Justificación del problema

Dentro del Ecuador, el mercado del banano marca uno de los exponentes de las importaciones mundiales. Esto se debe a las óptimas condiciones tanto de carácter ecológico y climáticas permitiendo que desde pequeños hasta grandes productores abastezcan la constante demanda que se presente alrededor del año. Es por esto que se busca que empresas como la del caso de estudio, que funcionan como proveedores de estos productores de banano, estén operando de la manera eficiente. En base a los análisis revisados y las consideraciones tenidas en cuenta, se puede evidenciar la existencia de falencias en la línea de cultivo protegido de la empresa en cuestión en donde no solo producen por debajo de su capacidad, lo cual fue confirmado por la gerencia en entrevistas realizadas, sino también presentan discrepancias en su planificación en comparación con su producción y recursos utilizados. Lo ideal por parte de la empresa es medir su desempeño de forma paulatina de forma que se realice autoevaluaciones sobre el rendimiento de la línea mediante la implementación de indicadores relacionadas a cada una de las fases de su proceso. Por esta razón, se lleva a cabo el siguiente proyecto DMAIC con el propósito de focalizar las falencias de la línea de cultivo protegido de la empresa a estudiar y proponer indicadores para un mejor y mayor control de su producción.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Aumentar el valor de la productividad global de la línea de cultivo protegido de una bio fábrica de 3.41 a 4.4 a partir de junio de 2021 hasta septiembre del 2021.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Mejorar el control de los procesos mediante el diseño y la implementación de formatos estandarizados.
- Reducir costos operativos, administrativos y de insumos asociados a la producción de banano y plátano.
- Implementar métricas e indicadores para una evaluación precisa del estado de la línea de cultivo protegido y una posterior toma de decisiones.

1.4 Marco teórico

DMAIC es un conocido método dentro del campo de mejora de la calidad y resolución de problemas que se emplea para mejorar el rendimiento empresarial. Durante el proceso de aplicación de la herramienta DMAIC, la mejora ocurre proyecto por proyecto; un "proyecto" se puede definir mejor como un "problema programado para una solución" (Tanner, 2021). Esto significa que la gerencia ha decidido que es lo suficientemente importante programar los recursos que necesitan para resolver el problema. Un proyecto de mejora de la calidad es un problema que debe resolverse para reducir el desperdicio, mejorar la satisfacción del cliente o mejorar los niveles de calidad (defectos). Suele ser un problema enfocado al proceso, cliente o producto. Los proyectos de este carácter siguen la metodología que abarca cinco etapas distintas:

- Definir
- La medida
- Analizar
- Mejorar
- Control

La metodología DMAIC se utiliza normalmente como parte de un programa Lean Six Sigma para crear avances en una organización. Una vez que la alta dirección de una organización identifica un problema, se selecciona un equipo de proyecto para resolverlo. Este equipo simplemente sigue el estatuto de su proyecto a través de los cinco pasos de la metodología DMAIC, aplicando las herramientas DMAIC apropiadas durante cada paso DMAIC (Scotty, 2019).

Definición

En la primera etapa de la metodología DMAIC, el equipo del proyecto define de mejor manera el problema que les sido entregado por la gerencia, haciendo preguntas a los clientes internos y externos para afirmar que el problema realmente existe. Algunas de las herramientas para esta fase son:

- Análisis de las necesidades de las partes interesadas
- Recolección de la voz del cliente utilizando la matriz VOC
- Traducción del VOC al CTQ
- Mapa de procesos de alto nivel (diagrama SIPOC)

Medición

Durante la etapa de medición, los líderes del proyecto comienzan a evaluar el desempeño de línea base actual del problema, recopilando e interpretando los datos disponibles sobre el desempeño actual. Esto a menudo conduce a una redefinición del problema para centrarse en los problemas más urgentes. Algunas de las herramientas para esta fase son:

- Análisis de Pareto
- Plan de recolección de datos
- Mapa de proceso detallado
- Metodología 6s
- Mapeo de cadena de valor (VSM)

Análisis

Analizar es la tercera fase de la metodología DMAIC. Durante esta fase, el equipo del proyecto recopila y utiliza datos para probar las teorías de la causa raíz o las causas del problema. Estas causas fundamentales se conocen como "X's del proyecto". Para la conclusión de esta fase, el equipo habrá reducido sus múltiples teorías a unas pocas potenciales causas raíz para probar y demostrar que son verdaderas o falsas. Algunas de las herramientas para esta fase son:

- Cálculo del nivel sigma
- Gráficos y tablas
- Lluvia de ideas
- Estratificación
- Histogramas

- Diagramas de caja
- Diagramas de dispersión
- Diagramas de causa y efecto
- Análisis 5 Por que
- Análisis de causa y efecto
- Matriz de control de impacto

Mejora

Aquí es cuando el equipo del proyecto comienza el trayecto de recuperación y se comienza a actuar sobre lo que han aprendido al hacer mejoras. Una vez que se haya determinado qué está causando el problema, es hora de que el equipo implemente planes para resolver la (s) causa (s) raíz. La fase de mejora es donde el equipo refina sus ideas de contramedidas, procesa cambios de manera piloto, implementa soluciones y, por último, recopila datos para confirmar que hay una mejora medible (DeFeo, 2020). Un esfuerzo de mejora estructurado puede conducir a cambios innovadores y elegantes que mejoren la medida de referencia y, en última instancia, la experiencia del cliente. Las herramientas más comunes para esta fase son:

- Lluvia de ideas
- Matriz de soluciones
- Cuadro de barreras y ayudas
- Prueba de errores
- Benchmarking

Control

La quinta y última fase de la metodología DMAIC, es cuando el equipo del proyecto se asegura de que los logros obtenidos durante la fase de mejora se mantengan y que el problema no vuelva a ocurrir. Con las mejoras implementadas y el problema del proceso resuelto, el equipo debe trabajar para mantener las ganancias y facilitar la actualización de las mejores prácticas (Villanova, 2020). En esta fase se puede desarrollar un Plan de Monitoreo para rastrear el éxito del proceso actualizado, así como un Plan de Respuesta en caso de que haya una caída en el desempeño.

Bio fábrica

Las bio fábricas son centros o laboratorios dedicados a la producción masiva de semillas y/o plántulas con la distinción de emplear diversos procedimientos y avances tecnológicos con el objetivo de mejorar sus cualidades y, por ende, su calidad (Mett, 2008). Estas bio fábricas se caracterizan por emplear el método de reproducción in-vitro, el cual a diferencia de la reproducción convencional de plantas ya sea por posturas, semillas, etc., previene la transmisión de varios patógenos ya sea por la especie de la cual procedan o los adquiridos producto de su manipulación.

Producción In-Vitro

Este proceso es el característico empleado en las bio fábricas, el cual se basa en procedimientos especializados donde se disponen plantas de fracciones reducidas dentro de recipientes generalmente de vidrio en donde se añadirán una serie de productos químicos controlados. Las técnicas de cultivo in vitro son ahora indispensables para la producción de plantas libres de enfermedades, la multiplicación rápida de genotipos de plantas raras, la transformación del genoma vegetal y la producción de metabolitos derivados de plantas de importante valor comercial (Espinosa, 2018). Siguiendo esta línea, esta forma de producción masiva posee dos caracterizaciones que marcan el desarrollo final de la planta teniendo en primer lugar la asepsia conocida también como la ausencia de gérmenes y en segundo lugar se tiene el control de los factores que pueden llegar a influenciar el crecimiento de la planta.

Meristemos

Los meristemos son regiones de células no especificadas en plantas que son capaces de realizar división celular. Los meristemos producen células no especializadas que tienen el potencial de convertirse en cualquier tipo de célula especializada. Mientras que los animales dejan de crecer en tamaño una vez que se convierten en adultos, las células producidas por los meristemos aseguran que las plantas sigan creciendo en altura y anchura durante toda su vida (BBC, 2019). Sólo se encuentran ciertas partes de la planta como la punta de las raíces y los brotes y entre el xilema y el floema, las cuales con los productos iniciales de la empresa en cuestión dispuestas en la zona de cuarentena.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la realización del proyecto se usó DMAIC proveniente del modelo Six Sigma donde su objetivo es la mejora de los procesos. Consta de cinco etapas que son:

2.1 Definición

En esta primera etapa se recolectaron todas las necesidades y problemáticas del cliente, para ello se tuvieron entrevistas con el de la empresa con el fin de poder determinar la variable a atacar y con la que se trabajó todo el proyecto.

2.1.1 Variable de interés

En cuanto a la búsqueda de la variable respuesta precisa para contrarrestar la problemática, primero se tomó en consideración la voz del cliente, que en este caso es la empresa donde se está realizando el proyecto y la cual expresó los diferentes inconvenientes y necesidades que se presentan a continuación:

- “El volumen de la producción de la línea está por debajo de la expectativa”.
- “La demanda del producto es estacional.”
- “El proceso no posee controles tanto de producción como de inventario”.
- “La planificación de recursos no va acorde a la planificación de la producción”.
- “Existe un registro de las entradas y salidas de producto, pero no existe el tratamiento de dicha data”.
- “Es vital el contar con métricas que dicten el camino a la mejora del proceso”.
- “Reducir costos generados por los recursos”.
- “El tipo de demanda exige la adquisición de mayores recursos en ciertas épocas como la contratación de personal temporal para el área de enfundado”.

Con la información levantada se procede a la elaboración del CTQ tree (árbol de variables críticas), la cual es una herramienta que permite traducir las necesidades

del cliente en herramientas como las métricas que ayudarán con la medición de la solución del problema. En la figura 2.1 se evidencia el uso de dicha herramienta.

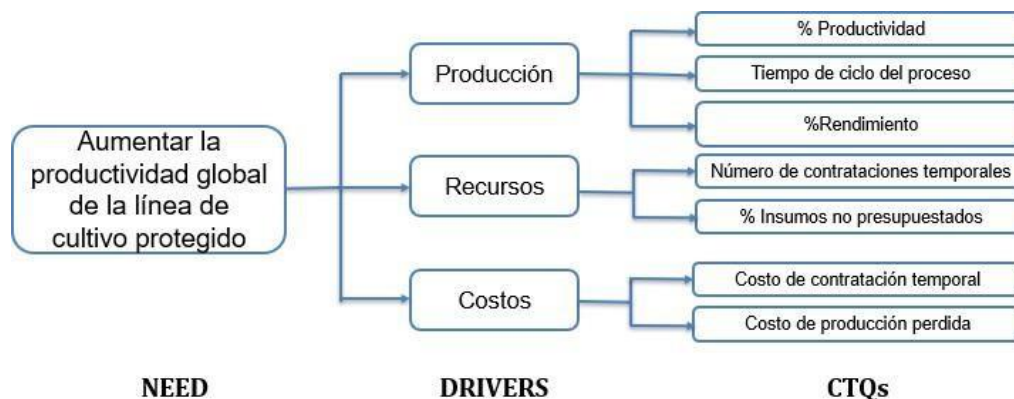


Figura 2.1 CTQ tree

[Fuente: Elaboración propia]

Establecidas las variables críticas, se realiza un análisis con todas las necesidades mencionadas por el cliente. En este caso la variable respuesta “Y” seleccionada es la productividad global, ya que en ella se hace una relación entre las ventas del volumen de producción y los costos que incurren en elaborar ese lote de producción, las cuales son las variables principales que se van a estudiar en este proyecto como se puede evidenciar en la ecuación 2.1.

$$Productividad\ global = \frac{Unidades\ producidas\ en\ dólares}{Recursos\ utilizados\ en\ dólares} \quad (2.1)$$

Donde los recursos utilizados se refieren a todos los gastos que intervienen en la fabricación de unidades producidas que en este caso son: mano de obra directa, servicios prestados, insumos y gastos generales.

2.1.2 SIPOC

Para conocer a más detalle todo el proceso donde se realizará el proyecto, se levantó un diagrama SIPOC en el cual se puede observar de una manera general cada actividad que se lleva a cabo desde que se obtiene la materia prima hasta que el producto es entregado al cliente. En la figura 2.2 se puede observar dicho diagrama, que además sirvió para determinar el alcance expuesto en el **CAPÍTULO 1**.

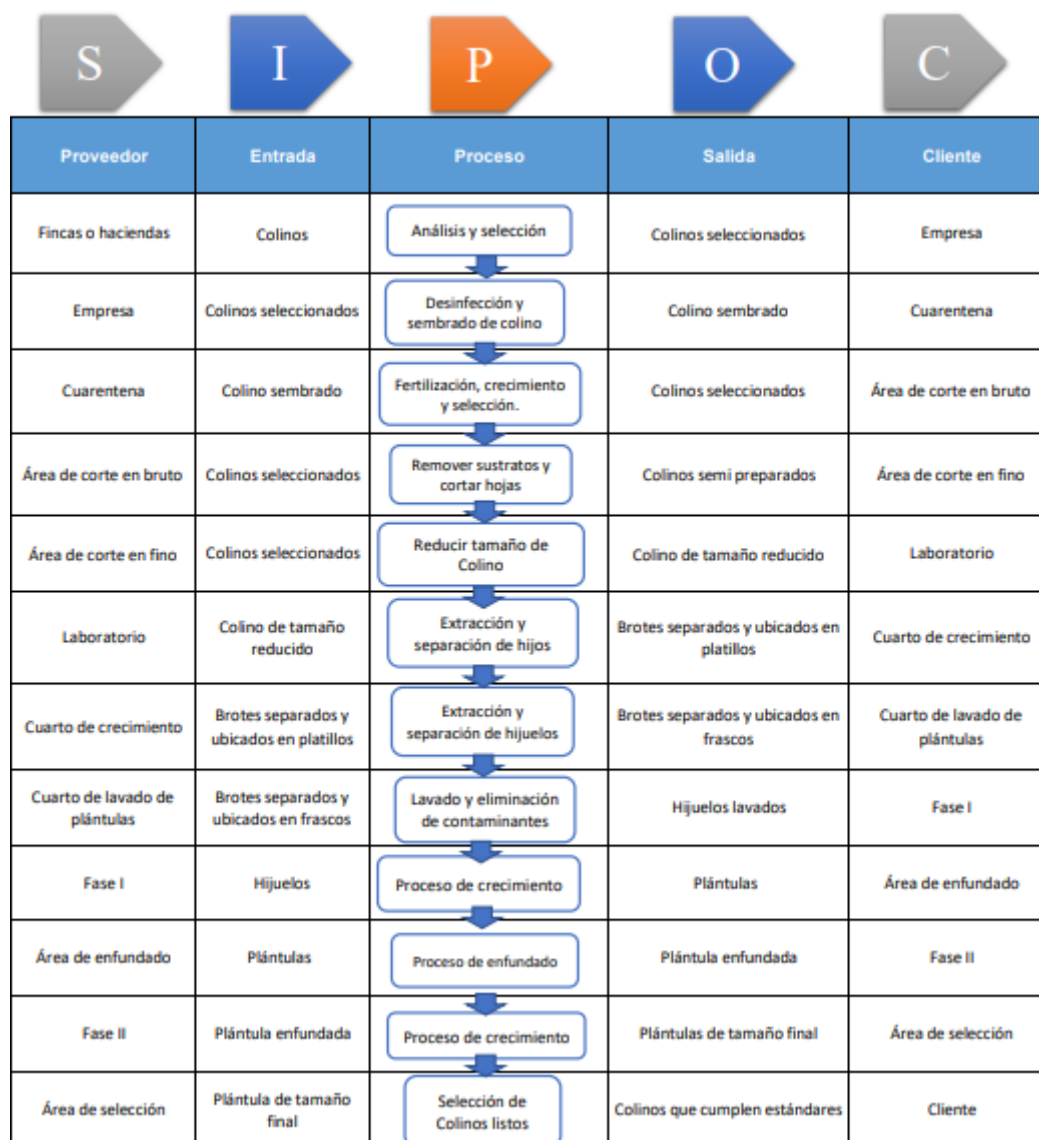


Figura 2.2 SIPOC del proceso de cultivo protegido

[Fuente: Elaboración propia]

2.1.3 Definición del problema

Una vez que se determinó las necesidades del cliente, la variable de interés y el alcance del proyecto, se propuso analizar la productividad global en base a la data proporcionada por la empresa de todo el año 2020 como se puede evidenciar en la figura 2.3.

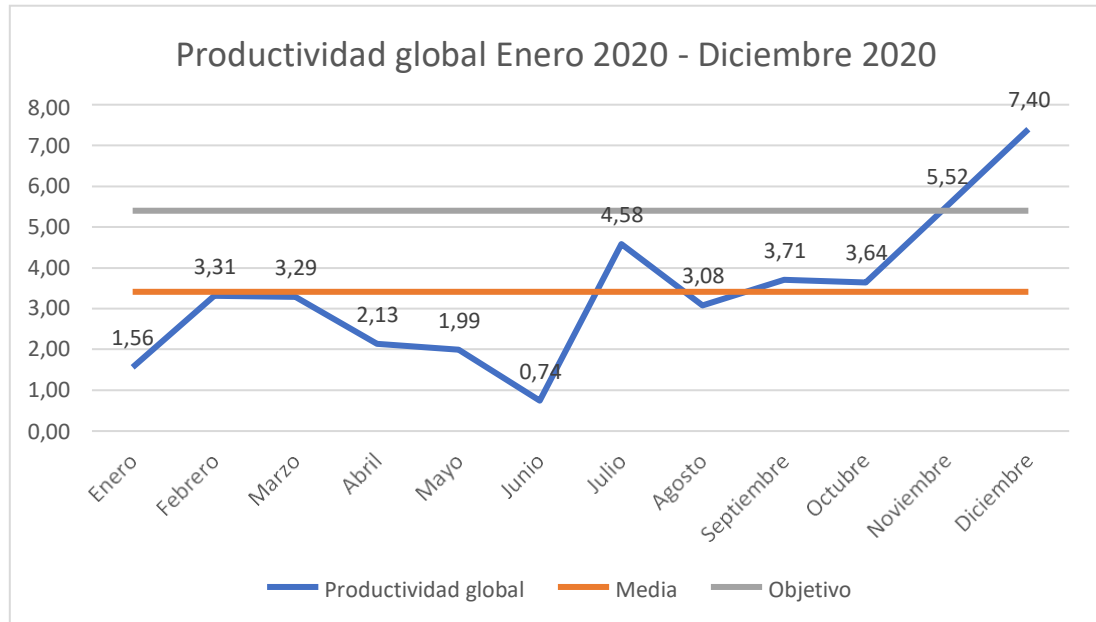


Figura 2.3 Línea base de la productividad global de la línea de cultivo protegido del año 2020

[Fuente: Elaboración propia]

Se puede evidenciar una alta variabilidad de la productividad global, en la que la mayoría está debajo de la media e incluso en el mes de junio menor a 1 lo cual representa pérdida para la empresa. Sin embargo, también se puede notar que hay meses donde han superado la media en la cual han producido más usando menos recursos, pero no es constante, es por esto, que se ve la necesidad de atacar dicho problema. Dando como resultado la siguiente definición del problema:

“De acuerdo con los registros, el valor de la productividad global en la línea de cultivo protegido de una bio fábrica es en promedio de 3.41 desde enero a diciembre del 2020, cuando el valor más alto que se ha reportado fue de 7.4 obtenido en el mes de diciembre”.

2.2 Medición

Una vez que se definió el problema, en la presente etapa se tiene como objetivo recolectar la mayor cantidad de datos que intervienen de manera directa e indirecta con el proyecto, que a su vez serán verificados para conocer la fiabilidad de este.

2.2.1 Plan de recolección de datos

Antes de definir qué datos se van a recolectar para determinar el plan de recolección se debe establecer una conexión con la variable respuesta la cual se observará en la figura 2.4.



Figura 2.4 Variables del plan de recolección de datos

[Fuente: Elaboración propia]

Una vez determinado los tipos de datos a recolectar se levanta el plan de recolección de datos de manera detallada como se puede observar en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Plan de recolección de datos

[Fuente: Elaboración propia]

¿Qué?		¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Cómo?	¿Por qué?	¿Quién?			
Dato	Unidad	Tipo	¿Dónde recolectar?	¿Cuándo recolectar?	Método de observación	Método de recolección	Razón de recolección	Responsables	
X1	Volumen de producción	Unidades- \$USD	Cuantitativo - discreto	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista	Registros históricos semanales	Permite el cálculo de la productividad	Líderes de proyecto
X2	Unidades muertas y rechazadas	Unidades	Cuantitativo - discreto	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista	Registros históricos semanales	Permite calcular el volumen de producción	Líderes de proyecto
X3	Costos de insumos	\$USD	Cuantitativo - continuo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista /correo	Registros históricos mensuales	Permite determinar el factor de costo para calcular la productividad general	Líderes de proyecto
X4	Costos generales	\$USD	Cuantitativo - continuo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista /correo	Registros históricos mensuales	Permite determinar el factor de costo para calcular la productividad general	Líderes de proyecto
X5	Costos de servicios prestados	\$USD	Cuantitativo - continuo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista /correo	Registros históricos mensuales	Permite determinar el factor de costo para calcular la productividad general	Líderes de proyecto
X6	Costos de mano de obra directa	\$USD	Cuantitativo - continuo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Entrevista /correo	Registros históricos mensuales	Permite determinar el factor de costo para calcular la productividad general	Líderes de proyecto

2.2.2 Verificación de datos

Una vez levantado el plan de recolección de datos se procedió a la verificación donde se usó el Gemba como herramienta.

Volumen de producción/unidades muertas y rechazadas

Para estas dos variables se recolectaron los datos históricos que se encuentran en la base de datos de la empresa desde el año 2019 hasta la actualidad, sin embargo, para estar seguro de que dichos datos son confiables y correctos se procede a realizar una comparación de los registros semanales que posee el operador con el conteo realizado por los líderes del proyecto, y a su vez revisar que dichos valores estén correctamente registrados en la base de datos.

Para iniciar con la verificación se calcula la muestra para saber cuántos registros se deben revisar para estar seguros de que los datos son confiables, para ello se usará la ecuación 2.2.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{N * e^2 * Z^2 * p * q} \quad (2.2)$$

Donde:

Z= Basado en un nivel de confianza del 90% = 1,65

p= Proporción de la población que cumple con las características de estudio = 0,5 (peor de los casos)

q= Proporción de la población que no cumple con las características de estudio = 0,5 (peor de los casos)

N= Tamaño de población

e= error= 10%

Finalmente, reemplazando los datos en la ecuación 2.1 da como resultado que se deben revisar 47 registros semanales. Como se puede evidenciar en la figura 2.5 se encuentra el formato usado por la empresa para registrar el número de plantas que son producidas. Mientras que en la figura 2.6 y 2.7 se comparó por parte de los líderes de proyecto con el registro de los operadores teniendo como conclusión que como los datos son iguales en ambos registros los datos recolectados por los obreros y que posteriormente son registrados en la base de datos son confiables.

DETALLE	FASE I							TOTAL
	BANANO					PLATANIO		
	Williams	Williams (Observacion)	Valery	Valery (Observacion)	Manzano	Hawalano	Harton	
SALDO ANTERIOR	39.300	25.055	24.100	980	32		1.264	90.731
INGRESO								
PLANTAS GRANDES						6.851		
PLANTAS MEDIANAS						2.051		
PLANTAS PEQUEÑAS						2.541		
TOTAL INGRESOS DE PLANTAS	0	0	0	0	0	11.443	0	11.631
SALIDA								
casa sombra 1								
casa sombra 2								
casa sombra 4								
casa sombra 3								
Casa sombra 5	2.430		4.760					
Cuarentena								
TOTAL SALIDA	2.430	0	4.760	0	0	0	0	7.190
MORTALIDAD	370		240					610
VARIACIONES GENETICAS								0
TOTAL SALIDA DE PLANTAS	2.800	0	5.000	0	0	0	0	7.800
SALDO FINAL	36.500	25.055	19.100	980	32	11.643	1.264	94.5
OBSERVACIONES GENERALES:								

Figura 2.5 Registro de unidades producidas y desechadas

[Fuente: Propiedad de la empresa]

DETALLE	FASE I							TOTAL
	BANANO					PLATANIO		
	Williams	Williams (Observacion)	Valery	Manzano	Harton	Hawalano		
SALDO ANTERIOR	55.700	6.784	12.771	33	1.264	0	76.552	
INGRESO								
TAS GRANDES	5.770	725						
TAS MEDIANAS	5.023	529						
TAS PEQUEÑAS	2.184	422						
TOTAL INGRESOS DE PLANTAS	12.977	1.677	0	0	0	0	14.654	
SALIDA								
mbra 1								
mbra 2								
mbra 4								
mbra 3	7.085							
mbra 5	2.344							
na								
TOTAL SALIDA	9.429	0	0	0	0	0	9.429	
MORTALIDAD							0	
VARIACIONES GENETICAS							0	
TOTAL SALIDA DE PLANTAS	9.429	0	0	0	0	0	9.429	
SALDO FINAL	59.248	8.461	12.771	33	1.264	0	81.777	
OBSERVACIONES GENERALES:								

Figura 2.6 Verificación de las unidades producidas y desechadas semana 19

[Fuente: Elaboración propia]

NA # 20_2021 DETALLE	FASE I						TOTAL
	BANANO				PLÁTANO		
	Williams	Williams (Observacion)	Valery	Valery (Observacion)	Manzano	Horton	
SALDO ANTERIOR	59.248	8.461	12.771		32	1.264	81.776
INGRESO							
S GRANDES	490	4.210	1.870	196			
S MEDIANAS	168	4.822	2.880	234			
S PEQUEÑAS	98	6.804	4.954	490			
INGRESOS DE PLANTAS	756	15.836	9.714	980	0	0	27.286
SALIDA							
ra 1	6.660						
ra 2	2.680		3.340				
ra 4							
ra 3							
ra 5	1.250						
SALIDA	10.590	0	3.340	0	0	0	13.930
AD	1.614						1.614
S GENÉTICAS							
A DE PLANTAS	12.204	0	3.340	0	0	0	15.544
SALDO FINAL	47.800	24.297	19.145	980	32	1.264	93.518
S GENERALES							

Reportes de fase 1 y fase 2							
fase 1				Plátano		Total	
Williams	Williams	Valery	Manzano	Horton			
55,200	6,784	12,771	33	1,264	0		76,552
59,248	8,461	12,771	33	1,264	0		81,777
7085053							
2344055							
fase 2							
Plátano Horton		Plátano Hawam		Banano willson		Total	
0	0	0	6916	14,074	19,221	2,200	36,311
3200		21,159		10,221		2,200	
3641						130M	
						200HT	
210 Hoteocapes							
1102 spu							
100 Hoteocapes							

Figura 2.7 Verificación de las unidades producidas y desechadas semana 20

[Fuente: Elaboración propia]

Costos

La variable de costos se divide en 4 tipos de costos que maneja la empresa, los cuales están registrados en reportes mensuales en una base datos. Para la verificación y validación que los datos de los costos se calculó un número de muestra donde se corroboró que las facturas, roles de pagos, y otros documentos concuerdan con el valor del costo reflejado en la base de datos que usa contabilidad para su registro.

Costos de insumos

Para calcular el número de muestra que se va a tomar para verificar los datos se utilizó la ecuación 2.2 dando el resultado de 28 registros.

FECHA	MES	CODI	CUENTA	CUENTA2	FASE	MC	REF	CONCEPTO	DEBE
14/02/2020	2	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	56970	19131		480,00
20/04/2020	4	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57291	19221		480,00
06/05/2020	5	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57386	19240		140,00
06/05/2020	5	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57387	19241		134,40
08/06/2020	6	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57555	19300		600,00
08/07/2020	7	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57686	19354		67,20
08/07/2020	7	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57688	19355		70,00
31/07/2020	7	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57743	19384		240,00
18/08/2020	8	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57833	19422		134,40
18/08/2020	8	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57834	19423		140,00
10/09/2020	9	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	58098	19541		480,00
18/09/2020	9	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57990	19486		140,00
18/09/2020	9	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	57991	19487		134,40
25/09/2020	9	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	58099	19542		480,00
30/10/2020	10	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	58139	19581		360,00
21/12/2020	12	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	58643	19687		360,00
30/12/2020	12	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	58652	19688		67,20
30/12/2020	12	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	58653	19689		70,00
31/01/2020	1	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58518	10381		1.209,36
29/02/2020	2	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58520	10382		720,75
31/03/2020	3	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58521	10383		439,18
30/04/2020	4	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58522	10384		280,83
30/05/2020	5	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58523	10385		346,57
30/06/2020	6	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58524	10386		807,53
30/07/2020	7	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58525	10387		467,04
30/08/2020	8	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58526	10388		411,69
30/09/2020	9	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	58527	10389		705,97

FECHA	MÉ	MOV	CUENTA	CUENTA2	FASE	MOV	REF	CONCEPTO	VALOR
26/02/2021	2	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	59097	19759		360,00
26/02/2021	2	5140425	Insumos	INSUMOS	FASE 2	59082	19744		4,28
08/03/2021	3	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	59325	19826		67,20
08/03/2021	3	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	59326	19827		70,00
24/03/2021	3	5140471	Insumos F-1	INSUMOS	FASE 1	59275	19812		19,60
05/04/2021	4	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	59446	19855		480,00
27/04/2021	4	5140424	Fertilizantes	INSUMOS	FASE 1	59447	19856		480,00

Figura 2.8 Costos de insumos del año 2020

[Fuente: Propiedad de la empresa]

En la figura 2.9 se puede visualizar una factura la cual se la comparó con la base de datos de la figura 2.8 para afirmar que los datos almacenados en su base de datos son confiables.

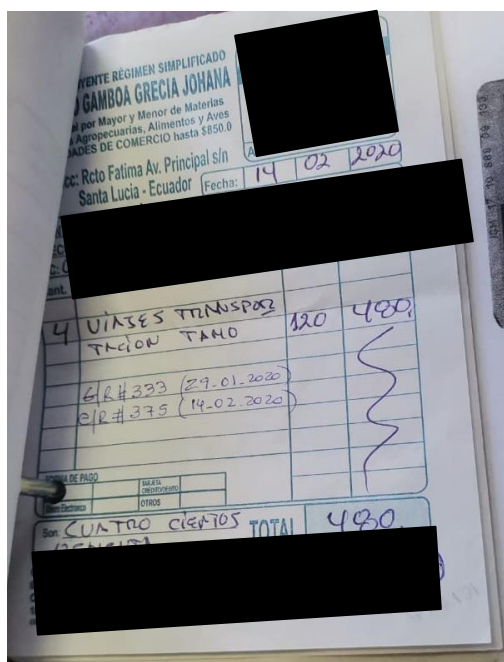


Figura 2.9 Factura de insumos

[Fuente: Propiedad de la empresa]

Costos generales

Para esta variable se realizó una comparación de 48 registros obtenidos de la ecuación 2.2 con la base de datos que tiene la empresa.

FECHA	MES	CODI	CUENTA	CUENTA2	FASE	MC	REF	CONCEPTO	DEBE
02/01/2020	1	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	56079	18876		22,55
02/02/2020	2	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	56270	18906		22,55
02/03/2020	3	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	56652	19038		22,55
02/04/2020	4	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	57333	19234		22,55
02/05/2020	5	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	57361	19238		22,55
02/06/2020	6	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	57395	19245		22,55
02/07/2020	7	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	57820	19411		22,55
02/08/2020	8	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	57685	19353		22,55
02/09/2020	9	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	57831	19421		22,55
02/10/2020	10	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	57980	19479		22,55
02/11/2020	11	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	58202	19583		22,55
02/12/2020	12	5140407	Consumo Telefono	GG	FASE 2	58671	19690		22,55
31/03/2020	3	5140408	Movilizaciones	GG	FASE 2	58265	10205		153,33
09/06/2020	6	5140408	Movilizaciones	GG	FASE 2	57528	19287		8,25
29/12/2020	12	5140408	Movilizaciones	GG	FASE 2	58635	19680		2,01
31/01/2020	1	5140409	Suministros de Oficina	GG	FASE 2	58518	10381		2,05
29/02/2020	2	5140409	Suministros de Oficina	GG	FASE 2	58520	10382		6,48
30/06/2020	6	5140409	Suministros de Oficina	GG	FASE 2	58524	10386		9,93
30/08/2020	8	5140409	Suministros de Oficina	GG	FASE 2	58526	10388		7,73
31/01/2020	1	5140412	Uniformes	GG	FASE 2	58518	10381		69,57
31/03/2020	3	5140412	Uniformes	GG	FASE 2	58521	10383		7,80
18/06/2020	6	5140412	Uniformes	GG	FASE 2	57576	19304		27,03
30/06/2020	6	5140412	Uniformes	GG	FASE 2	58524	10386		20,08
31/01/2020	1	5140414	Accesorios de Vidrios	GG	FASE 2	58518	10381		200,00
30/04/2020	4	5140414	Accesorios de Vidrios	GG	FASE 2	58522	10384		274,06
30/05/2020	5	5140414	Accesorios de Vidrios	GG	FASE 2	58523	10385		8,35
30/07/2020	7	5140414	Accesorios de Vidrios	GG	FASE 2	58525	10387		27,66

Figura 2.10 Costos generales del año 2021

[Fuente: Propiedad de la empresa]

Cuenta	Nombre	Debe	Haber
5110526	Servicios de telefono	38.64	
5120403	Comunicación Telefonica	21.46	
5140207	Consumo Telefono	11.80	
5140207	Consumo telefonico	11.80	
5140472	Consumo telefonico F-1	22.55	
5140407	Consumo Telefono	22.55	
211070538	Movistar		128.80
		\$ 128.80	\$ 128.80

Figura 2.11 Orden de pago de gastos generales

[Fuente: Propiedad de la empresa]

Costos de servicios prestados y mano de obra directa

Para la verificación de costos de servicios prestados se tomaron 22 facturas obtenidas de la ecuación 2.2 y se comparó con la base de datos. Por otro lado, para los costos de mano de obra directa tomaron 46 roles mostrados en la figura

2.13 de pago donde se verificó que los datos mostrados concordaran con los establecidos en la base de datos de la figura 2.12.

FECHA	MÉ	MOV	CUENTA	CUENTA	FASE	MOV	REF	CONCEPTO	VALOR
30/01/2021	1	5140460	Mano de Obra - Trabajos Ocasionales F-1	MOD SERV P	FASE 1	59142	10579	P/r Servicios Prestados Enero/2021	401,65
30/01/2021	1	5140434	Mano de obra trabajos ocasionales	MOD SERV P	FASE 2	59142	10579	P/r Servicios Prestados Enero/2021	110,00
31/01/2021	1	5140450	Aporte Patronal	MOD	FASE 2	59112	10577	Rol de Pago General Enero/2021	298,89
31/01/2021	1	5140481	Décimo Cuarto Sueldo	MOD	FASE 2	59112	10577	Rol de Pago General Enero/2021	200,00
31/01/2021	1	5140480	Décimo Tercer Sueldo	MOD	FASE 2	59112	10577	Rol de Pago General Enero/2021	205,00
31/01/2021	1	5140449	Fondo de Reserva	MOD	FASE 2	59112	10577	Rol de Pago General Enero/2021	204,92
31/01/2021	1	5140401	Sueldos y Salarios	MOD	FASE 2	59112	10577	Rol de Pago General Enero/2021	2.460,00
31/01/2021	1	5140482	Vacaciones	MOD	FASE 2	59112	10577	Rol de Pago General Enero/2021	102,50
26/02/2021	2	5140460	Mano de Obra - Trabajos Ocasionales F-1	MOD SERV P	FASE 1	59145	19772	Compra; Andaluz Cajas Rosalia Remigia	475,00
26/02/2021	2	5140434	Mano de obra trabajos ocasionales	MOD SERV P	FASE 2	59145	19772	Compra; Andaluz Cajas Rosalia Remigia	120,00
28/02/2021	2	5140450	Aporte Patronal	MOD	FASE 2	59113	10578	Rol de Pago General Febrero/2021	298,89
28/02/2021	2	5140481	Décimo Cuarto Sueldo	MOD	FASE 2	59113	10578	Rol de Pago General Febrero/2021	200,00
28/02/2021	2	5140480	Décimo Tercer Sueldo	MOD	FASE 2	59113	10578	Rol de Pago General Febrero/2021	205,00
28/02/2021	2	5140449	Fondo de Reserva	MOD	FASE 2	59113	10578	Rol de Pago General Febrero/2021	204,92
28/02/2021	2	5140401	Sueldos y Salarios	MOD	FASE 2	59113	10578	Rol de Pago General Febrero/2021	2.460,00
28/02/2021	2	5140482	Vacaciones	MOD	FASE 2	59113	10578	Rol de Pago General Febrero/2021	102,50
31/03/2021	3	5140450	Aporte Patronal	MOD	FASE 2	59328	10612	Rol de Pago General Marzo/2021	298,89
31/03/2021	3	5140481	Décimo Cuarto Sueldo	MOD	FASE 2	59328	10612	Rol de Pago General Marzo/2021	200,00
31/03/2021	3	5140480	Décimo Tercer Sueldo	MOD	FASE 2	59328	10612	Rol de Pago General Marzo/2021	205,00
31/03/2021	3	5140449	Fondo de Reserva	MOD	FASE 2	59328	10612	Rol de Pago General Marzo/2021	204,92
31/03/2021	3	5140460	Mano de Obra - Trabajos Ocasionales F-1	MOD SERV P	FASE 1	59331	19828	Compra; Aguayo Sornoza Davis, Reemb.G	445,00
31/03/2021	3	5140434	Mano de obra trabajos ocasionales	MOD SERV P	FASE 2	59331	19828	Compra; Aguayo Sornoza Davis, Reemb.G	171,00
31/03/2021	3	5140401	Sueldos y Salarios	MOD	FASE 2	59328	10612	Rol de Pago General Marzo/2021	2.460,00
31/03/2021	3	5140482	Vacaciones	MOD	FASE 2	59328	10612	Rol de Pago General Marzo/2021	102,50

Figura 2.12 Costos de servicios prestados y mano de obra directa del año 2021
[Fuente: Propiedad de la empresa]

DIAS ISS	SUELDO UNIFICADO	Subsidio por Maternidad	Otros Ingresos	INGRESOS			Total Ganado	EGRESOS					TOTAL DCTOS.	TOTAL GANADO											
				FONDO DE RESERVA 8.33%	XIII SUELDO	XIV SUELDO		I.E.S.S.	Descuentos varios	Extension de conyuge	PTMOS QUIROG	PTMOS HIPOT			TOTAL DCTOS.										
								9,45%																	
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	466,67	37,80	-	-	-	-	85,86	123,66	343,01										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	-	-	-	-	37,80	462,19										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	5,33	13,64	71,53	-	-	128,30	371,68										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	466,67	37,80	-	-	62,03	-	-	99,83	400,16										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	466,67	37,80	-	-	-	-	-	37,80	428,87										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	466,67	37,80	1,33	-	-	-	-	39,13	427,53										
9	120,00	-	-	10,00	10,00	10,00	150,00	11,34	25,08	-	-	-	-	36,42	113,57										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	-	-	-	-	37,80	462,19										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	-	64,03	-	-	101,83	398,16										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	13,64	116,80	-	-	158,24	331,75										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	-	67,34	-	-	105,14	394,85										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	-	-	-	-	37,80	462,19										
30	460,00	-	-	38,32	38,33	38,33	569,98	43,47	-	-	48,51	-	-	91,98	478,00										
30	412,00	-	-	34,33	34,33	34,33	479,67	38,93	-	-	32,94	-	-	71,87	407,79										
30	500,00	-	-	41,65	41,67	41,67	616,65	47,25	-	-	-	-	-	47,25	569,40										
30	900,00	-	-	75,00	75,00	75,00	1.008,33	85,05	9,00	-	223,19	-	-	317,24	691,09										
30	500,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	-	-	-	-	37,80	462,19										
30	500,00	-	20,00	41,65	41,67	41,67	636,65	47,25	35,87	17,05	-	-	-	100,17	536,48										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	-	-	-	-	-	37,80	462,19										
30	400,00	-	-	33,32	33,33	33,33	499,99	37,80	3,00	-	-	-	-	40,80	459,19										
Total Rol de Planilla ISS													8.492,00	20,00	498,13	707,67	643,33	10.361,13	802,49	79,62	44,33	686,37	85,86	1.698,67	8.662,46
SERVICIOS PRESTADOS													400,00	-	-	-	-	400,00	-	-	-	-	-	-	400,00
400,00													-	40,00	-	-	-	440,00	-	-	-	-	-	440,00	
200,00													-	-	-	-	-	200,00	-	-	-	-	-	200,00	
1.000,00													40,00	-	-	-	-	1.040,00	-	-	-	-	-	1.040,00	
492,00													80,00	88,13	707,67	643,33	11.001,13	802,49	79,62	44,33	686,37	85,86	1.698,67	9.702,00	

Figura 2.13 Roles de pago del año 2021
[Fuente: Propiedad de la empresa]

Análisis de capacidad

Para conocer si el proceso a estudiar es capaz de acuerdo con las necesidades de la empresa y las restricciones que se presentaron en la primera etapa se procedió a realizar el análisis de capacidad usando los datos de la productividad global.

Se realizó una prueba de normalidad como se evidencia en la figura 2.14, donde se obtuvo un valor p mayor a 0,05 por lo que se comprueba que los datos son normales.

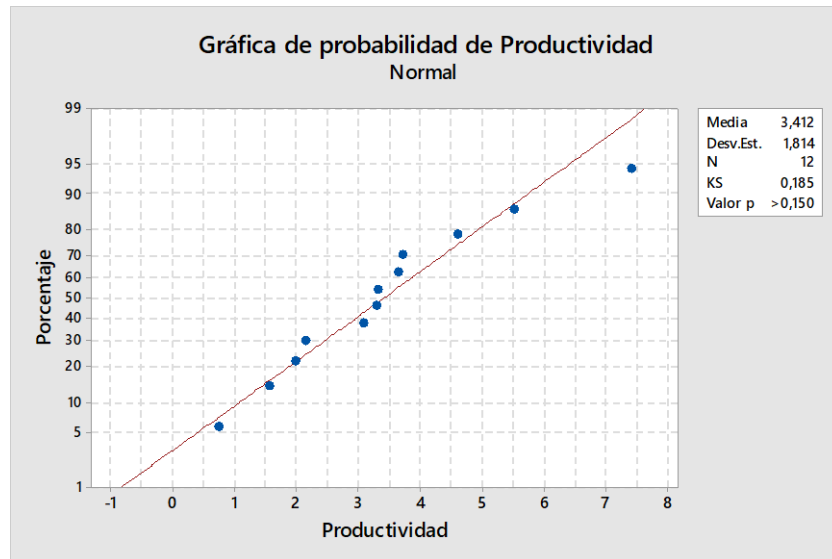


Figura 2.14 Prueba de normalidad de la productividad

[Fuente: Elaboración propia]

Una vez comprobada la normalidad de los datos, se verificó que los datos sean estables usando cartas de control que en este caso se usó la gráfica I-MR donde se obtuvo que todos los datos obtenidos de la productividad global están dentro de los límites de especificación como se muestra en la Figura 2.15.

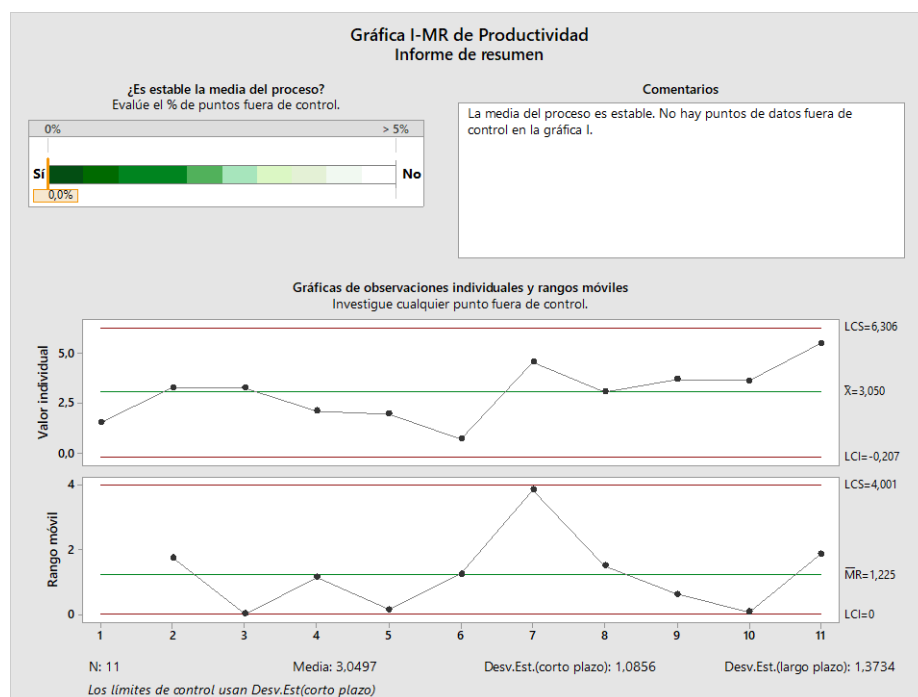


Figura 2.15 Gráfica I-MR de la productividad

[Fuente: Elaboración propia]

Una vez que se comprobó que los datos son normales y son estables, con seguridad se puede realizar el análisis de capacidad. En la Figura 2.16 se puede evidenciar que el valor de Cpk es de 0,85 lo que significa que el proceso no es del todo adecuado y que los datos necesitan de un análisis, por lo que se presenta una oportunidad de mejora para que el proceso sea capaz.

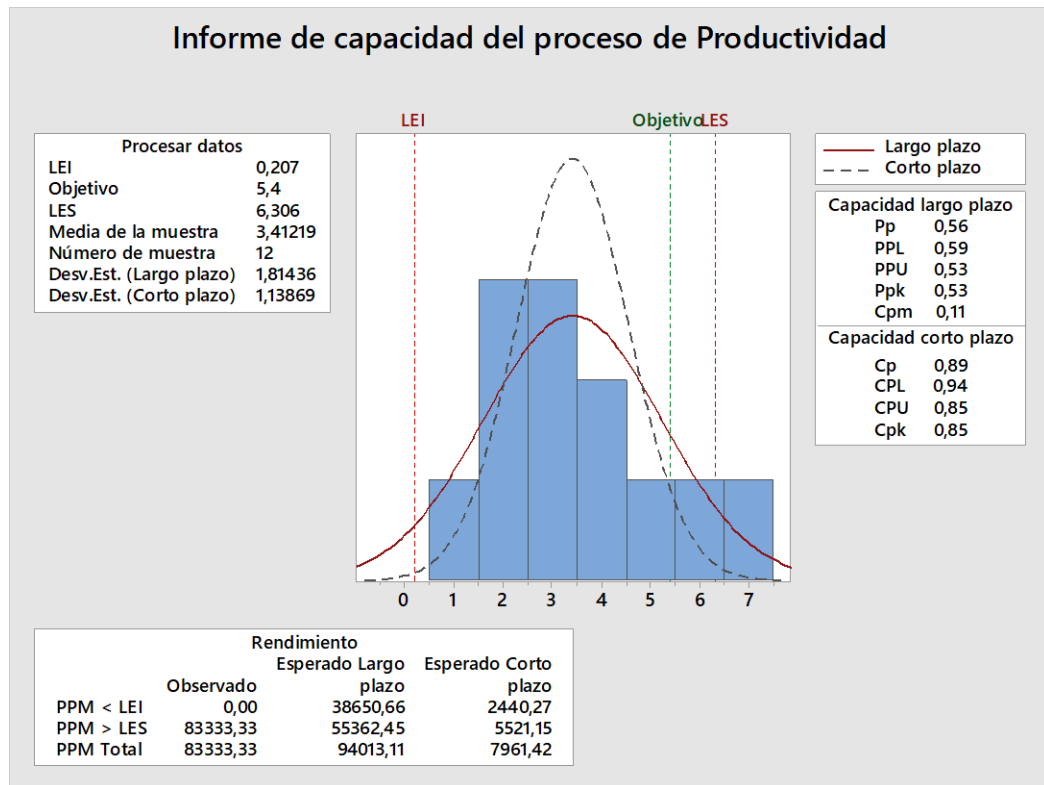


Figura 2.16 Análisis de capacidad
[Fuente: Elaboración propia]

2.2.3 Proceso detallado

Para conocer más a fondo el proceso de la línea de cultivo protegido se realizó varios diagramas de flujo funcional por cada etapa como se puede observar a continuación:

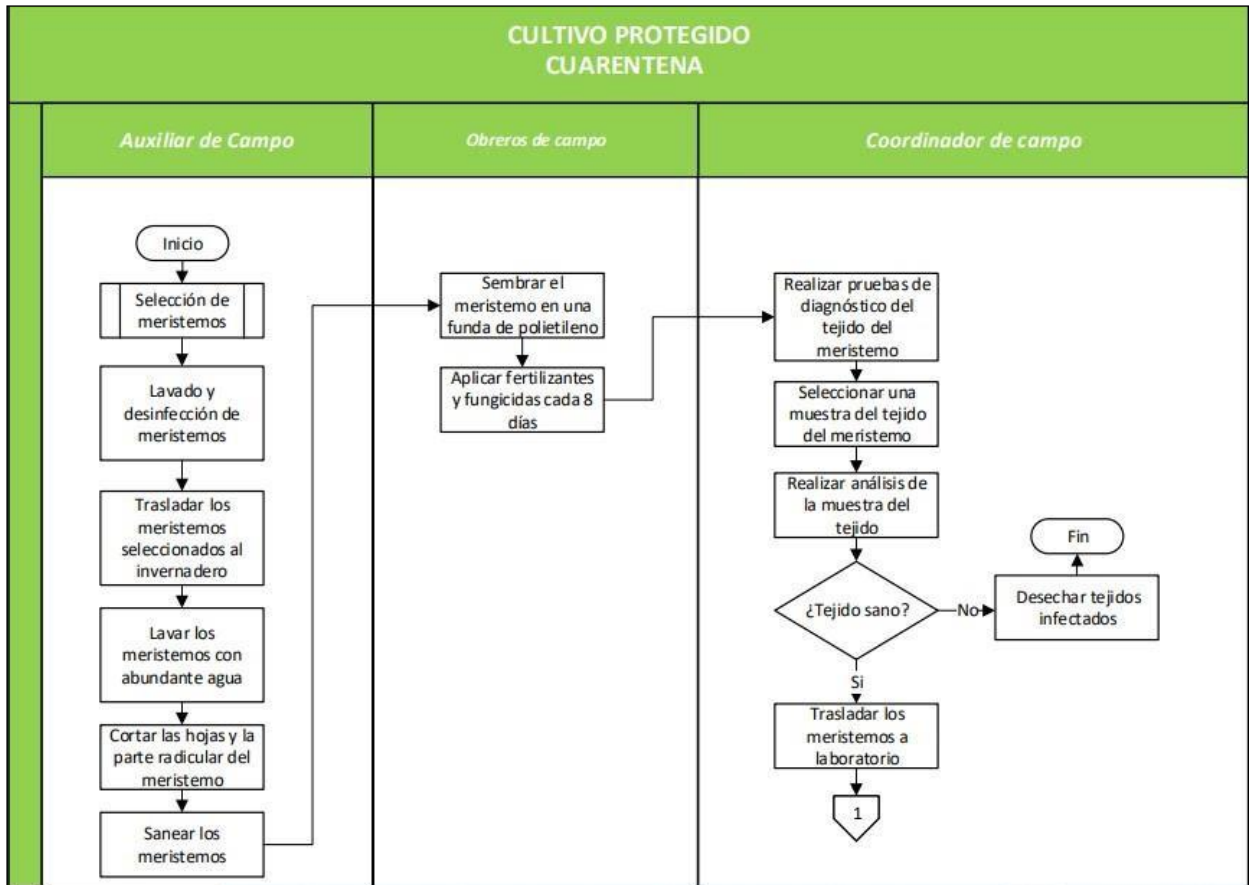


Figura 2.17 Diagrama de flujo funcional de Cuarentena

[Fuente: Elaboración propia]

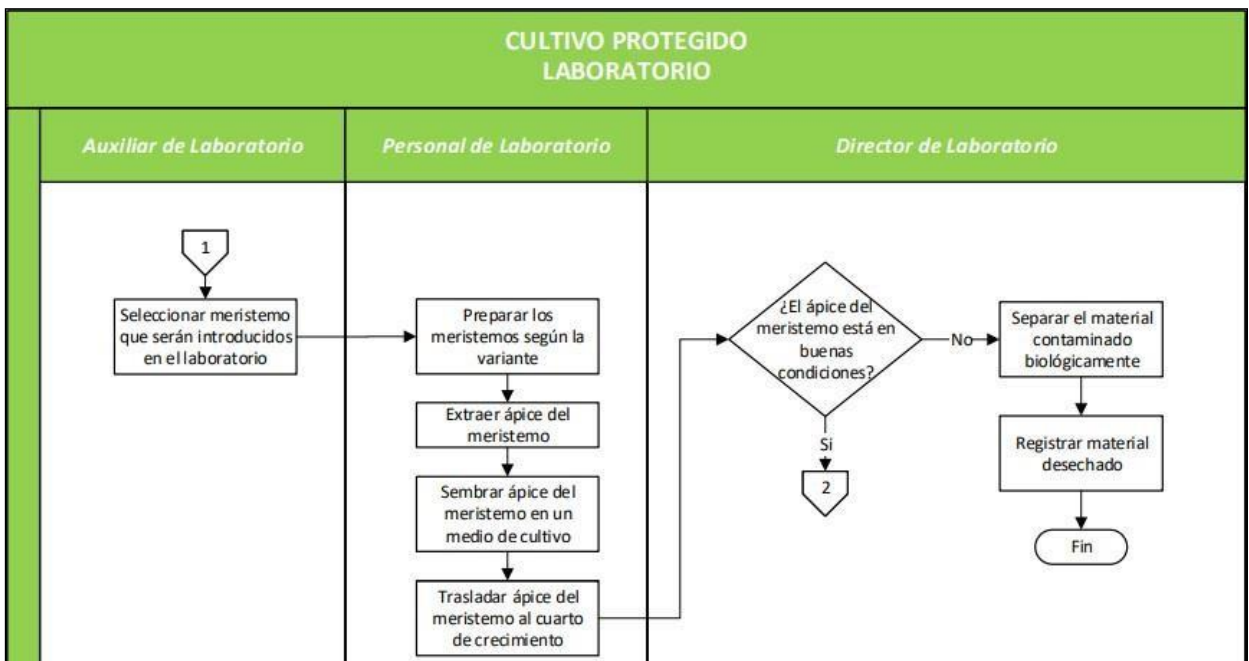


Figura 2.18 Diagrama de flujo funcional de Laboratorio

[Fuente: Elaboración propia]

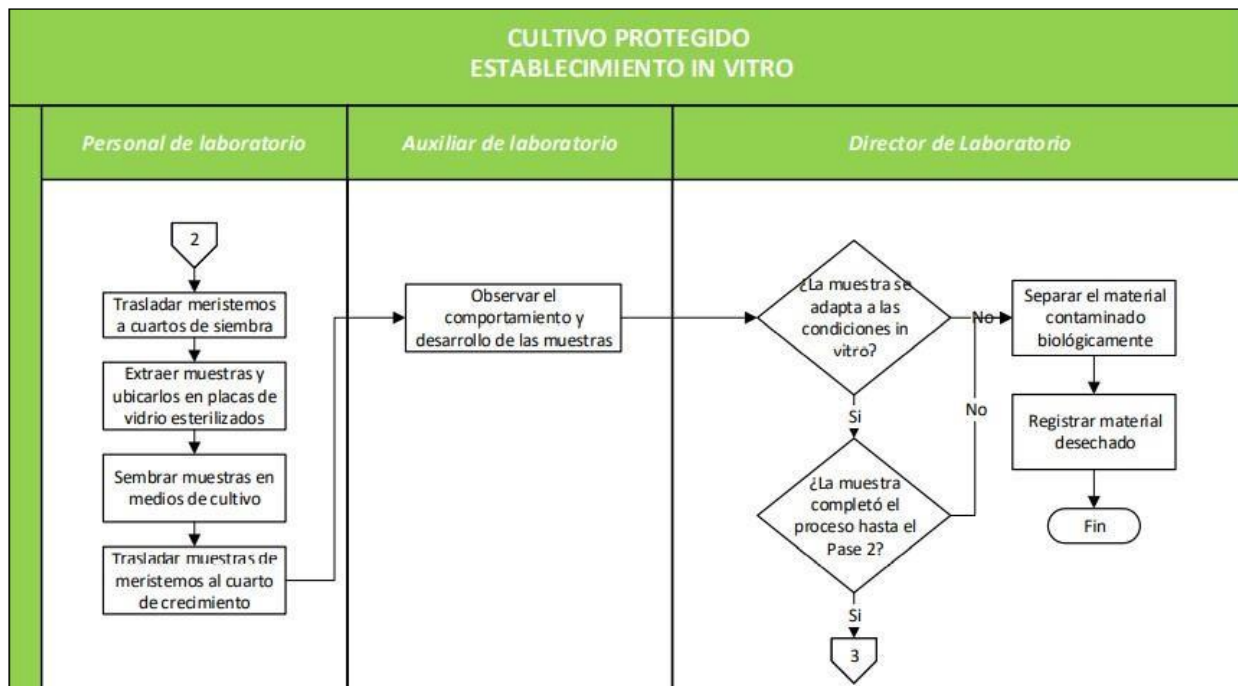


Figura 2.19 Diagrama de flujo funcional de Establecimiento In Vitro

[Fuente: Elaboración propia]

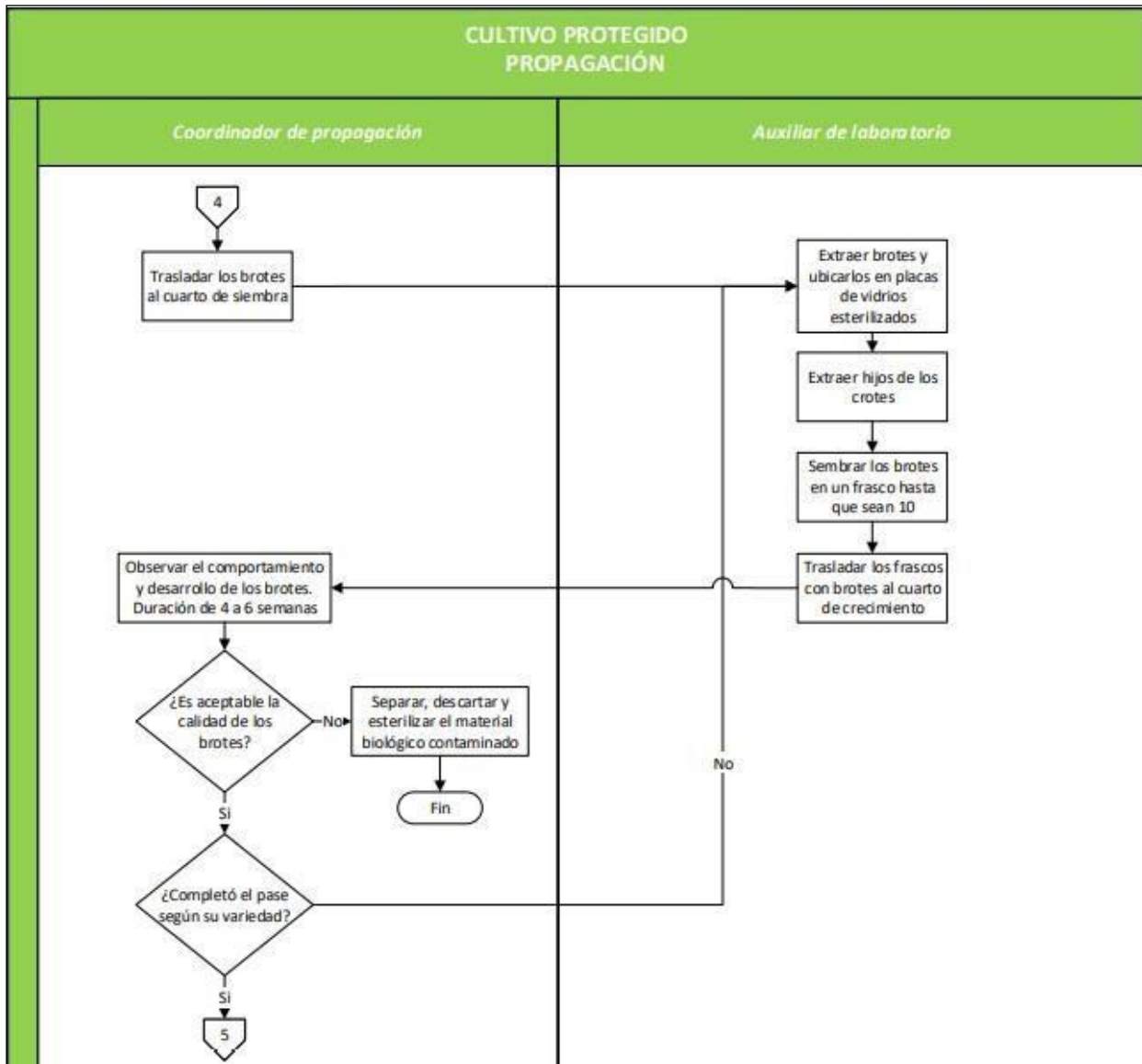


Figura 2.20 Diagrama de flujo funcional de Propagación

[Fuente: Elaboración propia]

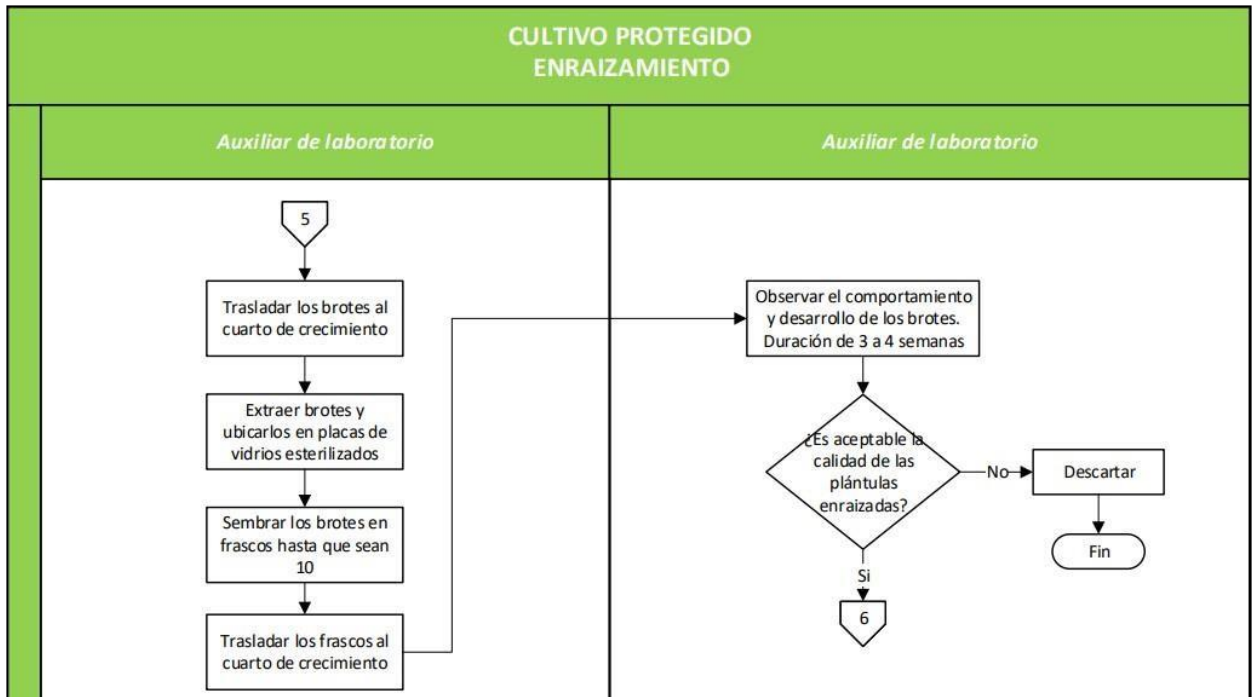


Figura 2.21 Diagrama de flujo funcional de Enraizamiento
 [Fuente: Elaboración propia]

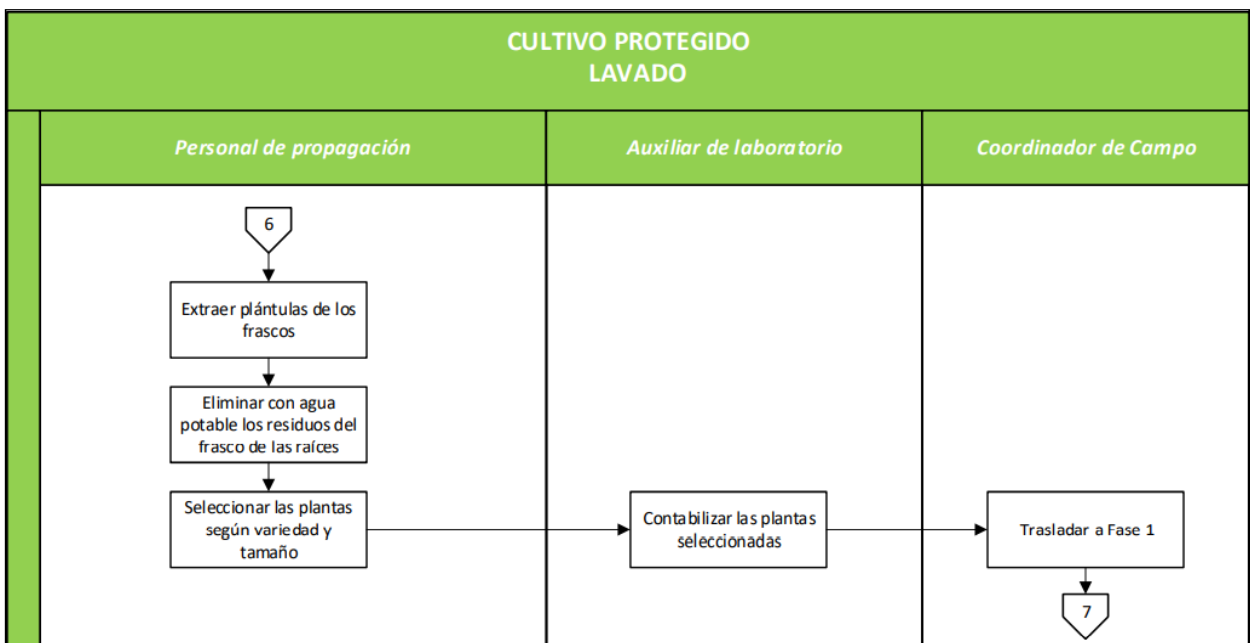


Figura 2.22 Diagrama de flujo funcional de Lavado
 [Fuente: Elaboración propia]

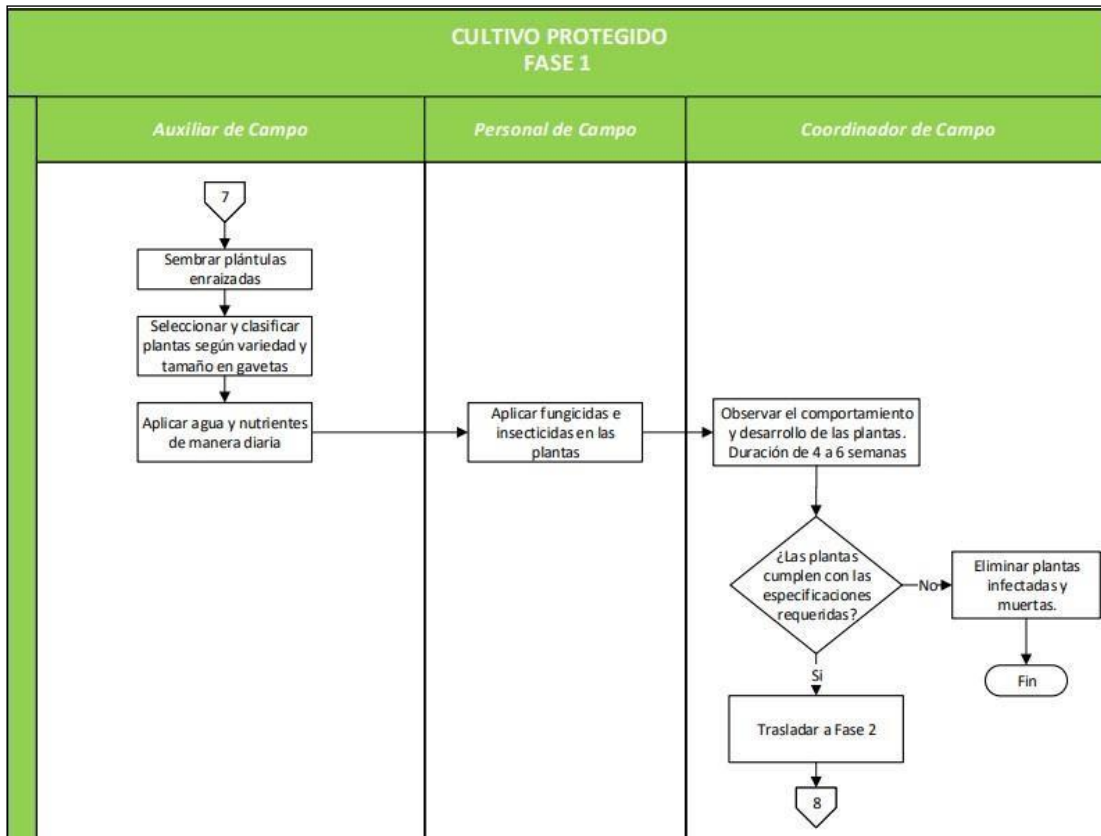


Figura 2.23 Diagrama de flujo funcional de Fase 1
 [Fuente: Elaboración propia]

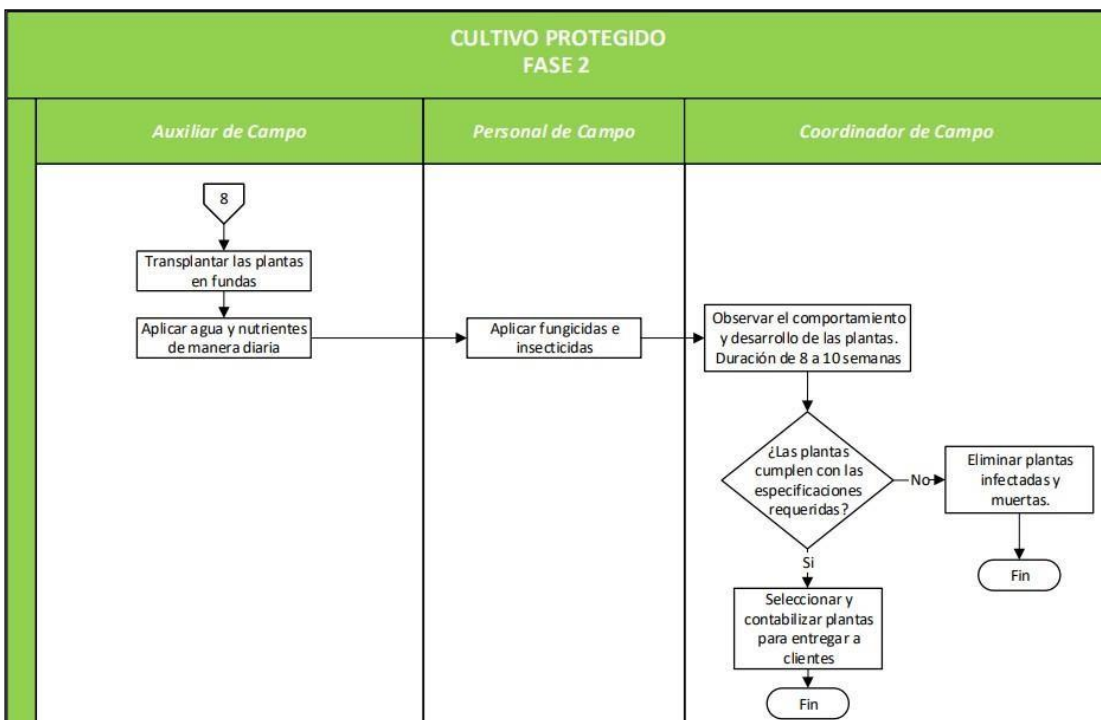


Figura 2.24 Diagrama de flujo funcional de Fase 2
 [Fuente: Elaboración propia]

Una vez detallado cada proceso de cada etapa de la línea de cultivo protegido se procedió a determinar todas las actividades que agregan y no agregan valor como se puede evidenciar en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Clasificación de las actividades del proceso

[Fuente: Elaboración propia]

Actividades	AV/NAV/NAVN
Aplicar fungicidas e insecticidas	AV
Transferencias entre fases	NAV
Seleccionar y clasificar las plantas según la variedad	NAVN
Trasplantar las plantas en fundas	AV
Selección y conteo de plantas para entregar a clientes	NAV
Desechar las plantas infectadas y muertas	NAV
Selección de meristemos	NAVN
Observar y analizar la plantas que cumplen con las especificaciones requeridas	NAVN
Aplicar agua y nutrientes diariamente	AV
Corte y reducción de meristemos y plantas	AV
RemoVer los brotes e hijuelos	AV
Sembrar plantas enraizadas	NAVN
Crecimiento y desarrollo de las plantas	NAVN

Además, en base a la diagramación realizada se detectaron dos fábricas ocultas que son: los operadores ocasionalmente van a otras áreas a pedir prestado insumos como fungicidas e insecticidas y el operador del proceso de enfundado tiene diversas paras por falta de fundas para el trasplantado.

Por otro lado, se evidenció que el cuello de botella de botella está en el proceso de enfundado el cual es la conexión para el traslado de la plántula de la fase 1 a la fase 2, ya que se presentan diversas paras en la producción por la falta de esta materia prima, e inclusive cuando hay bastante demanda el proceso es lento por lo que se debe ubicar a otro operador para poder agilizarlo y llegar a satisfacer el pedido del cliente.

2.3 Análisis

Una vez que se finalizó con la etapa de medición, se procedió con el análisis de las posibles causas que más influyen por la cual la productividad global de la línea es baja y bastante variable.

2.3.1 Análisis de Causas

Para empezar con el análisis de las causas se realizó una reunión con las personas involucradas de la línea de cultivo protegido con el fin de generar una lluvia de ideas de todos los problemas que ven en la línea como se puede observar en la figura 2.25, para así obtener las causas potenciales que más impacten a la variable respuesta. Posteriormente fueron validadas por el coordinador del área como se puede observar en la figura 2.26.



Figura 2.25 Lluvia de ideas con el personal de cultivo protegido

[Fuente: Elaboración propia]



Figura 2.26 Validación de las posibles causas con el coordinador

[Fuente: Elaboración propia]



Figura 2.27 Posibles causas que influyen en la problemática
 [Fuente: Elaboración propia]

Una vez determinada las posibles causas de la figura 2.27, se segmentó en diferentes clasificaciones mediante un diagrama de causa-efecto (Ishikawa) como puede observarse en la figura 2.28.

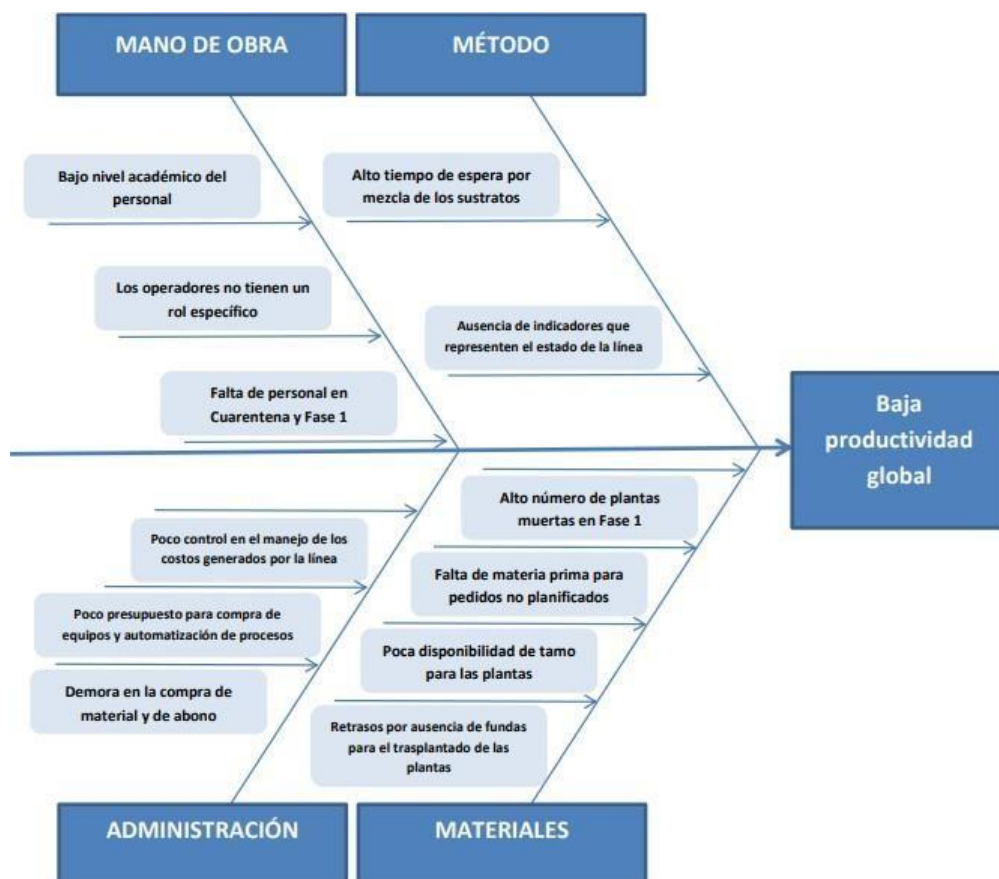


Figura 2.28 Diagrama de Ishikawa
 [Fuente: Elaboración propia]

Para determinar cuales son las causas potenciales que son más influyentes e impactan con la variable respuesta, se procedió a evaluar con los operadores y el coordinador las diferentes causas mediante el sistema de calificación de la tabla 2.3. Donde los resultados que se obtuvieron se encuentran reflejados en la tabla 2.4.

Tabla 2.3 Sistema de calificación

[Fuente: Elaboración propia]

Puntuación	Relación
1	Baja
3	Media
9	Alta

Tabla 2.4 Resultado de evaluación

[Fuente: Elaboración propia]

CAUSAS		BAJA PRODUCTIVIDAD GLOBAL			
		X1	X2	X3	TOTAL
X1	Bajo nivel académico del personal	3	9	3	3
X2	Los operadores no tienen un rol específico	1	3	1	1
X3	Falta de personal en Cuarentena y Fase 1	1	1	3	1
X4	Alto tiempo de espera por mezcla de los sustratos	9	9	9	9
X5	Ausencia de indicadores que representen el estado de la línea	9	9	9	9
X6	Poco control en el manejo de los costos generados por la línea	9	3	9	9
X7	Poco presupuesto para compra de equipos y automatización de procesos	3	9	3	3
X8	Demora en la compra de material y de abono	3	3	3	3
X9	Alto número de plantas muertas en Fase 1	3	9	9	9
X10	Falta de materia prima para pedidos no planificados	3	3	3	3
X11	Poca disponibilidad de tamo para las plantas	9	9	9	9
X12	Retrasos por ausencia de fundas para el trasplantado de las plantas	9	9	9	9

Para determinar el valor total en la valoración de las diferentes causas de la tabla 2.4 se tomó la moda y se realizó un diagrama de pareto mostrado en la figura 2.29 para que se pueda apreciar de una manera más visual cuales son las causas de mayor impacto y que serán analizadas posteriormente.

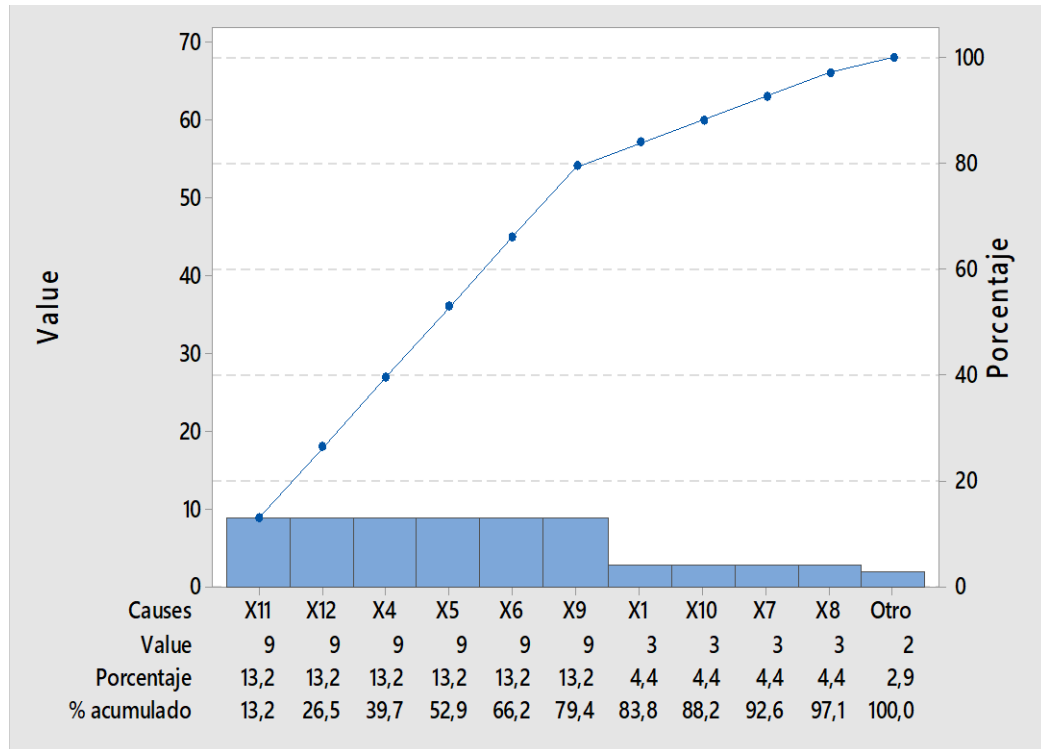


Figura 2.29 Diagrama de Pareto de las posibles causas

[Fuente: Elaboración propia]

Una vez determinadas las causas potenciales se analizó el impacto y que tan controlables son, para ello se realizó se los evaluó mediante un sistema de calificación representada en la tabla 2.5, teniendo como resultado lo observado en la tabla 2.6.

Tabla 2.5 Sistema de calificación

[Fuente: Elaboración propia]

Impacto	
Bajo	1 -- 5
Alto	5 -- 10
Control	
Bajo	1 -- 5
Alto	5 -- 10

Tabla 2.6 Resultado de evaluación impacto-control

[Fuente: Elaboración propia]

N°	CAUSAS	CONTROL	IMPACTO
X4	Alto tiempo de espera por mezcla de los sustratos	4	8
X5	Ausencia de indicadores que representen el estado de la línea	3	8
X6	Poco control en el manejo de los costos generados por la línea	8	7
X9	Alto número de plantas muertas en Fase 1	2	8
X11	Poca disponibilidad de tamo para las plantas	2	9
X12	Retrasos por ausencia de fundas para el trasplantedo de las plantas	3	9

Finalmente, como se puede evidenciar en la figura 2.30 se lo representó en una matriz impacto vs control para determinar que causas se las tomará en cuenta para el plan de verificación y su posterior mejora.

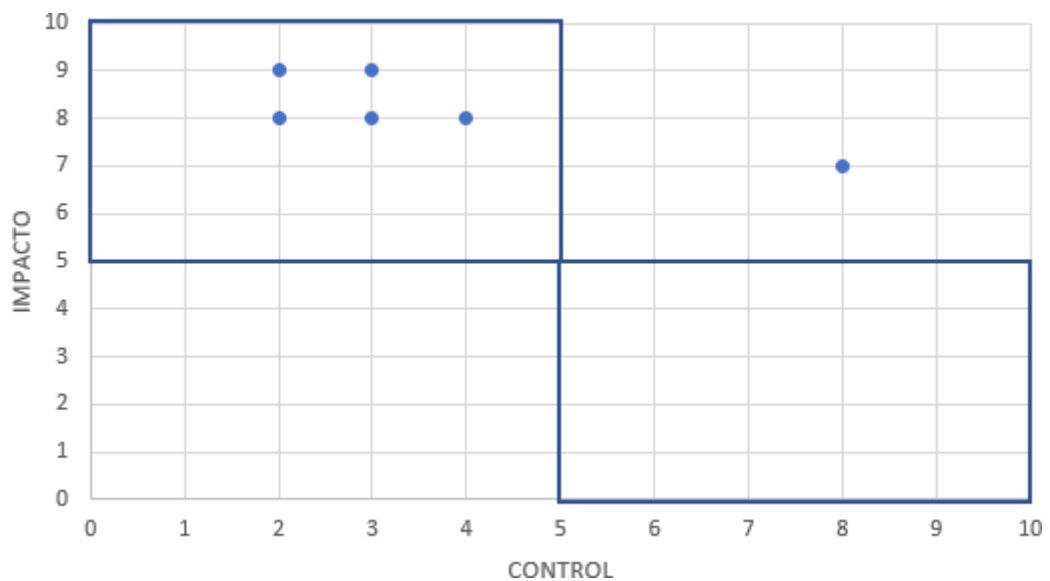


Figura 2.30 Matriz Impacto-Control

[Fuente: Elaboración propia]

El resultado de la matriz determinó que las causas más sencillas de controlar y que tienen alto impacto con el problema son:

- X4: Alto tiempo de espera por mezcla de los sustratos.
- X5: Ausencia de indicadores que representen el estado de la línea.

- X9: Alto número de plantas muertas en Fase 1.
- X11: Poca disponibilidad de tamo para las plantas.
- X12: Retrasos por ausencia de fundas para el trasplantado de las plantas.

2.3.2 Plan de verificación de causas

En la tabla 2.7, se presentó las diferentes causas potenciales con su respectiva teoría para ser verificada por herramientas estadísticas, entrevistas, entre otras.

Tabla 2.7 Plan de verificación de causas

[Fuente: Elaboración propia]

N°	Causas	Teoría sobre el impacto	Cómo Verificar	Estado
X4	Alto tiempo de espera por mezcla de los sustratos	Debido a que el proceso es manual y no es totalmente eficiente, se genera mucho tiempo de espera que podría ser usado para la producción de las plantas.	Toma de tiempos y verificación estadística	Completo
X5	Ausencia de indicadores que representen el estado de la línea	El poco control sobre el estado de la línea por parte de la gerencia y el coordinador hace que resulte difícil conocer el estado actual de la línea de cultivo protegido para conocer en qué están fallando.	Entrevista	Completo
X9	Alto número de plantas muertas en Fase 1	El número de plantas muertas disminuyen la cantidad de unidades que puede producir la línea por lo que decae la productividad global.	Data histórica, verificación estadística	Completo
X11	Poca disponibilidad de tamo para las plantas	El tamo al ser la materia prima más usada para el sembrado de las plantas es más propenso a acabarse, por lo que, al haber poca disponibilidad de dicho material genera demora hasta volver abastecerse por completo y resta tiempo de producción.	Verificación estadística	Completo
X12	Retrasos por ausencia de fundas para el trasplantado de las plantas	Los paros producidos por el agotamiento de fundas, elemento principal en el proceso de enfundado, hace que la producción se retrase incumpliendo los tiempos de entrega.	Verificación estadística	Completo

2.3.3 Verificación de causas

Se procedió con el análisis de cada una de las causas que influyen a que haya una baja productividad global.

X4: Alto tiempo de espera por mezcla de los sustratos

Para verificar que realmente hay un alto tiempo de espera, se tomaron tiempos del proceso de mezclado registradas en la tabla 2.8 y 2.9, para compararlos con el tiempo estándar y de esa manera realizar una prueba estadística que de soporte a la hipótesis planteada evidenciada en la figura 2.32.

Tabla 2.8 Toma de tiempos piloto

[Fuente: Elaboración propia]

#	Tiempo (min)
1	58
2	53
3	41
4	45
5	59
6	55
7	47
8	50
9	46
10	59

$$n = \left(\frac{1,96xS^2}{e} \right)$$

$$n = \left(\frac{1,96x6,45^2}{51,3x5\%} \right) = 24$$

Tabla 2.9 Toma de tiempos final

[Fuente: Elaboración propia]

11	45
12	56
13	53
14	45
15	41
16	58
17	55
18	50
19	59
20	53
21	58
22	53
23	54
24	41

Una vez tomado todos los datos se procedió a analizar la normalidad. En la figura 2.32 se puede evidenciar que sí siguen una distribución normal ya que el valor p es mayor a 0.05, por lo que, se puede usar estadística paramétrica para determinar si esta causa es influyente.

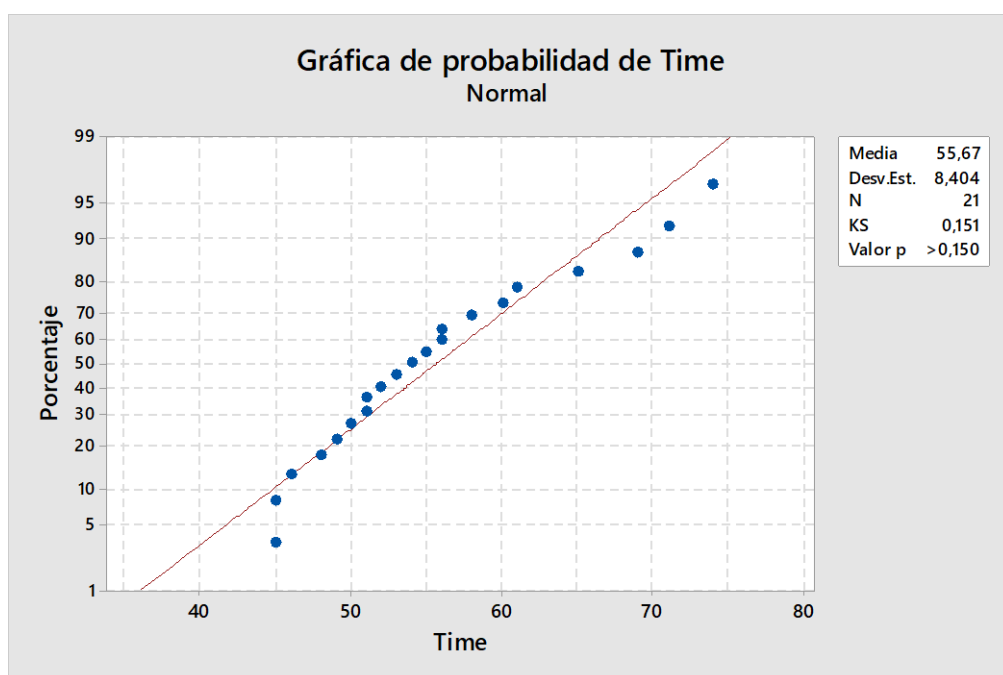


Figura 2.31 Prueba de normalidad del tiempo de proceso de mezclado

[Fuente: Elaboración propia]

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite inferior de 95% para μ
24	51,42	6,14	1,25	49,27

μ : media de Time (min)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 45$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 45$

Valor T	Valor p
5,12	0,000

Figura 2.32 Prueba de diferencia de medias del alto tiempo de espera

[Fuente: Elaboración propia]

Como el valor p es menor a 0,05 hay suficiente evidencia estadística para rechazar la hipótesis nula, por lo que corrobora que el proceso de mezclado de los sustratos es mayor al establecido por el coordinador. Por lo tanto esta causa es significativa.

X5: Ausencia de indicadores que representen el estado de la línea

En este caso se analizó la base de datos que usa la organización, como se puede evidenciar en la figura 2.33 en la parte inferior tienen ciertos porcentajes de mortalidad y variación genética que son los únicos datos que tienen pero que en realidad no refleja el estado de la línea, por lo tanto, queda verificado que la empresa carece de indicadores que le ayuden a tomar decisiones y tener soporte de que algo está fallando.

1	LABORATORIO					FASE 1						
	MES	SEMANA	B V	B V CONT	Total Laboratorio	Saldo Inicial	Ing. Lab.(Siemb)	Transplant	Vta.	Mortalidad	V.G.	Saldo Final
37	AGOSTO	35	3310		3310	54.426	3.310	3820	0	916	0	53.000
38	SEPTIEMBRE	36	20106		20106	53.000	20.106	13662	0	1006	0	58.438
39	SEPTIEMBRE	37	14718		14718	58.438	14.718	12825	0	2867	0	57.464
40	SEPTIEMBRE	38	23128		23128	57.464	23.128	12211	0	4085	0	64.296
41	SEPTIEMBRE	39	0		0	64.296	-	10089	0	107	0	54.100
42	OCTUBRE	40	7178		7178	54.100	7.178	9982	0	296	0	51.000
43	OCTUBRE	41	0		0	51.000	-	0	0	1460	0	49.540
44	OCTUBRE	42	0		0	49.540	-	10870	0	518	0	38.152
45	OCTUBRE	43	3152		3152	38.152	3.152	10178	0	326	0	30.800
46	OCTUBRE	44	0		0	30.800	-	18751	0	2693	0	9.356
47	NOVIEMBRE	45	0		0	9.356	-	0	0	717	0	8.639
48	NOVIEMBRE	46	19191		19191	8.639	19.191	4934	0	0	0	22.896
49	NOVIEMBRE	47	6418		6418	22.896	6.418	2135	0	183	0	26.996
50	NOVIEMBRE	48	107		107	26.996	107	0	0	0	0	27.103
51	DICIEMBRE	49	0		0	27.103	-	1127	0	0	0	25.976
52	DICIEMBRE	50	6629		6629	25.976	6.629	14269	0	189	0	18.147
53	DICIEMBRE	51	5357		5357	18.147	5.357	5233	0	571	0	17.700
54	DICIEMBRE	52	3780		3780	17.700	3.780	0	0	950	0	20.530
55	DICIEMBRE	53	0		0	20.530	-	2947	0	575	0	17.008
56			346.009	-	346.009		346.009	293.964	-	66.220	19	
57										19%	0,01%	

Figura 2.33 Base de datos de la empresa

[Fuente: Elaboración propia]

X9: Alto número de plantas muertas en Fase 1

Para esta causa se verificó usando su data histórica, la cual es recogida con un formato como se puede observar en la figura 2.34 y posteriormente almacenada según la figura 2.35.

SEMANA # 23_2021	FASE I							TOTAL
DETALLE	BANANO					PLATANO		TOTAL
	Williams	Williams (Observacion)	Valery	Valery (Observacion)	Manzano	HAWAIIANO	Horton	
SALDO ANTERIOR	39.300	25.055	24.100	980	32		1.264	90.731
INGRESO								
PLANTAS GRANDES						6.050		
PLANTAS MEDIANAS						2.054		
PLANTAS PEQUEÑAS						2.541		
TOTAL INGRESOS DE PLANTAS	0	0	0	0	0	11.645	0	11.631
SALIDA								
casa sombra 1								
casa sombra 2								
casa sombra 4								
casa sombra 3								
Casa sombra 5	2.430		4.760					
Cuarentena								
TOTAL SALIDA	2.430	0	4.760	0	0	0	0	7.190
MORTALIDAD	370		240					610
VARIACIONES GENETICAS								0
TOTAL SALIDA DE PLANTAS	2.800	0	5.000	0	0	0	0	7.800
SALDO FINAL	36.500	25.055	19.100	980	32	11.645	1.264	94.562
OBSERVACIONES GENERALES:								

Figura 2.34 Formato de registro de plantas muertas

[Fuente: Propiedad de la empresa]

2	MES	SEMANA	Saldo Inicial	Ing. Lab.(Siembra)	Transplante	Vta.	Mortalidad	V.G.	Saldo Final
3	Enero	1	17.008	6.050	6.287	130	-	-	16.641
4	Enero	2	16.641	3.566	4.234	-	-	-	15.973
5	Enero	3	15.973	6.421	5.150	-	188	-	17.056
6	Enero	4	17.056	-	-	-	-	-	17.056
7	Febrero	5	17.056	-	5.096	-	230	-	11.730
8	Febrero	6	11.730	21.520	5.586	-	34	-	27.630
9	Febrero	7	27.630	8.933	3.626	-	788	-	32.149
10	Febrero	8	32.149	16.917	-	-	-	-	49.066
11	Marzo	9	49.066	11.284	-	-	-	-	60.350
12	Marzo	10	60.350	8.930	13.750	-	230	-	55.300
13	Marzo	11	55.300	17.668	13.942	-	-	-	59.026
14	Marzo	12	59.026	17.270	13.215	-	462	47	62.572
15	Marzo	13	62.572	6.541	10.364	-	510	-	58.239
16	ABRIL	14	58.239	-	11.857	-	482	-	45.900
17	ABRIL	15	45.900	18.055	10.453	-	202	-	53.300
18	ABRIL	16	53.300	7.539	10.019	-	320	-	50.500
19	ABRIL	17	50.500	10.966	8.813	-	434	-	52.219
20	MAYO	18	52.219	18.410	7.457	-	637	51	62.484
21	MAYO	19	62.484	14.654	9.429	-	0	0	67.709

Figura 2.35 Base de datos de las unidades producidas y plantas muertas

[Fuente: Propiedad de la empresa]

Con los datos obtenidos del histórico se procede a analizar la normalidad. En la figura 2.36 se puede evidenciar que sí siguen una distribución normal ya que el valor p es mayor a 0.05, por lo que, en este caso se debe usar estadística paramétrica para determinar si esta causa es influyente.

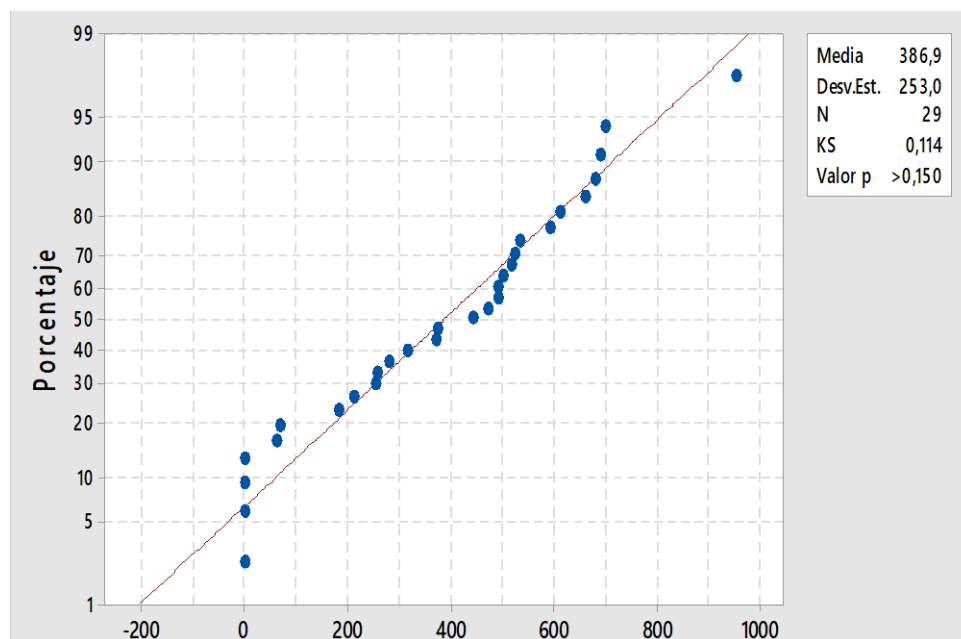


Figura 2.36 Prueba de normalidad de unidades muertas en fase 1

[Fuente: Elaboración propia]

La política de la empresa para esta situación se basa en que por cada lote de producción es permitido que haya plantas muertas hasta un 5% por lo que, para la verificación de que, si esta causa es significativa o no, se realizó una prueba de medias de dos poblaciones evidenciado en la figura 2.37.

Prueba T e IC de dos muestras: REAL; TEORICO

Método

μ_1 : media de REAL
 μ_2 : media de TEORICO
Diferencia: $\mu_1 - \mu_2$

No se presupuso igualdad de varianzas para este análisis.

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media
REAL	29	1109	1579	293
TEORICO	29	387	253	47

Estimación de la diferencia

Diferencia	IC de 95% para la diferencia
722	(115; 1330)

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu_1 - \mu_2 = 0$
Hipótesis alterna $H_1: \mu_1 - \mu_2 \neq 0$

Valor T	GL	Valor p
2,43	29	0,021

Figura 2.37 Prueba de diferencia de medias de las plantas muertas en Fase 1

[Fuente: Elaboración propia]

Debido a que el valor $p < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula, por lo que corrobora que hay un alto número de plantas muertas en fase 1 lo que hace que esta causa sea significativa con respecto a la variable de salida.

X11: Poca disponibilidad de tamo para las plantas

Para la verificación de esta variable se recolectaron datos de las unidades que son enfundadas por día, debido a que hay poca disponibilidad de esta materia prima no llegan a cumplir con la meta diaria en ciertas ocasiones, por lo que retrasan el tiempo que el producto final quede listo y no se logre satisfacer la demanda. En la figura 2.38 se realizó la prueba de normalidad donde el resultado obtenido fue de un valor p menor a 0.05, por lo tanto, no siguen una distribución normal, es decir que, se debe usar estadística no paramétrica para el análisis final. Finalmente, en la figura 2.39 se realizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon comparando una muestra de 30 días de las unidades que fueron enfundadas con el estándar establecido por la empresa.

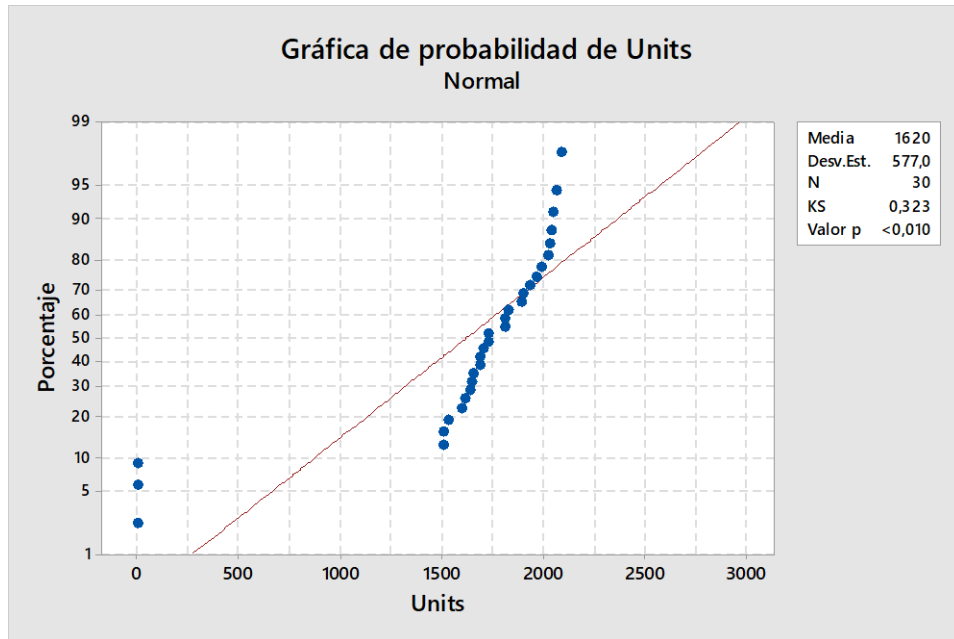


Figura 2.38 Prueba de normalidad de las unidades disponibles de tamo
[Fuente: Elaboración propia]

Método

η : mediana de Units

Estadísticas descriptivas

Muestra	N	Mediana
Units	30	1764

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \eta = 2000$

Hipótesis alterna $H_1: \eta < 2000$

Muestra	Número de prueba	Estadística de Wilcoxon	Valor p
Units	30	32,00	0,000

Figura 2.39 Prueba de diferencia de medias de la poca disponibilidad de tamo
[Fuente: Elaboración propia]

Debido a que el valor $p < 0,05$ se puede afirmar que la poca disponibilidad de tamo para las plantas reduce la productividad global de la línea de cultivo protegido.

X12: Retrasos por ausencia de fundas para el trasplantado

Para verificar el retraso de las fundas, se realizó el mismo análisis del tamo, en el que se tomó una muestra de 30 días donde se realizó una prueba de medias para determinar si la presente es significativa. Cabe destacar que, debido a la ausencia de fundas, no se llega a cumplir con la meta diaria, por lo que se retrasa todo el proceso y por ende el pedido de un cliente no podrá ser despachado en la fecha pactada, si no que dependerá del tiempo que la planta esté lista para su entrega. Se realizó la prueba de normalidad donde el resultado fue de un valor p mayor a 0.05 como se puede observar en la figura 2.40, por lo tanto, siguen una distribución normal y se puede realizar el análisis usando estadística paramétrica.

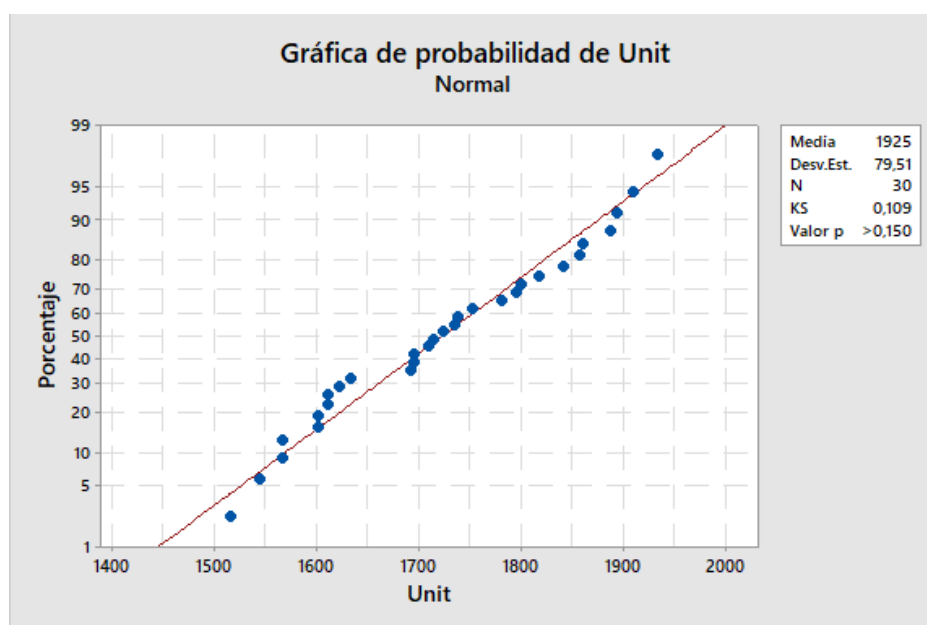


Figura 2.40 Prueba de normalidad unidades de fundas

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 2.41 se puede observar que el valor p obtenido es menor a 0.05 por lo que es suficiente evidencia estadística para determinar que los retrasos por ausencia de fundas para el trasplantado si influye a que la productividad global de la línea baje y que el volumen de producción esté por debajo de las expectativas.

T de una muestra: Unidades

Estadísticas descriptivas

N	Media	Desv.Est.	Error estándar de la media	Límite superior de 95% para μ
30	1925,3	79,5	14,5	1950,0

μ : media de Unidades

Prueba

Hipótesis nula $H_0: \mu = 2000$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 2000$

Valor T	Valor p
-5,14	0,000

Figura 2.41 Prueba de diferencia de medias de la ausencia de fundas

[Fuente: Elaboración propia]

2.3.4 Determinación de causas raíz

Se procedió a determinar la causa raíz mediante el uso de la herramienta de los cinco ¿Por qué? Cabe mencionar, que cada una de las respuestas dadas en la tabla 2.10 se la realizó mediante conversaciones con el personal del área.

Tabla 2.10 Cinco ¿Por qué?

[Fuente: Elaboración propia]

Causas	1er ¿Por qué?	2do ¿Por qué?	3er ¿Por qué?	Causa Raíz
Alto tiempo de espera por mezcla de los sustratos	Porque tienen reprocesos	Porque el proceso es manual.	Porque carecen de equipos automatizados.	Carecen de equipos automatizados.
	debido a que no está mezclado correctamente.	Porque la calidad de la mezcla depende de la habilidad del operador que toque.	Falta de estandarización del proceso de mezclado.	Falta de estandarización del proceso de mezclado.
Ausencia de indicadores que representen el estado de la línea	Porque la empresa desconoce que herramientas, e indicadores pueden usar para medir distintos factores.			La empresa desconoce que herramientas, datos e indicadores pueden usar para medir distintos factores.
Alto número de plantas muertas en Fase 1	Porque las plantas no aguantan los sustratos que se les implementa.	Porque las plantas enviadas por laboratorio no han crecido lo suficiente.	Porque laboratorio admite el traspaso de las plantas pese a que aún son pequeñas.	Laboratorio admite el traspaso de las plantas pese a que aún son pequeñas.
Poca disponibilidad de tamo para las plantas	Porque el tamo se acaba más rápido de lo esperado debido a la variabilidad de la demanda.	Porque carecen de un stock de seguridad y stock mínimo para el punto de reorden.	Porque la empresa no cuenta con un plan de abastecimiento adecuado.	La empresa no cuenta con un plan de abastecimiento adecuado.
Retrasos por ausencia de fundas para el trasplantado de las plantas	Porque las fundas se acaban más rápido de lo esperado debido a la variabilidad de la demanda.	Porque carecen de un stock de seguridad y stock mínimo para el punto de reorden.	Porque la empresa no cuenta con un plan de abastecimiento adecuado.	La empresa no cuenta con un plan de abastecimiento adecuado.

Finalmente, se muestra en la tabla 2.11 las causas potenciales con su respectiva causa raíz.

Tabla 2.11 Causas raíz
[Fuente: Elaboración propia]

Causas	Causa Raíz
Alto tiempo de espera por mezcla de los sustratos.	Carecen de equipos automatizados.
	Los operadores no tienen una actividad fija, sino que rotan de acuerdo con la necesidad.
Ausencia de indicadores que representen el estado de la línea.	La empresa desconoce que herramientas, datos e indicadores pueden usar para medir distintos factores.
Alto número de plantas muertas en Fase 1	Laboratorio admite el traspaso de las plantas pese a que aún son pequeñas.
Poca disponibilidad de tamo para las plantas.	La empresa no cuenta con un plan de abastecimiento adecuado.
Retrasos por ausencia de fundas para el trasplantedo de las plantas.	

2.4 Mejora

Una vez definida las causas raíz, se analizaron diversos factores como se observa en la tabla 2.12, con el fin de tener una idea más precisa de las posibles soluciones.

Tabla 2.12 Factores de causa raíz
[Fuente: Elaboración propia]

Causa Raíz	Factores
Carecen de equipos automatizados.	Poco presupuesto.
Falta de estandarización del proceso de mezclado.	Los operadores ejecutan el proceso de una manera desordenada.
	Existe mucha dependencia del operador más calificado.
	No existe un control adecuado en la ejecución del proceso.
La empresa desconoce que herramientas, datos e indicadores pueden usar para medir distintos factores.	Falta de formatos para recopilar información para conocer el estado de la línea.
Laboratorio admite el traspaso de las plantas pese a que aún son pequeñas.	Falta de comunicación entre laboratorio y el área de campo.
	Falta de control en laboratorio.
La empresa no cuenta con un plan de abastecimiento adecuado.	No poseen un stock de seguridad.
	Demanda variable.
	No saben en qué momento pedir para evitar desabastecimiento.
	No disponen de un stock mínimo adecuado.
	Escasez inadecuada de las materias primas más importantes.

2.4.1 Lluvia de ideas

Para poder determinar las posibles soluciones, se tuvieron reuniones con el personal de la empresa para generar una lluvia de ideas las cuales deben relacionarse con las causa raíces y la variable de respuesta. En la figura 2.42 se muestran las soluciones seleccionadas con la respectiva causa raíz a mejorar.



Figura 2.42 Posibles soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

Con la lista de las posibles soluciones establecidas, se procedió a determinar el costo, los recursos y los días de implementación aproximados para tener una idea al momento de seleccionar las soluciones oficiales. En la tabla 2.13 se muestra lo descrito.

Tabla 2.13 Costos de la posibles soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

N°	Solución	Personas a cargo	Días de implementación	Horas	Costo de personal	Costo de equipos	Otros Costos	Total
1	Adquisición de una mezcladora industrial.	-	-	-	-	\$3.500	\$1.000	\$4.500
2	Estandarizar el proceso y capacitar al personal involucrado sobre los pasos correctos a seguir.	5	5	40	\$375	\$ -	\$ -	\$375
3	Diseñar e implementar un tablero de control automatizado con diversos indicadores.	2	3	24	\$190	\$ -	\$ -	\$190
4	Rediseñar e implementar formatos estandarizados para recolectar información de la línea.	3	3	24	\$150	\$ -	\$100	\$250
5	Reestructurar la política de aprobación de las plantas en el área de laboratorio.	4	3	40	\$545	\$ -	\$ -	\$545
6	Diseñar e implementar un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos.	2	5	40	\$265	\$ -	\$ -	\$265

2.4.2 Selección de soluciones

Una vez determinadas las posibles soluciones se analizó el impacto y que tanto esfuerzo conlleva implementarlos, para ello se las evaluó mediante un sistema de calificación representada en la tabla 2.14, teniendo como resultado lo observado en la tabla 2.15.

Tabla 2.14 Sistema de calificación de soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

Esfuerzo	
Bajo	1 -- 5
Alto	5 -- 10
Impacto	
Bajo	1 -- 5
Alto	5 -- 10

En la tabla 2.15 se puede observar las posibles soluciones con su respectiva calificación, es importante mencionar que junto al personal de la empresa se definieron que valor poner tanto en esfuerzo como en impacto.

Tabla 2.15 Resultados de selección de posibles soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

N°	POSIBLES SOLUCIONES	ESFUERZO	IMPACTO
1	Adquisición de una mezcladora industrial	10	8
2	Estandarizar el proceso y capacitar al personal involucrado sobre los pasos correctos a seguir	4	8
3	Diseñar e implementar un tablero de control automatizado con diversos indicadores	3	10
4	Rediseñar e implementar formatos estandarizados para recolectar información de la línea	3	8
5	Reestructurar la política de aprobación de las plantas en el área de laboratorio	7	9
6	Diseñar e implementar un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos	4	10

Finalmente, en la figura 2.43 se puede observar la matriz impacto vs esfuerzo, en la cual se determinaron las soluciones con menos esfuerzo de aplicar y las de más alto impacto que ayudarán a mejorar la línea de cultivo protegido.

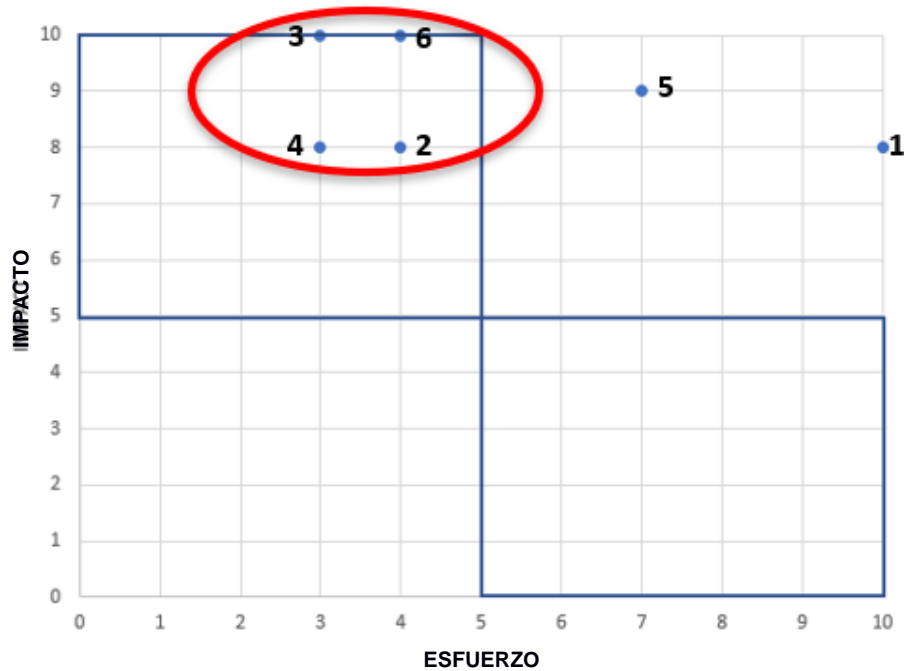


Figura 2.43 Selección de soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

Finalmente, las soluciones más factibles de implementar son:

- Estandarizar el proceso y capacitar al personal involucrado sobre los pasos correctos a seguir.
- Diseñar e implementar un tablero de control automatizado con diversos indicadores.
- Rediseñar e implementar formatos estandarizados para recolectar información de la línea.
- Diseñar e implementar un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos.

2.4.3 Plan de implementación

En la tabla 2.16, se presentaron las diferentes soluciones de una manera resumida, pero con ciertos detalles al momento de implementar, como por qué implementarlo, cuándo implementarlo, y el costo que le puede generar a la empresa al momento de la implementación. Cabe destacar que la implementación se desarrolló en un orden específico como se muestra en la tabla 2.17.

Tabla 2.16 Prioridad de las soluciones

[Fuente: Elaboración propia]

Prioridad	N°	Solución	¿Cuándo implementarlo?
1	2	Diseñar e implementar un tablero de control automatizado con diversos indicadores	Inicio: 17 de agosto del 2021
			Fin: 20 de agosto del 2021
2	3	Rediseñar e implementar formatos estandarizados para recolectar información de la línea	Inicio: 17 de agosto del 2021
			Fin: 20 de agosto del 2021
3	1	Estandarizar el proceso y capacitar al personal involucrado sobre los pasos correctos a seguir	Inicio: 20 de agosto del 2021
			Fin: 24 de agosto del 2021
4	4	Diseñar e implementar un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos	Inicio: 24 de agosto del 2021
			Fin: 27 de agosto del 2021

Tabla 2.17 Plan de implementación

[Fuente: Elaboración propia]

Nº	Solución	¿Por qué implementarlo?	¿Cómo implementarlo?	¿Dónde implementarlo?	¿Cuándo implementarlo?	¿Quién es el responsable?	Costo
1	Estandarizar el proceso y capacitar al personal involucrado sobre los pasos correctos a seguir	Porque los operadores tendrán un orden establecido de los pasos a seguir, por lo que todos en promedio deberían demorarse el mismo tiempo disminuyendo la espera del mezclado de sustratos en el proceso.	Definiendo los pasos correctos para la mezcla de sustratos, con sus respectivos tiempos estándar y movimientos. Además de una capacitación para todo el personal involucrado.	En el área de mezclado de sustratos.	Inicio: 20 de agosto del 2021 Fin: 24 de agosto del 2021	Líderes del proyecto	\$375
2	Diseñar e implementar un tablero de control automatizado con diversos indicadores	Porque ayudará a la empresa a conocer el estado de la línea y tendrá la posibilidad de tomar decisiones para la mejora de su proceso.	Usando la herramienta Excel, mediante fórmulas que automaticen el cálculo de diferentes indicadores de acuerdo con la información que posee la empresa.	Área administrativa y coordinación de la línea de cultivo protegido.	Inicio: 17 de agosto del 2021 Fin: 20 de agosto del 2021	Líderes del proyecto	\$190
3	Rediseñar e implementar formatos estandarizados para recolectar información de la línea	Porque ayudará a que la recolección de los datos sea más confiable para el cálculo de la productividad y otros indicadores.	Editando los formatos actuales haciéndolo de manera más didáctica y fácil para el llenado. Y agregando nuevos campos para nuevos datos que serán útiles para el tablero de control	Línea de cultivo protegido.	Inicio: 17 de agosto del 2021 Fin: 20 de agosto del 2021	Líderes del proyecto	\$250
4	Diseñar e implementar un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos	Porque ayudará a que la línea de cultivo protegido nunca quede desabastecida de la materia prima más usada, disminuyendo las paras de producción y el cuello de botella que se generaba.	Usando la herramienta Excel, mediante fórmulas que automaticen el cálculo de los diferentes elementos que ayuden a establecer un abastecimiento eficiente tomando en cuenta todos los factores externos.	Área administrativa, área de cuarentena y bodega.	Inicio: 24 de agosto del 2021 Fin: 27 de agosto del 2021	Líderes del proyecto	\$265

2.5 Implementación

2.5.1 Diseño e implementación de un tablero de control automatizado con diversos indicadores

La empresa actualmente no cuenta con indicadores, métricas o un sistema que le refleje el estado de la línea. Como se observa en la figura 2.33 solo poseen una base de datos en Excel donde registran de manera manual las unidades producidas, unidades vendidas, unidades muertas, entre otras. Es por ello, que la solución implementada se desarrolló en la herramienta Excel, sin embargo, se deben seguir unos pasos para su correcta ejecución:

1. El formato para el llenado de los datos como las unidades producidas, las unidades muertas, etc. Deben estar estandarizadas, es decir, sea el mismo para todas las variedades para que de esta manera al momento del cálculo del indicador se dé de manera automática y no presente ningún tipo de error. En la figura 2.44 se muestra el formato a seguir.

LABORATORIO		Fase 1										Fase 2								
MES	SEMANA	UNIDADES BUENAS	UNIDADES EN OBSERVA	TOTAL LABORATORIO	Saldo Inicial	Siembra	Transplante	Venta	Mortalidad	Variación genética	Saldo Final	Saldo Inicial	Transplante	Plantas en observación	Venta	Mortalidad	Plantas viejas	Variación genética	Saldo Final	
Enero	1			0							0									0
Enero	2			0							0									0
Enero	3			0							0									0
Enero	4			0							0									0
Febrero	5			0							0									0
Febrero	6			0							0									0
Febrero	7			0							0									0
Febrero	8			0							0									0
Marzo	9			0							0									0
Marzo	10			0							0									0
Marzo	11			0							0									0
Marzo	12			0							0									0
ABRIL	13			0							0									0
ABRIL	14			0							0									0
ABRIL	15			0							0									0
ABRIL	16			0							0									0
ABRIL	17			0							0									0
MAYO	18			0							0									0
MAYO	19			0							0									0
MAYO	20			0							0									0
MAYO	21			0							0									0

Figura 2.44 Formato estandarizado para registro de unidades

[Fuente: Elaboración propia]

2. En la pestaña indicadores, se presentaron 4 tipos de indicadores generales que ayudarán a conocer cómo se encuentra la línea de cultivo protegido, que son:
 - Indicador de efectividad: este indicador reflejará el porcentaje objetivo mensual y anual de las unidades producidas.

- Indicador de mortalidad: representa el porcentaje y las unidades de plantas desechadas tanto en fase 1 como en fase 2
- Indicador de calidad: representa el porcentaje y las unidades de las plantas buenas obtenidas tanto en fase 1 como en fase 2.
- Indicador de cumplimiento: representa el porcentaje y las unidades que cumplieron con la demanda de un cliente.

En la figura 2.45, se observa de manera resumida la pestaña indicadores en Excel. El detalle de cada uno de los indicadores y el funcionamiento de todo el programa se muestra en el apéndice A.

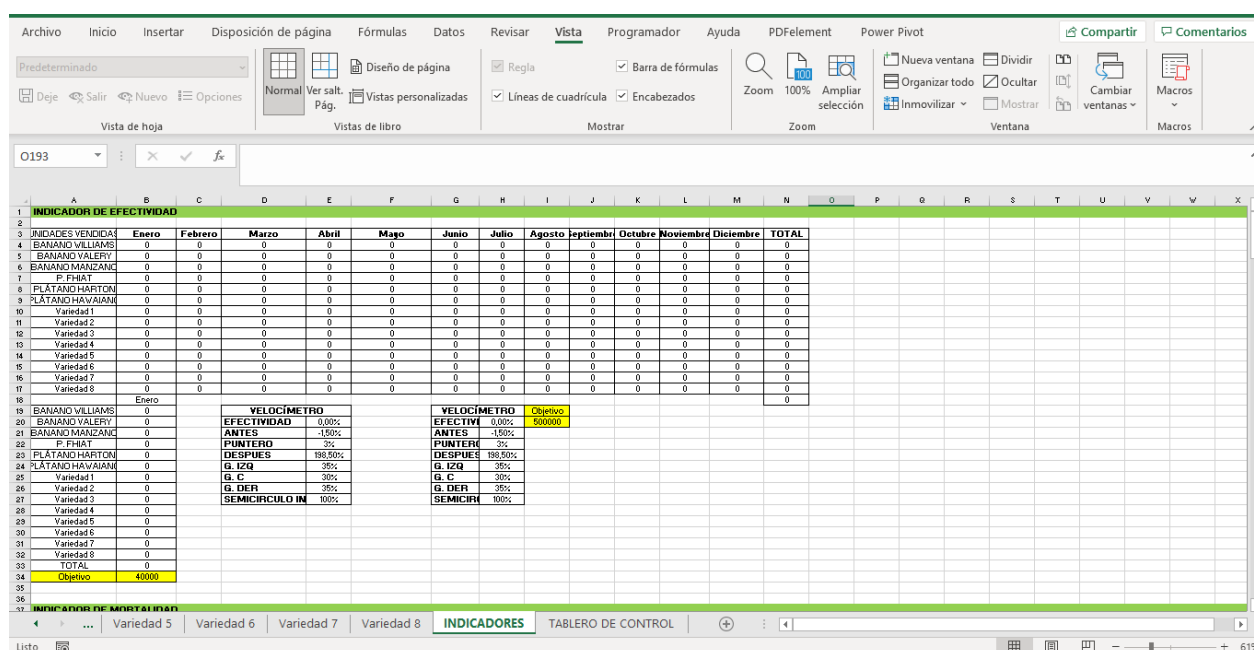


Figura 2.45 Formato del cálculo de indicadores

[Fuente: Elaboración propia]

3. Finalmente, en la última pestaña del Excel, se encuentra el tablero de control, en el cual se muestra de una manera gráfica el resultado de los indicadores, asimismo el manejo del tablero es didáctico y automatizado para cualquier usuario que le dé el uso. En la figura 2.46 se muestra el tablero de control completo con datos aleatorios para comprobar su funcionamiento.



Figura 2.46 Tablero de control

[Fuente: Elaboración propia]

2.5.2 Rediseño e implementación de formatos estandarizados para recolectar información de la línea

Para la recolección de los datos en el área de campo, los operadores no cuentan con un formato estandarizado, puesto que todo lo anotan en un cuaderno y posteriormente es transcrito en otras hojas las cuales se las traslada al área administrativa para adjuntarla a la base de datos anual. Por lo que, este micro proceso podría ser mejorado. En las figuras 2.47, 2.48 y 2.49 se muestran los formatos propuestos, los cuales están estandarizados para que al momento de hacer el registro por parte de los operadores y posteriormente sea trasladado al área administrativa, mantengan un formato similar a la interfaz del tablero de control para que, al momento de adjuntarlo a la base de datos sea mucho más rápido y mantenga un orden en el que todo el personal esté familiarizado.

2.5.3 Estandarización del proceso de mezclado y capacitación al personal involucrado sobre los pasos correctos a seguir

El proceso de mezclado representa una demora en la línea de cultivo protegido, puesto que los operadores de campo se demoran más tiempo de lo establecido ya sea por desorganización o fallas en la mezcla, sin embargo, cabe mencionar que hay operadores más calificados que otros y todo es debido por la falta de estandarización y orden en el proceso. La implementación de la presente mejora se basa en determinar un orden en el proceso de acuerdo con lo realizado por el operador más calificado, asimismo determinando un tiempo estándar tomando en cuenta las holguras y factores que puedan intervenir al momento de realizar el mezclado.

Para comenzar, se diagramó el proceso mediante un Otida como se observa en la figura 2.50 para que cualquier persona ajena al proceso o nuevos operadores, puedan seguir los pasos para obtener una mezcla de calidad dentro del tiempo estándar.

No.	Actividad	●	➔	▭	◐	▼
1	Hervir 1 litro de agua	x				
2	Pesar 165 g de nitrato	x				
3	Mezclar el agua con el nitrato	x				
4	Esperar hasta que se disuelva la solución				x	
5	Pesar 37g de sulfato	x				
6	Mezclar el sustrato con agua al ambiente	x				
7	Esperar hasta que se disuelva la solución				x	
8	Pesar 33,2g de haluro	x				
9	Pesar 17 g de fósforo	x				
10	Pesar 17 g de molibdeno	x				
11	Mezclar el haluro, fósforo y molibdeno	x				
12	Mezclar todas las soluciones (Solución madre)	x				
13	Tamizar 3kg de tamo	x				
14	Ubicar 5 kg de tierra de sembrado en un recipiente	x				
15	Rociar con la solución madre a la tierra de sembrado	x				
16	Mezclar tamo con la tierra de sembrado	x				
17	Trasladar al área de enfundado		x			

Figura 2.50 Otida del proceso de mezclado

[Fuente: Elaboración propia]

Después de haber definido los pasos a seguir se realizó una toma de tiempos para de esta manera determinar el tiempo promedio que lleva a cabo cada acción, cabe destacar que se tomaron 10 tiempos como muestra piloto el cual está detallado en el apéndice B. Por otro lado, se procedió a determinar la normalidad de los

datos ya que es un requisito para determinar el tiempo estándar de manera eficiente como se observa en la figura 2.51.

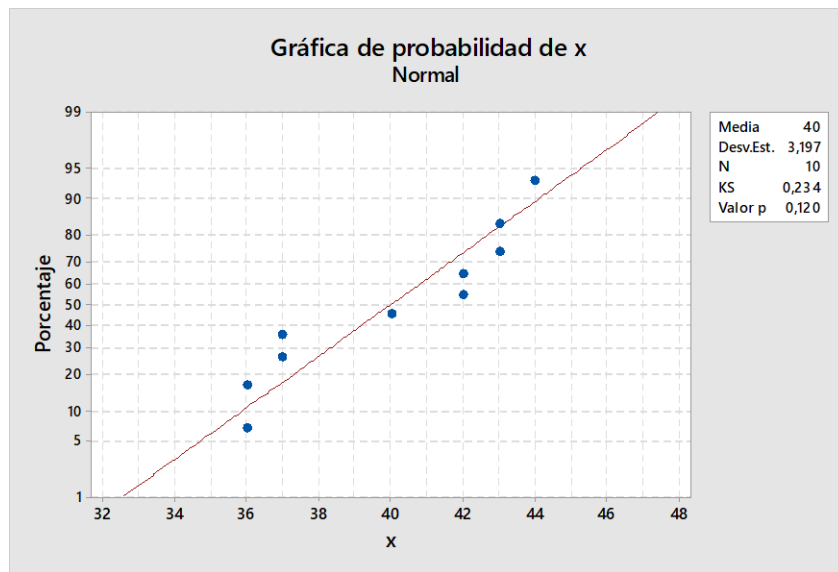


Figura 2.51 Prueba de normalidad de tiempo de mezclado
[Fuente: Elaboración propia]

Como se puede observar el valor p obtenido fue mayor a 0.05 por lo que sí se comportan como una distribución normal.

Una vez comprobada la normalidad, se aplicó el sistema Westinghouse para determinar el factor de nivelación (ecuación 2.3) y para ello se visitó el área donde se realiza el área de mezclado para establecer el puntaje a cada factor como se observa en la tabla 2.18.

Tabla 2.18 Calificación de Sistema Westinghouse
[Fuente: Elaboración propia]

Sistema Westinghouse			
Habilidad	0,05	C1	Bueno
Esfuerzo	0,05	C1	Bueno
Condiciones	0	D	Promedio
Consistencia	-0,02	E	Aceptable
Total	0,08		

$$\text{Factor de nivelación} = 1 + \text{total Sistema Westinghouse} \quad (2.3)$$

$$\text{Factor de nivelación} = 1 + 0,08 = 1,08$$

Mediante la ecuación 2.4, se calculó el tiempo promedio ajustado como se observa a continuación:

$$\text{Tiempo promedio ajustado} = \text{Tiempo promedio} \times FN \quad (2.4)$$

$$\text{Tiempo promedio ajustado} = 39,9 \text{ minutos} + 1,08 = 43,09 \text{ minutos}$$

Una vez determinado el tiempo promedio ajustado, se procedió a establecer las holguras que se presentan durante el proceso de mezclado evidenciado en la tabla 2.19.

Tabla 2.19 Calificación de holguras

[Fuente: Elaboración propia]

Holguras constantes	
Suplemento personal	5
Suplemento por fatiga básica	4
Total	0,09
Holguras variables	
Suplemento por estar de pie	2
Suplemento por posición anormal/un poco incómoda	0
Uso de la fuerza/10 lb	1
Mala iluminación/ un poco bajo a la recomendada	0
Condiciones atmosféricas	0
Atención requerida/trabajo fino o preciso	2
Nivel de ruido/Continuo	0
Estrés mental/proceso bastante complejo	1
Monotonía/nivel alto	4
Tedio/tedioso	2
Total	0,12

$$\text{Holgura} = \text{Holgura constante} + \text{Holgura variable} \quad (2.4)$$

$$\text{Holgura} = 0,09 + 0,12 = 0,21$$

Finalmente, como ya se determinó el tiempo promedio ajustado, y las holguras mediante la ecuación 2.4, se procedió a calcular el tiempo estándar usando la ecuación (2.5).

$$Tie\text{mpo estándar} = Tie\text{mpo promedio ajustado} \times (1 + H\text{olgura}) \quad (2.5)$$

$$Tie\text{mpo estándar} = 43,09 \text{ minutos} \times (1 + 0,21) = 52,14 \text{ minutos}$$

Para concluir la implementación de la presente mejora se realizó una capacitación al personal, explicando los pasos que deben seguir y los pequeños cambios que se realizaron para tener un manejo más eficaz en la línea de cultivo protegido como se evidencia en la figura 2.52.



Figura 2.52 Capacitación al personal de la empresa

[Fuente: Elaboración propia]

2.5.4 Diseño e implementación de un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos

Esta mejora surgió debido a que se presentaba desabastecimiento de tamo y de fundas, los cuales son los recursos más importantes para la fase final de la línea de cultivo protegido, puesto que cuando tenían cero unidades en bodega, automáticamente se paraba la producción, hasta que se reabastezcan con más unidades. Todo este problema se originaba porque la empresa compra los recursos al por mayor sin tomar en cuenta la variabilidad de la demanda, por lo que, cuando hay demasiada demanda se usan más recursos de lo planificado. Por otro lado, no existía un control adecuado que le permita saber a la empresa en qué momento pedir o cuánto pedir, ni mucho menos un stock de seguridad, lo cual es otra razón por el cual quedaban desabastecidos. Es por ello que, se propuso diseñar un plan de reabastecimiento de revisión continua usando el sistema del EOQ mediante la herramienta Excel, para que la empresa tenga un sistema que le ayude a saber cuándo su inventario está a punto de acabarse y tenga que pedir más, tomando en cuenta el tiempo que se demora el proveedor en hacerles llegar los recursos, la cantidad mínima a pedir y la demanda variable.

En la figura 2.53, se presenta el sistema automatizado de reabastecimiento, en el cual se puede evidenciar que, cuando el stock de seguridad está en rojo es momento de pedir para que la empresa no se quede sin materia prima. En el apéndice C se detalla el uso del sistema.



Figura 2.53 Simulación del programa de plan de reabastecimiento

[Fuente: Elaboración propia]

2.5.5 Simulación

Debido a que el proceso para elaborar el producto final es de alrededor tres meses, se realizó una simulación de la línea de cultivo protegido para implementar las soluciones de la estandarización del proceso de mezclado y el efecto que tendrá el plan de reabastecimiento en los recursos críticos. En la figura 2.54, se puede observar una imagen de la simulación de todo el proceso.

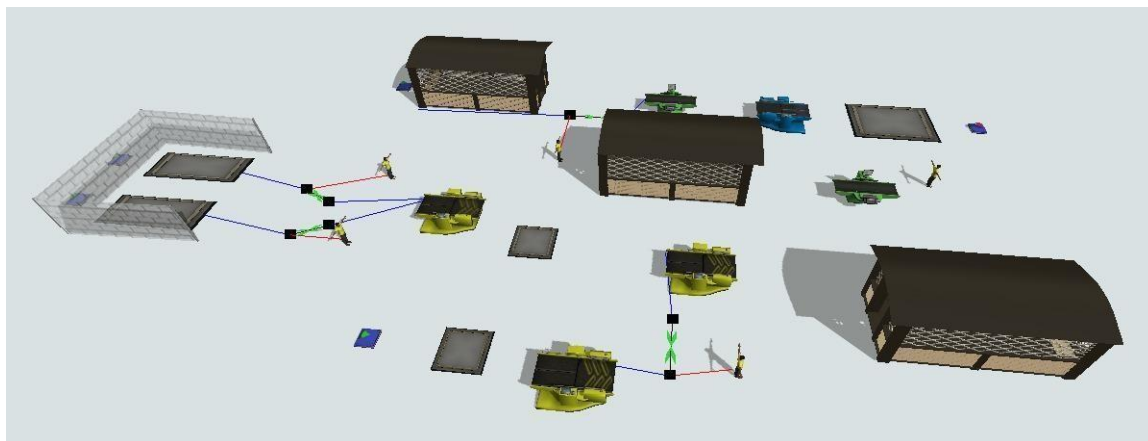


Figura 2.54 Simulación de la línea de cultivo protegido

[Fuente: Elaboración propia]

Para determinar el número de repeticiones que se usó en la simulación se aplicó la metodología de R mínimo el cual se mostrará a continuación:

En la tabla 2.20 se muestran los 10 datos tomados del tiempo de mezclado.

Tabla 2.20 Toma de tiempos piloto

[Fuente: Elaboración propia]

Repeticiones	Tiempo (minutos)
1	41
2	41
3	51
4	47
5	45
6	47
7	48
8	43
9	52
10	44
Media	45,90
Desviación estándar	3,81

Para este caso, se tomó un error de 1,4 minutos y nivel de confianza del 90% de esta manera se puede determinar el valor mínimo de repeticiones mediante la ecuación 2.5.

$$R_{min} = \left(\frac{Z_{0,05} S_0}{\epsilon} \right)^2 \quad (2.5)$$

$$R_{min} = \left(\frac{(1,64)(3,81)}{1,4} \right)^2 = 20,07$$

Una vez obtenido la repetición mínima a usar, se debe determinar la cantidad de repeticiones precisas el cual se evidencia en la tabla 2.21

Tabla 2.21 Cálculo del R mínimo

[Fuente: Elaboración propia]

R mínimo	21
t(0,05; r-1)	1,72
t(0,05; r-1) * (So/E)^2	20,80

Como se puede observar el número repeticiones para realizar el análisis de resultados de manera correcta es de 21.

2.6 Control

Para asegurar que las soluciones implementadas sigan funcionando de manera eficaz a durante mucho tiempo, se estableció un plan de control en el cual las personas encargadas darán seguimiento para su correcto uso. En la tabla 2.22, se presenta el plan de control establecido. Por otro lado, en el apéndice D se muestra el formato a seguir para llevar el control del tiempo en el proceso de mezclado.

Tabla 2.22 Plan de control

[Fuente: Elaboración propia]

¿QUÉ?	¿POR QUÉ?	¿CÓMO?	¿DÓNDE?	¿QUIÉN?	¿CUÁNDO?
Diseño e implementación de un tablero de control automatizado con diversos indicadores	Si no se realiza un registro adecuado, no se conocerá con exactitud como se encuentra la línea y sus distintas fases, por lo que, la empresa desconocerá posibles falencias u oportunidades de mejora.	Observando y revisando el reporte de las unidades producidas de los formatos propuestos los cuales deben ser llenados semanalmente.	Área administrativa	Asistente administrativa	Semanal
Rediseño e implementación de formatos estandarizados para recolectar información de la línea	Si no se usan los formatos propuestos será muy difícil recolectar la información correcta para el cálculo de los indicadores y representar el estado de la línea en el tablero de control.	Observando los reportes que deben ser llenados diariamente.	Coordinación de cultivo protegido	Asistente de cultivo protegido	Diariamente
Estandarización del proceso de mezclado	Si no respetan el orden establecido en el Otida y el tiempo estándar establecido para cada paso, es muy probable que se genere una demora, lo que restaría tiempo de producción y bajaría la efectividad de la línea.	Registrando los tiempos que los diferentes operadores demoran en realizar el mezclado en el orden establecido.	Área de mezclado	Coordinador de cultivo protegido	Diariamente
Diseño e implementación de un plan de reabastecimiento adecuado para los recursos críticos	Si no usan el programa propuesto o no realizan un registro y control adecuado, es muy probable que el problema de desabastecimiento se siga presentando, generando paras en la producción lo que disminuiría la productividad de la línea.	Revisando los registros de los recursos que son consumidos diariamente que ofrece el programa.	Coordinación de cultivo protegido - bodega	Asistente de cultivo protegido	Diariamente

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Después de haber realizado la implementación de las distintas soluciones, se procedió con el análisis de los resultados obtenidos y determinar qué tan beneficioso fue para la empresa.

3.1 Resultados de la estandarización del proceso de mezclado

La estandarización del proceso de mezclado permitió que el tiempo que le toma al operador en realizar una mezcla de calidad disminuya de un promedio de 65,56 minutos a 49,06 minutos, puesto que cada operador realizaba dicho proceso de una manera diferente, es decir, no había una estandarización. En la figura 3.1, se evidencia de manera estadística como exista una diferencia significativa entre el tiempo actual y el mejorado, lo que da soporte a que el proceso tuvo una mejora.

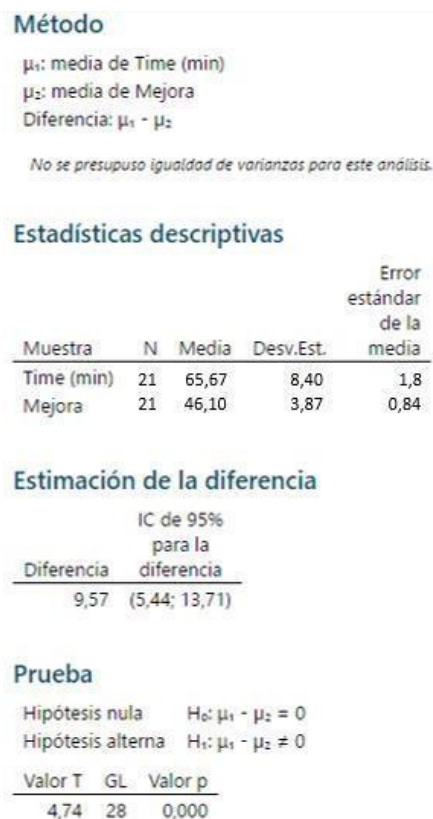


Figura 3.1 Diferencia de medias de situación actual y mejorado

[Fuente: Elaboración propia]

Además, al reducir el tiempo del proceso, permitió que al día se pueda generar un lote más de mezcla lo que permitió que la producción diaria aumente y por ende el valor de la productividad. En cuanto al factor económico, después de un análisis de dos semanas de haber implementado dicha mejora se pudo observar cómo se generó un ahorro de recursos en un 14%, que representado en dinero es de aproximadamente \$232.56, lo cual da a entender que, si en dos semanas se pudo ahorrar dicho valor, a largo plazo podría ser de un alrededor de \$1500.00.

3.2 Resultados del plan de reabastecimiento

Los resultados obtenidos para esta implementación fue mediante el programa flexsim, debido a que se necesita más tiempo para obtener resultados reales. El fin de esta mejora es que no se presente desabastecimiento en los recursos críticos y de esta manera haya un aumento del volumen de producción en la línea. En la figura 3.2 se puede observar un dashboard que representa las unidades producidas en un día aplicando la presente mejora.

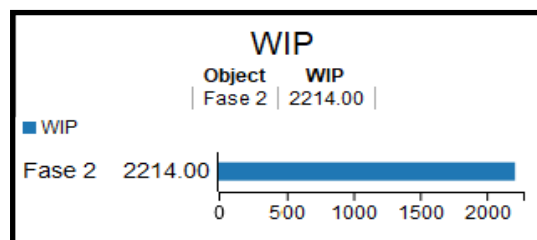


Figura 3.2 Unidades producidas aplicada la mejora

[Fuente: Elaboración propia]

En un día de producción normal se pueden llegar a producir 2214 unidades, llegando a sobrepasar la meta establecida la cual es de 2000 unidades diarias es decir que, si sigue produciendo a ese ritmo durante un año laboral, la línea podría producir 584.746 unidades cumpliendo con la meta anual de la empresa que es de 500.000 unidades. Por lo que, representaría un valor de \$142.384 más con respecto a la situación actual, generando grandes beneficios monetarios a la empresa.

3.3 Comparación de situación actual y situación mejorada

Inicialmente, el valor de la productividad global fue de 3,1 el cual representa que la línea si es rentable, sin embargo, por todas las condiciones que se estudiaron y analizaron, se

estableció que la línea podía tener una productividad más alta, es por ello que en la figura 3.3 se muestra un resumen de la situación actual y la mejorada.

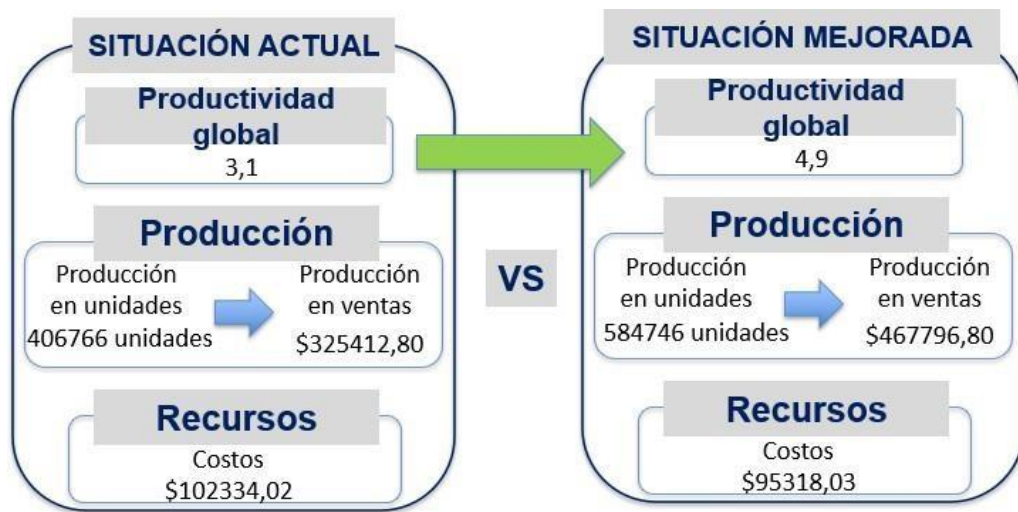


Figura 3.3 Situación actual vs Situación mejorada

[Fuente: Elaboración propia]

Como se puede evidenciar el valor de la productividad global ascendió a 4,9 esto es debido al aumento de producción que presentó la línea al momento de aplicar las mejoras lo cual representa un 43% más con respecto a la situación actual. Por otro lado, mediante el plan de abastecimiento se pudo obtener una reducción de costos de aproximadamente el 7%, valores suficientes para poder cumplir con el objetivo general del presente proyecto.

En la figura 3.4 se presentará el impacto que tuvo las mejoras implementadas con los 3 pilares de sostenibilidad.



Figura 3.4 Impacto en los 3 pilares de sostenibilidad

[Fuente: Elaboración propia]

En el pilar económico se tuvo una reducción del 27,19% en cuanto al costo de recursos, ya que como se mencionó anteriormente el plan de reabastecimiento permitió que no se presenten costos elevados del transporte de materia prima puesto que ya se podría realizar un pedido con tiempo de anticipación y no de un día para el otro lo cual eleva exponencialmente dicho costo.

En el pilar social se redujo el estrés laboral en un 27,39% ya que al implementar el plan de reabastecimiento reducirá la escasez de recursos lo que generaba estrés y desesperación en la empresa por las paradas de producción que se originaban por el desabastecimiento.

En cuanto al pilar ambiental, hubo una reducción de 18,8 kg de los residuos de materia prima ya que, en el proceso de mezclado, que es el área donde más se presentaban desperdicios, disminuyeron los reprocesos y por ende los recursos ya son totalmente aprovechados.

3.4 Análisis económico

Al momento de seleccionar las mejoras se trató de que incurran el menor costo posible, es por ello que es relativamente bajo, mientras que las ganancias obtenidas por la aplicación de las mejoras son muy superiores, por lo que, el VAN obtenido es de \$166.562,55 y al ser positivo representa que el proyecto es viable. Por otro lado, el valor de la TIR es de 28,53% y al ser mayor que la tasa de descuento que es del 15%, significa que, si se puede realizar el proyecto, y que puede recuperar lo invertido sin ningún problema. En el apéndice E se muestra el flujo de caja a detalle.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La productividad global de la línea incrementó a 4,9 superando el objetivo planteado al inicio del proyecto.
- Se logró identificar e implementar indicadores que muestren el estado de la línea de cultivo protegido.
- La implementación del plan de reabastecimiento ayudó que los cuellos de botella presentes en la línea disminuyan y a su vez evitar la escasez de los recursos más importantes.
- La reducción de ineficiencias en el proceso, como la disminución del tiempo de mezclado y el aumento del abastecimiento de los recursos logró reducir el estrés laboral de 84 puntos a 61 puntos.
- Se pudo reducir los costos generados por los recursos en un 27%, mientras que los costos generales de cultivo protegido disminuyeron 6,86%.
- La implementación de todas las mejoras ayudó a aumentar otros factores determinados en el CTQ como la efectividad de la línea, las unidades de producción y el cumplimiento de la demanda.

4.2 Recomendaciones

- Realizar una revisión continua de los formatos propuestos de forma que se actualicen las variables contempladas en los mismos.
- Llevar un control diario de los indicadores propuestos para que refleje de manera precisa el estado actual de la línea.
- La realización de un estudio de factibilidad de adquisición de una mezcladora de sustratos, propuesta de mejora que se contempla a largo plazo.
- Realizar una revisión continua de los niveles de inventario tanto de la producción como de los materiales críticos: el tamo y las fundas.
- Se recomienda la continuación y seguimiento del presente proyecto en futuras propuestas en relación con la empresa de análisis.

BIBLIOGRAFÍA

BBC. (2019). Meristems—Cellular differentiation—Higher Biology Revision. BBC Bitesize. <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/z4my8xs/revision/2>

DeFeo, J. (2020, abril 23). DMAIC Process & Methodology: An Essential Guide. Juran. <https://www.juran.com/blog/dmaic-attaining-superior-quality-sustainable-results/>

Espinosa-Leal, C. A., Puente-Garza, C. A., & García-Lara, S. (2018). In vitro plant tissue culture: Means for production of biological active compounds. *Planta*, 248(1), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2910-1>

Jones, S. (2019, marzo 28). What is DMAIC Methodology? | Pyzdek Institute. <https://www.pyzdekinstitute.com/blog/six-sigma/what-is-dmaic-methodology.html>

Mett, V., Farrance, C. E., Green, B. J., & Yusibov, V. (2008). Plants as biofactories. *Biologicals*, 36(6), 354-358. <https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2008.09.001>

Tanner, S. (2020, marzo 30). DMAIC Process: The 5 Phases of Lean Sigma You Must Know [Updated]. Simplilearn.Com. <https://www.simplilearn.com/dmaic-process-article>

Villanova. (2013, enero 14). What is DMAIC Methodology and Why Is It Important to Six Sigma? Villanova University. <https://www.villanovau.com/resources/six-sigma/six-sigma-methodology-dmaic/>

APÉNDICES

APÉNDICE A

En el siguiente apartado se detallarán los pasos que se deben seguir para el llenado de la información de manera correcta en el formato establecido para el cálculo de los diferentes indicadores y posteriormente representados de manera gráfica en el tablero de control.

El archivo empieza con el formato principal, donde se encuentra dividida en 3 etapas, las cuales son cuarentena, fase 1 y fase 2. Dichas etapas tienen más secciones como se observan la figura 1, entre ellas están: unidades buenas, saldo inicial y final, mortalidad, venta, entre otros.

MES	SEMANA	LABORATORIO			Fase 1						Fase 2								
		UNIDADES BUENAS	UNIDADES EN	TOTAL LABORAT	Saldo Inicial	Siembra	Transplante	Venta	Mortalidad	Variación genética	Saldo Final	Saldo Inicial	Transplante	Plantas en observación	Venta	Mortalidad	Plantas viejas	Variación genética	Saldo Final
Enero	1			0															
Enero	2			0															
Enero	3			0															
Enero	4			0															
Febrero	5			0															
Febrero	6			0															
Febrero	7			0															
Febrero	8			0															
Marzo	9			0															
Marzo	10			0															
Marzo	11			0															
Marzo	12			0															
ABRIL	13			0															
ABRIL	14			0															
ABRIL	15			0															
ABRIL	16			0															
ABRIL	17			0															
MAYO	18			0															
MAYO	19			0															
MAYO	20			0															
MAYO	21			0															

Figura 1. Interfaz principal del sistema

Cabe destacar que el presente formato está estandarizado para todos los tipos de variedades que tiene la empresa, debido a que de esta manera no surgirán errores debido a que la formulación de los cálculos ya está automatizada.

En la pestaña “indicadores” se muestran los 4 tipos de indicadores que se tomaron en cuenta para este proceso. En la figura 2, se puede observar el primer indicador, donde las variedades se encuentran desglosadas con su respectivo mes, y las celdas sombreadas de amarillo son el objetivo que la empresa quiere cumplir, cabe destacar que esta se digita de manera manual dependiendo de lo que estipule la empresa.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	INDICADOR DE EFECTIVIDAD													
2														
3	UNIDADES VENDIDAS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
4	BANANO WILLIAMS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	BANANO VALERY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	BANANO MANZANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	P. FHIAT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	PLÁTANO HARTON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	PLÁTANO HAWAIIANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Variedad 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	Variedad 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Variedad 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Variedad 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Variedad 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	Variedad 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	Variedad 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Variedad 8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18		Enero												0
19	BANANO WILLIAMS	0		VELOCÍMETRO			VELOCÍMETRO			Objetivo				
20	BANANO VALERY	0		EFFECTIVIDAD	0,00%	EFFECTIVIDAD	0,00%	500000						
21	BANANO MANZANO	0		ANTES	-1,50%	ANTES	-1,50%							
22	P. FHIAT	0		PUNTERO	3%	PUNTERO	3%							
23	PLÁTANO HARTON	0		DESPUES	198,50%	DESPUES	198,50%							
24	PLÁTANO HAWAIIANO	0		G. IZQ	35%	G. IZQ	35%							
25	Variedad 1	0		G. C	30%	G. C	30%							
26	Variedad 2	0		G. DER	35%	G. DER	35%							
27	Variedad 3	0		SEMICIRCULO IN	100%	SEMICIRCULO IN	100%							
28	Variedad 4	0												
29	Variedad 5	0												
30	Variedad 6	0												
31	Variedad 7	0												
32	Variedad 8	0												
33	TOTAL	0												
34	Objetivo	40000												

Figura 2. Indicador de efectividad

En la figura 3, se puede observar la distribución por variedad y por mes.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
37	INDICADOR DE MORTALIDAD												
38													
39	TASA DE MORTALIDAD MENSUAL												
40	BANANO WILLIAMS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
41	FASE 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
42	FASE 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
43	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	TASA DE MORTALIDAD MENSUAL												
46	BANANO VALERY	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
47	FASE 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0%	0,00%	0,00%
48	FASE 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
49	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	TASA DE MORTALIDAD MENSUAL												
52	BANANO MANZANO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
53	FASE 1	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0%	0,00%	0,00%
54	FASE 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
55	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
56	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
57	TASA DE MORTALIDAD MENSUAL												
58	P. FHIAT	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
59	FASE 1	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
60	FASE 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
61	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	TASA DE MORTALIDAD MENSUAL												
64	PLÁTANO HARTON	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
65	FASE 1	0,00%	0%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
66	FASE 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
67	Unidades	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 3. Indicador de mortalidad

En la figura 4 y figura 5 se puede observar la distribución por variedad y por mes de la fase 1 y fase 2.

INDICADOR DE CALIDAD												
CALIDAD FASE 1												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
145	BANANO WILLIAMS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
146	BANANO VALERY	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
147	BANANO MANZANO	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
148	P. FHIAT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
149	PLÁTANO HARTON	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
150	PLÁTANO HAWAIANC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
151	Variedad 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
152	Variedad 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
153	Variedad 3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
154	Variedad 4	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
155	Variedad 5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
156	Variedad 6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
157	Variedad 7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
158	Variedad 8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
UNIDADES CALIDAD FASE 1												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
161	BANANO WILLIAMS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
162	BANANO VALERY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
163	BANANO MANZANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
164	P. FHIAT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
165	PLÁTANO HARTON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
166	PLÁTANO HAWAIANC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
167	Variedad 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
168	Variedad 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
169	Variedad 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
170	Variedad 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
171	Variedad 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 4. Indicador de calidad de fase 1

CALIDAD FASE 2												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
178	BANANO WILLIAMS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
179	BANANO VALERY	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
180	BANANO MANZANO	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
181	P. FHIAT	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
182	PLÁTANO HARTON	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
183	PLÁTANO HAWAIANC	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
184	Variedad 1	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
185	Variedad 2	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
186	Variedad 3	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
187	Variedad 4	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
188	Variedad 5	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
189	Variedad 6	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
190	Variedad 7	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
191	Variedad 8	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
UNIDADES CALIDAD FASE 2												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
194	BANANO WILLIAMS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
195	BANANO VALERY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
196	BANANO MANZANO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
197	P. FHIAT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
198	PLÁTANO HARTON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
199	PLÁTANO HAWAIANC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200	Variedad 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
201	Variedad 2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
202	Variedad 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
203	Variedad 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
204	Variedad 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
205	Variedad 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
206	Variedad 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 5. Indicador de calidad de fase 2

En la figura 6, se muestra el indicador de cumplimiento o demanda insatisfecha donde se puede evidenciar la lista de clientes, las unidades comprometidas y las unidades entregadas.

237 DEMANDA INSATISFECHA							
238							
239	Contratos/Clientes	Cantidad comprometida	Cantidad entregada	Demanda satisfecha	Demanda insatisfecha	Cientes	Valores
240	Cliente 1			0,00%	100,00%	Cliente 1	0,00%
241	Cliente 2			0,00%	100,00%	Cliente 2	0,00%
242	Cliente 3			0,00%	100,00%	Cliente 3	0,00%
243	Cliente 4			0,00%	100,00%	Cliente 4	0,00%
244	Cliente 5			0,00%	100,00%	Cliente 5	0,00%
245	Cliente 6			0,00%	100,00%	Cliente 6	0,00%
246	Cliente 7			0,00%	100,00%	Cliente 7	0,00%
247	Cliente 8			0,00%	100,00%	Cliente 8	0,00%
248	Cliente 9			0,00%	100,00%	Cliente 9	0,00%
249	Cliente 10			0,00%	100,00%	Cliente 10	0,00%
250	Cliente 11			0,00%	100,00%	Cliente 11	0,00%
251	Cliente 12			0,00%	100,00%	Cliente 12	0,00%
252	Cliente 13			0,00%	100,00%	Cliente 13	0,00%
253	Cliente 14			0,00%	100,00%	Cliente 14	0,00%
254	Cliente 15			0,00%	100,00%	Cliente 15	0,00%

Figura 6. Indicador de demanda insatisfecha

Finalmente, una vez de haber llenado todos los datos y que el programa haya realizado los cálculos necesarios, en la figura 7 se muestra el tablero de control, donde se puede observar de una manera más didáctica el estado de la línea de cultivo protegido en sus etapas más importantes y por variedad que pueden ser seleccionadas en la listas desplegables en los distintos indicadores.



Figura 7. Tablero de control

APÉNDICE B

Tabla 1. Toma de tiempos

	Tiempo (min)
1	36
2	41
3	44
4	42
5	36
6	37
7	43
8	43
9	40
10	37

APÉNDICE C

En el presente apartado, se explicará a detalle los pasos que se deben seguir para el correcto registro de los datos necesarios para que el plan de reabastecimiento funcione de manera eficaz y sin presentar errores que le pueda perjudicar a la empresa.

En la figura 8, se muestra el menú del programa donde se podrá interactuar de diferentes maneras. En la parte derecha se puede seleccionar el año y el mes donde se requiera dar el respectivo control de los recursos. En la parte izquierda se tiene un menú el cual debe ser llenado en el orden que se presenta.

Configuración	
Proveedores	Ver
Demanda	Ver
Productos	Ver
Simulador	
	Ver

Día 1 año 01-01-21

Mes ago-21

Figura 8. Menú principal del sistema de reabastecimiento

Cuando se selecciona la opción “proveedores” se desplazará a una ventana donde se deben registrar los distintos proveedores que posee la empresa y además se pueden añadir a nuevos evidenciado en la figura 9.

Nº	Proveedores	Inicio
1	PROVEEDOR 1	
2	PROVEEDOR 2	
3	PROVEEDOR 3	
4	PROVEEDOR 4	
5	PROVEEDOR 5	
6	PROVEEDOR 6	
7	PROVEEDOR 7	
8	PROVEEDOR 8	
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

Figura 9. Registro de proveedores

En la opción “demanda” se debe hacer el registro de los productos, que en este caso es la materia prima o recursos con su respectivo proveedor. Por otro lado, se debe colocar el tiempo que estos proveedores demoran en entregar a la empresa dichos recursos, el plazo de seguridad (si la hubiese) y la cantidad mínima que se puede pedir, para que de esta manera el programa calcule de manera automática:

Nº	Productos	Proveedor	Plazo Entrega de Proveedor (Plazo Máximo Entrega en días)	Plazo adicional de seguridad en días	Cantidad Mínima Pedido de Proveedor	Stock mínimo de seguridad	Cantidad recomendada pedido a proveedor	Inicio
1	Fundas de viento	Quimiplas	45	1	110.000	164286	164286	
2	Nitrato de calcio	Fertisa	1	1	12	0	12	
3	Nitrato de potasio	Fertisa	1	1	12	0	12	
4	Nitrato de amonio	Fertisa	1	1	10	0	10	
5	DAP	Fertisa	1	1	1	0	1	
6	fertiestim plus	Fertisa	1	1	2	0	2	
7	Glfosato rabioso	Fertisa	1	1	5	0	5	
8	Cytokin	Ecuaquimica	1	1	3	0	3	
9	Phyton	Ecuaquimica	1	1	2	0	2	
10	Ridomil Gold	Ecuaquimica	1	1	6	0	6	
11	Fetrlon Combi	Proteca	1	1	5	0	5	
12	Stimufol/Marchfol	Agripac	1	1	5	0	5	
13	Kelpak	Agripac	1	1	5	0	5	
14	Arena de rio	Arena Ksiu S.A		1	2	0	2	
15	Turba Kekkila C Turbo	Agrocienagri	45	1	20	15	20	
16	tamo de arroz	Romero Gamboa Grecia	7	1	5	2	5	

Figura 10. Registro de la demanda

En la opción “productos” se debe enlistar todos los recursos que la empresa maneja con su respectiva demanda anual que puede ser estimada para el cálculo de la demanda diaria evidenciado en la figura 11. Cabe destacar que los días laborables del año se lo debe cambiar dependiendo del año y de los días que la empresa desee laborar.

Nº	Productos	Demanda anual estimada	Demanda media diaria	Días laborables al año	252
1	Fundas de viento	900.000	3571,43		
2	Nitrato de calcio	48	0,19		
3	Nitrato de potasio	48	0,19		
4	Nitrato de amonio	40	0,16		
5	DAP	4	0,02		
6	fertiestim plus	8	0,03		
7	Glifosato rabioso	20	0,08		
8	Cytokin	18	0,07		
9	Phyton	12	0,05		
10	Ridomil Gold	36	0,14		
11	Fetrilon Combi	10	0,04		
12	Stimufol/Marchfol	30	0,12		
13	Kelpak	30	0,12		
14	Arena de río	12	0,05		
15	Turba Kekkila C Turbo	80	0,32		
16	tamo de arroz	60	0,24		

Figura 11. Registro de los productos

En la opción “simulador” se mostrará una ventana recopilando toda la información que fue añadida a lo largo del registro de los pasos anteriores como se observa en la figura 12.

Nº	Producto	Proveedor	Stock inicial	Demanda mensual	Pedido Compra recomendado mensual	Stock Seguridad	Stock Final	Total Ventas	Total Compras
1	Fundas de viento	Quimiplas	Ver Simulación SIM1	110.000	22	45	164.286	164.286	86.000
2	Nitrato de calcio	Fertisa	Ver Simulación SIM2		22	1	0	0	
3	Nitrato de potasio	Fertisa	Ver Simulación SIM3		22	1	0	0	
4	Nitrato de amonio	Fertisa	Ver Simulación SIM4		22	1	0	0	
5	DAP	Fertisa	Ver Simulación SIM5		22	1	0	0	
6	fertiestim plus	Fertisa	Ver Simulación SIM6		22	1	0	0	
7	Glifosato rabioso	Fertisa	Ver Simulación SIM7		22	1	0	0	
8	Cytokin	Ecuaquimica	Ver Simulación SIM8		22	1	0	0	
9	Phyton	Ecuaquimica	Ver Simulación SIM9		22	1	0	0	
10	Ridomil Gold	Ecuaquimica	Ver Simulación SIM10		22	1	0	0	
11	Fetrilon Combi	Proteca	Ver Simulación SIM11		22	1	0	0	
12	Stimufol/Marchfol	Agripac	Ver Simulación SIM12		22	1	0	0	
13	Kelpak	Agripac	Ver Simulación SIM13		22	1	0	0	
14	Arena de río	Arena Ksiu S.A	Ver Simulación SIM14		22		0	0	
15	Turba Kekkila C Turbo	Agrociénagri	Ver Simulación SIM15		22	45	15	15	
16	tamo de arroz	Romero Gamboa Grecia	Ver Simulación SIM16		22	7	2	2	

Figura 12. Resumen de toda la información

Finalmente, si se presiona en “ver simulación” de la figura 12, aparecerá una nueva ventana donde se mostrará el comportamiento del recurso seleccionado a lo largo del mes de manera diaria. Como se puede observar en la figura 13, en el costado izquierdo

se muestra un resumen de los datos ya registrados y del cálculo de la cantidad recomendada que la empresa debería comprar en caso de que se presente un desabastecimiento repentino. Por otro lado, en el cuadro central se muestra el stock inicial, la cantidad usada, el stock final y el stock de seguridad. Dichos elementos son muy importantes, porque ayudarán a determinar en qué momento se debe hacer el pedido de la materia prima para que esta llegue justo a tiempo antes de que no quede nada en inventario. Es importante mencionar que en el momento que el stock final se pone de color rojo, significa que en ese momento el stock de seguridad está siendo consumido lo cual es una señal de que si no se toma una acción en ese momento la empresa podría quedar desabastecida mientras que, si el stock final está de color verde, significa que no hay ningún problema de que pueda presentarse desabastecimiento.

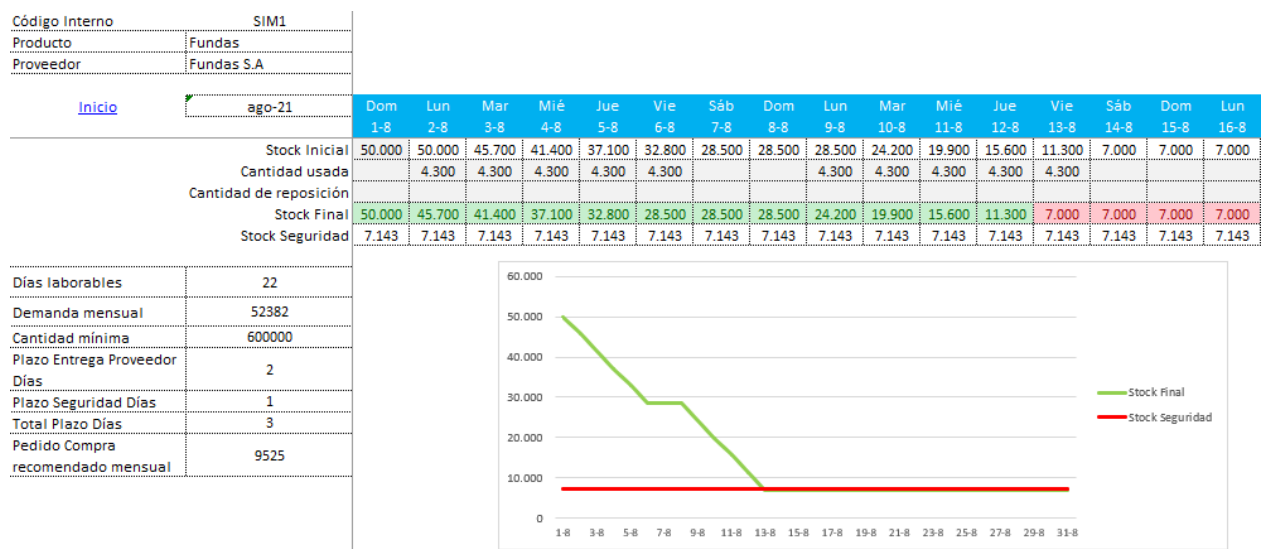


Figura 13. Simulación de los niveles de inventario

