

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

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

**“DISEÑO DE UN MODELO ESTADÍSTICO-MATEMÁTICO PARA LA  
PREDICCIÓN DE GRADOS BRIX EN EL PROCESO DE MADURACIÓN  
DE BANANO”**

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**INGENIEROS INDUSTRIALES**

Presentado por:

María de Lourdes Caamaño Barcos

Victor Gabriel Díaz Jara

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

## DEDICATORIA

Le dedico esta tesis mi mami Marilú Barcos que ha sido un pilar fundamental en mi vida, mi impulso para llegar a cumplir esta meta, a mis hermanos los que siempre están ahí para apoyarme, a mi papa Efraín Caamaño, que aunque ya no este conmigo sé que desde el cielo cuida de mí y guía mis pasos.

A mis tutores de tesis M.Sc. Jenny Gutiérrez e Ing. José Ronquillo que estuvieron brindando apoyo y conocimiento que ha sido fundamental para la elaboración del proyecto.

# AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos a nuestros padres por su apoyo incondicional, a nuestros profesores que nos han guiado desde el comienzo de esta travesía hasta su final y amigos quienes fueron un fundamental respaldo.

A nuestra tutora de tesis M.Sc. Jenny Gutiérrez L; por su colaboración en este proyecto integrador, su paciencia y guía a lo largo de todo el semestre.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; María de Lourdes Caamaño Barcos y Victor Gabriel Díaz Jara 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"



---

María de Lourdes  
Caamaño Barcos

  
Victor Gabriel Díaz Jara

## EVALUADORES



**M.Sc. Sofia López I.**

PROFESOR DE LA MATERIA



**M.Sc. Jenny Gutiérrez L.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

Este proyecto se realizó en una fábrica procesadora de banano congelado para exportación, teniendo como proceso crítico el área de maduración ya que influye directamente con el rendimiento de los procesos contiguos.

El objetivo principal de este proyecto es controlar el proceso de maduración, considerando los factores que interviene directamente en el proceso reduciendo la variabilidad para llegar a obtener un banano madurado en 18 grados brix, disminuyendo así los productos fuera de especificación, que actualmente se encuentra en 65.7% fuera del rango de acuerdo con las condiciones de las cámaras de maduración. Debido al bajo rendimiento obtenido por el banano desde el 2017, la empresa requiere un mayor control en el área de maduración, con una proyección final disminuir en 20% de producto fuera de especificación.

Para llegar a alcanzar el objetivo fue necesario empoderarse con las etapas del proceso involucrado, que va desde la recepción de materia prima hasta el almacenamiento en cámaras.

Este proyecto, se enfocó en realizar un análisis de las condiciones actuales del área de maduración, considerando los requerimientos de las áreas involucradas, se estableció un proceso de toma de brix de banano en las aperturas de cámaras, con los datos recolectados se realizó una comparación con los datos ya existentes y así determinar las causas que afectan al brix de salida una vez concluido el proceso de maduración.

Una vez realizado el análisis de causas raíces se procedió a la elaboración de propuestas y ver la factibilidad de estas, teniendo conocimiento del impacto que se obtiene en la variable de respuesta y su costo de implementación, se realizó la implementación y control de las mismas.

**Palabras Clave:** Maduración, Grado brix, Banano y Proceso.

## **ABSTRACT**

*This project was carried out in a frozen banana processing factory for export, having as a critical process the maturation area that directly influences the performance of the contiguous processes.*

*The main objective of this project is to control the maturation process, considering the factors that directly intervene in the process, reducing the variability to reach a degree of maturity at 18 brix degrees, thus reducing the products out of specification, which currently it is 65.7% out of range according to the conditions of the ripening chambers. Due to the low performance obtained by the market since 2017, the company requires greater control in the maturation area, with a final projection reduced by 20% of the product out of specification.*

*To reach the objective, empowerment is necessary with the stages of the process involved, which ranges from the receipt of the raw material to storage in chambers.*

*This project, focused on the analysis of the current conditions of the maturation area, took a process of taking data with the openings of cameras, with the data collected with the existing data and thus determine the causes that affect the brix at the end of the process once the maturation process is finished.*

*Once the cause analysis was done, the procedure for the elaboration of the proposals and the feasibility of the same, the knowledge of the impact that was obtained in the response variable and its implementation cost, the implementation and the control of the same.*

*Keywords: Maturation, Brix Degree, Banana and Process*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	1
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo general.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico.....	3
1.4.1 Generalidades del banano.....	3
1.4.2 La maduración del banano.....	3
1.4.3 Gas etileno.....	4
1.4.4 Temperatura.....	4
1.4.5 Proceso DMAMC.....	4
1.4.6 PEPSC.....	5
1.4.7 Herramienta de los 5 por qué.....	5
CAPÍTULO 2.....	6
2. Metodología.....	6
2.1 Definir.....	6
2.1.1 Detalles del proceso.....	6
2.1.2 Voz del cliente.....	8
2.1.3 Restricciones iniciales.....	9
2.2 Medir.....	10
2.2.1 Plan de recolección de datos.....	10
2.2.2 Credibilidad de los datos.....	17

2.2.3	Precisión de los datos.....	18
2.2.4	Plan de acción para mejorar la toma de datos.....	18
2.3	Análisis .....	19
2.3.1	Espina de pescado.....	19
2.3.2	Identificación y evaluación de causas.....	20
2.3.3	Verificación de causas resultantes de la matriz Impacto - Control.....	22
2.3.4	Causas raíces.....	26
CAPÍTULO 3.....		28
3.	Resultados y Análisis .....	28
3.1	Mejorar .....	28
3.1.1	El tiempo de maduración en cámaras no está establecido.....	28
3.1.2	Las cámaras no tienen señalización.....	30
3.1.3	Las cámaras siempre están en uso.....	32
3.1.4	Los operarios creen que hay suficiente espacio en las cámaras.....	33
3.1.5	Los operarios realizan el gaseo mediante su propia experiencia.....	35
3.2	Modelo estadístico-matemático .....	37
3.2.1	Fase inicial.....	37
3.2.2	Fase final.....	39
3.3	Resultados de implementación .....	41
3.4	Controlar.....	42
CAPÍTULO 4.....		43
4.	Conclusiones y Recomendaciones .....	43
4.1	Conclusiones.....	43
4.2	Recomendaciones.....	44

## **ABREVIATURAS**

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations

DMAMC Definir Medir Analizar Mejorar Controlar

PEPSC Proveedor Entrada Proceso Salida Cliente

IQF Individual Quick Freeze

## SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
lt	Litro
C	Grado Celsius
m	Metro
PSI	Libra por pulgada cuadrada
ml	Mililitro
Kg	Kilogramo

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. PEPSC del proceso.....	7
Figura 2.2. Variables críticas para la calidad.....	8
Figura 2.3. Gráfica de distribución de datos del operador.....	11
Figura 2.4. Análisis de capacidad de los datos muestreados.....	14
Figura 2.5. Serie de tiempo de datos tomados por operador.....	15
Figura 2.6. Serie de tiempo de datos muestreados.....	15
Figura 2.7. Diagrama de espina de pescado.....	19
Figura 2.8. Matriz impacto-control de causas.....	21
Figura 2.9. Bines ubicados sin cumplir separación.....	23
Figura 2.10. Bines ubicados a la altura del evaporador.....	24
Figura 2.11. Cronograma de limpieza de cámaras de maduración.....	25
Figura 3.1. Sensor para puertas WATTIO.....	29
Figura 3.2. Aplicación para registro de aperturas.....	29
Figura 3.3. Alarma de apertura.....	30
Figura 3.4. Señalización de ubicación de bines.....	30
Figura 3.5. Vista superior de la cámara.....	31
Figura 3.6. Vista frontal de la cámara.....	31
Figura 3.7. Evaporador para cámara de maduración.....	33
Figura 3.8. Serpentín de evaporador.....	33
Figura 3.9. Cámara de maduración.....	34
Figura 3.10. Sensor de movimiento.....	34

Figura 3.11. Manómetro digital.....	35
Figura 3.12. Sistema de gaseo automático.....	36
Figura 3.13. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados.....	38
Figura 3.14. Escenarios predichos.....	40
Figura 3.15. Análisis de capacidad luego de implementación de formato.....	42

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Plan de recolección de datos.....	10
Tabla 2.2. Porcentaje de sobre uso de cámaras 2 y 3.....	16
Tabla 2.3. Error entre dato teórico y práctico.....	17
Tabla 2.4. Precisión de los instrumentos de medición.....	18
Tabla 2.5. Evaluación de causas identificadas.....	20
Tabla 2.6. Uso de herramienta 5 por qué.....	26
Tabla 3.1 Escenarios a probar.....	39
Tabla 3.2 Resumen de escenarios.....	40

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La empresa donde se realizó este proyecto se dedica a la producción para la exportación y el consumo local de productos congelados IQF, tales como el banano que será nuestro enfoque, uvilla, mango, guanábana, entre otras, así como también a la producción de pulpas asépticas. Se encuentra ubicada en la cercanía de la ciudad de Guayaquil.

En 1991 la organización fue creada, guiándose en altos estándares de calidad, garantizando inocuidad en sus productos bajo la norma de las Buenas Prácticas de Manufactura, con un sólido compromiso con sus clientes; llega así a convertirse en una empresa de clase mundial.

Se detallará el proceso de maduración, identificando las necesidades y requerimientos del cliente, se definen los problemas actuales del área en estudio, obteniendo las causas que afectan al proceso de maduración en la empresa.

Se identificaran las causas generales del problema, analizando su importancia e impacto dentro del proceso de maduración, para posteriormente analizar el origen de las causas más relevantes.

Las propuestas de mejora se presentan en los capítulos posteriores, donde se detalla, a que causa se está atacando y la viabilidad de implementación de cada mejora, elaborando un plan de acción el cual ayuda a controlar la realización de estas propuestas.

### 1.1 Descripción del problema

En el Área de maduración de una empresa procesadora de productos derivados del banano, situada en Guayaquil, el grado brix final en el proceso de maduración ha estado fuera de especificación 65.7% de las veces desde abril del 2017, cuando el brix debe ser de  $18 \pm 1$  grado.

Por lo tanto, la organización se encuentra en la necesidad de diseñar un modelo estadístico-matemático que permita predecir los grados brix del banano en el

proceso de maduración del mismo, tomando en consideración los diferentes factores que lo afectan (capacidad de cámara, tiempo de gaseo, temperatura), de modo que se asegure la aceptación de banano acorde a las especificaciones y se reduzcan los desperdicios en los procesos contiguos al proceso de maduración.

Teniendo como restricciones del mismo, la planificación de producción, el plan de mantenimiento, la falta de un personal estable en el área de maduración, y no se tiene especificado cuanto es la pérdida de rendimiento por la maduración ya que no hay un control de mermas dentro del proceso.

## **1.2 Justificación del problema**

Al crear un modelo estadístico-matemático, y después de haber tomado las acciones que se deban seguir para asegurar el correcto funcionamiento y sostenibilidad del mismo, la organización logrará reducir significativamente la cantidad de desperdicio de banano que se genera en los procesos contiguos a maduración, como consecuencia de la aceptación de banano que no cumple con las especificaciones de grados brix. Además, se espera tener otros beneficios como:

- Reducción de re trabajo
- Incremento de eficiencia de las operaciones
- Reducción de costos de producción
- Reducción de paros no programados en máquinas
- Reducción de grumos
- Reducción de productos retenido

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Controlar el proceso de maduración en las cámaras de gaseo, considerando las diferentes variables que se producen para obtener un banano maduro de 18 grados brix.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Analizar las condiciones básicas que los equipos y herramientas deben cumplir para realizar esta actividad.

2. Elaborar una plantilla que pueda simular escenarios del modelo matemático.
3. Diseñar un cuadro de control con protocolo de seguimiento.
4. Capacitar al personal relacionado directa e indirectamente al área de maduración.

## **1.4 Marco teórico**

### **1.4.1 Generalidades del banano**

Ecuador es un país que ha liderado el mercado internacional del banano durante un periodo mayor a cuarenta años, la actividad incluye todas las operaciones de la cadena de suministro desde la producción y comercialización hasta la exportación de la fruta. En todo el mercado abarca un 12% de las fuentes de empleos para la población que están relacionadas directa o indirectamente al sector. (Ordoñez, 2005).

La exportación del banano en Ecuador se produce mediante el cumplimiento de altos estándares de calidad que son establecidos en el CODEX ALIMENTARIUS elaborado por la F.A.O Food and Agriculture Organization of the United Nations, garantizando que se ofrezcan productos de mayor nivel nacional e internacionalmente, cumpliendo con la exigencia de uno de los mercados más competitivos, estableciendo una estrategia ganar-ganar entre productores, exportadores y clientes internacionales, respetando las distintas normas asociadas. (Salazar, R, & Del Cioppo, J, 2016).

### **1.4.2 La maduración del banano**

La maduración del banano es resultado de los cambios físicos, químicos y biológicos, que forman un fruto apropiado para la alimentación humana. (Vera y Urruela, 2012). El proceso de maduración da lugar a las siguientes ocurrencias: La respiración de la fruta aumenta, se sintetiza y libera el gas etileno y se degradan ácidos grasos, lo cual brinda el sabor y olor representativo de un banano maduro. Otro de los cambios presentes en el proceso de maduración es la eliminación del color verde de la cáscara y la aparición del color amarillo, esto refleja el avance en la maduración del banano, se debe a la reducción que agota la clorofila, ocurrente

en los cloroplastos de la célula, como consecuencia, dando lugar a la aparición de pigmentos como los carotenoides. (Chang-Yuen y Sáenz, 2005).

### **1.4.3 Gas etileno**

El gas etileno es utilizado para el aceleramiento de la maduración de diversas frutas, e un compuesto que es producido por el banano previa a su etapa de maduración, es de suma importancia para que el fruto pueda obtener las características deseadas por el consumidor como el olor, sabor y textura. (Bedoya, 2014)

El etileno a ser utilizado no es completamente puro, en su estado base es tiene características inflamables que se activan al hacer contacto con el oxígeno, por lo que se es utilizado una mezcla con gas nitrógeno para eliminar la inflamabilidad. Un banano desprende 0.0004 ml/Kg por día a una temperatura de veinte grados Celsius.

### **1.4.4 Temperatura**

La temperatura es importante en el proceso de maduración del banano, influye directamente en la respiración de la fruta, elevar la temperatura aumenta y acelerando la maduración, disminuyéndola se obtiene el efecto inverso.

La temperatura debe estar entre 24 y 30 grados Celsius, son las temperaturas donde el banano absorbe mayor cantidad de oxígeno, al elevar la temperatura mayor a 30 grados Celsius genera daños en los tejidos, disminuyendo de manera significativa la calidad de la fruta. (Ordóñez Moreno, 2005).

### **1.4.5 Proceso DMAMC**

DMAMC es una herramienta para la mejora de procesos que es utilizada por la metodología Seis Sigma, el cual sigue una serie de pasos de manera estructurada. (McCarty, 2004)

Consiste en 5 pasos, que por su acrónimo son Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar. En cada una de estas fases se requiere la utilización de distintas herramientas y metodologías para obtener resultados que dirigen el proceso de mejora.

#### **1.4.6 PEPSC**

PEPSC (Proveedor, Entrada, Proceso, Salida, Cliente), es una herramienta utilizada para el mapeo de procesos de alto nivel, donde se identifica quien provee las entradas de los procesos, en qué momento se da la ocurrencia de estas entradas, que actividades se realiza sobre estas entradas, cual es el producto final entregado por el proceso y para quien precisan las salidas del mismo.

#### **1.4.7 Herramienta de los 5 por qué**

Para reconocer las causas raíces, se utilizó la técnica de los 5 por qué, en el cual se realizan preguntas para encontrar las relaciones de causa y efecto que provocan un problema, y hacerlo de manera repetida hasta reconocer la causa raíz.

Se empieza con el “Qué” el cual es la causa o problema inicial, luego, se procede a preguntar el “Por qué” de la ocurrencia de esta causa a la distintas personas relacionadas a la misma, se repite el proceso generando así una cadena de causas hasta llegar a la causa raíz.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Este proyecto siguió los pasos de la metodología DMAMC (Definir, medir, analizar, mejorar y controlar), utilizada para mejorar los procesos existentes.

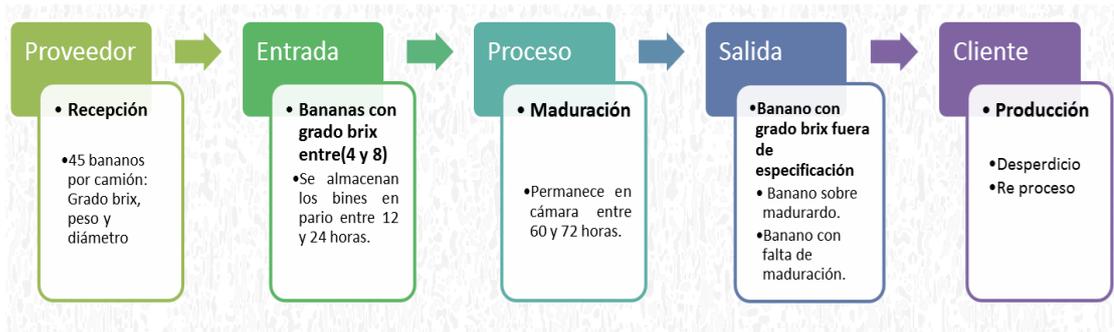
Los pasos a seguir fueron como se indica en el acrónimo; definir, se refiere a entender que es lo que está sucediendo e identificar el problema. Medir, requiere tomar toda la data disponible y si no lo está, levantarla, de todo lo que se piense que influye en el proceso y el problema. Analizar, tomar toda la data recolecta y comprobar si se relaciona con el problema. Mejorar, proponer mejoras según la información analizada, y si es posible implementarlas. Controlar, una vez implementadas las mejoras, establecer el correcto plan de control, llevar acabo las distintas actividades para mantener la implementación de mejoras y analizar los nuevos datos con los anteriores.

### 2.1 Definir

#### 2.1.1 Detalles del proceso

Inicialmente se conversó con el cliente para poder conocer sus necesidades, y se estableció un equipo de trabajo el cual fue conformado por: El analista de procesos, los asistentes de mantenimiento, el supervisor del área de maduración, los operarios del área de maduración, la analista de calidad y los monta carguitas.

Se necesitó conocer la situación actual del área para poder identificar los problemas y como estos estaban relacionados al proyecto principal, para esto fue necesario observar a detalle el proceso, el cual se ilustra en la **figura 2.1** mediante la herramienta PEPSC



**Figura 2.1 PEPSC del proceso**

El banano llega diariamente a las instalaciones, los proveedores traen camiones completamente llenos, y antes de ingresar como materia prima, los bananos de los mismos pasan por tres pruebas de calidad, se toman 45 por camión, se mide el diámetro, se lo pesa y se toma una muestra del grado brix de llegada. Al cumplir con los 3 parámetros evaluados, el banano es aceptado, ubicado en bines e ingresado a patio.

En patio los bines son almacenados volumétricamente (uno encima del otro), y son ubicados a temperatura ambiente bajo un techo. Pasan alrededor de 12 a 24 horas ahí antes de ser enviados a las cámaras de maduración, en este tiempo el grado brix suele aumentar entre 1 a 2 grados.

Los bines son enviados a las cámaras de maduración, donde, una vez llena de bines la cámara, son gaseados 40 lt de etileno para que pueda empezar el proceso de maduración.

En cámara, los bananos pasan entre 60 y 72 horas, las cuales son consideradas las horas de liberación, previo a eso, las cámaras son abiertas a las 36, 48 y 60 horas, para elaborar un muestreo de los grados brix en esos distintos momentos y analizar si el banano está madurando correctamente.

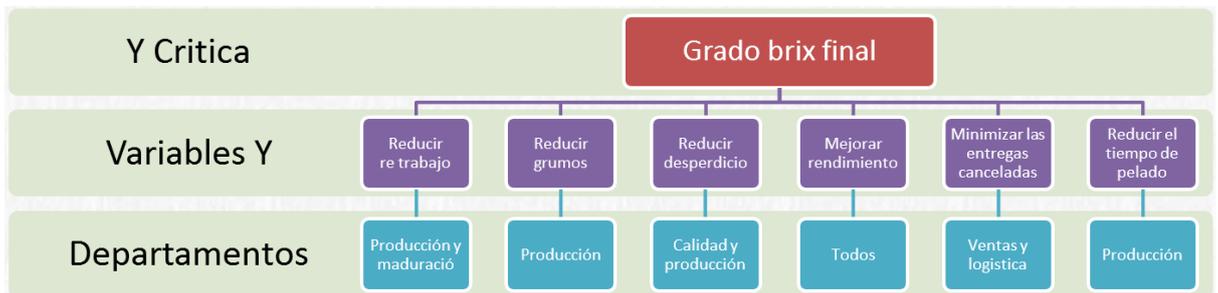
Como resultado de esto, una vez liberada la cámara, se obtiene que el banano está fuera de especificaciones 65.7% de las veces, este dato es corroborado por la empresa y el equipo de trabajo, y es algo que ocurre desde abril del año 2017. Del total de banano fuera de especificaciones se obtiene banano sobre madurado y banano con falta de maduración.

### 2.1.2 Voz del cliente

Luego de conocer el proceso, era necesario saber qué quiere lograr el cliente una vez que el proceso esté controlado y el problema se haya solucionado, para esto se utiliza la herramienta de Voz del cliente de modo que se enlista lo que el cliente, mediante su perspectiva, cree está provocando el problema. Se enlista la información recaudada a continuación.

- Grado brix fuera de especificación
- Rendimiento menor a la de años pasados
- Bines retenidos
- Entregas canceladas
- Desperdicio producido diariamente
- Grumos en el banano
- Incremento en el tiempo de pelado del banano
- Re trabajo por banano con falta de maduración

Conociendo la perspectiva del cliente, se pudo definir cuál era la variable crítica para la calidad del proceso, qué variables eran importantes aunque no críticas y en qué departamentos se observan cambios si las variables son afectadas, observar la **figura 2.2**.



**Figura 2.2 Variables críticas para la calidad**

### **2.1.3 Restricciones iniciales**

De lo que se conversó con el cliente, también se identificaron distintos factores que, aunque no estén directamente relacionados con la cantidad de banano fuera de especificación, afectaban de manera indirecta, ya que no permitían mantener un proceso controlado o no añadían valor en el mismo.

#### **2.1.3.1 Planificación del departamento de producción**

El departamento de producción, que en este caso es el cliente del área de maduración como se identificó en el PEPSC, envía sus requerimientos de banano maduro semanales, sin considerar la capacidad de las cámaras (capacidad del proceso), ni considerar la planeación del departamento de mantenimiento, el cual necesita de al menos 12 horas para realizar mantenimiento a una cámara.

#### **2.1.3.2 Planificación del área de mantenimiento y su rol en el proceso**

El departamento de mantenimiento no tiene un rol principal en el mantenimiento de las cámaras de maduración, solo verifican que se haya realizado el mantenimiento, el cual es elaborado por los operarios del área. No tienen una planificación elaborada, ya que las cámaras trabajan las 24 horas los 7 días de las semanas.

#### **2.1.3.3 Datos generales sobre el desperdicio de la compañía**

A pesar de conocer que la empresa tenía un desperdicio total del 60% en su proceso, no constaba con valores exactos de donde se encuentra este desperdicio ubicado en el proceso, por lo cual, a pesar de conocer que el 65.7% de bananos se encuentra fuera de especificaciones, no se puede determinar el total de este banano que se convierte en desperdicio.

### 2.1.3.4 Horarios de apertura de las cámaras

A pesar de que hay horarios establecidos para cada apertura de las cámaras desde que inicia el proceso de maduración, los operadores no cumplían con estas horas, y no existía una forma específica para controlar esto.

## 2.2 Medir

En esta etapa del proyecto se procedió a tomar toda la data que se piense o se conoce que influye en el problema y de no existir proceder a levantarla, para su disponibilidad en el futuro análisis.

### 2.2.1 Plan de recolección de datos

Un plan de recolección de datos, es una herramienta que mediante un acercamiento al proceso objetivo ayuda a recolectar datos de estado inicial, estado mejorado y datos que pueden dar pistas para la identificación de las causas raíces. El plan de recolección de datos ayuda a identificar el tipo de dato a tomar, a definir de manera operacional el dato, estratificar la unidad de medida de cada uno de los tipos de datos, definir en qué momentos deben ser tomados los datos y por quien y como deben ser tomados. Se observa el plan de recolección de datos utilizado, ilustrado en la **tabla 2.1**.

**Tabla 2.1 Plan de recolección de datos**

Dato	Tipo de dato	Definición operacional	Estratificación	Muestreo	Quien y Cómo
Brix	Grados - Continuo	Cantidad de grados brix que tiene el banano durante el proceso de maduración	Por lote	Muestreal a la hora 0, 36, 60 y 72	Los estudiantes de tesis y operarios del área. Se muestre utilizando un refractómetro
Temperatura	Grado celsius - Continuo	La temperatura que la cámara tiene durante el proceso	Por hora	Registrando lo que indica el termómetro	Operador del área de maduración, con el termómetro.
Numero de bines	Discreto	El número de bines que se ubican en cada cámara durante el proceso de maduración	Por cámara	Cada vez que un lote ingresa a la cámara	Tesistas, mediante la observación y conteo de número de bines que ingresa a las cámaras

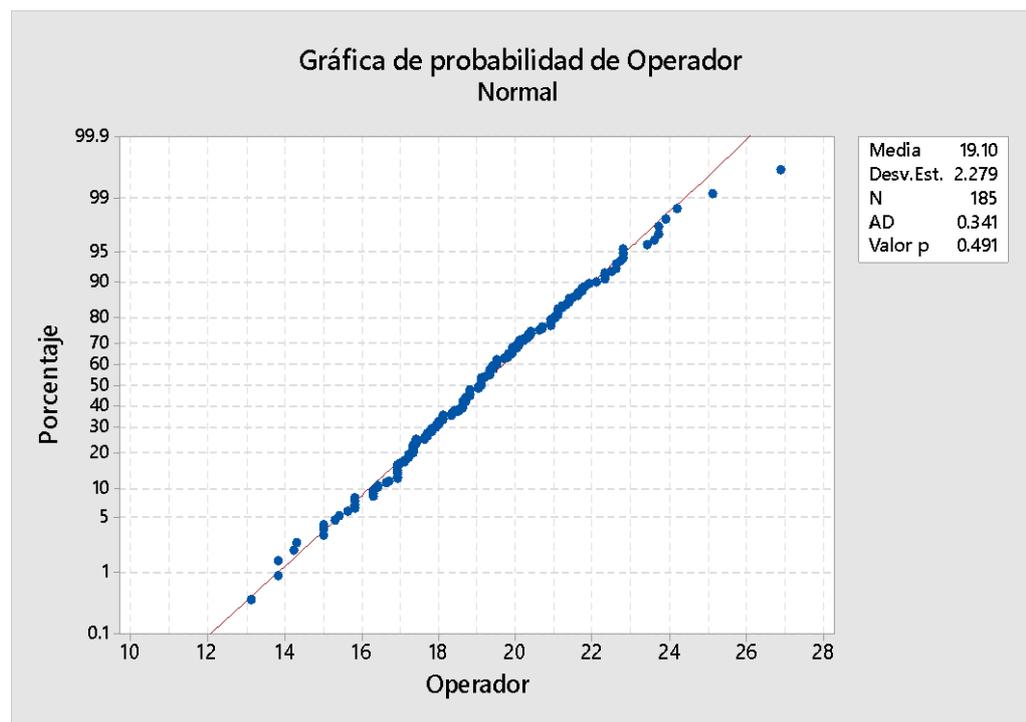
#### 2.2.1.1 Grados brix

El proceso de muestreo del grado brix consta en; tomar el banano, cortarlo en dos partes, pulverizarlo y ubicarlo en el refractómetro, tomar nota del grado brix mostrado, limpiar el refractómetro con agua destilada y secarlo.

Inicialmente analizaron los datos que ya se tenían en la base de datos, se procedió a ubicar los datos de manera gráfica y mediante una prueba de hipótesis, analizar la normalidad de los mismos.

Definiendo la hipótesis nula como: “Los datos tienen una distribución normal” y la hipótesis alternativa: “Los datos no tienen una distribución normal”

Se utilizó un programa estadístico para elaborar la prueba de normalidad y se obtuvo como resultado lo mostrado en la **figura 2.3**.



**Figura 2.3 Gráfica de distribución de datos del operador**

Como se observa, el valor p fue de 0.491, como es menor a 0.5 por lo tanto, con un 95% de nivel de confianza, existe suficiente evidencia estadística para no rechazar la hipótesis nula, por lo que los datos del sistema tienen una distribución normal y pueden ser utilizados como parte de los que nosotros muestreamos.

En consecuencia se necesitaba saber cuál era el número de bananos que se requerían muestrear para que el estudio sea significativo, por lo tanto se decidió utilizar la **ecuación 2.1**.

(2.1)

$$n = \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma^2}{e^2 * \bar{x}}$$

Donde n: Tamaño de muestra

$Z_{\alpha/2}$ : Valor crítico

$\sigma^2$ : Varianza de los datos tomados

$e^2$ : Error deseado

$\bar{x}$ : Media de los datos tomados

Se consideraron los datos registrados en la base de datos como prueba piloto para cada una de las aperturas, de manera que sobre ellos se realizó el cálculo del tamaño de muestra. Inicialmente se consideró un error del 2%, ya que es lo que requería el cliente, obteniendo como resultado lo ilustrado a continuación con la **ecuación 2.2**.

(2.2)

$$n = \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma^2}{e^2 * \bar{x}}$$

$$n_0 = 100 \text{ Bananas}$$

$$e = 0.02$$

$$0 \text{ HRS} \rightarrow n = \frac{Z_{0.05/2} * 0.595^2}{0.02^2 * 4.643} = 373.9$$

$$36 \text{ HRS} \rightarrow n = \frac{Z_{0.05/2} * 1.695^2}{0.02^2 * 13.571} = 1037.9$$

$$60 \text{ HRS} \rightarrow n = \frac{Z_{0.05/2} * 2.130^2}{0.02^2 * 19.123} = 1162.9$$

Considerando que los tamaños de muestras son demasiados elevados, el proceso de toma de datos de grados brix es 'destructivo' (el banano muestreado debe ser desechado) y por último el factor tiempo, sólo se podrían muestrear libremente en los horarios de apertura 0 y 60, pero no a las 36 horas, puesto que se mantendría mucho tiempo la cámara abierta y se podría cortar la maduración.

Por lo tanto se solicitó al cliente elevar el porcentaje de error del 2% al 5%, obteniendo así los resultados ilustrados a continuación.

$$n = \frac{Z_{\alpha/2} * \sigma^2}{e^2 * \bar{x}}$$

$$n_0 = 100 \text{ Bananas}$$

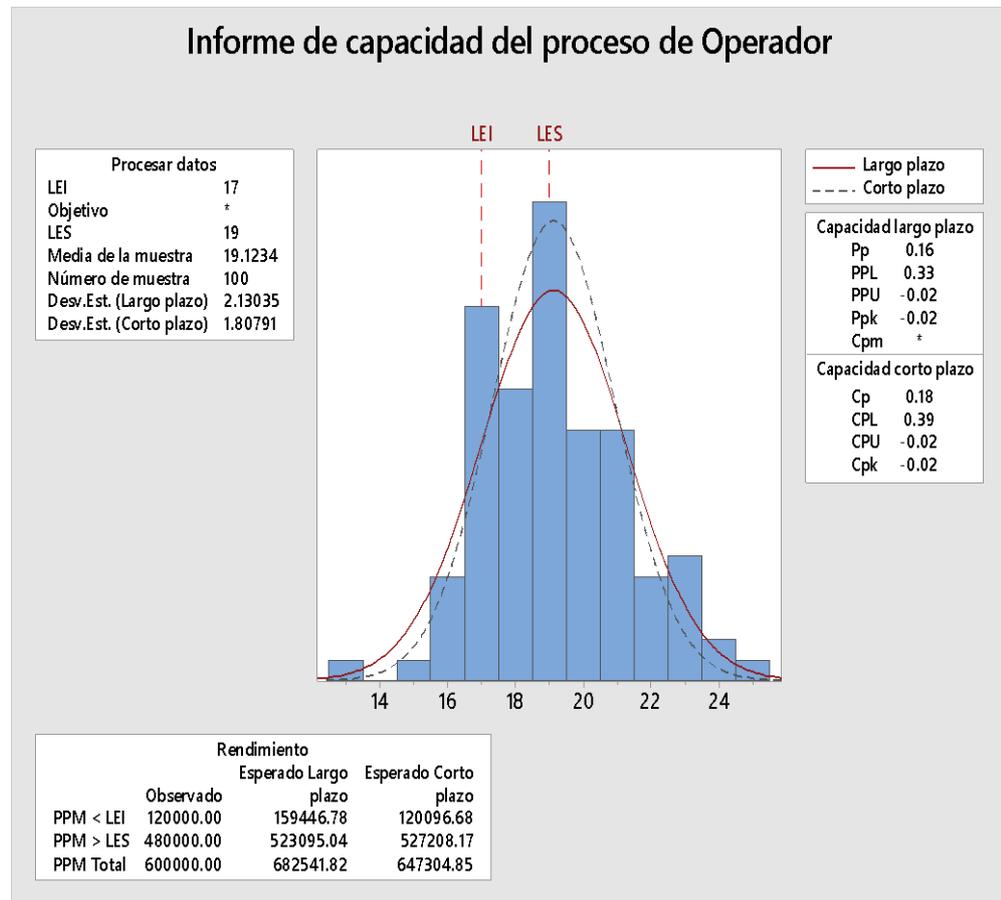
$$e = 0.05$$

$$0 \text{ HRS} \rightarrow n = \frac{Z_{0.05/2} * 0.595^2}{0.05^2 * 4.643} = 59.8$$

$$36 \text{ HRS} \rightarrow n = \frac{Z_{0.05/2} * 1.695^2}{0.05^2 * 13.571} = 166.1$$

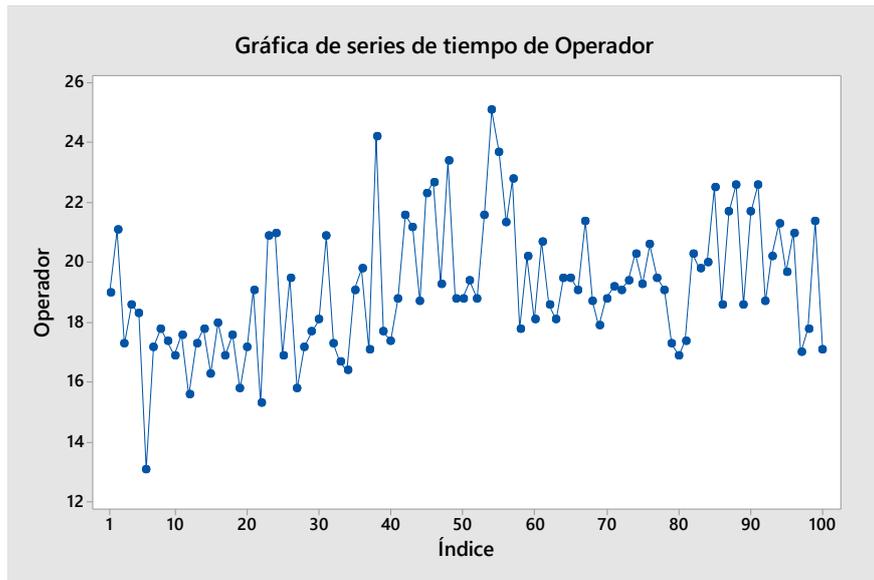
$$60 \text{ HRS} \rightarrow n = \frac{Z_{0.05/2} * 2.130^2}{0.05^2 * 19.123} = 186.1$$

Una vez tomados los datos de los grados brix en las diferentes aperturas de cámaras, se requería verificar que esta data sea semejante a la del operario, por lo tanto se elaboró un análisis de capacidad del proceso en el programa estadístico, donde se obtuvo el siguiente resultado mostrado en la **figura 2.4**.

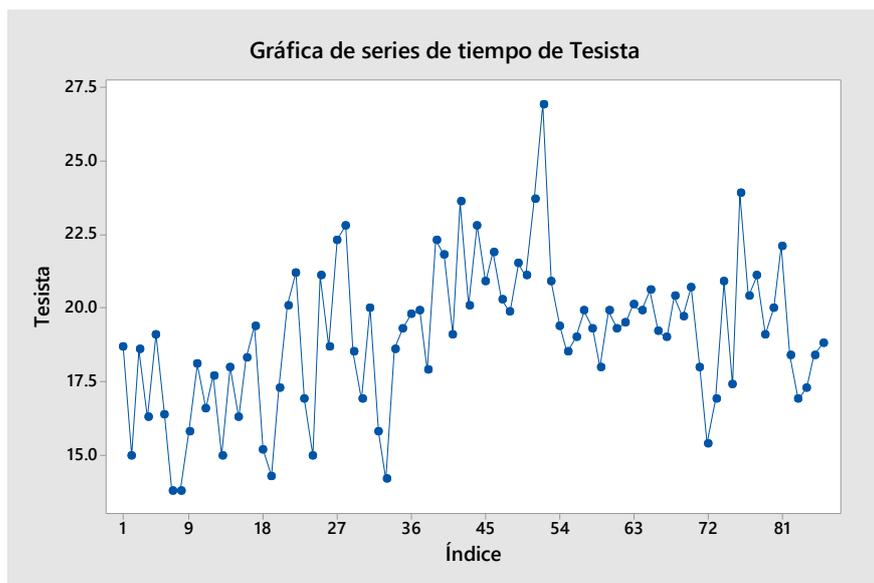


**Figura 2.4 Análisis de capacidad de los datos muestreados**

Así se logró identificar que el 60% de los datos estaban fuera de especificaciones, algo muy similar al 65.7% que es lo que se venía obteniendo desde el año 2017. Finalmente, se debía analizar que en efecto, los datos tomados sean semejantes a los datos de la base de datos de la empresa, para lo cual se llevó a cabo un análisis visual de serie de tiempo, donde se graficaron los datos registrados en la base de datos por el operador y aquellos recientemente tomados, los cuales se ilustran a continuación en la **figura 2.5** y **figura 2.6**.



**Figura 2.5 serie de tiempo de datos tomados por operador**



**Figura 2.6 serie de tiempo de datos muestreados**

Por medio de observación, se pudo concluir que los datos son semejantes a lo largo del tiempo.

### **2.2.1.2 Temperatura**

La toma de datos para la temperatura fue diferente, automáticamente las temperaturas de las cámaras son registradas en un sistema online que maneja la empresa, por lo tanto el error humano no se veía involucrado, entonces, se

procedió a comprobar que lo registrado por el sistema, sea lo mismo observado en el termómetro.

Las temperaturas son registradas en el sistema cada 10 minutos, se definió como una temperatura baja en el intervalo de (20-24) C y temperatura alta aquellas dentro del intervalo entre (25 y 27) C.

Las temperaturas registradas por hora fueron las mismas que se mostraban en el termómetro.

### 2.2.1.3 Capacidad

Las capacidades de las cámaras de maduración se reparten de la siguiente manera, la cámara 1 con una capacidad de 130 bines, las 2 y la 3 con un total de 267 cada una y las cámara 4 y 5 un total de 255 bines.

Considerando que la sobrepoblación de las cámaras tiene como resultado un flujo discontinuo del etileno dentro de las mismas, de manera que no todo el banano es abastecido con la cantidad de etileno necesario para empezar la maduración, se decidió observar si las cámaras estaban siendo sobrepobladas. Se decidió verificar que esto sucede mediante observación y conteo, verificando que lo registrado en el sistema (número de bines por lote ingresados a la cámara) y lo observado dentro de las mismas sean iguales.

Luego se realizó la diferencia entre lo que se debe tener y lo que se tiene dentro de las cámaras, para concluir si se está usando la cámara en sobre capacidad o no, se decidió observar las cámara 2 y 3 ya que son aquellas que tienen mayor capacidad, se observan los resultados en la **tabla 2.2** a continuación.

**Tabla 2.2 Porcentaje de sobre uso de cámaras 2 y 3**

BINES			
	Capacidad	Almacenados	Sobre uso
Cámara 2	267	279	4 %
Cámara 3	267	280	5 %

De manera que se pudo concluir que las cámaras estaban siendo sobre pobladas, por lo tanto el gas etileno no estaba fluyendo dentro de las cámaras como debería, habiendo bananos que no entraban en contacto a la misma cantidad de gas etileno que otros.

### 2.2.2 Credibilidad de los datos

Era importante verificar que los datos que se tomaron sean reales y verdaderamente acercados a la realidad, es por eso que, a pesar de haber comprobado en la sección 2.2.1.1 que los datos eran semejantes mediante el gráfico de una serie de tiempos de los datos tomados. Se procedió a realizar una comparación entre el valor teórico que sería el registrado en la base de datos y el valor práctico, resultado del muestreo realizado.

Para esto se debe mencionar que en la base de datos se trabaja con promedios, todos los grados brix que son tomados de las 20 bananos por lote, al final son promediados y eso es lo que se ingresa en el sistema, por tal motivo se decidió analizar ambos promedios, el teórico y el práctico, ya que eso es con lo que se trabaja en la empresa. Los resultados obtenidos se observan en la **tabla 2.3** a continuación.

**TABLA 2.3 Error entre dato teórico y práctico**

SEMANA	OPERADOR 36 HR	TESISTA 36 HR	%
1	13.6	13.4	0.0903%
2	13.6	13.6	0.0054%
SEMANA	OPERADOR 60 HR	TESISTA 60 HR	%
1	19.1	19.0	0.0471%
2	19.2	19.3	0.0595%

Así se pudo observar que la diferencia de error porcentual es mínima entre los datos tomados con los datos ya registrados en el sistema.

### 2.2.3 Precisión de los datos

Es importante para este proyecto que los datos que hayan sido recolectados, hayan sido tomado con las herramientas adecuadas, por lo que en la **tabla 2.4** que se muestra a continuación se observan los instrumentos, la unidad de medida y el rango entre el cual mide y su error.

**Tabla 2.4 Precisión de los instrumentos de medición**

Instrumentos	Nombre	Unidad de medida	
	Refractómetro	Grado brix	$(0-35) \pm 0.5$
	Termómetro	Temperatura	$(0-55) \pm 1$

### 2.2.4 Plan de acción para mejorar la toma de datos

Se planeó la inmediata calibración de los refractómetros, y se planteó estandarizar el proceso de muestreo de los grados brix del banano, ya que se debe limpiar el refractómetro antes de empezar a muestrear un nuevo banano.

Para mejorar la data tomada de los grados brix también se sugirió cambiar el sistema actual, donde en vez de registrar valores promedios, se ingresen todos los valores de los grados brix de los 20 bananos muestreados por lote y se los analice

por separados, sea mediante un análisis de capacidad para saber qué tanto porcentaje de ese lote se encuentra fuera de especificaciones.

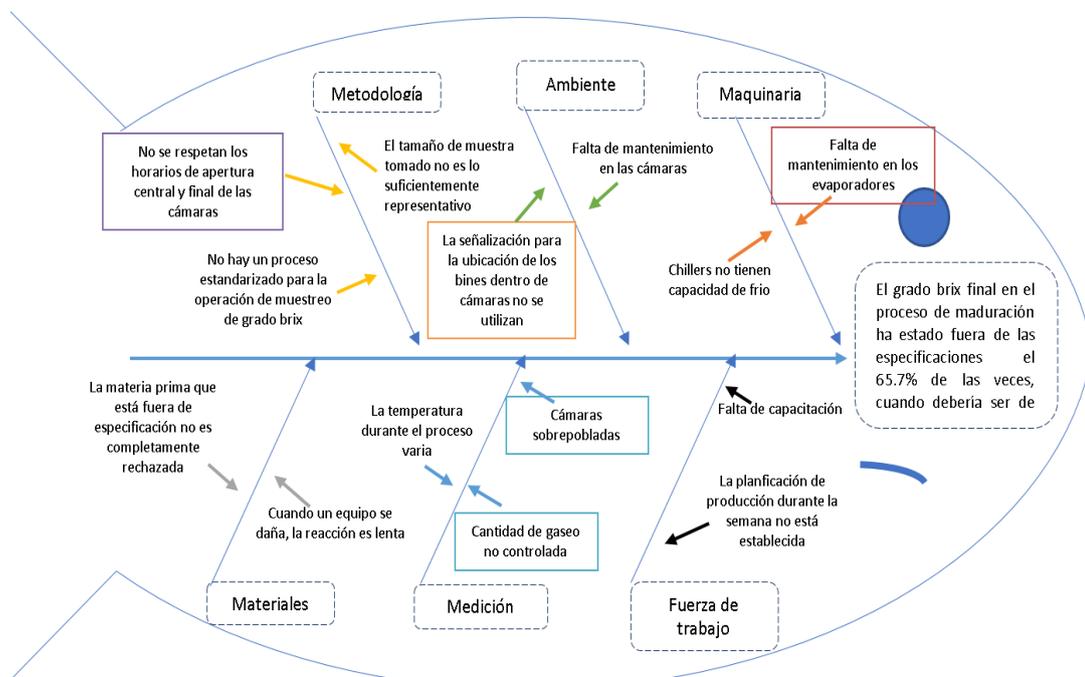
## 2.3 Análisis

Para la tercera etapa, se procedió a tomar toda la data recolectada y se comprobó si se relacionan con el problema, utilizando distintas herramientas como la espina de pescado, el grafico de impacto vs control y entre otras.

### 2.3.1 Espina de pescado

La espina de pescado es una herramienta utilizada para identificar las posibles causas de un problema específico, por lo que se lo utilizó en conjunto al equipo de trabajo para identificar las causas de nuestro problema definido.

Se enlistaron todas las causas que se identificaron en las distintas secciones del proceso como en su metodología, ambiente, maquinaria, medición, materiales y fuerza de trabajo, ver **figura 2.7**.



**Figura 2.7 Diagrama de espina de pescado**

### 2.3.2 Identificación y evaluación de causas

Se tomaron todas las causas identificadas en la espina de pescado, procedente se las enlistó y en conjunto al asistente de mantenimiento, el operador y supervisor del área de maduración se empezó a darle un valor entre 1,3 y 9 a cada causa. Este valor fue dado netamente por el conocimiento y perspectiva de cada uno sobre cada causa, en consecuencia para asignarle un valor final a cada causa, se tomó como referencia la moda de entre las calificaciones dadas, de manera que se consideró la opinión el valor mayormente repetido para llegar a un consenso.

El listado es el siguiente mostrado a continuación, la **tabla 2.5**.

**Tabla 2.5 Evaluación de causas identificadas**

N°	Causas	OPERADOR MADURACION	JEFE DE MANTENIMIENTO	SUPERVISOR MADURACION	VALUE
1	No se respetan los horarios de apertura de la cámara central y final	1	9	9	9
2	No hay un proceso estandarizado para la operación de muestreo de grado brix	3	3	9	3
3	El tamaño de muestra tomado no es lo suficientemente representativo	3	3	9	3
4	La señalización de las cámaras para ubicaciones de bins no se utilizan	1	9	9	9
5	Las cámaras carecen de mantenimiento	9	9	9	9
6	Los enfriadores no tienen suficiente capacidad de enfriamiento	9	3	3	3
7	El evaporador carece de mantenimiento	9	9	9	9
8	La materia prima fuera de especificaciones no es completamente rechazada	9	9	9	9
9	Reacción lenta cuando el equipo está dañado	3	9	3	3
10	La temperatura durante el proceso de maduración varía	9	9	9	9
11	Las cámaras están superpobladas	9	9	9	9
12	Las cantidades de gases no están controladas	9	9	9	9
13	Falta de entrenamiento al personal	3	9	9	9
14	La planificación del departamento de producción varía durante la semana	9	9	9	9

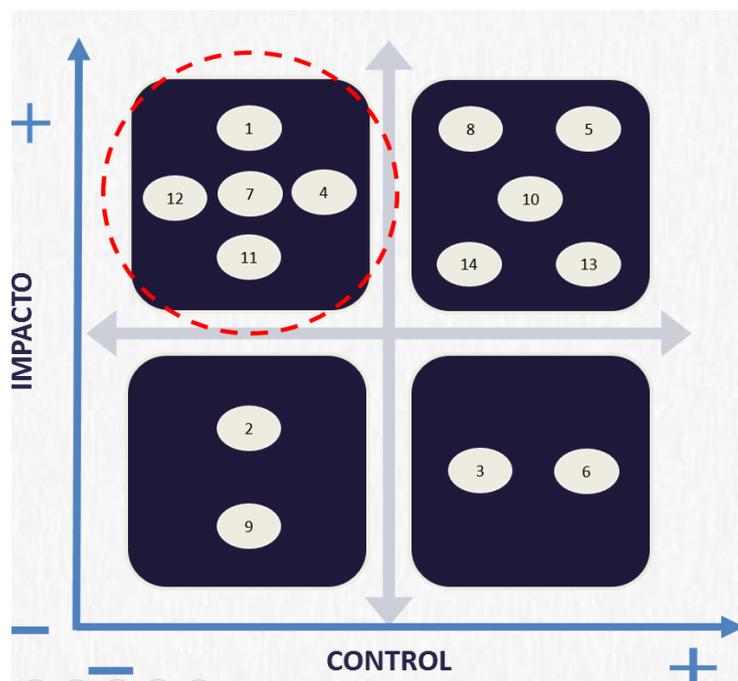
Se determinó que aquellas causas que tenían mayor relevancia con respecto al problema a partir de la tabla anterior eran:

- El irrespeto de los horarios de aperturas de las cámaras.
- La no utilización de la señalización.
- La falta de mantenimiento de las cámaras.
- La falta de mantenimiento al evaporador.
- La materia prima fuera de especificaciones no es completamente rechazada.

- La variación de la temperatura dentro de las cámaras durante el proceso.
- La sobre población de las cámaras.
- El no control sobre la cantidad de etileno gaseado dentro de las cámaras.
- Falta de capacitación al personal
- La variación en la planificación semanal del departamento de producción.

Lo siguiente que se realizó fue una matriz de impacto-control, de manera que se pudo identificar aquellas causas que tendrían un alto impacto en el proceso y que puedan ser controladas fácilmente.

La matriz fue elaborada igualmente por el equipo que trabajó en la elaboración de la espina de pescado, se ingresaron todas las causas que tuvieron un valor de relevancia igual a 9, obteniendo como resultado lo demostrado en la **figura 2.8**.



**Figura 2.8 Matriz impacto-control de causas**

### **2.3.3 Verificación de causas resultantes de la matriz Impacto - Control**

El siguiente paso fue verificar las causas, esto consistió en reconocer la importancia de cada una de las causas en el proceso y como lo afectan, comprobar la ocurrencia de estas causas y el responsable de identificarlas, se adjunta el plan de verificación en el **anexo B**.

#### **2.3.3.1 No se respetan los horarios de apertura de las cámaras**

Que las aperturas de cámaras se realicen en los horarios establecidos es importante puesto que, si la apertura de 36 horas es realizada muy temprana, puede cortar la maduración del banano.

Si la apertura de liberación a las 60 o 72 horas es realizada antes de tiempo, se obtendrá de igual manera un banano con falta de maduración. En cambio, si la apertura es realizada muy tarde, se obtiene un banano sobre maduro.

Para verificar que las cámaras no se estaban abriendo en los horarios requeridos, se procedió a elaborar un formato de control de aperturas, donde se establecieron las horas en las que se debía realizar una apertura y se registraron manualmente la hora en las que se las realizó.

El formato se utilizó en las cámaras 3 y 4 que eran aquellas que iniciaban el proceso de maduración del banano en el momento que se lo implementó, donde se identificó que la cámara 4 es abierta en un horario indebido 48% de las veces, mientras que la cámara 3 un 60% de las veces. Revisar **anexos C y D**, para evidenciar el formato utilizado.

#### **2.3.3.2 No se utiliza la señalización para la ubicación de los bines**

Colocar los bines en las cámaras de maduración sin seguir la señalización establecida, no deja que fluya constantemente el gas etileno, las gavetas deben mantener una separación de 15 cm entre ellos, mientras que la separación entre una gaveta y la pared debe ser de 10 cm.

Al colocarse los bines sin seguir la señalización y ubicarlos pegados unos a otros, o pegados a la pared, bloquea el flujo del etileno por lo que afecta a la maduración uniforme del banano, ya que no todos los bananos reciben la misma

cantidad de etileno que aquellos que se encuentran en la parte superior o las esquinas.

Para verificar esta causa se procedió a hacerlo mediante observación, como se muestra en la **figura 2.9** a continuación, evidenciando que no existe separación entre gavetas como se es requerido.



**Figura 2.9 Bines ubicados sin cumplir con separación**

### **2.3.3.3 Las cámaras son sobre pobladas**

Dentro de las cámaras los bines se almacenan volumétricamente, los operarios del área tratan de utilizar la mayor cantidad de espacio disponible para poder cumplir con los requerimientos del área de producción.

El haber espacio disponible no significa que deba ser ocupado por un bina, las cámaras están diseñadas de manera que se tiene contabilizado un número de bines establecido por filas, columnas y altura, revisar **anexo E**, donde se muestra la distribución que debe haber en cada cámara y el número de gavetas por filas, columnas y altura.

Al sobrepasar la altura para la cual está diseñada la cámara, se llegan a ubicar los bines a la altura de los evaporadores, lo cual obstaculiza el flujo continuo del gas etileno dentro de las cámaras, siendo así que no todos los bananos hacen

contacto con la misma cantidad de etileno y afectando a la maduración uniforme de los mismos.

Para verificar esta causa se procedió a hacerlo mediante observación, como se muestra en la **figura 2.10** a continuación, donde se puede ver que las gavetas están a la altura del techo, tapando el evaporador.



**Figura 2.10 Bines ubicados a la altura del evaporador**

#### **2.3.3.4 Falta de mantenimiento al evaporador**

El evaporador es la máquina que esparce el etileno por toda la cámara de maduración, aparte de estar conectado a los tanques de etileno, también lo está a los enfriadores, por lo que tanto el flujo del etileno, como la temperatura de la cámara dependen de él.

Si al evaporador no se le es dado el debido mantenimiento en los tiempos requeridos (1 vez al mes por lo menos según el personal del departamento de mantenimiento), se ve comprometida la eficiencia del equipo, por lo que no se garantiza la buena transferencia de calor que se lleva a cabo en el sistema.

De manera que si el evaporador falla, la temperatura dentro de la cámara se vuelve difícil de mantener, lo que provocaría que si tiende a aumentar la temperatura se obtenga un banano sobre madurado y si tiende a disminuir la temperatura, un banano con falta de maduración.

Para verificar la falta de mantenimiento de los evaporadores, se tuvo que ir a los registros de mantenimientos realizados en el área de maduración, donde se evidenció, que la última vez que se realizó una limpieza a la cámara fue el 23 de mayo del 2018 y la última vez que se hizo mantenimiento total fue el 16 de mayo del 2018, de manera que alrededor de 2 meses no se realizó ni un mantenimiento, trabajando con las cámaras en malas condiciones. La siguiente información se evidencia en la **figura 2.11** a continuación.

FECHA	CAMARA	TIPO DE LIMPIEZA		HORA INICIO	HORA FIN	NOVEDADES	OPERADOR	FIRMA SUPERVISOR	FIRMA MANTENIMIENTO	FIRMA CALIDAD	LIMPIEZA PROFUNDA: Cada Mes 1. Cloro, Agua, Limpiador de Evaporador
		PROFUNDA	SUPERFICIAL								
5/7/2018	3	X		14:00	19:00	Limpieza de vaporador, paredes, techo y piso	Vilcahuano				
5/11/2018	4	X		11:30	16:30	Se arranco la limpieza a las 11:30 y se paro a las 12: por hora de almuerzo se inicio nuevamente a las 13:00 se encontro el serpentín del evaporador doblado lo cual ocasiona que no tenga buena ventilación	Vilcahuano				
5/12/2018	2	X				Limpieza de vaporador, paredes, techo y piso	Vilcahuano				
5/13/2018	3FF	X				Limpieza de vaporador, paredes, techo y piso	Vilcahuano				
5/14/2018	1	X				Limpieza de vaporador, paredes, techo y piso	Vilcahuano				
5/15/2018	1FF	X				Limpieza de vaporador, paredes, techo y piso	Vilcahuano				
5/16/2018	2FF	X				Limpieza de vaporador, paredes, techo y piso	Vilcahuano				
5/17/2018	3		X			Limpieza del piso, recoger basura	Vilcahuano				
5/18/2018	2		X			Limpieza del piso, recoger basura	Vilcahuano				
5/19/2018	3FF		X			Limpieza del piso, recoger basura	Vilcahuano				
5/20/2018	4		X			Limpieza del piso, recoger basura	Vilcahuano				
5/21/2018	1		X			Limpieza del piso, recoger basura	Vilcahuano				
5/22/2018	1FF		X			Limpieza del piso, recoger basura	Vilcahuano				
5/23/2018	2FF		X			Limpieza del piso, recoger basura	Vilcahuano				

**Figura 2.11 Cronograma de limpieza de cámaras de maduración**

### 2.3.3.5 No se controlan las cantidades de etileno gaseado

El gas etileno es el encargado de garantizar la maduración del banano, sus compuestos químicos al hacer contacto con la fruta hacen que se caliente, acelerando el proceso de maduración de la misma.

La empresa establece que, por cámara, se debe gasear un total de 40 lt de gas etileno. Los operarios por experiencia, conocen que por minuto se gasean 10 lt de gas, por lo que se toman 4 minutos para hacerlo.

El no controlar que el gaseo se realice correctamente, al gasearse menores cantidades de etileno, se tiene un mayor número de banano con falta de maduración, y viceversa, a mayor cantidad de etileno gaseado, se obtiene una mayor cantidad de banano sobre madurado.

Para verificar si el gaseo se estaba haciendo correctamente, se procedió a la revisión de los informes llenados por los operarios del área de maduración donde

se registran los datos del sistema de medición como el caudal, la cantidad en litros gaseada, la presión del tanque en PSI y la presión del gas en PSI.

Se observó cómo los operarios llenaban el registro con datos diferentes a los marcados por los manómetros y el sistema de medición del tanque de gas etileno. Se evidenció que los datos de flujo, presión de gas y presión de tanque no eran iguales a aquellos mostrados por el manómetro.

### 2.3.4 Causas raíces

Luego de identificar las distintas causas de nuestro problema, seleccionar aquellas cuyo control es fácil y tienen gran impacto en el resultado del proceso y verificar la ocurrencia de las causas, es importante analizar cuáles son las causas raíces de cada una de las causas anteriormente identificadas.

A continuación se evidencia la utilización de la herramienta de “los 5 porqué” para cada una de las causas iniciales, ilustrado en la **tabla 2.6**.

**Tabla 2.6 Uso de herramienta 5 por qué**

N °	Qué?	Por qué?	Por qué?	Por qué?
1	No se respetan los horarios de apertura de las cámaras	No saben si el banano se está madurando de manera apropiada	El tiempo de maduración total no está establecido	
2	Chambers signaling for bins location aren't used	No saben donde ubicar cada uno de los bins	Las cámaras no tienen señalado donde ubicar cada bine	
3	Falta de mantenimiento a los evaporadores	Se lo realiza considerando su experiencia	No un tiempo específico para darles mantenimiento	Las cámaras siempre están trabajando
4	Las cámaras son sobre pobladas	El flujo del etileno dentro de las cámaras no es considerado	Los operarios creen que tienen suficiente espacio para almacenar los bins	
5	No se controla las cantidades de etileno gaseado	No se respetan parámetros como presión y flujo	El gaseo es realizado según la experiencia de cada operarios	

Finalmente, se identificaron que las causas raíces son:

- El tiempo de maduración no está establecido dentro de las cámaras.

- Las cámaras no tienen la señalización requerida.
- Las cámaras siempre están siendo usadas.
- Los operarios creen tener suficiente espacio para almacenar los bins.
- El gaseo es realizado según la experiencia de cada operario.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se detallará las propuestas de mejora relacionadas a las causas raíces encontradas en el capítulo anterior, donde se mostrará, la factibilidad de su implementación y el control que se tendrá de ser implementado.

### 3.1 Mejorar

En esta etapa se propuso distintas posibles soluciones a las causas raíces identificadas en el capítulo anterior, considerando las restricciones asociadas y el costo de implementación de cada solución propuesta.

#### 3.1.1 El tiempo de maduración en cámaras no está establecido.

El tiempo en el cual se realizan las aperturas de las cámaras no son respetadas, por tal motivo se propuso la elaboración de un formato en el cual deberá registrarse cada una de las aperturas y este sea validado por el supervisor de turno.

El formato consta con una columna numerada del 1 al 72 que representan las horas de aperturas, una columna donde se monitoreara la temperatura a cada hora, los grados brix de todas las muestras tomadas, y una columna de acciones correctivas. La validación del supervisor será mediante su firma que será registrada a la hora de la apertura y a la hora de cierre de la cámara.

Como restricción de dicha propuesta se tiene, que los datos están sujetos al error humano, la veracidad de que el supervisor firme sin comprobar si se realizó la respectiva apertura de cámara a las horas establecidas y falta de personal encargado del área de maduración. En el **anexo F** se evidencia el formato elaborado.

Como segunda propuesta se sugirió instalar en las puertas de las cámaras sensores marca Wattio, estos sensores vienen con una aplicación que se la descarga en el celular, de tal manera que una puerta se abra el sensor registrara la hora exacta y el tiempo que dura la cámara abierta. Estos sensores tienen un costo de adquisición de \$41.57 cada uno. Como restricción se presenta la disponibilidad

de conexión de internet y a su vez el uso de celular para el operador de maduración. Ver **figura 3.1** y **figura 3.2**.



**Figura 3.1 Sensor para puertas WATTIO**



**Figura 3.2 Aplicación para registro de aperturas**

Para esta causa raíz como última propuesta se sugirió la instalación de alarmas, dichas alarmas serán sincronizadas con las aperturas que tenga cada cámara, y esto permitirá que el operario se alerte cuando se active e inmediatamente realice la apertura de la cámara. Está ligada a las siguientes restricciones, la empresa tiende a tener cortes de energía y cada que se inicie un nuevo proceso de maduración se deberá configurar la alarma. Esta propuesta tiene un costo de \$35 por alarma sin incluir la instalación de la misma.



**Figura 3.3 Alarma de apertura**

### **3.1.2 Las cámaras no tienen señalización**

La segunda causa raíz que se analizó es acerca de las señalizaciones dentro de cámaras, por ende, se propuso marcar/ delimitar el área, considerando la medida de los bins, la distancia requerida de 15 cm entre cada fila de bins y 10 cm de distancia entre la pared y los bins. Como parte de esta mejora, se consideró capacitar a los montacarguistas, ya que debe conocer la importancia de colocar los bins en el espacio definido, con respecto al correcto flujo de etileno y obtener así una maduración uniforme del banano. Las restricciones que se encontraron en esta propuesta fueron, la reducción de la capacidad dentro de las cámaras, la disponibilidad de las mismas para ser implementado y que los montacarguistas no respeten las señalizaciones y coloquen los bins donde no se debería. Tiene un bajo costo de implementación de \$30. Ver **figura 3.4**.



### Figura 3.4 Señalización de ubicación de bines

Como segunda propuesta se sugirió la digitalización de la ubicación de los bines, en una plantilla de Excel se colocará las posiciones que se pueden tener en las cámaras, obteniendo la capacidad adecuada de cada una de ellas y nos mostrara donde estarán ubicados los bines de cada uno de los lotes. Esto permitirá a reducir los tiempos para ubicar cada lote al momento de realizar el muestreo.

A esta propuesta se le asocia las siguientes restricciones, el operador necesita registrar la data, por ende, es propenso a errores humanos y se reduce la capacidad de almacenamiento.

Ver **figura 3.5** y **figura 3.6** donde se observa dónde pueden ser ubicados los bines según la vista superior y frontal.

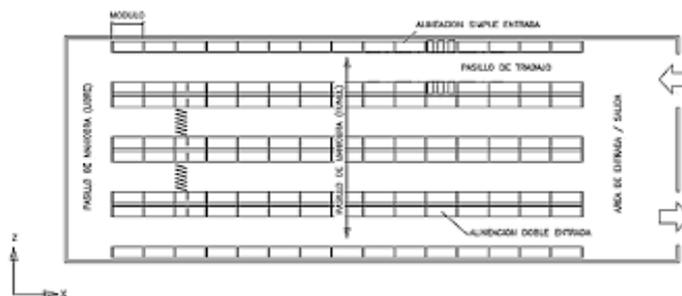


Figura 3.5 Vista superior de la cámara



Figura 3.6 Vista frontal de la cámara

### 3.1.3 Las cámaras siempre están en uso

El mantenimiento de las cámaras es muy importante realizarlo, esto ayuda tener los equipos en toda su capacidad, así como también es importante realizar las debidas limpiezas. La empresa trabaja dos turnos de 12 horas cada uno, los 7 días de la semana, lo que dificulta al departamento de mantenimiento realizar su trabajo en el área de maduración ya que las cámaras permanecen ocupadas el mayor tiempo de las veces.

Se sugirió tener un programa de mantenimiento, el cual indique la fecha a realizar el respectivo mantenimiento de las cámaras, el tiempo disponible para dicho mantenimiento o limpieza sea cual sea el caso, y las actividades que serán realizadas durante el mantenimiento.

Se debe mejorar la comunicación entre los departamentos de producción y mantenimiento, de manera que trabajando en conjunto se llevará una mejor planificación y así cumplir con los trabajos tanto de limpiezas profundas y limpiezas superficiales.

Las restricciones asociadas a esta mejora son, la planificación de producción, disponibilidad de las cámaras, el cumplimiento del mantenimiento profundo, el departamento de mantenimiento no tiene un rol principal en el proceso y la falta de personal de trabajo.

En el **anexo G** se puede observar el cronograma de mantenimientos propuestos inicial para todas las cámaras.

Como segunda propuesta se sugirió la compra de un nuevo evaporador, de manera que mejore el flujo de etileno dentro de la cámara, se mantenga constante la temperatura dentro de la cámara, el precio de un evaporador nuevo es de \$19000. La restricción asociada es la alta inversión que se debe realizar para dicha compra. En la figura 3.7 se observa un ejemplo evaporador para cámara de maduración, mientras que en la figura 3.8 se muestra un ejemplo de serpentín.



**Figura 3.7 Evaporador para cámara de maduración**



**Figura 3.8 Serpentín de evaporador**

#### **3.1.4 Los operarios creen que hay suficiente espacio en las cámaras**

Cada cámara tiene su capacidad de almacenamiento establecida, pero los operarios colocan más bines de lo debido, una de las propuestas que se llegó a sugerir fue la construcción de una cámara nueva de maduración, resultando en un aumento de la capacidad de maduración. Las dimensiones de dicha cámara estarán definidas de acuerdo con la demanda actual de la empresa.

En conjunto al departamento de compras, se cotizó a \$96.593, que varía según las dimensiones de esta. El construir una nueva cámara, presenta como restricción la alta inversión requerida, el tiempo de implementación, la falta de espacio físico y el incremento de agentes de control en el área de maduración.

En la **figura 3.9** se puede observar el ejemplo de una cámara de maduración.



**Figura 3.9 Cámara de maduración**

Colocar sensores de altura al nivel de los evaporadores fue la segunda propuesta, de manera que cada vez que se ubiquen bins a dicha altura, se emita una alerta que comunique a los operarios que están bloqueando los evaporadores, a un precio total de \$450, la propuesta está ligada a las siguientes restricciones, tener el sensor no asegura que el montacarguista ubique los bins a la altura del evaporador y los operadores buscan cumplir con la planificación de producción.

En la **figura 3.10** se puede observar un ejemplo de sensor.



**Figura 3.10 Sensor de movimiento**

### 3.1.5 Los operarios realizan el gaseo mediante su propia experiencia

El gaseo realizado por los operarios, sabiendo que, si se gasea la cámara durante 4 minutos, se tendrá dentro de ella un total de 40 litros de etileno considerando una presión de tanque de 1000 psi. El problema yace en que no se consideran los distintos factores variables como el caudal al que fluye el etileno y la presión del tanque a medida que el tanque se vacía.

Se propuso realizar de manera inmediato, cambiar el manómetro análogo, por uno digital, de manera que se incremente la precisión de la operación y ayude al operador a validar que se esté realizando el trabajo correctamente. A continuación, en la **figura 3.11** se muestra un ejemplo de manómetro digital.



**Figura 3.11 Manómetro digital**

El sistema de gaseo actual como propuesta se sugirió cambiar por uno automático, esto reducirá el error humano, aumentará la precisión en las cantidades de gas enviado a las cámaras, dicho sistema es flexible ante los factores variables mencionados anteriormente.

Esta propuesta tiene un valor de \$750 la implementación y como restricciones el operador debe estar constantemente pendiente del nivel de etileno en el tanque y el alto valor de inversión. En la **figura 3.12** se puede observar el sistema de gaseo automático.



**Figura 3.12 Sistema de gaseo automático**

Las propuestas de mejora fueron presentadas a la gerencia, donde se autorizó la implementación de aquellas que no requerían de una gran inversión para la empresa, por ende, las propuestas implementadas fueron el formato de aperturas de cámaras, el cronograma de mantenimiento y limpieza, con la respectiva aplicación del mismo, la señalización de la ubicación de los bins en los interiores de las cámaras.

Una vez implementado dichas propuesta se procederá a diseñar el modelo es estadístico-matemático para predecir el grado brix del banano, para lo cual considerará el estado de las cámaras actuales para poder realizar su predicción. El estado de las cámaras mejorará a medida que sean implementadas las distintas mejoras.

Por factores no controlables, como falta de personal de mantenimiento, del área de maduración, el ajuste de planificación de las áreas de producción y mantenimiento y el cambio de gerencia no se pudieron aplicar de manera inmediata todas las mejoras autorizadas, a excepción del formato de aperturas de cámaras y el modelo estadístico-matemático. Sin embargo, se dejó realizado el

cronograma de mantenimientos de las cámaras, especificando la semana que debe realizarse según se indicó la constancia de la disponibilidad de las cámaras, también se entregó el diseño interior de las cámaras, indicando cuantas filas y columnas deben haber de bins, y la cantidad máxima de bins que deben almacenarse volumétricamente.

### **3.2 Modelo estadístico-matemático**

El modelo estadístico-matemático es capaz de acercarse de forma más acertada a la generación de datos muestrales, asemejándolos a los datos de una población, considerando las diversas variables que afectan al proceso, para el diseño del modelo estadístico-matemático se realizó un diseño de experimentos, donde se ha considerado diferentes factores con múltiples niveles.

Los factores son, la capacidad de cámara, apertura y temperatura (Datos tomados en la fase de medir), de las cuales se tenía 2, 4, y 2 niveles respectivamente. Para el factor de capacidad se estableció si esta cumplía (1) o no (0), para la temperatura del proceso si era baja o alta y para las aperturas, hora 0, 36, 60 y 72, en la cual como variable de respuesta con estas conjugaciones se obtenía los grados brix.

#### **3.2.1 Fase inicial**

Se procedió al diseño del modelo estadístico con un nivel de confianza del 95%, el cual contó con 3 réplicas teniendo en consideración que es un muestreo destructivo, se obtuvo 48 datos dando así como resultado un modelo complejo. Observar **ecuación 3.1**.

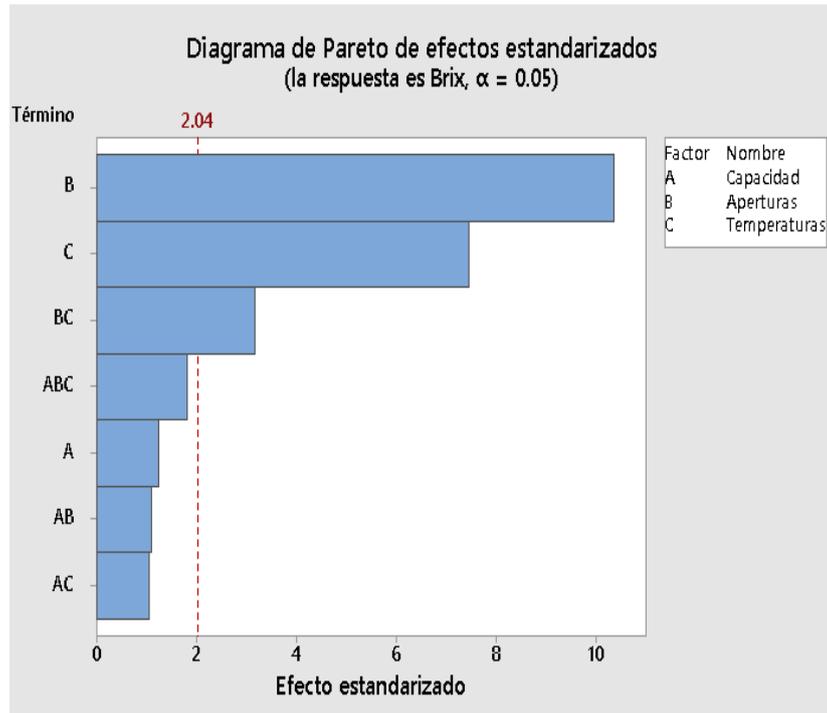
### Ecuación de regresión

(3.1)

$$\begin{aligned} \text{Brix} = & 13.021 + 0.175 \text{ Capacidad}_0 - 0.175 \text{ Capacidad}_1 - 7.471 \text{ Aperturas}_0 \\ & - 2.036 \text{ Aperturas}_{36} + 3.584 \text{ Aperturas}_{60} + 5.924 \text{ Aperturas}_{72} \\ & - 1.044 \text{ Temperaturas}_{\text{Baja}} + 1.044 \text{ Temperaturas}_{\text{Alta}} - 0.048 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_0 \text{ Baja} \\ & + 0.375 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_0 \text{ 36} + 0.078 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_0 \text{ 60} \\ & - 0.405 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_0 \text{ 72} + 0.048 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_1 \text{ 0} \\ & - 0.375 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_1 \text{ 36} - 0.078 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_1 \text{ 60} \\ & + 0.405 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas}_1 \text{ 72} + 0.149 \text{ Capacidad} * \text{Temperaturas}_0 \text{ Baja} \\ & - 0.149 \text{ Capacidad} * \text{Temperaturas}_0 \text{ Alta} - 0.149 \text{ Capacidad} * \text{Temperaturas}_1 \text{ Baja} \\ & + 0.149 \text{ Capacidad} * \text{Temperaturas}_1 \text{ Alta} + 0.872 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ Baja} \\ & - 0.872 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ Alta} - 0.642 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{36} \text{ Baja} \\ & + 0.642 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{36} \text{ Alta} - 0.371 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{60} \text{ Baja} \\ & + 0.371 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{60} \text{ Alta} + 0.141 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{72} \text{ Baja} \\ & - 0.141 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{72} \text{ Alta} + 0.621 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 0} \\ & \text{Baja} - 0.621 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 0 Alta} \\ & - 0.304 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 36 Baja} \\ & + 0.304 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 36 Alta} \\ & + 0.004 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 60 Baja} \\ & - 0.004 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 60 Alta} \\ & - 0.321 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 72 Baja} \\ & + 0.321 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ 72 Alta} \\ & - 0.621 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 0 Baja} \\ & + 0.621 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 0 Alta} \\ & + 0.304 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 36 Baja} \\ & - 0.304 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 36 Alta} \\ & - 0.004 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 60 Baja} \\ & + 0.004 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 60 Alta} \\ & + 0.321 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 72 Baja} \\ & - 0.321 \text{ Capacidad} * \text{Aperturas} * \text{Temperaturas}_1 \text{ 72 Alta} \end{aligned}$$

### 3.2.1.1 Análisis de varianza 1

Se realizó un análisis de varianza donde se identificó qué factores considerados inicialmente están relacionados con nuestra variable de respuesta, como hipótesis nula se tiene que los factores afectan al brix de liberación, se logró identificar que los únicos factores que afectaban en las condiciones que se encuentran las cámaras actualmente eran las horas de aperturas de las cámaras y la temperatura, por lo tanto, la capacidad y sus combinaciones no serán consideradas en el modelo como se muestra en la **figura 3.13** ya que con un nivel de significancia del 5% no afecta.



**Figura 3.13 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados**

### 3.2.2 Fase final

Hecho el análisis previo se llegó a reducir la ecuación de predicción de grados brix considerablemente al no incluir la capacidad de la cámara. Observar **ecuación 3.2.**

(3.2)

#### Ecuación de regresión

$$\begin{aligned}
 \text{Brix} = & 13.021 - 7.471 \text{ Aperturas}_0 - 2.036 \text{ Aperturas}_{36} + 3.584 \text{ Aperturas}_{60} \\
 & + 5.924 \text{ Aperturas}_{72} - 1.044 \text{ Temperaturas}_{\text{Baja}} + 1.044 \text{ Temperaturas}_{\text{Alta}} \\
 & + 0.872 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ Baja} - 0.872 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_0 \text{ Alta} \\
 & - 0.642 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{36} \text{ Baja} + 0.642 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{36} \text{ Alta} \\
 & - 0.371 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{60} \text{ Baja} + 0.371 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{60} \text{ Alta} \\
 & + 0.141 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{72} \text{ Baja} - 0.141 \text{ Aperturas} * \text{Temperaturas}_{72} \text{ Alta}
 \end{aligned}$$

#### 3.2.2.1 Análisis de varianza 2

Teniendo ahora 2 factores, con su respectiva combinación el modelo se llegó a concluir que, con el modelo más robusto, las aperturas y la temperatura afectan,

el modelo obtenido es una ecuación de regresión binaria, donde podemos ver cuál es la combinación más factible para obtener los brix deseados.

### 3.2.2.2 Selección y evaluación de escenarios

Se realizó un resumen de escenarios predecibles utilizando la ecuación obtenida anteriormente, el cual de acuerdo con las combinaciones posibles podíamos obtener el grado brix más conveniente para nuestro proceso, dichos escenarios son detallados a continuación en la **tabla 3.1**.

**Tabla 3.1 Escenarios a probar**

Escenario	Condición
Escenario A	Apertura 0 – Temperatura Baja
Escenario B	Apertura 0 – Temperatura Alta
Escenario C	Apertura 36 – Temperatura Baja
Escenario D	Apertura 36 – Temperatura Alta
Escenario E	Apertura 60 – Temperatura Baja
Escenario F	Apertura 60 – Temperatura Alta
Escenario G	Apertura 72 – Temperatura Baja
Escenario H	Apertura 72 – Temperatura Alta

Primero se observó qué se obtenía si se hacía una apertura a las 72 horas a una temperatura alta, como resultado se obtuvo un grado brix de 19.84, segundo se probó realizar una apertura a las 36 horas con temperatura baja, donde se obtuvo 9.29 grados brix, luego se intentó una apertura a las 60 horas con temperatura baja, teniendo como resultado 15.19 grados brix, y así se probaron todos los escenarios posibles, hasta que se lograron dos combinaciones que eran las más convenientes dado que estaban dentro de las especificaciones de los grados brix para el proceso, realizando la apertura a las 72 horas y manteniendo una temperatura baja para obtener un banano con 18.04 grados brix o realizando la combinación de temperatura alta y abriendo la cámara a las 60 horas, para obtener un grado brix de 18.02. **Ver figura 3.14 y tabla 3.2.**

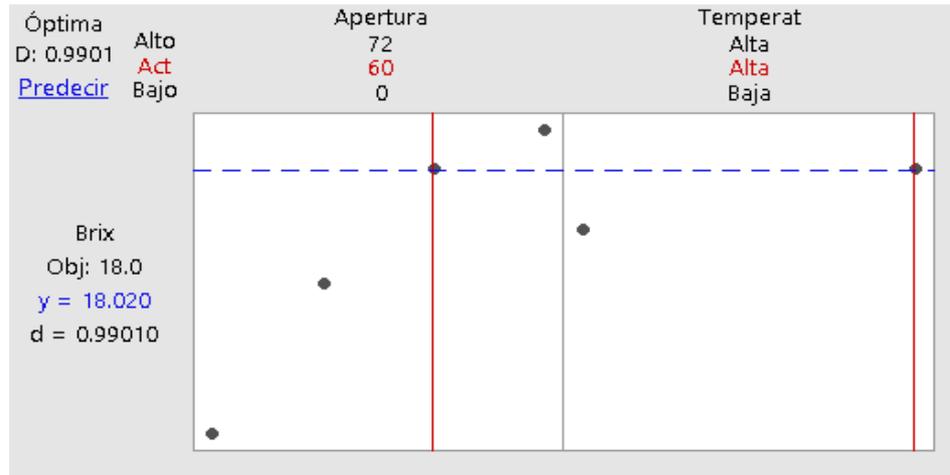


Figura 3.14 Escenarios predichos

Tabla 3.2 Resumen de escenarios

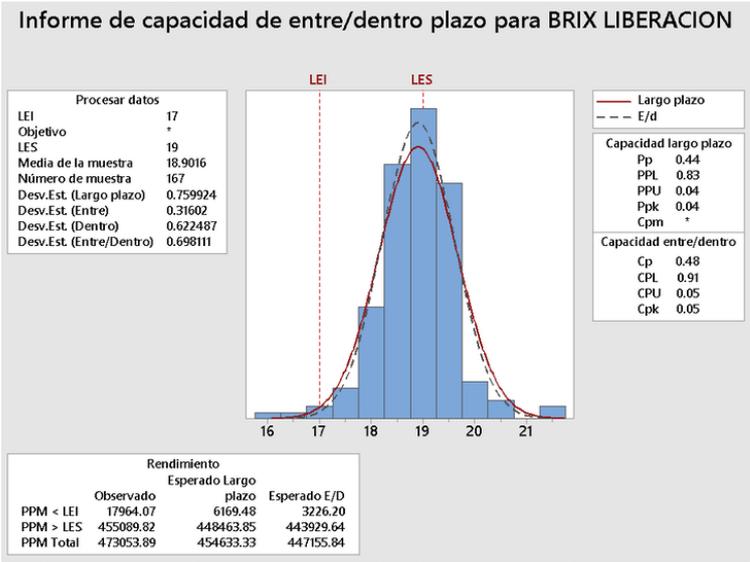
Resumen del escenario									
		Valores actuales:							
		A	B	C	D	E	F	G	H
<b>Celdas cambiantes:</b>									
Apertura 0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Apertura 36	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Apertura 60	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Apertua 72	1	0	0	0	1	0	0	0	1
Temperatura Bajas	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Temperatura Altas	1	0	0	0	0	1	1	1	1
<b>Celdas de resultado:</b>									
\$M\$80	19.848	5.378	9.299	15.19	18.042	5.722	12.671	18.02	19.848

### 3.3 Resultados de implementación

El modelo predice los grados brix a obtener según las distintas combinaciones entre aperturas y temperatura que mantiene la cámara, por falta de tiempo en el proyecto, no se logró obtener resultados aplicando los dos escenarios, por lo que el nivel de precisión del modelo no se pudo establecer, aun así, el porcentaje de banano fuera de especificaciones no iba a disminuir mayormente, por las condiciones en las que se encontraban las cámaras, ya que de igual manera el flujo no era el más adecuado.

El formato de aperturas de cámaras fue implementado por 10 días, en ese corto periodo de tiempo en el que las aperturas se normalizaron y empezaron a realizarse a las horas que debían, se elaboró un nuevo análisis de capacidad del proceso donde se notó una

gran mejora en el grado brix del banano, se obtuvo una reducción de un 18.7% del banano que venía estando fuera de especificaciones siendo este un 47%, como se evidencia en la **figura 3.15**.



**Figura 3.15** Análisis de capacidad luego de implementación de formato

### 3.4 Controlar

El modelo es totalmente dependiente a los datos recolectados, por eso, una vez implementadas todas las mejoras, se obtendrá nueva data, de manera que, se estableció como plan de control, que el modelo debe ser actualizado mensualmente por el supervisor del área de maduración, así, se obtendrán resultados reales según las condiciones actuales de la cámara, pudiendo existir cambios en el grado brix predicho por cada uno de los escenarios.

En el **anexo H**, se muestra el plan de control establecido, donde se explica el por qué debe controlarse, cómo debe controlarse, dónde debe controlarse, cuándo debe controlarse, quién debe controlarlo y cuál es el costo de controlarlo.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

1. El modelo predice el grado brix a obtener dependiendo de las condiciones actuales de las cámaras de maduración, se establecieron mejoras que apuntan al control correcto del proceso de maduración, desde que el banano es ubicado en las cámaras hasta que se liberan las mismas y se obtiene un banano maduro.
2. Se estableció que los bines al ser almacenados volumétricamente en las cámaras, no deben alcanzar en altura al evaporador, así mismo, la distancia entre bines debe ser de 15 cm, mientras que para la separación con la pared debe ser de 10. Se debe cumplir con estas especificaciones dentro de la cámara para garantizar el flujo del gas etileno y la maduración uniforme del trabajo.
3. Se entregó una plantilla en Excel donde se pueden probar los distintos escenarios posibles del modelo, para predecir el grado brix final al liberar el banano.
4. El modelo fue elaborado con datos obtenidos con las cámaras en condiciones normales, dado que por falta de personal no se pudieron efectuar los mantenimientos y señalados de cámaras inmediatamente.
5. Con la data utilizada inicialmente, mediante análisis estadístico de varianza, se pudieron descartar si se gasea la cantidad de etileno correcto y el almacenamiento adecuado dentro de las cámaras, por lo que se determinó que los únicos factores que afectan el proceso de maduración son los horarios de apertura de las cámaras y la temperatura.
6. Se capacitó al personal, para que tome correctamente los datos, en las horas requeridas, este pendiente de los cambios de temperatura dentro de las cámaras, ingrese datos para la actualización mensual del modelo y coloque los bines dentro de las cámaras como se deben.

## 4.2 Recomendaciones

1. Se recomienda la aplicación inmediata de todas las propuestas de mejoras, de manera que se pueda obtener datos con las cámaras en condiciones óptimas y garantizar la maduración uniforme del banano.
2. El modelo actualmente solo considera las aperturas de las cámaras y la temperatura que mantienen las mismas, se aconseja mejorar la precisión de la toma de datos de cantidad gaseada de etileno y de las cantidades de bines que entran como sobrecapacidad en las cámaras, de manera que realizando un análisis de varianzas se pueda demostrar que interfieren en el proceso y se las pueda considerar en un modelo de mayor complejidad y precisión.
3. Se puede empezar a tomar datos en horas menores a las 60, de manera que se pueda analizar la reducción del tiempo total del proceso y la factibilidad de la misma.
4. Se recomienda finalmente dejar de utilizar promedios para registrar en el sistema de la empresa, empezar a registrar los 20 datos obtenidos por lote dentro de las cámaras y analizarlos por separado antes de ingresarlos al sistema para mejorar la precisión de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Revista Tecnológica ESPOL. (2010, Noviembre) Efecto del Tipo de Producción de Banano Cavendish en su Comportamiento Poscosecha (Vol. 23) [Online]. Disponible en: <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/54/25>

[2] A. Ordoñez. "Diseño de un proceso para la maduración acelerada de banano utilizando etefon como agente madurador," Tesis de grado, FIMCP. ESPOL, Guayaquil, Ecuador, 2005 [Online]. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4252/1/6772.pdf>

[3] S. Mosquera. (2009, Octubre) Efecto de recubrimiento natural y cera comercial sobre la maduración del banano (*Musa sapientum*) (Vol. 7) [Online]. Disponible en: <http://revistabiotecnologia.unicauca.edu.co/revista/index.php/biotecnologia/article/viewFile/122/101>

[4] D. Montgomery, "Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería". 2da ed. XV 817 P. / 23 CM. Mexico: Lumisa Wiler, 1996.

[5] E. Grant, "Control estadístico de calidad" XV 817 P. / 23 CM. Edición 2. México: Compañía Editorial Continental, 1999.

[6] C. Banano EM. (2017, Septiembre 11). Una nueva forma de control de la maduración del banano [Online]. Disponible en: <http://banano.ebizar.com/control-de-la-maduracion-del-banano/>

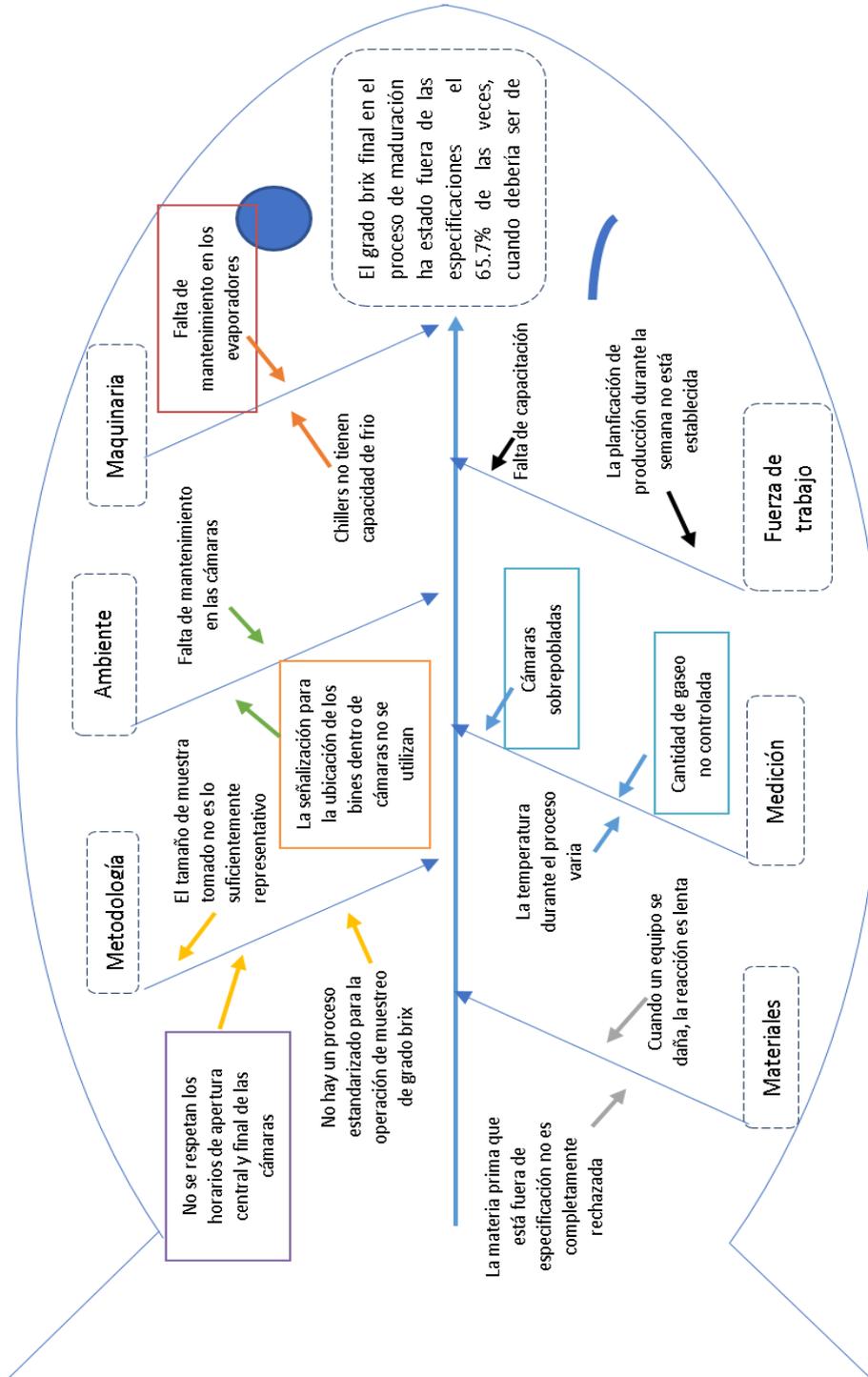
[7] John Deere. (2017, Marzo 14). Influencia del etileno en la maduración [Online]. Disponible en: <https://www.deere.com.mx/es/nuestra-compa%C3%B1a/medios-y-noticias/nuestras-novedades/2017/mar/influencia-del-etileno.html>

[8] J. Johnson. (2018). Voice of the Customer: Definition, Benefits and Tips [Online]. Disponible en: <https://www.deere.com.mx/es/nuestra-compa%C3%B1a/medios-y-noticias/nuestras-novedades/2017/mar/influencia-del-etileno.html>

# **ANEXOS**

# ANEXO A

## DIAGRAMA DE ESPINA DE PESCADO



## ANEXO B

### TABLA DE VERIFICACIÓN DE CAUSAS

N°	CAUSAS	VALOR	HIPOTESIS	VERIFICACION	RESPONSABLE
1	No se cumplen los horarios de apertura de las cámaras	9	Si las aperturas son realizadas antes de tiempo, es posible que se corte la maduración del banano, obteniendo así un banano verde y si la apertura es realizada muy tarde, se obtiene un banano sobre maduro	Mediante la observación y registro de las horas en que las cámaras son abiertas	Operador del área de maduración
2	No se utiliza la señalización de las cámaras	9	Colocar los bines sin considerar las ubicaciones marcadas, dificulta el flujo correcto del gas etileno en las cámaras	Observando como los bines están pegados unos a otros sin mantener una correcta distancia	Operador del área de maduración
3	Falta de mantenimiento a los evaporadores	9	Si el evaporador falla, se dificulta el mantener la temperatura estable dentro de las cámaras, al igual que influye en el flujo del gas etileno	Mediante observación del estado actual del evaporador	Operador del área de maduración
4	Las cámaras están sobre pobladas	9	Exceder la capacidad de las cámaras trae como consecuencia la obstrucción del evaporador, influyendo negativamente en el flujo del gas etileno	Mediante observación y conteo de las cantidades de bines que son ingresadas a las cámaras	Operador del área de maduración
5	Las cantidades de etileno gaseado no son controladas	9	Aplicando una cantidad menor de gas etileno dentro de las cámaras obtiene como resultado un banano frito de maduración, así mismo aplicar cantidades mayores de gas etileno se obtiene un banano sobre maduro	Observando al operador durante la acción de gaseo	Operador del área de maduración

## ANEXO C

### CONTROL DE APERTURAS DE CÁMARA 4

#### CONTROL APERTURAS CAMARA 4

LOTE	HORA DE INICIO	1ª HORAS	HORA APERTURA	4ª HORAS	HORA APERTURA	5ª HORAS	HORA APERTURA
1475	6/16/18 20:00	6/17/18 20:00	20:00 *	6/18/18 20:00	20:00 *	6/19/18 4:00	4:00 *
1477	6/18/18 11:00	6/19/18 11:00	11:00 *	6/20/18 11:00	11:00 *	6/21/18 21:00	21:00 *
1484	6/23/18 2:00	6/23/18 2:00	2:00 *	6/24/18 2:00	2:00 *	6/24/18 14:00	14:00 *
1485	6/24/18 17:00	6/25/18 17:00	17:00 *	6/26/18 17:00	17:00 *	6/27/18 5:00	5:00 *
1486	6/27/18 11:00	6/28/18 11:00	11:00 *	6/29/18 11:00	11:00 *	6/29/18 20:00	20:00 *
1507	6/29/18 23:00	6/30/18 23:00	23:00 *	7/1/18 23:00	23:00 *	7/2/18 11:00	11:00 *
1508	7/2/18 16:00	7/3/18 16:00	16:00 *	7/4/18 16:00	16:00 *	7/5/18 2:00	2:00 *
1491	7/5/18 5:30	7/6/18 5:00	5:00 *	7/7/18 5:00	5:00 *	7/8/18 17:00	17:00 *
1512	7/13/18 20:00	7/14/18 20:00	20:00 *	7/15/18 20:00	20:00 *	7/16/18 8:00	8:00 *
1506	7/10/18 11:00	7/11/18 11:00	11:00 *	7/12/18 11:00	11:00 *	7/13/18 23:00	23:00 *
1513	7/13/18 2:00	7/14/18 2:00	2:00 *	7/15/18 2:00	2:00 *	7/15/18 14:00	14:00 *
1504	7/15/18 17:00	7/16/18 17:00	17:00 *	7/17/18 17:00	17:00 *	7/18/18 4:00	4:00 *
1505	7/18/18 8:00	7/19/18 8:00	8:00 *	7/20/18 8:00	8:00 *	7/20/18 20:00	20:00 *
1555	7/20/18 21:00	7/21/18 21:00	21:00 *	7/22/18 21:00	21:00 *	7/23/18 11:00	11:00 *
1517	7/23/18 14:00	7/24/18 14:00	14:00 *	7/25/18 14:00	14:00 *	7/26/18 2:00	2:00 *
1591	7/26/18 5:00	7/27/18 5:00	5:00 *	7/28/18 5:00	5:00 *	7/29/18 17:00	17:00 *
1543	7/28/18 20:00	7/29/18 20:00	20:00 *	7/30/18 20:00	20:00 *	7/31/18 8:00	8:00 *
1545	7/31/18 11:00	8/1/18 11:00	11:00 *	8/2/18 11:00	11:00 *	8/3/18 14:00	14:00 *
1517	8/3/18 2:00	8/4/18 2:00	2:00 *	8/5/18 2:00	2:00 *	8/6/18 17:00	17:00 *
1563	8/5/18 17:00	8/6/18 17:00	17:00 *	8/7/18 17:00	17:00 *	8/8/18 5:00	5:00 *

## ANEXO D

### CONTROL DE APERTURAS DE CÁMARA 3 FF

CONTROL APERTURAS CAMARA 3 FF							
LOTE	HORA DE INICIO	24 HORAS	HORA APERTURA	48 HORAS	HORA APERTURA	60 HORAS	HORA APERTURA
1472	6/17/18 18:00	6/18/18 18:00	19:00	6/19/18 18:00	19:14	6/20/18 5:00	6:50
1475	6/20/18 9:00	6/21/18 9:00	11:00	6/22/18 9:00	11:58	6/22/18 21:00	—
1496	6/23/18 0:00	6/24/18 0:00	08:00	6/25/18 0:00	11:00	6/25/18 13:00	13:11
1488	6/25/18 15:00	6/26/18 15:00	19:34	6/27/18 15:00	15:18	6/28/18 3:00	—
1494	6/28/18 6:00	6/29/18 6:00	6:00	6/30/18 6:00	6:26	6/30/18 18:00	14:11
1493	6/30/18 21:00	7/1/18 21:00	10:00	7/2/18 21:00	10:54	7/3/18 9:00	6:11
1486	7/3/18 12:00	7/4/18 12:00	11:40	7/5/18 12:00	13:06	7/6/18 0:00	—
1490	7/6/18 1:00	7/7/18 1:00	—	7/8/18 1:00	—	7/8/18 15:00	11:58
1486	7/8/18 18:00	7/9/18 18:00	18:00	7/10/18 18:00	18:00	7/11/18 6:00	6:00
1498	7/11/18 9:00	7/12/18 9:00	08:11	7/13/18 9:00	11:17	7/13/18 21:00	21:02
1514	7/14/18 0:00	7/15/18 0:00	—	7/16/18 0:00	—	7/16/18 12:00	11:59
1516	7/16/18 15:00	7/17/18 15:00	14:58	7/18/18 15:00	14:50	7/19/18 3:00	—
1526	7/19/18 6:00	7/20/18 6:00	16:01	7/21/18 6:00	—	7/22/18 18:00	17:52
1522	7/22/18 21:00	7/23/18 21:00	—	7/24/18 21:00	11:07	7/24/18 9:00	11:53
1528	7/24/18 12:00	7/25/18 12:00	11:40	7/26/18 12:00	—	7/27/18 0:00	—
1529	7/27/18 3:00	7/28/18 3:00	—	7/29/18 3:00	—	7/29/18 15:00	—
1529	7/29/18 18:00	7/30/18 18:00	17:16	7/31/18 18:00	18:40	8/1/18 5:00	5:07
1590	8/1/18 9:00	8/2/18 9:00	08:54	8/3/18 9:00	—	8/3/18 21:00	—
1506	8/6/18 0:00	8/7/18 0:00	—	8/8/18 0:00	—	8/8/18 12:00	—
1505	8/6/18 15:00	8/7/18 15:00	—	8/8/18 15:00	19:00	8/9/18 3:00	8:00





## ANEXO G

### CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE CÁMARAS

Cámara	Fecha de Mitto	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom	Duración	Responsable	Observación	Aprobado
Cámara 1	Semana 39								2 días	Jose Romero	Limpieza de evaporador, cambio de tuberías de etileno	
Cámara 2	Semana 35								3 días	Jose Romero	Sellar puertas, Limpieza total de evaporador, cambio de tuberías	
Cámara 3	Semana 37								3 días	Jose Romero	Limpieza de evaporador, cambio de tuberías de etileno	
Cámara 4	Semana 36								3 días	Jose Romero	Limpieza de evaporador, cambio de tuberías de etileno	
Cámara 3FF	Semana 38								3 días	Jose Romero	Limpieza de evaporador, cambio de tuberías de etileno	

## ANEXO H

# PLAN DE CONTROL DE MEJORAS

¿Qué?	¿Por Qué?	¿Cómo?	¿Dónde?	¿Cuándo?	¿Quien?	¿Cuanto?
<b>Formato de apertura de cámara</b>	Si los datos no se registran en los tiempos establecidos, esto afecta el modelo estadístico, teniendo un resultado no real	Capacitar al personal, ayudándoles a comprender la importancia del horario de apertura de las cámaras, y validando que los datos se hayan recopilado bien con la firma del supervisor de turno	Area de maduración	Cada vez que se abre una nueva cámara a veces 0,32 y 60 (Hr)	El operador del área de maduración debe llenar los tiempos exactos cuando se abren las cámaras, mientras que el supervisor del área debe validarlo con su firma.	\$ 5,00
<b>Modelo Estadístico - Matemático</b>	Afectará el rendimiento del banano durante el proceso de maduración	Actualizar datos todos los meses, para que nuevos escenarios puedan ser probados	El modelo se aplicará en el área de maduración	La primera semana de cada mes	El supervisor del área de maduración usará el modelo y se encargará de actualizar sus datos	\$ -
<b>Señalización de ubicación de los bines</b>	Habiendo ubicado correctamente los bines, permitirá que el etileno fluya alrededor de toda la cámara	Entrenar al alpinista, para que pueda localizar bines en las áreas marcadas, también mediante la observación de la señalización no se ve borroso después de usar las cámaras	En las cámaras de maduración	Cada vez que se liberen cámaras, antes de colocar nuevos bines.	El supervisor del área de maduración entrenará al montacarguista, junto con el personal del área de maduración	\$ 30,00
<b>Calendario de mantenimiento y limpieza</b>	Es importante tener los evaporadores en las mejores condiciones, por lo que la temperatura en las cámaras puede mantenerse entre (22-24) C, que es lo que el modelo estadístico considera. El cumplimiento de los mantenimientos programados, se tendrá datos predios.	Tener una buena comunicación entre los departamentos de Producción y Mantenimiento, para que el plan de mantenimiento preventivo elaborado pueda llevarse a cabo	En las cámaras de maduración	La limpieza profunda se realizará mensualmente y la limpieza superficial semanalmente	Departamento de mantenimiento y operador del área de maduración	\$ 250,00