

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingenierías**

**Six sigma en alimentos: Reducción de la variabilidad en la  
maduración de banano en una cadena de supermercados  
ecuatoriana**

**Jorge Enrique Dobronski Torres**

**Ingeniería Industrial**

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito  
para la obtención del título de  
**INGENIERO INDUSTRIAL**

Quito, 20 de diciembre de 2021

# **UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ**

**Colegio de Ciencias e Ingeniería**

## **HOJA DE CALIFICACIÓN DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

**Six sigma en alimentos: Reducción de la variabilidad en la maduración de  
banano en una cadena de supermercados ecuatoriana**

**Jorge Enrique Dobronski Torres**

**Nombre del profesor, Título académico**

**Cristina Camacho, Ms.**

Quito, 20 de diciembre de 2021

## © DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: **Jorge Enrique Dobronski Torres**

Código: **00201623**

Cédula de identidad: **1719734665**

Lugar y fecha: **Quito, 20 de diciembre de 2021**

## **ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN**

**Nota:** El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETheses>.

## **UNPUBLISHED DOCUMENT**

**Note:** The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETheses>.

## RESUMEN

Dentro de los supermercados existen una cantidad muy elevada de productos, cada uno tiene sus características de cuidado para que no se llegue a mermar dentro de la empresa y genere una pérdida en utilidad. Los productos perecibles son complicados de manejar frente a su corta fecha de caducidad y su sensibilidad a varios factores como la temperatura, etileno, ventilación, etc. Dentro de las cámaras de maduración de una cadena de supermercados en Ecuador, se generaba una variabilidad en los grados de maduración del banano. Tras una modificación de alturas en el pallet, se logró una uniformidad de maduración en todo el lote del producto para que así su despacho a los distintos locales sea más estandarizado y controlado.

**Palabras clave:** DMAIC, Six Sigma, Banano, Supermercado.

## ABSTRACT

Within supermarkets there are a very high number of products, each one has its own characteristics of care so that it does not diminish within the company and generates a loss in utility. Perishable products are difficult to handle due to their short expiration date and their sensitivity to various factors such as temperature, ethylene, ventilation, etc. Within the ripening chambers of a supermarket chain in Ecuador, a variability of the degrees of ripeness of the banana was generated. After a modification of heights in the pallet, a uniformity of maturation was achieved throughout the batch of the product so that its dispatch to the different locations is more standardized and controlled.

**Key words:** DMAIC, Six Sigma, Banana, Supermarket

**TABLA DE CONTENIDO**

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>DESARROLLO DEL TEMA.....</b>	<b>13</b>
<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>17</b>
<b>DESARROLLO .....</b>	<b>19</b>
<b>MEDIR.....</b>	<b>23</b>
<b>ANALIZAR.....</b>	<b>32</b>
<b>MEJORAR .....</b>	<b>36</b>
<b>CONTROLAR .....</b>	<b>42</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO A: Flujo del proceso de manejo de banano en centro de distribución .....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO B: Estándar de grados de maduración de banano.....</b>	<b>49</b>
<b>ANEXO C: Project Charter.....</b>	<b>50</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<i>Tabla 1.</i> Crítico para la calidad CTQ's .....	21
<i>Tabla 2.</i> Estudio R&R .....	29
<i>Tabla 3.</i> ANOVA Temperaturas .....	33
<i>Tabla 4</i> ANOVA temperaturas tras mejora .....	37

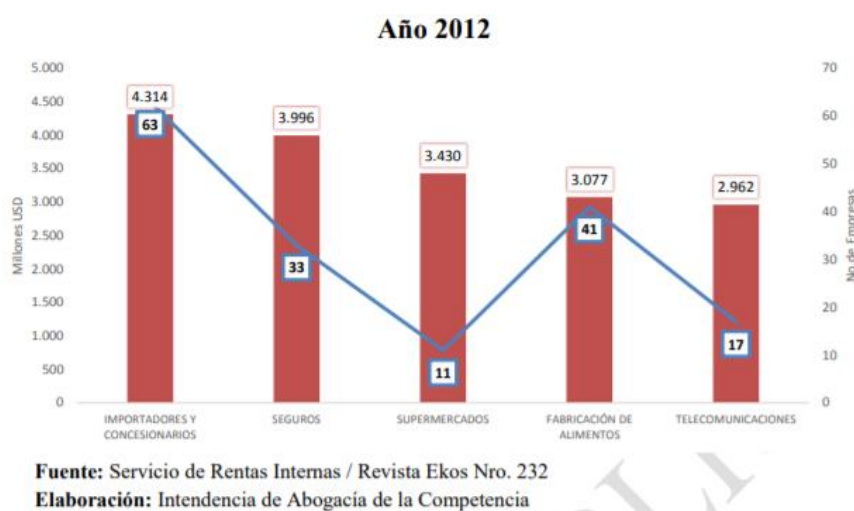


## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Aporte económico de los diferentes sectores en 2012.....	10
<i>Figura 2.</i> La metodología DMAIC para el desarrollo de proyectos six sigma .....	18
<i>Figura 3.</i> Mermas de frutas y verduras .....	19
<i>Figura 4.</i> Representación de cámara de maduración .....	24
<i>Figura 5.</i> Carta de Control Nivel Alto .....	25
<i>Figura 6.</i> Carta de Control Nivel Medio .....	26
<i>Figura 7.</i> Carta de Control Nivel Bajo .....	27
<i>Figura 8.</i> Tasas de clasificación incorrecta .....	30
<i>Figura 9.</i> % de exactitud por evaluador .....	31
<i>Figura 10.</i> Intervalo Temperatura vs. Posición.....	34
<i>Figura 11.</i> Prueba de Tukey al 95% .....	35
<i>Figura 12.</i> Mejora implementada para pallet .....	36
<i>Figura 13.</i> Códigos para Military Standard.....	38
<i>Figura 14.</i> Elección del nivel de inspección .....	39
<i>Figura 15.</i> Elección del tamaño de la muestra .....	39
<i>Figura 16.</i> Elección de los valores AQL .....	40
<i>Figura 17.</i> Tabla de inspección normal.....	40
<i>Figura 18.</i> Tabla de inspección normal.....	41

## INTRODUCCIÓN

Un supermercado se entiende como la superficie destinada para la “distribución al por menor de productos alimenticios, no alimenticios de consumo masivo y artículos de hogar”.(Fiscalía Nacional Económica de Chile, 2007) En Ecuador, frente al último informe de estudio de mercado proporcionado en la página web de la Superintendencia de Control del Poder de Mercado sobre el sector de supermercados, este ha aportado significativamente a la economía del país siendo el tercer sector con más facturaciones llegado a una cantidad de “3.429,88 millones de dólares después del sector de importadores/concesionarios (USD 4.314,31 millones) y el sector de seguros (USD 3.996,20 millones)” en el año 2012 tal como se muestra en la figura 1. En ese entonces, únicamente 11 empresas contribuían con la facturación de todo el sector de supermercados haciendo que sea el sector con menos empresas contribuyentes del estudio. Dentro de las principales empresas de este sector se encuentra: Corporación Favorita C.A., Corporación El Rosado S.A., Tiendas Industriales Asociadas S.A. y Mega Santa María S.A. cuya contribución es del 47.5%, 29.2% 14.3% y 9.0% respectivamente. (Intendencia de Abogacía de la Competencia, 2014)



*Figura 1. Aporte económico de los diferentes sectores en 2012*

Cada una de estas empresas cuenta con una estructura de mercado con tres actores principales: los proveedores que son los encargados de producir cada producto, las sucursales de venta o locales que se encargan de tener los productos exhibidos (pueden ser de distintos tamaños y tener diversidad de productos dependiendo a la clase social al que apunte su mercado directo) y por último, pero no menos importante, “el consumidor que es el que adquirirá cada producto para su utilización respectiva a las funciones correspondientes del mismo”(Intendencia de Abogacía de la Competencia, 2014).

Además de sus tres actores principales existen dos factores importantes para los supermercados que serían: los productos que se ofrecen (su buen estado, calidad, valor, etc.) y la experiencia al cliente que se vende con cada uno de ellos. “Para poder garantizar la calidad y la seguridad alimentaria del producto, tanto como para poder reducir el desperdicio alimentario y la generación de residuos es importante la fecha de consumo preferente y de caducidad de los alimentos ya que estas forman parte de la información y experiencia para el consumidor y para la empresa” (Palop, 2019).

En recientes estudios sobre el desperdicio de alimentos en supermercados, los enfoques de estos “se basan en describir la cantidad de desperdicios, sus causas y cómo se debería manejar las donaciones para la caridad” (Smaje, 2008).

Dentro de los productos alimenticios que ofrecen los supermercados existen tres tipos de alimentos: perecederos, semi-perecederos y no perecederos. Los alimentos perecederos son aquellos que tienen una duración corta y se descomponen rápidamente influenciados por diversos factores como la temperatura, humedad y presión a la que son sometidos durante su comercialización, transporte y almacenamiento.

“Las frutas y vegetales están en la categoría de los alimentos más perecibles en los supermercados cuando son preordenados y mantenidos en stock durante un periodo de tiempo, alrededor del 70% de desperdicios ocurren por esta razón” (Eriksson M., 2012).

Debido a esto y a la fecha de caducidad en los productos, especialmente en alimentos perecibles, se implementan en los supermercados sistemas de conservación de comida con ciertas temperaturas de almacenamiento en áreas como lácteos, frutas, vegetales, carnes, etc. para así poder minorar en lo posible mermas en la empresa debido a esta causa. “Es por eso por lo que, las condiciones especiales de conservación deberán mantenerse invariables a lo largo de toda la cadena de suministro, es decir, en todos sus procesos de almacenamiento, transporte, expedición, manipulación, etc.” (Cisneros, 2021). El banano se considera como uno de los principales productos dentro de la exportación así lo afirma Pedro Arias “Dado que el banano es el primer producto de exportación del Ecuador” (2002). al ser un producto perecedero es uno de los alimentos que más merma genera dentro de los supermercados ecuatorianos debido a la mala maduración o conservación que le pueden llegar a durante los procesos anteriormente mencionados.

## **DESARROLLO DEL TEMA**

### **Revisión literaria**

Esta sección incluye la descripción de un supermercado ecuatoriano, los procesos que se desarrollan, los productos que se maneja realizando un total énfasis en los alimenticios, es decir, un estudio de las mermas no recuperables de frutas y vegetales, siendo el banano el caso de estudio por ser caracterizado como una de las frutas que mayor desperdicio genera, ya que tienen el ciclo de ser desechados en base a su apariencia o color, seguidos por la donación a fundaciones y con el análisis de la utilidad directa de la empresa.

### **Características del banano**

El cultivo de banano representa una de las actividades agrícolas más importantes para el país, debido a la cantidad de réditos que provienen de esta actividad.

“El banano es una de las frutas más importantes dentro del mercado ecuatoriano, en 2017 ya representaba un 2% del PIB del país” (Ministerio de Comercio Exterior, 2017). Es parte esencial de la economía ecuatoriana debido a que mediante su producción se obtienen ingresos importantes para el desarrollo de la cultura ecuatoriana.

Posee diversas características o propiedades que inciden en la salud de los consumidores, a través de algunos beneficios.

Es una fruta climatérica, es decir, sigue madurando luego de cortada. Este proceso, que varía entre 5 y 10 días, puede acelerarse en cámaras de maduración. (AEBE, 2010) Razón necesaria para implementar procesos que minimicen su desperdicio. La

producción de esta fruta se concibe en diferentes fases, en ocasiones se acorta el proceso de maduración debido al uso de los recursos tecnológicos.

“Este proceso se puede ver con cambios físicos del producto como su color verde de la cáscara se cambia a amarillo cuando ya la pulpa está madura y cambios químicos dentro de la pulpa de banano que el almidón se convierte en azúcar” (Cho, 2021).

Esta se llega a madurar gracias a que produce etileno de manera natural, el cual es una hormona que genera que se madure la pulpa para que se haga más dulce en su consumo. Por otra parte, al ser una fruta tropical, está acostumbrada a desarrollarse en climas calientes y húmedos. Dentro de los supermercados o cualquier comercializadora del producto, exponen al producto a temperatura inferiores con el fin de disminuir la velocidad de su proceso de maduración. Sin embargo, si llega a estar expuesto a temperaturas por debajo de los 13°C por largos periodos de tiempo, se puede visualizar daños superficiales en la cáscara con su coloración opaca o quemaduras” (Wang, 2021).

### **Manejo para maduración en empresas enfocado en la temperatura**

Algunas de las empresas utilizan cámaras de maduración que son controladas en ocasiones por industrias internacionales. La maduración del banano es muy delicada y depende de muchos factores para que se pueda desarrollar de buena manera. “El etileno juega un gran papel dentro de la maduración del banano dado que hace que acelere su proceso de maduración” (Quevedo, 2017).

Corresponde a uno de los factores más importantes dentro de este aspecto se incluyen algunos elementos importantes entre ellos los “cambios incluyen aumento de la permeabilidad de la membrana, pérdida de firmeza de la pulpa, disminución del contenido de almidón, aumento de azúcar niveles y cambios en el color de la fruta, la tasa de respiración y la producción de etileno” (Chen et al., 2021).

Existen algunos cambios que se manifiestan dentro de la estructura en cuanto a la producción de etileno, además del color de la fruta. Si no se controla la cantidad de etileno producido naturalmente o el inducido de manera externa, se puede llegar a dañar o madurar muy rápido permitiendo que se dañe antes de llegar al piso de venta. También, al estar cerca de otras frutas con grados de producción altos de etileno, causa que se maduren mucho más rápido de lo habitual.” Otro factor fundamental para este estudio es la temperatura ya que esta es un determinante de cómo se va a ir madurando paulatinamente” (Ozeano Urdina Sociedad Limitada, 2019).

Este tipo de sistemas requieren de la ejecución adecuada sobre el manejo de la temperatura, de tal manera que: “Actualmente se conoce que la reducción de temperatura ayuda a poder controlar la maduración del banano” (Quevedo, 2017). se puede regular la misma a conveniencia para sacar la mercadería cuando se la necesite.

Sin embargo, esta es un arma de doble filo porque hace que no se pueda responder a demandas repentinas ya que no se va a tener la cantidad necesaria de maduración del producto para vender. Además, necesita una corriente de aire alrededor de todo el producto para que la temperatura interna del mismo llegue a disminuir ya que si solo se mantiene el exterior temperado hará que la cáscara se quemé generando manchas negras o que el color no sea tan intenso como debería. Esto no significa que el producto este dañado por dentro, pero a ojos del consumidor no va a ser agradable.

El empaque juega un rol bastante interesante dentro de todo este proceso ya que están diseñados “para que se mantenga el calor dentro y hagan que permanezca bien el producto, pero si llega a estar muy maduro la mercadería tendrá un efecto negativo” (Othman et al., 2021). En cuanto al uso del empaque es necesario mencionar que es

necesario y se concibe de manera esencial dentro de la producción del banano con el fin de conservar el producto.

### **Medición de grados de banano mediante grados Brix**

Los grados Brix en alimentos como las frutas en conserva, vinos y refrescos se tratan de una unidad de medida para la concentración de azúcar que hay en estos. Esto ayuda a determinar de una manera cuantificable en que etapa de maduración está “el producto, logrando quitar subjetividades de cada percepción de las personas que deben delimitar etapas del mismo proceso de maduración” (Lázaro, 2017). Se aplica con el objetivo de generar una nueva perspectiva sobre el producto final.



## METODOLOGÍA

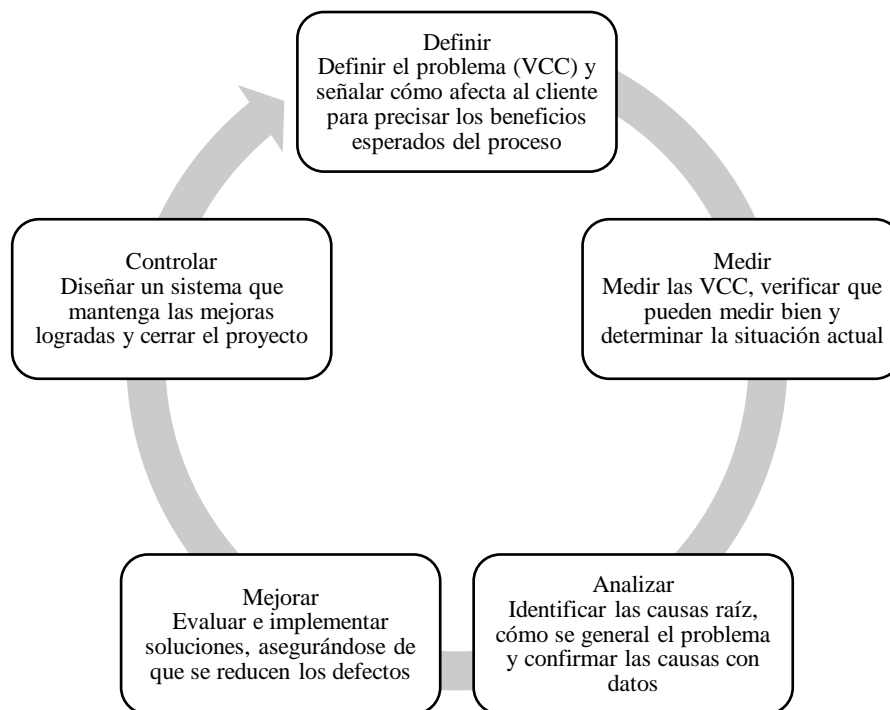
Este proyecto considera six sigma ( $6\sigma$ ) en alimentos para la reducción de la variabilidad en la maduración de banano en una cadena de supermercados ecuatoriana.

Los procesos son un elemento vital para la empresa. Al no tener claro todos los procesos o ejecutarlos de manera errónea causan inconsistencias en los resultados, lo que genera una ineficiencia y malgasto de recursos. Six sigma se encarga de la limpieza de estos procesos para que se vuelvan eficientes, aplicables y que descarten las falencias del factor humano. (Gutierrez, 2014).

Para desarrollar la metodología en este proyecto se utiliza DMAIC, que ayuda a eliminar las diferentes variabilidades existentes dentro de los procesos, con el fin de generar control dentro de los mismos y evitar la incertidumbre de los resultados generados. Al tener un producto tan complejo de manejar y que a la vez es tan sensible para cualquier tipo de cambio de variable, se necesita encontrar, medir, analizar, eliminar y controlar estas variabilidades para que así se cumpla la meta de reducir por lo menos el 1% de la merma no recuperable de los locales más críticos de la empresa.

### DMAIC

En six sigma los proyectos se desarrollan en forma rigurosa con la metodología de cinco fases: definir, medir, analizar, mejorar y controlar (DMAIC en inglés: define, measure, analyze, improve and control). La metodología DMAIC se muestra en la figura 3. (Gutierrez, 2014).



*Figura 2.* La metodología DMAIC para el desarrollo de proyectos six sigma

Donde VCC son las variables críticas de calidad.

Dentro de este tipo de empresas se utiliza para mejorar la eficiencia y reducir el desperdicio al mínimo. (Kharub, 2021). En el caso de algunos supermercados se utiliza también para la detección del problema de la lentitud en el proceso de autorización de órdenes de compra, lo que contribuye a que los productos de los proveedores no estén a tiempo y que esto genere retrasos en las órdenes de distribución. Estas demoras causan, a su vez, mayores pagos por tiempo extra.

Otro caso es el control de producción, lo que implica cambiar el modelo a uno de orden, es decir, solo se producirá lo que el centro pida y cuando lo requiere. Por ende, se considera factible y necesario generar un proyecto six sigma para atender el problema.

## DESARROLLO

### Línea base de la empresa en mermas

Para este artículo, se realizó un estudio en una cadena de supermercados ecuatoriana que se reserva la divulgación de datos que comprometan sus cifras reales. A lo largo de todo el documento se entregará únicamente los datos que fueron proporcionados con previa autorización y en porcentajes. La empresa en cuestión, hasta junio de 2021 cuenta con un 0.4197% de mermas no recuperables, esto ocasiona que se tenga un decrecimiento en la utilidad con la misma proporción.

Todos los productos que conforman la merma no recuperable son aquellos que se dañan a lo largo de toda la cadena de suministro sin alcanzar al consumidor final, tomando en cuenta que no se pueden devolver al proveedor dado que son productos importados o que son comprados al peso con diferentes proveedores codificando el producto con el mismo SKU. Algunas de las clasificaciones que aportan a las mermas no recuperables son: carnes, pollos, embutidos, comidas preparadas, mariscos, panadería, frutas y verduras, etc. De estas la mayor aportadora es la de frutas y verduras cuyo porcentaje se desconoce por reservación de la empresa.

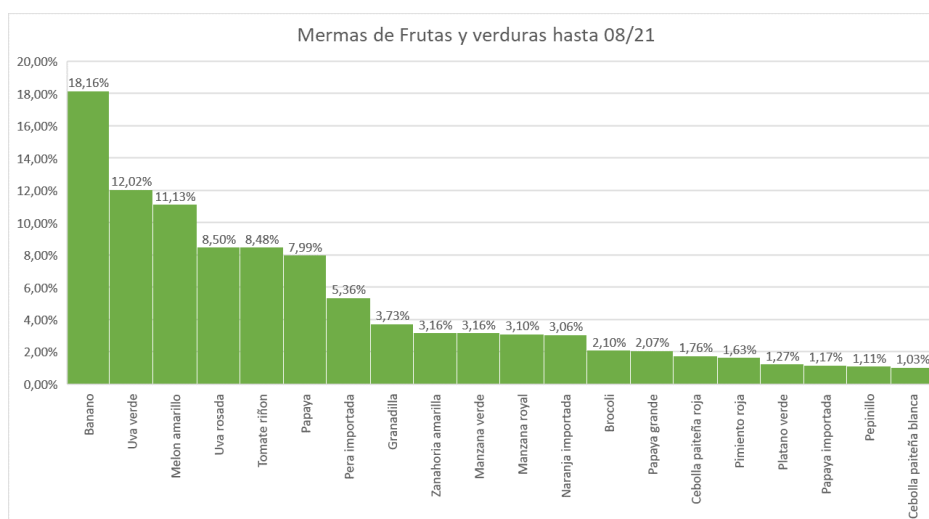


Figura 3. Mermas de frutas y verduras

Dentro de la clasificación de frutas y verduras, el banano es el top 1 en mermas hasta agosto de 2021 con un 18,16%. Se graficó los datos en forma de un diagrama de Pareto, el cual es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales.

El análisis de Pareto es aplicable a todo tipo de problemas: calidad, eficiencia, conservación de materiales, ahorro de energía, seguridad, etc. (Gutierrez, 2014) La teoría nos dice que la mayoría de los problemas se encuentra en un porcentaje pequeño de las causas y que se debe atacar a las causas que se encuentren con el mayor porcentaje con prioridad para obtener una mejora significativa. (Pyzdek, 2003). Para el caso nos enfocaremos únicamente en el banano por límites de factor humano disponible y permisos de la empresa.

Una vez identificado el producto que se requiere tratar, se realizó un diagrama de flujo del proceso, desde que llega el banano a las instalaciones de la empresa hasta que se carga el furgón para su distribución hacia cada local, con el fin de comprender la realidad del proceso de la empresa.

Un flujo del proceso es la creación de un diagrama donde la línea principal sigue la secuencia normal del proceso en la que se da el problema analizado. Se anotan las principales etapas del proceso, y los factores o aspectos que pueden influir en el problema se agregan según la etapa en la que intervienen.

En la selección de las métricas del flujo del proceso es importante asegurarse de que, a través de ellas, se está escuchando al cliente, por lo que pueden ser variables críticas del desempeño y la calidad del proceso (tiempo de ciclo, costos, defectos, quejas, productividad). (Gutierrez, 2009) (Ver Anexo A).

En este caso, se notó que el banano llega en un grado de maduración 1 frente a la escala estandarizada por la empresa (Ver anexo B) y se mantiene así hasta llegar a las cámaras de maduración donde permanecerá durante 9 a 10 días hasta que llegue al grado deseado para su despacho.

Al tratarse de un proceso interno, nuestro cliente a satisfacer va a ser cada local. Se determinó los CTQ's (critical to quality), que son aquellas características del producto o servicio que interesan principalmente a los clientes. Son atributos que influyen en la decisión del cliente por comprar o contratar determinado producto o servicio. Para ello es importante interpretar la voz del cliente ya que manifiesta las necesidades de este. Cualquier incumplimiento de estas necesidades puede derivar en un rechazo y, por ende, en una caída del nivel de servicio. (Canónico, 2012).

Consecuentemente se consideró el estándar propuesto por la empresa de recibir en un grado 4 de maduración y que se reciba toda la mercadería en buenas condiciones en todos los locales. Esto nos otorgó nuestros requerimientos críticos del cliente (CCR) y para los CTQ, con la información proporcionada en la revisión literaria de las características del banano sobre los factores que afectan la maduración, se plasmó que deben tener una temperatura adecuada constante y una uniformidad de toda la maduración de banano al mismo grado 4.

*Tabla 1. Crítico para la calidad CTQ's*

CCR	CTQ
Producto Homogéneo que cumple el grado 4 de maduración.	Grado de maduración con las temperaturas adecuadas.

Finalizando la fase de definir, se plasmó un *project charter* para sintetizar toda la información recolectada como así tener claro el objetivo del proyecto, la forma de medir su éxito, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en el proyecto. (Gutierrez, 2014, pág. 291) (Ver Anexo C).

Específicamente dentro del caso, los grados de maduración de los bananos despachados no son los mismos para cada local y no se está cumpliendo con sus requerimientos críticos.

## MEDIR

En la fase medir existe una observación más a detalle para identificar que cada pallet cuenta con 48 cajas de banano. La disposición de cada pallet cuenta con una división de altura de 8 niveles de cajas, los mismos que se encuentran en una cámara de maduración que tiene la capacidad de almacenar 16 pallets. Al momento del despacho se vio que los niveles del 1 al 3 de las cajas generaban un grado de maduración, del 4 al 6 otro grado de maduración y del 7 al 8 otro distinto de los posteriores. De igual manera, cada pallet no se comportaba de la misma forma que los otros ya que los grados de maduración de los mismos niveles de cada pallet eran distintos.

Dado que necesitamos tener una temperatura estable para lograr una maduración uniforme debemos comprender como se encontraba el estado del proceso frente a cambios de temperatura. La empresa tiene un estándar de mantener el banano a 16.5°C dentro de las cámaras de maduración para que así cumpla con la periodicidad del despacho y que el producto se madure de manera correcta. Para esto se implementó cartas de control.

El objetivo básico de una carta de control es observar y analizar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. Esto permitirá distinguir las variaciones por causas comunes de las debidas a causas especiales (atribuibles), lo que ayudará a caracterizar el funcionamiento del proceso y así decidir las mejores acciones de control y de mejora. Son diagramas para variables que se aplican a procesos masivos, en donde en forma periódica se obtiene un subgrupo de productos, se miden y se calcula la media y el rango R para registrarlos en la carta correspondiente. (Gutierrez, 2009)

Se tomaron los datos de la siguiente manera, dado que los niveles del 1 al 3, 4 al 6 y 7 al 8 tenía comportamientos similares en los grados de maduración se los junto para tener un análisis más general. Se determinó nivel bajo para las cajas del 1 al 3, nivel medio para

las cajas del 4 al 6 y finalmente nivel alto para las cajas del nivel 7 y 8. Igual para comprobar la circulación del aire de la cámara se tomaron en referencia 6 pallets, dos del fondo de la cámara, dos de la mitad y dos del extremo de la cámara.

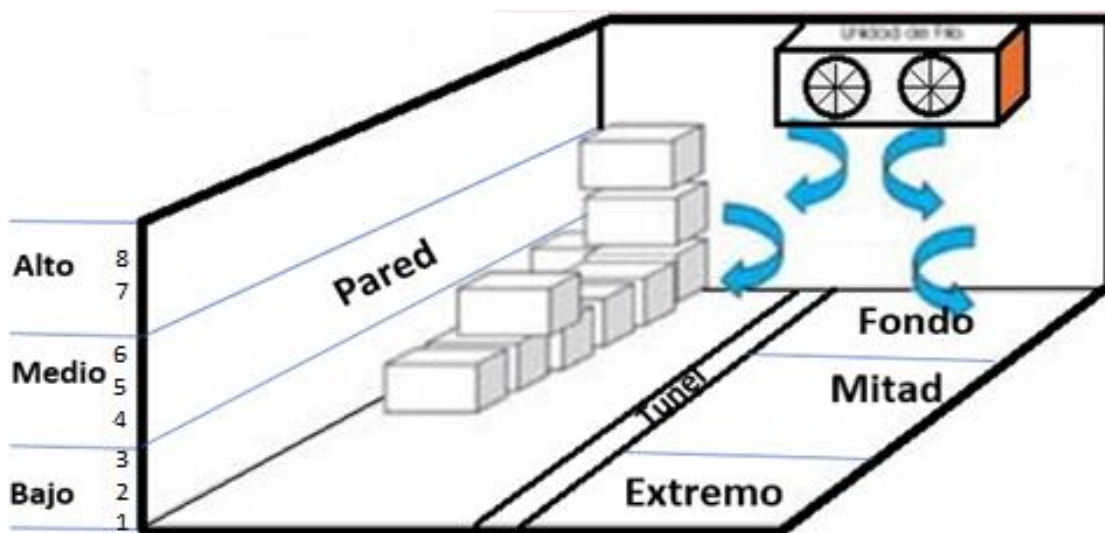


Figura 4. Representación de cámara de maduración

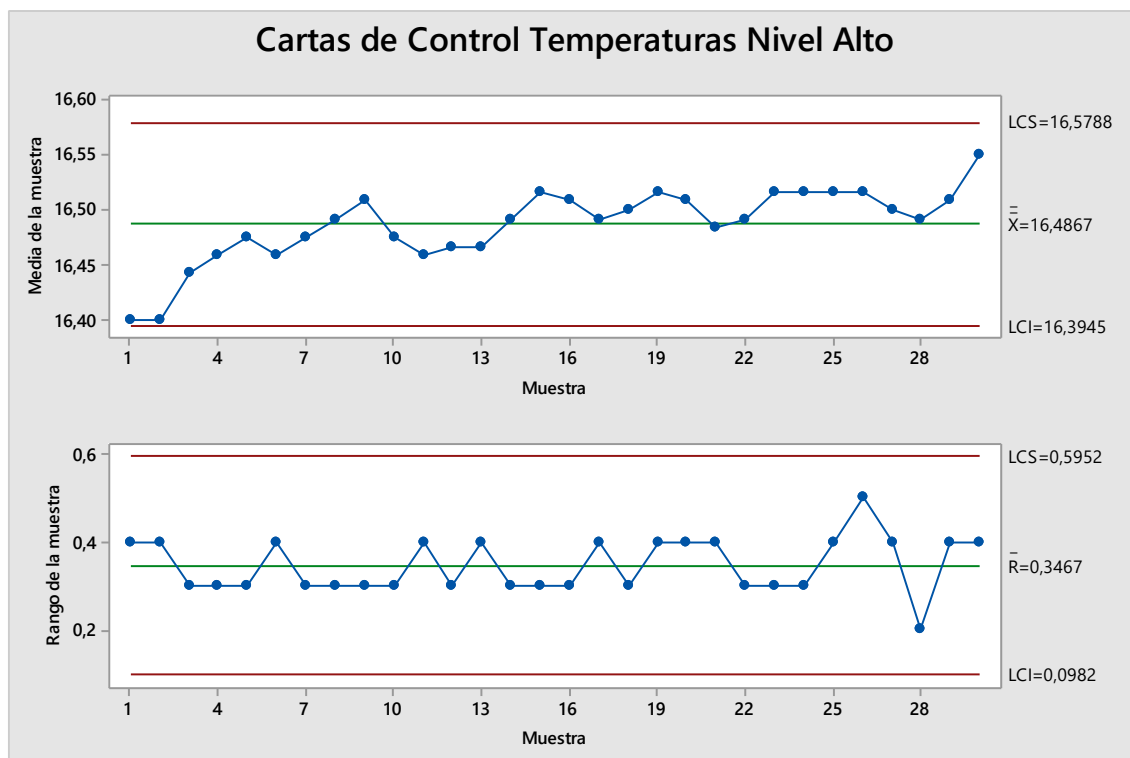
Los subniveles son  $n=6$ , es decir, pallet 1, pallet 2, pallet 3, pallet 4, pallet 5, pallet 6. Y para conocer si el proceso está en control de manera independiente se analizan los datos de temperatura para cada nivel.

A continuación, se muestran en las figuras 4, 5 y 6 las cartas de control para cada nivel planteado de cada pallet asignado.

$\bar{\bar{X}}$  representa a la media de las medias de los subgrupos y los límites LCS y LCI reflejan la variación esperada para las medias muestrales.

$\bar{\bar{R}}$  representa la media de los rangos de los subgrupos y sus límites LCS y LCI reflejan la variación esperada para los rangos muestrales.

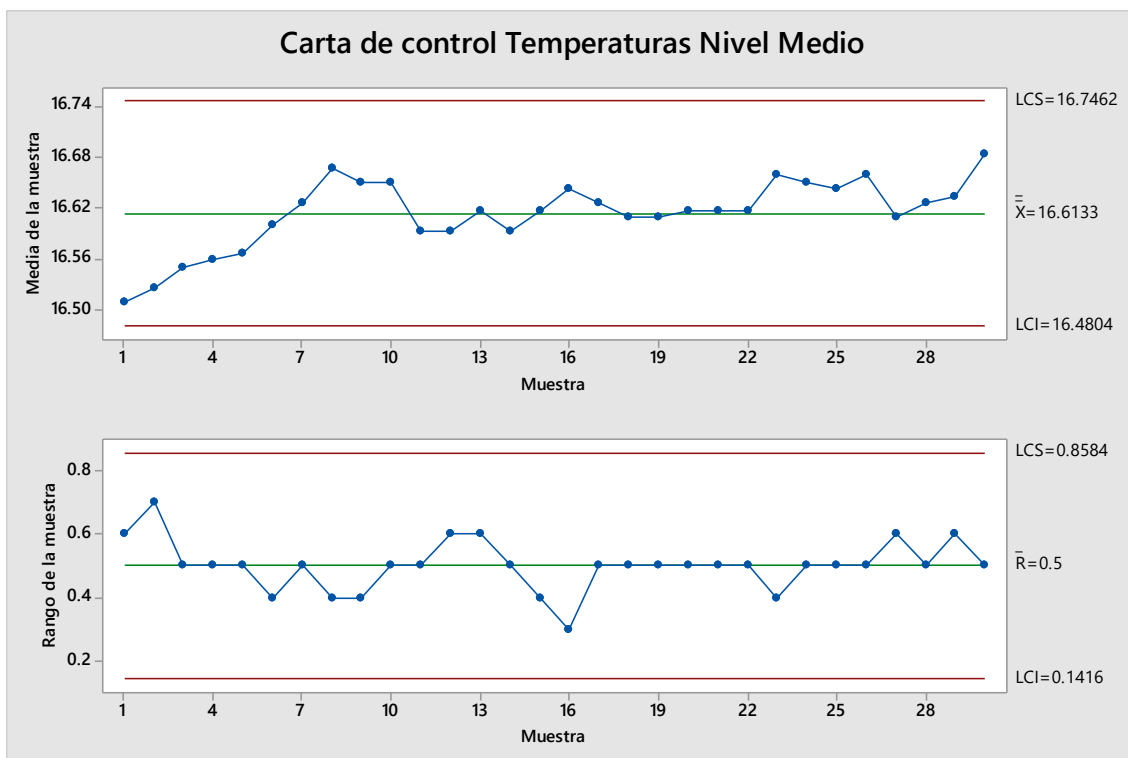




*Figura 5. Carta de Control Nivel Alto*

La figura 5 muestra en la carta  $\bar{X}$  un LCS=16,57 y LCI=16,39, no muestra un comportamiento lineal en cuanto a la tendencia central.

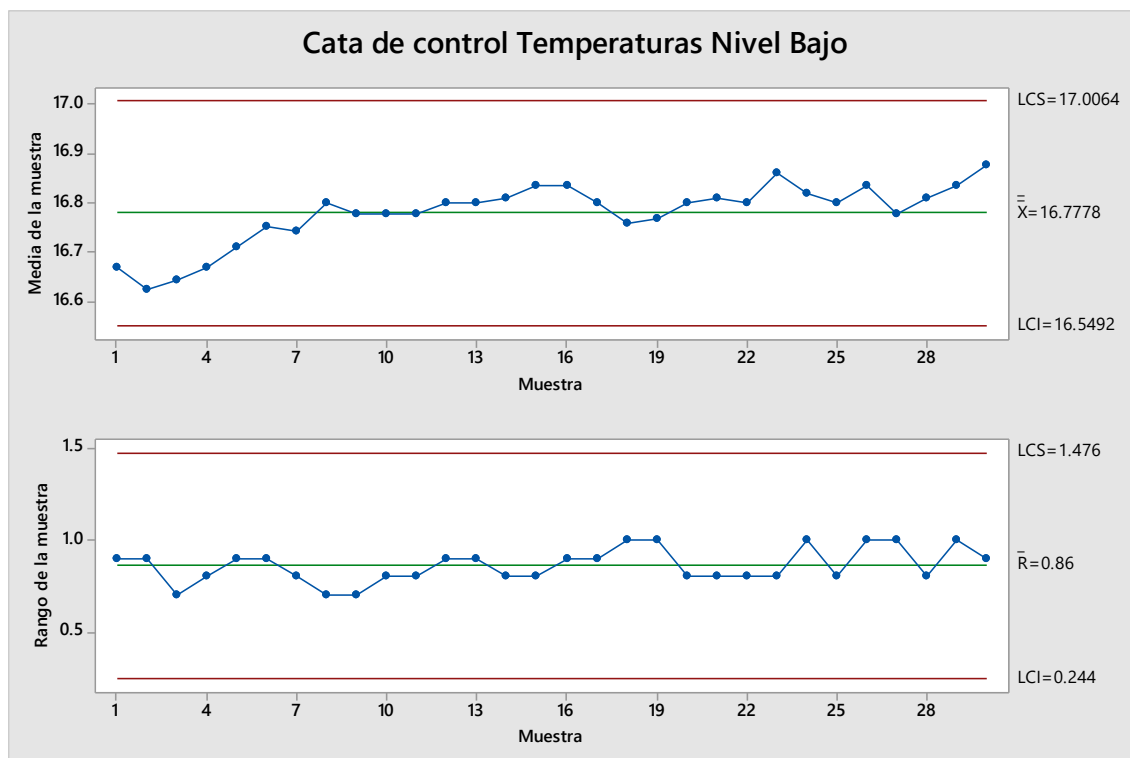
La carta de control R muestra que si existe un cambio significativo. Se detectan cambios en la amplitud del proceso en la primera muestra, muestras 13, 19, 22, 26 y 30.



*Figura 6. Carta de Control Nivel Medio*

La figura 6 muestra en la carta  $\bar{X}$  un LCS=16,74 y LCI=16,48, no muestra un comportamiento lineal en cuanto a la tendencia central en las 10 primeras muestras, luego la media de la muestra tiende a tener un comportamiento cuasi lineal alrededor del límite central.

La carta de control R muestra que si existe un cambio significativo. Se detectan cambios en la amplitud del proceso en la primera muestra, muestras 6, 9, 13, 16, 23, 27 y 29.



*Figura 7. Carta de Control Nivel Bajo*

En esta figura se observa que no hay puntos fuera de los límites a excepción de las 5 primeras muestras. Por lo tanto, el proceso está funcionando de manera estable en cuanto a tendencia central. Es estable pero incapaz de cumplir especificaciones porque el valor es de la temperatura programada de  $16.5^{\circ}\text{C}$ .

### **Estudio R&R**

Es una metodología que permite al investigador conocer el error de un sistema de medición, y ver si éste es suficientemente pequeño.

En los estudios R&R se evalúa de modo experimental qué parte de la variabilidad total observada en los datos es atribuible al error de medición; además, permite cuantificar si este error es mucho o poco en comparación con la variabilidad del producto y con las tolerancias de la característica de calidad que se mide. Las fuentes de variabilidad que se

pueden evaluar en un estudio largo de repetibilidad y reproducibilidad son: variabilidad del producto, del instrumento y de los evaluadores.

Para realizar el estudio R&R se plantean los siguientes pasos para el desarrollo del procedimiento.

- Seleccionar dos evaluadores para conducir el estudio del grado de aceptación de una muestra dentro de las cajas de banano. Siendo el grado 4 el aceptado como bueno y si fuese diferente al grado seleccionado entra en la categoría de malo.
- Seleccionar en forma aleatoria un conjunto de 50 bananos que serán medidas varias veces por cada evaluador. Es importante que la selección se realice a partir de bananos que reflejen diferentes grados de maduración que se producen. Una buena estrategia es la selección de un banano de cada pallet en un lapso distinto.
- Decidir el número de ensayos o veces que cada operador medirá la misma pieza. En este método se deben hacer por lo menos dos ensayos.
- Etiquetar cada pallet y aleatorizar el orden en el cual los pallets se dan a los evaluadores. Identificar la zona en el pallet (baja-media-alta) donde la medición será tomada, así como el método o técnica que deberá aplicarse.
- Obtener en orden aleatorio la primera medición del evaluador 1 para todos los bananos seleccionadas.
- Volver a aleatorizar los bananos y obtener la primera medición del evaluador 2.
- Continuar hasta que todos los evaluadores hayan realizado la primera medición de todos los bananos.

- Repetir los tres pasos anteriores hasta completar el número de ensayos elegidos. Es preciso asegurarse de que los resultados previos de un ensayo no son conocidos por los evaluadores. Es decir, en cada medición realizada el evaluador no debe conocer cuál banano está midiendo, ni cuáles fueron sus mediciones anteriores sobre ella, menos las reportadas por los demás evaluadores.
- Hacer el análisis estadístico de los datos

Según los grados de maduración, dos evaluadores, dos ensayos y 50 elementos de prueba se realiza el R&R. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 2.

*Tabla 2.* Estudio R&R

	<b>Evaluador 1</b>		<b>Evaluador 2</b>	
	Bueno	Malo	Bueno	Malo
<b>1</b>	Elemento 1	Elemento 31	Elemento 31	Elemento 12
<b>2</b>	Elemento 34	Elemento 16	Elemento 16	Elemento 39
<b>3</b>	Elemento 16	Elemento 28	Elemento 28	Elemento 34
<b>4</b>	Elemento 33	Elemento 9	Elemento 9	Elemento 28
<b>5</b>	Elemento 32	Elemento 12	Elemento 12	Elemento 47
<b>6</b>	Elemento 42	Elemento 49	Elemento 49	Elemento 33
<b>7</b>	Elemento 9	Elemento 4	Elemento 4	Elemento 32
<b>8</b>	Elemento 14	Elemento 20	Elemento 20	Elemento 27
<b>9</b>	Elemento 40	Elemento 38	Elemento 38	Elemento 26
<b>10</b>	Elemento 30	Elemento 40	Elemento 40	Elemento 44
<b>11</b>	Elemento 46	Elemento 37	Elemento 37	Elemento 10
<b>12</b>	Elemento 43	Elemento 48	Elemento 48	Elemento 41
<b>13</b>	Elemento 12	Elemento 8	Elemento 8	Elemento 7
<b>14</b>	Elemento 37	Elemento 11	Elemento 11	Elemento 30
<b>15</b>	Elemento 3	Elemento 1	Elemento 1	Elemento 50
<b>16</b>	Elemento 50	Elemento 29	Elemento 29	Elemento 35
<b>17</b>	Elemento 21	Elemento 22	Elemento 22	Elemento 8
<b>18</b>	Elemento 31	Elemento 17	Elemento 17	Elemento 9
<b>19</b>	Elemento 28	Elemento 19	Elemento 19	Elemento 3
<b>20</b>	Elemento 27	Elemento 18	Elemento 18	Elemento 1
<b>21</b>	Elemento 17	Elemento 13	Elemento 13	Elemento 2
<b>22</b>	Elemento 25	Elemento 47	Elemento 47	Elemento 40
<b>23</b>	Elemento 48	Elemento 43	Elemento 43	Elemento 31
<b>24</b>	Elemento 45	Elemento 46	Elemento 46	Elemento 19

<b>25</b>	Elemento 15	Elemento 10	Elemento 10	Elemento 38
<b>26</b>	Elemento 19	Elemento 32	Elemento 32	Elemento 49
<b>27</b>	Elemento 13	Elemento 30	Elemento 30	Elemento 46
<b>28</b>	Elemento 20	Elemento 44	Elemento 44	Elemento 17
<b>29</b>	Elemento 6	Elemento 36	Elemento 36	Elemento 45
<b>30</b>	Elemento 35	Elemento 27	Elemento 27	Elemento 6
<b>31</b>	Elemento 18	Elemento 15	Elemento 15	Elemento 13
<b>32</b>	Elemento 38	Elemento 33	Elemento 33	Elemento 43
<b>33</b>	Elemento 29	Elemento 39	Elemento 39	Elemento 18
<b>34</b>	Elemento 49	Elemento 41	Elemento 41	Elemento 22
<b>35</b>	Elemento 7	Elemento 50	Elemento 50	Elemento 21
<b>36</b>	Elemento 10	Elemento 21	Elemento 21	Elemento 42
<b>37</b>	Elemento 22	Elemento 35	Elemento 35	Elemento 4
<b>38</b>	Elemento 11	Elemento 42	Elemento 42	Elemento 25
<b>39</b>	Elemento 47	Elemento 45	Elemento 45	Elemento 16
<b>40</b>	Elemento 26	Elemento 2	Elemento 2	Elemento 24
<b>41</b>	Elemento 36	Elemento 3	Elemento 3	Elemento 14
<b>42</b>	Elemento 41	Elemento 6	Elemento 6	Elemento 37
<b>43</b>	Elemento 4	Elemento 25	Elemento 25	Elemento 36
<b>44</b>	Elemento 5	Elemento 24	Elemento 24	Elemento 11
<b>45</b>	Elemento 2	Elemento 7	Elemento 7	Elemento 5
<b>46</b>	Elemento 8	Elemento 14	Elemento 14	Elemento 20
<b>47</b>	Elemento 44	Elemento 34	Elemento 34	Elemento 15
<b>48</b>	Elemento 24	Elemento 23	Elemento 23	Elemento 48
<b>49</b>	Elemento 23	Elemento 26	Elemento 26	Elemento 29
<b>50</b>	Elemento 39	Elemento 5	Elemento 5	Elemento 23

Con un primer análisis visual de los resultados se observa que hay una discrepancia importante en los resultados de los dos operadores. Por ejemplo, para la parte mala, el evaluador 1 reporta el elemento 31, mientras que el evaluador 2 lo reporta como bueno.

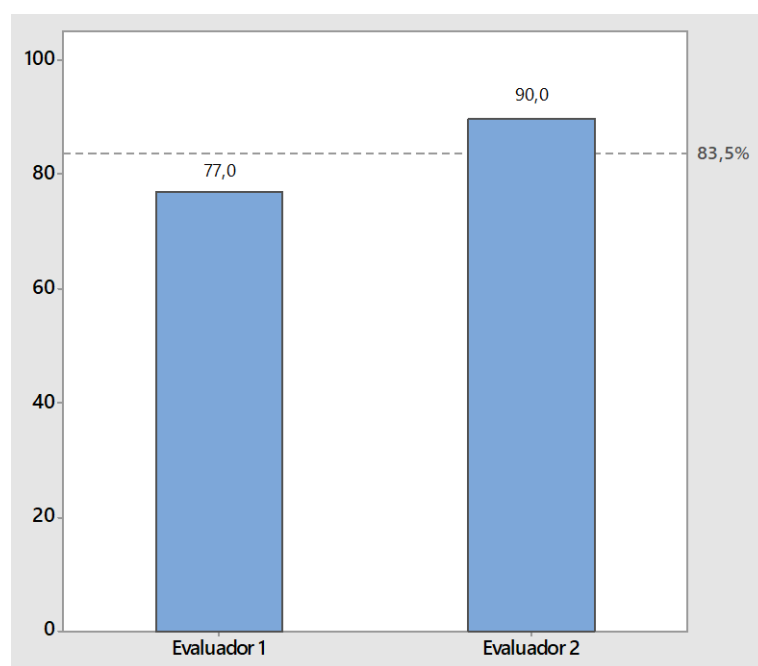
En la figura 8 se muestra la tasa de clasificación incorrecta de los productos evaluados, la tasa de error general es bajo, es decir, los evaluadores están en la capacidad para distinguir el grado de maduración del banano con la tabla proporcionada por la empresa.

Tasa de error general	16,5%
Bueno calificados como Malo	17,7%
Malo calificados como Bueno	15,4%
Calificaciones mixtas (mismo elemento calificado de ambas maneras)	27,0%

*Figura 8. Tasas de clasificación incorrecta*

En cuanto a los elementos buenos calificados como malos y malos calificados como buenos existe una tasa de error general de 16,5%.

La figura 9 muestra una alta tasa de exactitud con un alto porcentaje de calificaciones mixtas: Puede indicar que los elementos incluidos en el estudio eran casos que se encontraban en la línea divisoria entre Bueno y Malo y, en consecuencia, eran muy difíciles de evaluar.



*Figura 9. % de exactitud por evaluador*

## ANALIZAR

Un método efectivo en el análisis de varianza (ANOVA), permite identificar y cuantificar de mejor manera todas las fuentes de variación presentes en el estudio R&R. De esta manera se relacionan las respuestas de las medidas de temperatura y los grados de maduración del banano.

El análisis ANOVA realizado permite identificar la existencia de diferencias significativas entre las temperaturas tomadas de los 6 pallets a cada nivel mencionado. La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: un componente entre grupos (6 pallets) y un componente dentro de grupos (niveles en cada pallet bajo-medio-alto). La razón-F es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos.

Con una población de 540 datos de temperaturas internas y externas tomadas a través del tiempo se realiza un estudio estadístico de la varianza y su influencia significativa ente cada grupo. La herramienta utilizada para este estudio es Minitab.

Para determinar si cualquiera de las diferencias entre las medias es estadísticamente significativa, compare el valor p con el nivel de significancia para evaluar la hipótesis nula. Por lo general, un nivel de significancia (denotado como  $\alpha$  o alfa) de 0.05 funciona adecuadamente.

Si el valor  $p \leq \alpha$ : Las diferencias entre algunas de las medias son estadísticamente significativas.

Si el valor p es menor que o igual al nivel de significancia, la hipótesis nula es rechazada y se concluye que no todas las medias de población son iguales.

Si el valor  $p > \alpha$ : Las diferencias entre las medias no son estadísticamente significativas



Si el valor p es mayor que el nivel de significancia no existe la suficiente evidencia para rechazar la hipótesis de que las medias de población son todas iguales.

En la tabla 3 se muestra el análisis de varianza de la muestra de temperaturas internas y externas.

*Tabla 3. ANOVA Temperaturas*

Fuente	Suma de Cuadrados	DF	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Nivel</b>	30,6797	2	15,3399	1485,14	<b>0,000</b>
<b>Posición</b>	2,5936	5	0,5187	50,22	<b>0,000</b>
<b>Nivel*Posición</b>	0,8383	10	0,0838	8,12	<b>0,000</b>
<b>Error</b>	5,3917	522	0,0103		
<b>Total (Corr.)</b>	39,5033	539			

El análisis ANOVA por dos factores, temperatura y posición es analizado con un intervalo de confianza del 95%. Los valores P para el nivel y la posición son menores al valor de  $\alpha$ , por lo tanto, existes diferencias significativas.

En la gráfica 10 de intervalo para la media y el intervalo de confianza para cada grupo. Las gráficas de intervalo muestran lo siguiente:

- Cada punto representa una media de muestra.
- Cada intervalo es un intervalo de confianza de 95 % de la media de un grupo.

El gráfico 9 de análisis de medias indica los valores que están dentro de los límites. Esta gráfica utiliza los intervalos de confianza para determinar los posibles rangos de las diferencias y para determinar si las diferencias son significativas.

### **Nivel de confianza individual**

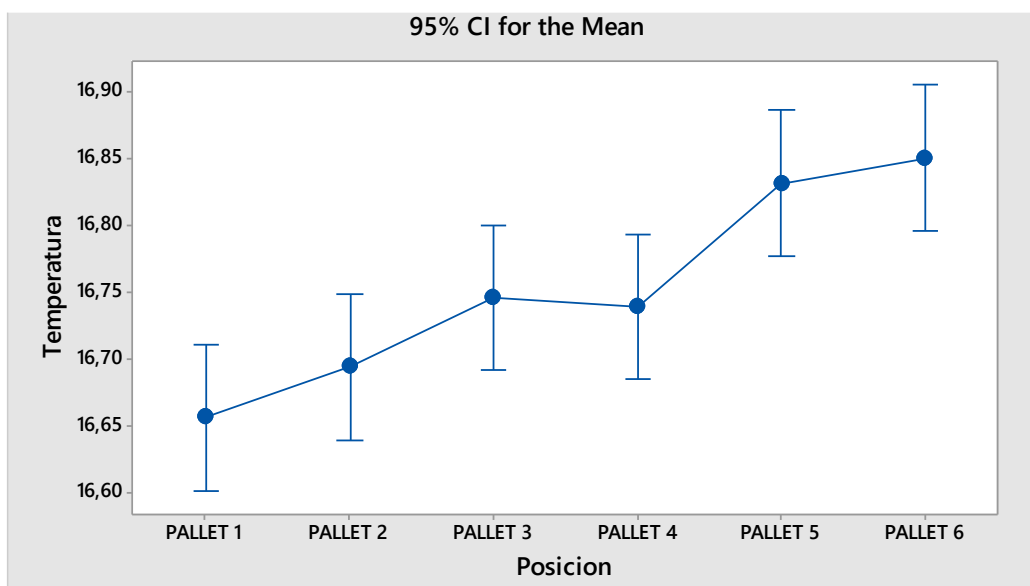
El porcentaje de veces que un solo intervalo de confianza incluye la diferencia real entre un par de medias de grupo si el estudio se repite múltiples veces.

### Nivel de confianza simultáneo

El porcentaje de veces que un conjunto de intervalos de confianza incluye las diferencias reales de todas las comparaciones de grupos si el estudio se repite múltiples veces.

Controlar los intervalos de confianza simultáneos es particularmente importante cuando se realiza comparaciones múltiples.

Los intervalos de confianza que no contienen el cero indican una diferencia en las medias que es estadísticamente significativa.



*Figura 10.* Intervalo Temperatura vs. Posición

En estos resultados, la figura 10 se muestran los resultados de Tukey, se especifican los intervalos de confianza:

El intervalo de confianza para la diferencia entre las medias. Este rango no incluye el cero, lo que indica que la diferencia es estadísticamente significativa.

Los intervalos de confianza de los demás pares de medias incluyen el cero, lo que indica que las diferencias no son estadísticamente significativas. Los niveles de confianza individuales de cada comparación producen el nivel de confianza simultáneo de 95% para las seis comparaciones.

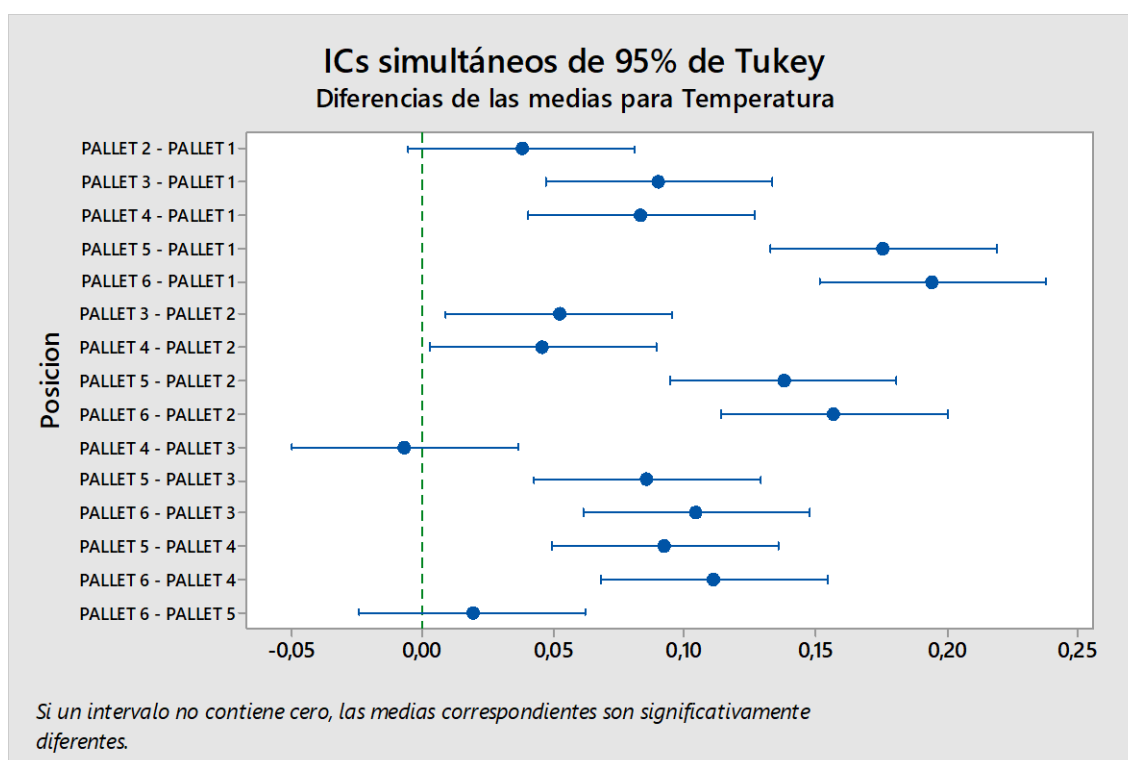


Figura 11. Prueba de Tukey al 95%

Según las diferencias de medias de temperatura se ha identificado 1 grupo homogéneo según la alineación de valor central. En el pallet 4 y 3 no existen diferencias estadísticamente significativas entre los niveles.

## MEJORAR

Frente a los resultados obtenidos en la fase previa, se notó que las temperaturas buscadas frente al estándar se encontraban en los niveles altos de los pallets 3 y 4, dentro de las muestras medidas. Para conseguir la temperatura buscada de 16,5°C, todas las cajas deben estar con esas configuraciones. Por limitaciones de la cámara, se ideó poner un pallet de madera entre el 5to y 6to nivel para que haya un mejor flujo de aire. Se encuentra en esa disposición porque si estuviese más abajo, las cajas de niveles inferiores se verían aplastadas, dañando el producto por defecto.

Tal como se indica, la implementación de la mejora es la colocación de pallets entre los niveles como se muestra en la figura 18.



*Figura 122.* Mejora implementada para pallet

Con la población obtenida de las temperaturas internas se realiza un análisis de varianza para los tres niveles de altura de los pallets.

### ANOVA de temperaturas tras mejora

Temperaturas Nivel Alto

- **Interna**

Tabla 4 ANOVA temperaturas tras mejora

Fuente	Suma de Cuadrados	DF	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
<b>Posición</b>	0,1681	5	0,03361	40,22	0,000
<b>Nivel</b>	1,1763	2	0,58813	703,60	0,000
<b>Nivel*Posición</b>	0,1893	10	0,01893	22,65	0,000
<b>Error</b>	0,4363	522	0,00083		
<b>Total (Corr.)</b>	1,9700	539			

En los resultados de la tabla 3 se muestra un valor  $P < 0.05$  en la evaluación del ANOVA lo que indica que no hay una diferencia estadísticamente significativa entre los niveles de posición y nivel. En este caso el error de medición disminuye a 0,4363 de 5,39, lo que significa que la capacidad del proceso que se reporta es mejor.

Dado que la mejora se veía muy limitada y no acababa con toda la variación generada por los factores, se tuvo un acercamiento con el departamento de mantenimiento de la empresa para desarrollar una modernización a las cámaras de maduración.

Se concretó una cotización con un proveedor que hará que tenga una mayor uniformidad de flujo de aire en toda la cámara colocando ventiladores en la parte superior. Además, se tendrá un control mayor en la temperatura dado que se podrá configurar y monitorear por cada zona de la cámara (fondo, mitad y extremo)

Por otra parte, se debe mejorar el sistema de medición de los grados de banano dado que no se tiene uno actualmente en la empresa y por permisos no se pudo implementar.

La propuesta de mejora es colocar medidores de grados Brix en el centro de distribución para que pueda controlar el azúcar de la pulpa del banano. Al conocer exactamente ese dato, se puede ver en qué etapa de maduración se encuentra el producto sin necesidad de comprobarlo únicamente con la escala de colores de la cáscara.

Para el plan de muestreo se utiliza la tabla Military Standard que nos indica los siguientes pasos a seguir:

1. Identificar el tamaño de lote (N = 540)

*Códigos para Military Standard*

<i>Tamaño del lote</i>	<i>Niveles especiales de inspección</i>				<i>Niveles normales de inspección</i>		
	<i>S-1</i>	<i>S-2</i>	<i>S-3</i>	<i>S-4</i>	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
2- 8	A	A	A	A	A	A	B
9- 15	A	A	A	A	A	B	C
16- 25	A	A	B	B	B	C	D
26- 50	A	B	B	C	C	D	E
51- 90	B	B	C	C	C	E	F
91- 150	B	B	C	D	D	F	G
151- 280	B	C	D	E	E	G	H
281- 500	B	C	D	E	F	H	J
501- 1.200	C	C	E	F	G	J	K
1.201- 3.200	C	D	E	G	H	K	L
3.201- 10.000	C	D	F	G	J	L	M
10.001- 35.000	C	D	F	H	K	M	N
35.001-150.000	D	E	G	J	L	N	P
150.001-500.000	D	E	G	J	M	P	Q
Mayor -500.000	D	E	H	K	N	Q	R

*Figura 13. Códigos para Military Standard*



4. Dependiendo del % de AQL (Se encuentra en la parte superior de la tabla)

*MIL II-A. Inspección normal*

c	n	Valores de $p_A = AQL$																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1.000		
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	1.250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	2.000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

*n* = tamaño muestral; *c* = letra código obtenida de tabla 7.5; *Ac* = número de defectuosas para aceptar; *Re* = número para rechazar.  
 Los valores de AQL entre 0,01 y 10 representan % de elementos defectuosos o, si las unidades pueden tener más de un defecto, defectos por 100 unidades. A partir del valor 10 son sólo número de defectos por 100 unidades.

Figura 16. Elección de los valores AQL

5. Ver en qué número se acepta y rechaza

*MIL II-A. Inspección normal*

c	n	Valores de $p_A = AQL$																											
		0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1.000		
A	2	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
B	3	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
C	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
D	8	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
E	13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
F	20	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
G	32	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
H	50	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
J	80	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
K	125	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
L	200	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
M	315	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
N	500	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
P	800	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
Q	1.250	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	
R	2.000	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	

*n* = tamaño muestral; *c* = letra código obtenida de tabla 7.5; *Ac* = número de defectuosas para aceptar; *Re* = número para rechazar.  
 Los valores de AQL entre 0,01 y 10 representan % de elementos defectuosos o, si las unidades pueden tener más de un defecto, defectos por 100 unidades. A partir del valor 10 son sólo número de defectos por 100 unidades.

Figura 17. Tabla de inspección normal.

Ac = Acepta en tantos números de unidades defectuosas.



Re = Se rechaza en tantos números de unidades defectuosas.

Con esto en consideración se realiza una tabla para un nivel de inspección aceptable tal como indica la figura 18

G - Nivel Inspección Aceptable				
Parámetro	n	% De AQL	# Aceptación	# Rechazo
Normal	32	4%	3	4
Rigurosa	32	4%	2	3
Reducida	13	4%	1	4
J Nivel de Inspección Aceptable +				
Parámetro	n	% De AQL	# Aceptación	# Rechazo
Normal	80	4%	7	8
Rigurosa	80	4%	5	6
Reducida	32	4%	3	6
K - Nivel de Inspección Estricta				
Parámetro	n	% De AQL	# Aceptación	# Rechazo
Normal	125	4%	10	11
Rigurosa	125	4%	8	9
Reducida	50	4%	5	8

Figura 18. Tabla de inspección normal.

Con este plan de muestreo se logrará obtener un con control esquematizado para poder quitar el factor de percepción de grado de maduración y tener una métrica mucho más cuantificada. Se explicó a los operarios como realizar el paso a paso del muestreo para que obtengan los datos necesarios y así puedan generar por cuenta propia ya la fase de controlar.

## **CONTROLAR**

Para garantizar que existan diversas mejoras en la producción y resultados óptimos, en relación a la calidad del producto, es vital hacer que los operadores cumplan con las operativas correctas. Por lo tanto, se debe generar un estándar óptimo para el proceso operativo. Frente a la situación limitante de proponer nuevos cambios en la empresa, únicamente se dejará como propuesta el plan de control que deben generar para su cumplimiento, el mismo que fue explicado en la fase anterior.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el análisis se enfatiza en los siguientes aspectos: la implementación logra generar una maduración más uniforme para el despacho del banano, se evidencia que el flujo de aire de la cámara de maduración posee mucho más alcance dado que las temperaturas de cada pallet ya no son tan variables, y que la socialización es un elemento vital para poder comprender la situación de cada colaborador, que ellos se convenzan de la mejora implementada y que con su colaboración esta siga funcionando.

Además, se recomienda a la empresa no solo a seguir con el plan de control para que la mejora no se pierda en un corto plazo, si no, al contrario, ayudar a que esta tenga una larga duración y a continuar con la cotización para las nuevas cámaras de maduración ya que estas darán un mayor impacto.

## LIMITACIONES

Durante el análisis se determinaron algunos limitantes que incidieron en el proyecto, manifestados en el siguiente ítem:

Para la mejora implementada en el proyecto, con el fin de perfeccionar el proceso, se requirió de otros elementos para alcanzar los objetivos. Se logró una mejora parcial para los despachos a nivel de la ciudad de Quito mas no para todos los despachos a nivel nacional dado que estos necesitan otro grado de maduración dependiente de la distancia en la que se encuentran con el centro de distribución. Frente a la logística actual de la empresa, las ciudades externas a la capital necesitan más de un día para que les llegue mercadería y es por este motivo que se adhiere un factor adicional para las futuras mejoras. Por otra parte, el acceso a datos y a tiempos de esperas de aprobaciones impiden que la investigación se desarrolle de manera efectiva ocasionando demoras y cambios repentinos del proyecto por falta de conocimiento de datos.

De igual forma el apoyo de la empresa debe ser total para que se puedan lograr grandes cambios, es decir que no se apliquen soluciones parciales o a corto plazo que limiten la continuidad de la indagación.

## **LECCIONES APRENDIDAS**

Es factible aplicar conocimientos de ingeniería industrial en una empresa grande, generar un proyecto DMAIC, existen algunos inconvenientes en cuanto a los análisis que se requieren aplicar. Con el objetivo de recaudar aquellos referentes o cualidades además de las capacidades, aptitudes y actitudes diferentes que emiten un realce, en el alcance del proyecto y hace que sea más interesante en su desarrollo.

Requiere de cierta flexibilidad en cuanto a las situaciones que se presenten y las necesidades volátiles de la empresa, en las que se hace que el proyecto cambie de manera constante con el transcurso del tiempo, considerando que el resultado debe generar impacto.

## **PASOS POR SEGUIR**

Tomar acción en el plan de control para procurar que las mejoras se extiendan a largo plazo y no se pierdan conforme pasa el tiempo. Poder tener un segundo acercamiento en las propuestas de mejora para poder generar nuevos análisis de costo/beneficio, capacidad de la cámara, seguimiento de temperaturas con la modernización de las cámaras de maduración. Además, concretar la adquisición de los medidores de grados Brix para que cada operador posea un sistema de medición plasmado y que les dé una información cuantificada con el fin de tomar mejores decisiones y control de los grados de maduración a lo largo de todo el proceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AEBE, E. (25 de Diciembre de 2010). Negocios. *Las variedades del banano cambian de color y tamaño*, pág. 1.
- Canónico, P. (2012). *Aplicación de Six Sigma para la reducción de rechazos*. Buenos Aires, Argentina.
- Chen, J. et al. (2021). *Effects of procyanidin treatment on the ripening and softening of banana fruit during storage*.
- Cho B., Koseki S. (2021). Determination of banana quality indices during the ripening process at different temperatures using smartphone images and an artificial neural network. *Scientia Horticulturae*. Volume 288
- Cisneros, J. (2021). *GESTIÓN LOGÍSTICA DE PRODUCTOS PERECEDEROS*. Recuperado desde: <https://www.datadec.es/blog/gestion-logistica-de-productos-perecederos>
- Eriksson M. (2012). *Food losses in six Swedish retail stores: Wastage of fruit and vegetables in relation to quantities delivered*. elsevier, 7.
- Fiscalía Nacional Económica de Chile (2006). *Análisis Económico de la Industria de Supermercados en el marco de la Causa Rol N°101/2006*. Recuperado desde: <https://www.fne.gob.cl/wp-content/uploads/2013/02/Analisis-economico.pdf>
- Gutierrez, H. (2009). *Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma*. México: McGrawHill.
- Gutierrez, H. (2014). *Calidad y Productividad*. Mexico: McGrawHill.
- Intendencia de Abogacía de la Competencia (2014). *Estudio de Mercado “Sector de los Supermercados”*. Recuperado desde: <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/02/Supermercados-Versin-Pblica.pdf>
- Lázaro, I. (2017). *Grados Brix en las frutas en conserva*. Zaragoza, España.
- Ministerio de Comercio Exterior. (2017). Informe sector bananero ecuatoriano. Recuperado desde: <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2019/06/Informe-sector-bananero-esp%C3%B1ol-04dic17.pdf>
- Othman, S. et al. (2021). *Shelf life extension of Saba banana: Effect of preparation, vacuum packaging, and storage temperature*
- Ozeano Urdina Sociedad Limitada. (2019). Banano, aguacate, mango y etileno. Recuperado de: <https://www.ozeano.net/es/quienes-somos/>
- Palop, A. (2019). *Estudios de vida útil específicos en laboratorio: estudios de durabilidad y ensayos de desafío*. Recuperado desde:

[https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2019/8\\_estudios\\_especificos.pdf](https://www.aesan.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2019/8_estudios_especificos.pdf)

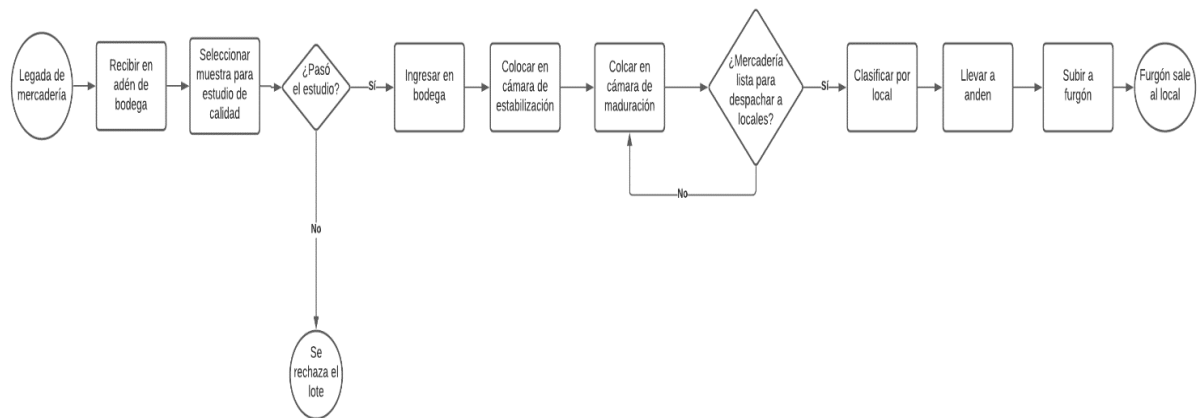
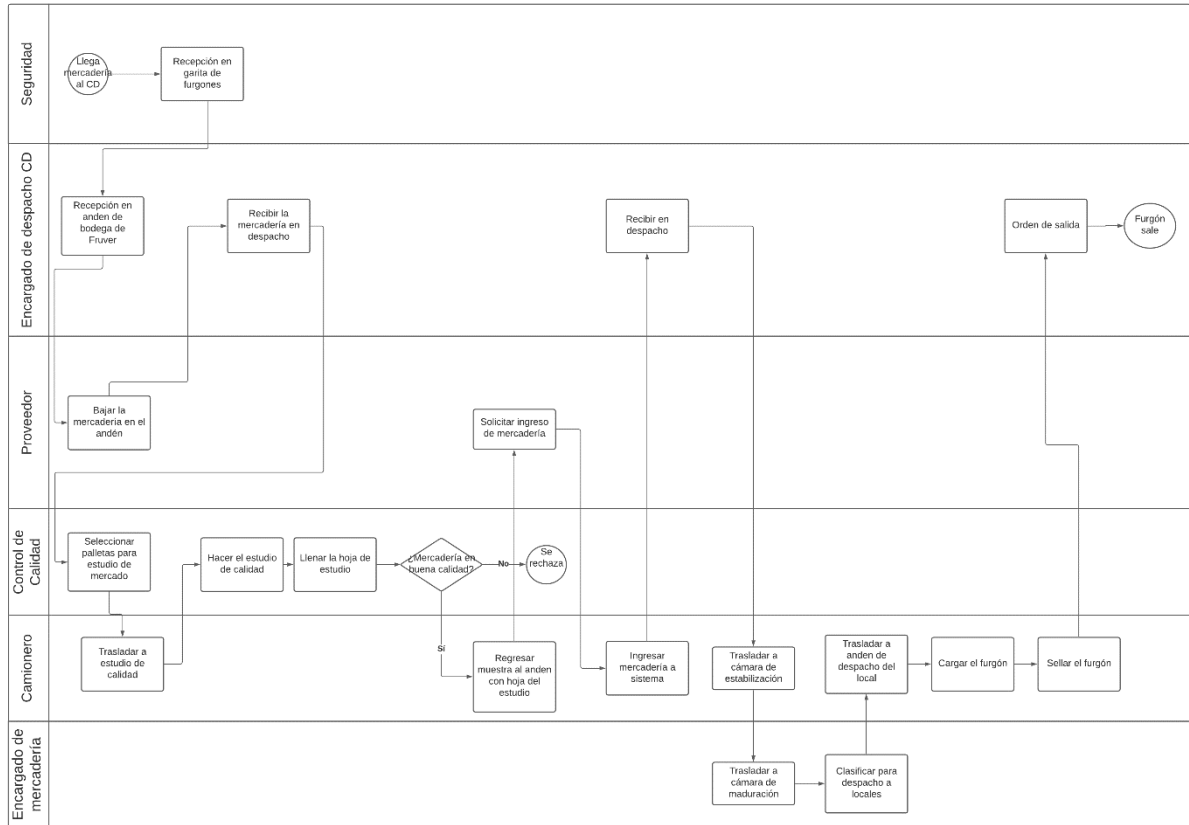
Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*. New York: McGraw-Hill.

Quevedo, L. (2017). Maduración controlada y color en bananos. Recuperado desde: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2499/MADURACION%20CONTROLADA%20Y%20COLOR%20EN%20BANANOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Smaje, C. A. (2008). Surplus retail food redistribution: An analysis of a third sector model . *Conservation and Recycling*, 8.

Wang Z., et al. (2021). Melatonin enhanced chilling tolerance and alleviated peel browning of banana fruit under low temperature storage. *Postharvest Biology and Technology*. Volume 179

### ANEXO A: Flujo del proceso de manejo de banano en centro de distribución



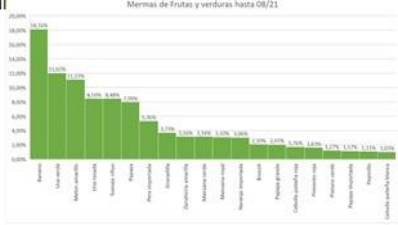
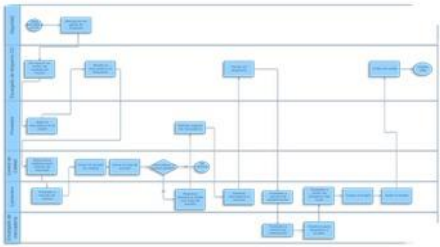


**ANEXO B: Estándar de grados de maduración de banano**

<b>Grado</b> <b>1</b>	<b>COMPLETAMENTE VERDE</b> Color aceptado para envío al CD.	
<b>Grado</b> <b>2</b>	<b>VERDE CLARO</b> Primer cambio de color indica que el proceso de Maduración ya se inició.	
<b>Grado</b> <b>3</b>	<b>VERDE CLARO CON AMARILLO</b> Cambio significativo de color. Lista para enviar a los locales.	
<b>Grado</b> <b>4</b>	<b>AMARILLO CON VERDE</b> Color recomendado para inicio de exhibición en percha.	
<b>Grado</b> <b>5</b>	<b>AMARILLO CON PUNTAS VERDES</b> Color ideal para mantener en los exhibidores.	
<b>Grado</b> <b>6</b>	<b>TOTALMENTE AMARILLO</b> La fruta llega a su mejor etapa de maduración y calidad. Tiene firmeza y aroma. <b>Manéjese con cuidado.</b>	
<b>Grado</b> <b>7</b>	<b>AMARILLO CON PUNTOS CAFÉS</b> Completamente maduro. Se sugiere retirar de exhibición.	

### ANEXO C: Project Charter

**TEAM CHARTER**

<p>Business Case Justificación del Proyecto</p>	<p>Opportunity Statment Areas de Oportunidad</p>
<p>El problema se da por la variabilidad existente en los grados de maduración del banano. Este problema esta surgiendo en la bodega de Frutas y legumbres y vemos que tiene un</p> 	<p>Proceso en cámaras de maduración ya que es donde más permanece dentro del flujo, en los demás procesos es únicamente momentaneo.</p> 
<p>Goal Statement Objetivos del Proyecto</p>	<p>Project Scope Alcance de Proyecto</p>
<p>Reducir la variabilidad de los grados de maduración antes del despacho a locales.</p>	<p>Por su complejidad, desde la llegada de banano al centro de distribución hasta la carga de furgón hacia los locales.</p>
<p>Project Plan Plan y programa del Proyecto</p>	<p>Team Selection Selección del Equipo</p>
<p>Etapas: Definir: Ver tendencia de mermas de banano  Medir: Comprender el estado actual del proceso con los diferentes factores que hacen variar a la maduración.  Analizar: Ver que tan significativos son los factores en cada caso.  Mejorar: Establecer una solución para hacer que los factores no llegue a causar una maduración variable en el mismo lote.  Controlar: Proponer acciones para el control a largo plazo</p>	<p><b>Líder: Jorge Dobronski</b> Equipo: Admin. Bodega de Frutas y Verduras  Sub. Gerente de Mejora Continua  Sub. Administrador de bodega de Abastos  Encargados de banano en bodega  Encargados de frutas en los locales</p>