

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

**“Evaluación y planteamiento de mejoras en una línea de
empacado de mangos para exportación”**

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

FREDDY RÓMULO SARMIENTO CAMPOVERDE

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2007

AGRADECIMIENTO

A mis padres Freddy y Sonia por su cariño, comprensión y apoyo en todo momento, para los cuales no existen palabras para expresar mi infinito agradecimiento; al igual que mis hermanos Víctor y Luigi. A los directivos de Durexporta donde se realizó éste estudio con la colaboración del Ing. Marcos Buestán director de tesis. De manera especial a Ma. De Lourdes por su cariño y apoyo en todo momento a lo largo de la tesis.

DEDICATORIA

A MIS PADRES:

FREDDY Y SONIA

A MIS HERMANOS:

VICTOR Y LUIGGI

A MI ABUELITO:

VICTOR HUGO



TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Omar Serrano V.
DELEGADO DEL DECANO DE
LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Marcos Buestán P.
DIRECTOR DE TESIS

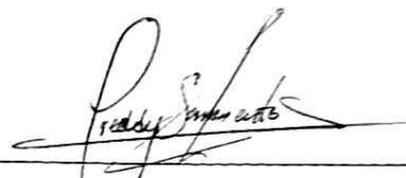
Dr. Kléber Barcia V.
VOCAL

Ing. Jorge Abad M.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



Freddy Sarmiento Campoverde

RESUMEN

La tesis se va a desarrollar en una de las principales emparadoras de mango para exportación, situada en la ciudad de Guayaquil. La empaedora en la actualidad maneja un volumen de producción superior a los 4'500.000 cajas de mango para exportación, comprendido entre los meses de septiembre y enero; siendo su principal mercado los Estados Unidos.

En la actualidad la empresa pronostica un aumento de su demanda actual, estimada en un 10% anual, por tal motivo se ve en la obligación de aumentar su capacidad productiva, especialmente en su área principal, que es la de empaclado. Ésta área es el eje que impulsa la empresa y la que detiene la misma, por esa razón en esta tesis se tratará de resolver los principales problemas que presenta el área de empaclado, con el fin de que ésta aumente su capacidad, lo cual aumentaría la capacidad global de la empresa.

Entre los principales problemas que se encuentran dentro del área de empaçado podemos citar la falta de un plan formal de producción, un método que asegure la trazabilidad del producto, un inadecuado método de ingreso del producto a la línea de empaçado, una mala distribución del personal en el área de empaçado y un problema en el flujo de producto terminado. Estos problemas serán explicados con mayor detalle a lo largo del desarrollo de la tesis. De igual forma, la empresa muestra una falta de organización en cuanto a su bodega del área de reposo, para la cual es necesaria una reestructuración con la finalidad de que ésta aumente su capacidad de almacenamiento y proporcione una adecuada identificación de los lotes al interior de la misma.

Una vez plenamente identificados los problemas, se establecerán planteamientos para cada uno de ellos, los cuales serán evaluados en pruebas piloto en las instalaciones de la empresa. Estos planteamientos serán analizados para determinar su impacto en el aumento de la capacidad del área de empaçado y a la vez, se proporcionarán los costos y beneficios económicos que podría obtener la empresa al implementar dichas soluciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE PLANOS.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1	
1. ANTECEDENTES.....	2
1.1 Planteamiento del problema.....	4
1.2 Justificación del estudio.....	9
1.3 Viabilidad del estudio.....	12
1.4 Objetivos.....	13

1.4.1 Objetivo general.....	13
1.4.2 Objetivos específicos.....	13
1.5 Metodología del estudio.....	14

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO.....	15
2.1 Flujo de proceso.....	16
2.1.1 Macro mapa del proceso.....	16
2.1.2 Descripción de las operaciones principales.....	17
2.2 Distribución de la planta.....	28
2.3 Flujo de materiales dentro de las áreas de reposo y empackado.....	30
2.4 Flujo de proceso del área de empackado.....	32
2.5 Toma de tiempos. Situación actual.....	35

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MEJORA.....	44
3.1 Descripción de problemas y planteamientos de mejora dentro del área de reposo.....	44
3.1.1 Problemas dentro del área de reposo.....	44
3.1.2 Trazabilidad de los lotes de mango.....	46

3.2 Descripción de problemas y planteamientos de mejora dentro del área de empaçado.....	51
3.2.1 Ingreso del producto a la línea de empaçado.....	51
3.2.2 Planteamiento de mejora: Ingreso del producto a la línea de empaçado.....	52
3.2.3 Programación de la producción.....	55
3.2.4 Planteamiento de mejora con respecto a la metodología de la programación de la producción.....	57
3.2.5 Distribución del personal de empaçado.....	63
3.2.6 Planteamiento de mejora Distribución del personal de empaçado.....	65
3.2.7 Problemas identificados en el manejo del producto terminado.....	67
3.2.8 Planteamiento de mejora para el manejo del producto terminado.....	69

CAPÍTULO 4

4.RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LOS PLANTEAMIENTOS DE MEJORA.....	71
4.1 Evaluación de la metodología sugerida para mantener la trazabilidad de los lotes.....	71

4.2 Evaluación de la metodología sugerida para el ingreso de los calibres.....	76
4.3 Evaluación de la metodología sugerida para la reubicación de las empacadoras.....	83
4.4 Evaluación de la metodología para elaboración del plan de producción.....	86
4.5 Evaluación de la metodología sugerida para las mejoras al final de la línea de empaçado.....	90

CAPÍTULO 5

5. EVALUACIÓN FINANCIERA.....	94
5.1 Cuantificación del impacto de las alternativas de mejora evaluadas.....	94
5.2 Evaluación de la inversión financiera.....	100

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
----------------------------------------	-----

PLANOS

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

$^{\circ}\text{C}$	Grados centígrados
cm	Centímetros
fig.	Figura
gr	Gramos
k	Porcentaje aceptable de la media
m	Metros
min.	Minutos
S	Desviación estándar de la muestra
<u>seg</u>	Segundos
t	Valor de la tabla de valores críticos de la distribución t.
α	Coefficiente de error
\bar{x}	Media de la muestra

SIMBOLOGÍA

	Operación
	Transporte
	Demora
	Inspección
	Almacenaje

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1	Pallets incompletos de cajas.....	7
Figura 1.2	Estibadores buscando los pallets.....	7
Figura 1.3	Empacadoras.....	9
Figura 1.4	Área de reposo.....	9
Figura 2.1	Macro mapa del proceso.....	16
Figura 2.2	Recepción de gavetas.....	17
Figura 2.3	Máquina lavadora.....	17
Figura 2.4	Máquina clasificadora.....	19
Figura 2.5	Control de calidad 2.....	19
Figura 2.6	Gavetas clasificadas.....	20
Figura 2.7	Jaulas metálicas.....	20
Figura 2.8	Ingreso de jaulas a la piscina caliente.....	21
Figura 2.9	Piscina de agua fría.....	21
Figura 2.10	Área de reposo.....	22
Figura 2.11	Lote de gavetas en reposo.....	22
Figura 2.12	Armado manual de cajas.....	23
Figura 2.13	Máquina armadora de cajas.....	23
Figura 2.14	Máquina pulidora.....	24
Figura 2.15	Mesa de empaque.....	24
Figura 2.16	Mesas de las empacadoras.....	25
Figura 2.17	Colocación de stickers.....	25
Figura 2.18	Pasos siguientes al empaçado.....	26
Figura 2.19	Apilador de cajas.....	26
Figura 2.20	Final de la línea de empaque.....	26
Figura 2.21	Pallets incompletos de cajas.....	26
Figura 2.22	Túnel de frío.....	27
Figura 2.23	Cámaras de frío.....	27
Figura 2.24	Distribución de la planta.....	28
Figura 2.25	Flujo de materia prima en las áreas de reposo y empaçado.30	
Figura 2.26	Posición de los trabajadores dentro del área de empaçado.....	32
Figura 2.27	Diagrama de Flujo de Procesos.....	33
Figura 2.28	Diagrama de flujo de materiales dentro del área De empaque.....	34
Figura 2.29	Resultados del stat:fit del empacador #5.....	39
Figura 2.30	Resultados de la prueba anova de los tiempos de los 5 calibres.....	41
Figura 2.31	Resultados de la prueba anova de los tiempos de 3 calibres.....	42
Figura 3.1	Ubicación de lotes en reposo.....	45
Figura 3.2	Situación actual del área de reposo.....	45

Figura 3.3	Propuesta del área de reposo.....	47
Figura 3.4	Diagrama de recorridos dentro del área de reposo.....	48
Figura 3.5	Hoja del control del ingreso de jaulas.....	50
Figura 3.6	Empacadoras.....	52
Figura 3.7	Ubicación de las empacadora – situación actual.....	64
Figura 3.8	Ubicación de las empacadora – situación propuesta.....	65
Figura 3.9	Final de la línea de empaçado.....	68
Figura 3.10	Mesa de apilamiento al final de la línea de empaçado.....	70
Figura. 4.1	Señalización de los bloques.....	72
Figura. 4.2	Entrenamiento de estibadores.....	72
Figura. 4.3	Prueba de asignación de puestos para un lote.....	73
Figura. 4.4	Prueba de localización de pallets individuales.....	73
Figura. 4.5	Prueba de ubicación de un lote dividido en varios bloques.....	74
Figura. 4.6	Prueba de localización de pallets ubicados internamente.....	75
Figura. 4.7	Prueba de formación de pallets de 7 pisos de alto.....	75
Figura. 4.8	Intervalo de confianza para el tiempo de empaçado de los distintos calibres en las pruebas 1 y 3.....	80
Figura. 4.9	Distribución actual y propuesta.....	84
Figura. 4.10	Divisiones de la mesa de empaçado.....	84
Figura. 4.11	Pallets al final de la línea de empaçado.....	91
Figura. 4.12	Mesa al final de la línea de empaçado.....	92
Figura. 5.1	Tiempo total disponible del area de empaçado – actual.....	96
Figura. 5.2	Tiempo total disponible del area de empaçado – propuesta.....	98
Figura. 5.3	Tiempos promedios generales de empaçado situación propuesta.....	100
Figura. 5.4	Costos actuales del personal de empaçado temporada 2006 – 2007.....	102
Figura. 5.5	Costos del personal de empaçado con las mejoras.....	105
Figura. 5.6	Costo del personal de empaçado por cada caja producida.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Tiempos y distribuciones de las actividades de la situación actual.....	40
Tabla 2	Resumen de los tiempos por calibres de la situación actual.....	41
Tabla 3	Ejemplo del plan de producción actual.....	56
Tabla 4	Ejemplo del plan de producción sugerido – paso 1.....	58
Tabla 5	Ejemplo del plan de producción sugerido – paso 2.....	59
Tabla 6	Ejemplo del plan de producción sugerido – paso 3.....	60
Tabla 7	Ejemplo del plan de producción sugerido – paso 4.....	61
Tabla 8	Ejemplo del plan de producción sugerido – paso 5.....	62
Tabla 9	Ejemplo del plan de producción sugerido – paso 6.....	63
Tabla 10	Resultados de la prueba 1, todos los calibres.....	77
Tabla 11	Resultado de la prueba 2, calibres individuales.....	78
Tabla 12	Resultado de la prueba 3, calibres separados por tiempo.....	79
Tabla 13	Resultado de la prueba 1 y 3, a trabajadores de diferentes habilidades.....	82
Tabla 14	Plan de producción actual.....	87
Tabla 15	Plan de producción propuesto.....	88
Tabla 16	Comparación de cambio de cajas de los 2 planes de producción.....	89
Tabla 17	Costos actuales del personal de empaquete temporada 2006 – 2007.....	102
Tabla 18	Costos del personal de empaquete con las mejoras.....	104

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Distribución de la Planta
Plano 2	Flujo de Materia Prima en las Áreas de Reposo y Empacado
Plano 3	Propuesta del Área de Reposo
Plano 4	Diagrama de Recorridos dentro del Área de Reposo

INTRODUCCIÓN

Esta tesis fue desarrollada en una empresa empacadora de mangos de exportación, la misma que necesitaba mejorar sus procesos productivos dentro de su principal área que es la de empaçado, con la finalidad de reducir sus costos operativos y aumentar su capacidad productiva. Para aquello se recolectó información del estado actual de dicha área con el propósito de conocer más a detalle los problemas de la empresa, para de ésta manera poder evaluar la situación actual y establecer planteamientos de mejoras dentro de la línea de empaçado. Una vez establecidos los planteamientos, éstos fueron puestos a prueba con la finalidad de medir su desempeño individual para de ésta forma poder comparar los resultados entre la situación actual y la propuesta. Al final se establece el desempeño global de todos planteamientos para de ésta forma medir su impacto en el aumento de su capacidad productiva lo cual reducirá sus costos operativos logrando alcanzar el principal objetivo de la empresa con respecto al área de empaçado.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

Durexporta S.A. es una empresa que lleva más de 15 años brindando el servicio de empacado de mangos de exportación y adicionalmente brinda servicios de almacenamiento en frío para frutas en los meses fuera de la temporada del mango. La empresa se encuentra ubicada en el Km 14 ½ de la Vía Daule, y cuenta con instalaciones de aproximadamente 12.000 m² que hacen posible el empacado de alrededor de 4'500.000 cajas de mango para exportación comprendido entre los meses de septiembre a enero.

Durexporta además de procesar su propia fruta, brinda servicio de empacado de mango a otros productores, manejando alrededor de 29 diferentes marcas de cajas para exportación a diferentes destinos alrededor del mundo, siendo los principales Estados Unidos y Europa.

Para Durexporta, Estados Unidos es su mayor mercado, el cual es abastecido con 4 variedades de mango, las cuales son: Haden, Tommy, Keitt y Kent.

Dentro de cada variedad de mango encontramos diferentes tamaños, los cuales han sido estandarizados dentro de un rango de peso a lo que se denomina calibre, que a su vez es el número de mangos que pueden ser empacados en una caja. En el mercado norteamericano son apetecidos los calibres 8, 9, 10, 12 y 14; siendo el calibre 8 un mango de mayor tamaño y el de calibre 14 el más pequeño.

Existen normas de ingreso para fruta por parte del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, las mismas que son reguladas localmente por un representante del APHIS (Animal and Plant Health Inspection Service). Entre las exigencias del APHIS está aplicar un tratamiento térmico al mango con el fin de eliminar cualquier tipo de larvas o bacterias, el cual depende del rango de peso en el que se encuentre. Existen 2 tiempos diferentes de tratamiento térmico, los cuales son: 90 minutos para los mangos de calibre 8 y 9; y 75 minutos para los mangos de calibre 10, 12 y 14.

Una vez concluido el tratamiento térmico, el mango es llevado a un área de reposo en el cual permanecerá de 12 a 36 horas, según su grado de madurez que es determinado por el departamento de control de calidad de la empresa, para su posterior empaque, y así poder estar listo el producto para su exportación.

Durexporta ha incrementado su producción los últimos años por su aumento en la participación dentro del mercado, lo cual ha obligado a la empresa a invertir en nuevos equipos y personal para tratar de cubrir la demanda. De igual forma el crecimiento de la empresa ha provocado también el surgimiento de varios problemas por el volumen de producción que manejan.

1.1 Planteamiento del Problema

Los principales problemas que han afectado a la empresa por el crecimiento de la misma, se han producido en el área de empackado, la cual es actualmente el eje que mueve a la empresa, provocando un cuello de botella que se deriva en paras o acumulación de producto en proceso en las demás estaciones. Un problema fundamental dentro del área de empackado es la falta de un plan formal de producción que indique

el orden adecuado de entrada de los lotes a ser empacados. Esta situación trae como consecuencias los siguientes problemas:

- Tiempo improductivo por cambio de lotes que no guardan relación entre sí, ya sea por diferente marca de caja o variedad del mango:
 - Las empacadoras y demás trabajadores pierden el ritmo de trabajo debido a que durante los cambios de lote cesan sus actividades. Adicionalmente la línea de empacado no está balanceada, por lo cual, se debe esperar hasta que toda la fruta sea empacada y la línea quede vacía para el ingreso del siguiente lote.
 - Las paras dentro del proceso productivo representan bajas de la producción si tomamos en cuenta que por cada línea activa salen aproximadamente 1.5 cajas por segundo. Esto incide en la necesidad de sobre-tiempo de alrededor de 30 personas por línea, aumentando así los costos sin agregar valor para el cliente.

- Acumulación de pallets incompletos de mangos empacados de diferentes variedades y/o marcas al final de la línea de empaque (Véase figura 1.1):

- La aglomeración de pallets incompletos de mangos empacados generan una mala imagen y afecta negativamente al ambiente laboral, además de ocupar gran cantidad de espacio.
 - Aleja la posición de nuevos pallets de la línea de empaque, por lo que los estibadores deben recorrer una mayor distancia para llegar a ellos.
 - Dificulta la labor de los estibadores al tener que ubicar un pallet específico entre una mayor cantidad de pallets (Véase figura 1.2).
- Retrasos en el siguiente proceso, que es la refrigeración:
 - Los lotes incompletos dentro de la cámara de refrigeración deberán esperar mayor cantidad de tiempo para ser completados hasta que sea empacado un lote compatible.
 - Se corre el peligro de una maduración más rápida de la fruta, encerada y empacada, al estar expuesta al calor ambiental.
 - Surgen complicaciones en la coordinación de los demás recursos empleados, tales como: cajas, stickers y sellos.
 - Se incurre un inventario excesivo de cajas armadas ya que no se conoce con exactitud cuándo y en qué cantidad van a ser requeridas.



FIGURA 1.1 PALLETS INCOMPLETOS DE CAJAS



FIGURA 1.2 ESTIBADORES BUSCANDO LOS PALLETS

Otro de los principales problemas es la falta de un procedimiento formal para el ingreso de los calibres lo cual se da a la entrada de cada lote, donde se empacan simultáneamente los 5 diferentes calibres, dando como resultado un mayor tiempo de búsqueda de mangos de igual calibre por parte de las empacadoras (fig.1.3), y a su vez complicando la tarea de colocar el sello que indica la variedad y calibre correspondiente de cada caja. Adicionalmente, se produce la necesidad de tener 5 pallets en proceso.

Existe también una inadecuada distribución de las empacadoras, donde existe cierta tendencia de las empacadoras por ubicarse en el inicio de la línea de empacado porque ésta es la primera área en recibir cajas y mangos. Generalmente se le ha dado preferencia de ocupar esta área a las empacadoras de mayor habilidad, dejando a aquellas con menor experiencia al final de la línea, provocando un desbalance dentro de la

misma debido a que un sector termina antes que otro. Este hecho ocasiona que las empacadoras rápidas se encuentren desocupadas hasta que las más lentas terminen de empacar el mango en su sector, para poder realizar el cambio de lote.

Además actualmente existen problemas de identificación de lotes que se encuentran en el área de reposo. Una vez que han salido los lotes del proceso térmico, estos reciben un número de lote para su posterior identificación una vez cumplido el período de reposo requerido. Estos lotes son colocados de manera aleatoria dentro del área de reposo, lo cual complica la situación al momento de su búsqueda. Este es un problema que se incrementa en las temporadas altas en las cuales se manejan grandes cantidades de lotes, que son ubicados en cualquier espacio disponible dentro de la bodega. Al colocar de manera aleatoria y sin una ubicación definida no solo se pierde tiempo al momento de buscar e identificar un lote, sino también que se deja de aprovechar mejor el espacio disponible al no colocarse los pallets en un orden tal que permita una mejor organización y un mejor aprovechamiento del espacio disponible (figura1.4).



FIGURA 1.3 EMPACADORAS



FIGURA 1.4 ÁREA DE REPOSO

1.2 Justificación del Estudio

El mayor beneficio económico de esta actividad se encuentra en la comercialización de las cajas en el exterior, donde el precio de la caja de mango es muy variable, teniendo su mayor valor durante los meses de octubre y noviembre, según las cosechas de países como Brasil y Perú.

Durante estas fechas el precio de una caja dentro del mercado norteamericano se encuentra entre \$3 y \$15. Por aquel motivo, los productores tratan de empacar su fruta en dichos meses, dando como resultado la sobrecarga de trabajo para la empresa. Por tal motivo, el aumento en la capacidad de la producción de la empresa generaría mayores réditos económicos.

Actualmente la empresa tiene una capacidad máxima de producción de 74.000 cajas de mango empacado durante un día laborable contando con aproximadamente 60 empacadoras trabajando desde las 8 am hasta la 1 am del día siguiente. La empresa ha tratado de motivar a sus empacadoras pagándoles \$ 0.014 por caja empacada con el fin de que ellas aumenten su producción en su beneficio y de la empresa, lo cual ha sido una estrategia con buenos resultados. Sin embargo, existen muchos problemas como los que fueron mencionados anteriormente, que producen mucho tiempo improductivo lo cual no permite un mejor rendimiento por parte de las empacadoras. De aplicarse medidas correctivas adecuadas, se podría cubrir la expectativa de crecimiento de la empresa que es de un 10% anual y de ser posible llegar a un 25%, en lo que respecta al aumento de la tasa de producción del área de empacado.

Al incrementar la tasa de producción, se obtendría otro importante beneficio económico para la empresa durante los meses en que no existen grandes cosechas del producto como septiembre, diciembre y enero. En dichos meses se reducirían los costos de mano de obra por concepto de sobre-tiempos debido a que se completarían la misma cantidad contenedores en un menor tiempo; actividad para la cual se cuenta actualmente con un aproximado de 30 personas por cada línea de

empacado, llegando a tener hasta 4 líneas de empacado. Esto representa un alto costo tomando en cuenta que la empresa incurre en un promedio de 5 horas diarias de sobre-tiempo.

Adicionalmente debido a la gran cantidad de gente laborando dentro del área, se forma un desorden por la circulación del personal, para lo cual se tratará de reducir los movimientos innecesarios por parte de los trabajadores con el fin de aprovechar mejor sus esfuerzos.

Otro beneficio perceptible sería un mejor servicio al reducir el tiempo de despacho de contenedores, logrando así que la fruta pase menos tiempo en proceso para evitar su temprana maduración y que llegue pronto a su destino final. Este hecho incide además en ganar ese espacio para nuevos contenedores.

En conclusión, de aplicarse las medidas correctivas la empresa no solo aumentará sus utilidades al reducir sus costos e incrementar su capacidad productiva, sino que además mejorará su ambiente laboral junto a su nivel de servicio.

1.3 Viabilidad del Estudio

La empresa cuenta con una amplia base de datos y una buena trazabilidad de los lotes de mango, exigida por sus clientes y proveedores. Esto permite mantener informes detallados diarios de producción de todas sus áreas de las últimas temporadas, lo cual es muy importante para el análisis y una posterior comparación.

Existe un gran apoyo por parte de los administradores de la empresa, los cuales han provisto de los datos necesarios en beneficio del estudio, con el fin de brindarles una mejor solución a sus necesidades. Además se tuvo contacto con los supervisores para que ellos puedan explicar con mayor detalle los procesos y resolver cualquier duda que se presentara. Una vez familiarizado con el proceso se procedió a la toma de tiempos en diferentes horarios durante varios días, sin restricciones.

A lo largo del estudio se pudieron sugerir varias alternativas, las cuales los administradores permitieron que se ejecutaran con el fin de así medir su impacto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Plantear alternativas de mejora en lo referente a: Distribución de personal, procedimiento y planificación de la producción; orientados a incrementar el nivel productivo de una línea de empaçado de mangos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el desempeño actual del área de empaçado.
- Plantear alternativas de mejora para el área de reposo en el uso del espacio e identificación de los lotes.
- Plantear alternativas de un procedimiento formal para el ingreso de los calibres al área de empaçado.
- Plantear alternativas para aumentar el nivel de producción del área de empaçado mediante una nueva distribución del personal.
- Desarrollar un plan formal de producción.
- Evaluar el impacto en el desempeño de la línea original ante la implementación de las alternativas de mejoras seleccionadas.
- Evaluar financieramente de las propuestas de mejoras.

1.5 Metodología del Estudio

El presente estudio se iniciará con un estudio a profundidad de todos los detalles que involucra el proceso productivo y el desenvolvimiento del mismo al interior de la empresa. Una vez conocido el proceso y todas sus instalaciones se procederá a la toma de tiempos de los procesos involucrados y además a la recolección de los datos registrados por la empresa. A continuación se filtrarán los datos con el fin de manejar la información más relevante para el estudio, en el cual se plantearán posibles soluciones que serán probadas posteriormente para comprobar su efectividad y así seleccionar las más adecuadas.

Luego se procederá a plantear posible soluciones para cada uno de los principales problemas detectados. Posteriormente se probarán cada uno de estos planteamientos para medir su impacto en el incremento de la productividad, para finalmente comparar el método actual versus el método propuesto.

CAPÍTULO 2

2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

A través del desarrollo de éste capítulo se podrá conocer los procesos que involucra el empaclado de mangos de exportación y contempla desde que el mango es recibido de las haciendas hasta que éste es despachado como producto final, todo esto con el objetivo de obtener una visión general de las actividades de la empresa. Enfocándose especialmente en las áreas que contienen los principales problemas, las cuales son las áreas de reposo y empaclado. De ésta última se detallarán los flujos de materiales y de procesos, en esta área adicionalmente se llevará acabo una toma de tiempos, con el fin de conocer más a fondo las actividades involucradas y de esta manera plantear soluciones a los problemas descritos.

2.1 Flujo de Proceso

2.1.1 Macro Mapa del Proceso

A continuación se presenta el macro mapa del proceso de empaqueo de mangos de exportación, en el mismo constan las principales etapas.

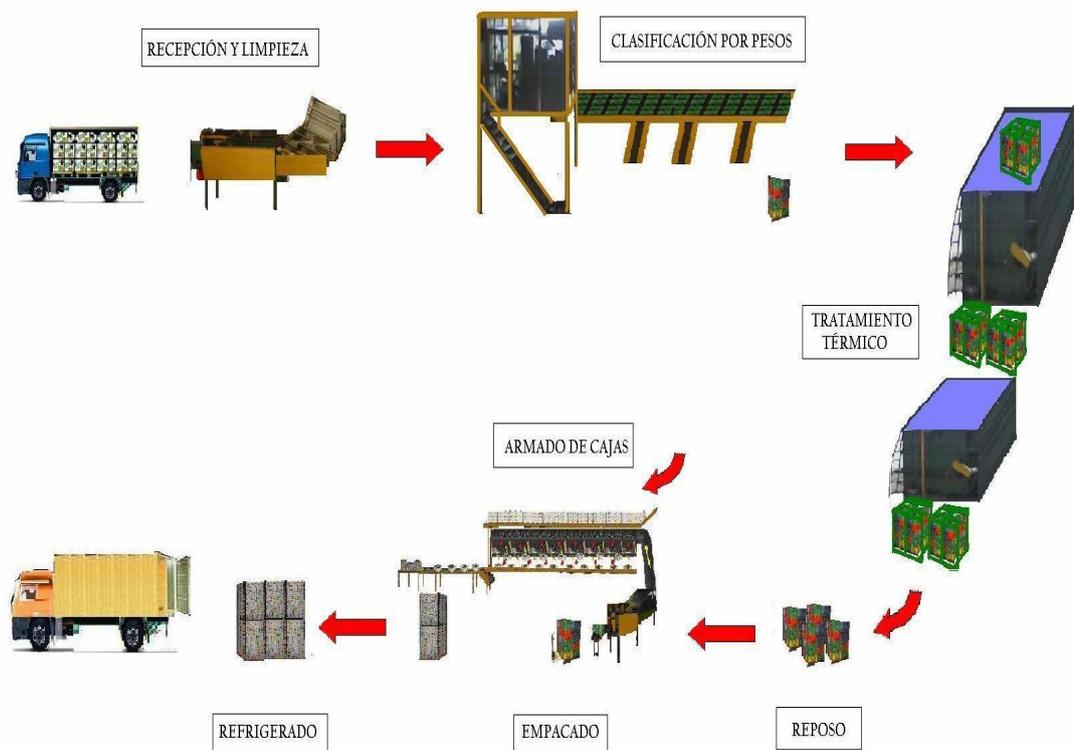


FIGURA 2.1 MACRO MAPA DEL PROCESO

2.1.2 Macro Proceso Detallado

I. Recepción y Limpieza

La recepción es realizada a la llegada de los vehículos transportadores de la fruta, de los cuales se recibe el mango en gavetas y estas a su vez son descargadas del vehículo por los estibadores. En ese instante las gavetas son colocadas cerca de la máquina lavadora, antes de ingresar la fruta en dicha máquina, se procede a realizar el *Control de Calidad No. 1*, en el cual se toma un mango de muestra por gaveta para realizar unos cortes a lo largo del mismo en busca de larvas ya que en caso de encontrarse provocarían el rechazo del lote. Posteriormente se procede a la limpieza lo cual es un proceso automático en el que toda la fruta es pasada por la lavadora con el fin de quitarle cualquier residuo de tierra u hojas.



FIGURA 2.2 RECEPCIÓN DE GAVETAS



FIGURA 2.3 MÁQUINA LAVADORA

II. Clasificación por Pesos

Este es un proceso automático en el cual la fruta es clasificada por rangos de peso, donde la máquina recibe una señal por medio de sensores que indican el peso del mango y de acuerdo a éste la fruta es depositada en una banda especial para dicho peso. Actualmente se realiza una clasificación la cual se compone por 2 rangos de pesos. Los rangos se denominan tiempo 75 y tiempo 90, y está basado en la cantidad de minutos que permanece la fruta en el tratamiento térmico. El tiempo 75 es para los mangos que se encuentran entre el rango de 220 – 425 gr, que involucran los calibres 10, 12 y 14; y el tiempo 90 para los que se encuentran entre el rango de 426 – 650 gr que involucra los calibres 8 y 9. Todo los demás mangos que no se encuentren entre estos rangos son tratados como rechazo para el mercado de USA, que a su vez podrían ser empacados para el mercado Europeo.

Al pasar la fruta por las bandas se realiza el *Control de calidad 2*, el cual se da de forma manual (figura 2.5). La fruta es rechazada al mostrar alguna característica no deseada o por no estar acorde con el tamaño o peso

correspondiente. Posteriormente la fruta cae sobre las gavetas hasta completarlas, para luego ser recogidas por un estibador, el cual coloca las gavetas sobre pallets metálicos, hasta completar 30 gavetas, como se aprecia en la figura 2.6.

Los pallets metálicos son llevados hasta el área de tratamiento térmico y colocado dentro de jaulas metálicas. Los pallets esperan hasta completar los 4 pallets de igual clasificación que son necesarios para completar la capacidad de la jaula y así poder estar listas para el tratamiento térmico (figura 2.7).



FIGURA 2.4 MÁQUINA CLASIFICADORA



FIGURA 2.5 CONTROL DE CALIDAD 2



FIGURA 2.6 GAVETAS CLASIFICADAS



FIGURA 2.7 JAULAS METÁLICAS

III. Tratamiento Térmico

Es un proceso automático, el cual comienza una vez lista la jaula que contiene los 4 pallets, donde ésta es sumergida dentro de una piscina caliente que se encuentra a una temperatura aproximada de 40 0C. La jaula permanecerá durante 90 minutos para los mangos de calibre 8 y 9; y 75 minutos para los de calibre 10, 12 y 14. Luego de terminado este paso, la fruta debe reposar 30 minutos a temperatura ambiente antes de ser ingresados durante 10 minutos en un baño de agua fría a 10 0C con el fin de evitar cualquier proliferación de larvas dentro de la fruta.

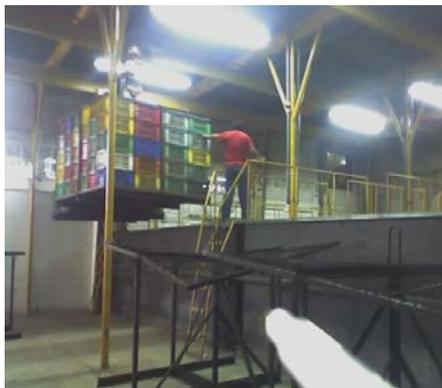


FIGURA 2.8 INGRESO DE JAULAS A LA PISCINA CALIENTE

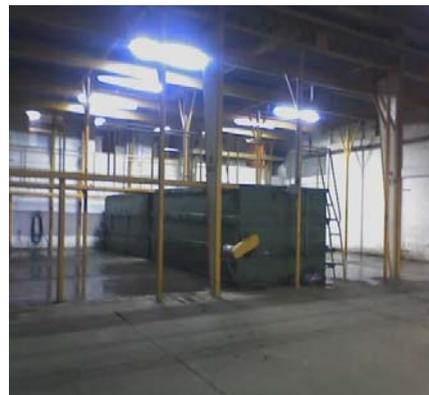


FIGURA 2.9 PISCINA DE AGUA FRÍA

IV. Reposo

Es un tiempo que se da a todo el lote de fruta de acuerdo a su grado de madurez y firmeza, antes de ser empacada. El tiempo es determinado por el departamento de control de calidad, el cual toma muestras al momento de recibir la fruta en el proceso de recepción. Los tiempos pueden ser desde 12 hasta 36 horas según los resultados de la firmeza y la cantidad de azúcar que presente la fruta, determinados en el laboratorio.

Los lotes actualmente son colocados de manera aleatoria en cualquier sitio disponible dentro de la bodega, lo cual complica su posterior búsqueda por no tener una adecuada

ubicación de los lotes; lo cual se agudiza en las temporadas altas en las cuales se manejan alrededor de 22000 gavetas.



FIGURA 2.10 ÁREA DE REPOSO



FIGURA 2.11 LOTE DE GAVETAS
EN REPOSO

V. Armado de Cajas

Este es un proceso que se realiza de manera manual y automática, dentro del cual se manejan más de 20 tipos de marcas diferentes de cajas. Las cajas pueden tener combinaciones en los formatos, es decir pueden ser solo de fabricación manual o solo fabricación por máquina e incluso ambos formatos, según la marca que se este trabajando. Esta área reparte cajas para los 2 segmentos de mercado con los que cuenta la empresa, es decir, la línea de Europa y la de Estados Unidos. Las cajas son elaboradas en la parte superior de las áreas de empackado, para luego ser enviadas a través de canales a las distintas líneas. Para este proceso

la empresa cuenta con 2 máquinas que trabajan a una velocidad de 2000 cajas/hora cada una, pudiendo contar hasta con 20 armadoras de caja según la temporada, con una velocidad promedio de 6 cajas/min cada una.



FIGURA 2.12 ARMADO MANUAL DE CAJAS



FIGURA 2.13 MÁQUINA ARMADORA DE CAJAS

VI. Empacado

Dentro del proceso de empacado los lotes van ingresando de acuerdo al orden en que han arribado (FIFO). Como primer paso estos son ubicados dentro de la bodega y trasladados, por medio de los jacks cerca la máquina pulidora para realizarles el encerado. Este es un proceso automático en el cual la fruta es cubierta con una cera y pulida con el fin de brindar una mejor apariencia. Una vez que la fruta sale de la máquina, esta es repartida a través de una banda transportadora hasta las mesas donde se encuentra las

empacadoras. Estas reciben todos los calibres a la vez, luego toman la fruta de un determinado calibre y realizan el control de calidad 3, la cual es una actividad realizada por las empacadoras, en el cual es rechazado el mango si presenta algún tipo de inconformidad, siendo estas principalmente por su aspecto, golpes, manchas, falta de firmeza, etc.



FIGURA 2.14 MÁQUINA PULIDORA



FIGURA 2.15 MESA DE EMPAQUE

A continuación se realiza el empaqueo, este es un proceso manual en el cual las empacadoras buscan mangos de igual calibre para colocarlos dentro de una caja, la cual posteriormente es sellada con toda la información necesaria como la variedad y calibre del mango, el lote de producción y el sello oficial del APHIS. Seguido de la colocación de stickers sobre cada uno de los mangos (figura 2.17), lo cual

es realizado por varias personas que se encuentran ubicadas a lo largo de la banda transportadora (figura 2.18).



FIGURA 2.16 MESAS DE LAS EMPACADORAS



FIGURA 2.17 COLOCACIÓN DE STICKERS

Luego, las cajas son apiladas por una persona, que agrupa cajas de iguales característica (fig.2.19). Estas cajas son recogidas por los estibadores y colocadas en sus pallets correspondientes. Una vez completado el pallet con las 240 cajas, estas son aseguradas por el zunchador que se encarga de colocar unos bordes en las esquinas y en la parte central para proporcionar más firmeza a la estructura, para posteriormente colocar las cintas que aseguran el pallet.



**FIGURA 2.18 PASOS SIGUIENTES
AL EMPACADO**



FIGURA 2.19 APILADOR DE CAJAS



FIGURA 2.20 FINAL DE LA LÍNEA DE EMPAQUE



**FIGURA 2.21 PALLETS INCOMPLETOS DE
CAJAS**

VII. Refrigerado

Una vez completado un pallet con mangos empacados, éste es llevado hasta un túnel en el cual se quita el calor dentro de la pulpa de la fruta con el fin de preservarla un mayor tiempo.

Luego los pallets son trasladados hasta las cámaras de frío en las cuales esperan hasta ser recogidos por trailers especiales con capacidad de 22 pallets.



FIGURA 2.22 TÚNEL DE FRÍO



FIGURA 2.23 CÁMARAS DE FRÍO

2.2 Distribución de la Planta con la División de las Áreas de Interés en el Proceso de Empacado para el Mercado de Estados Unidos

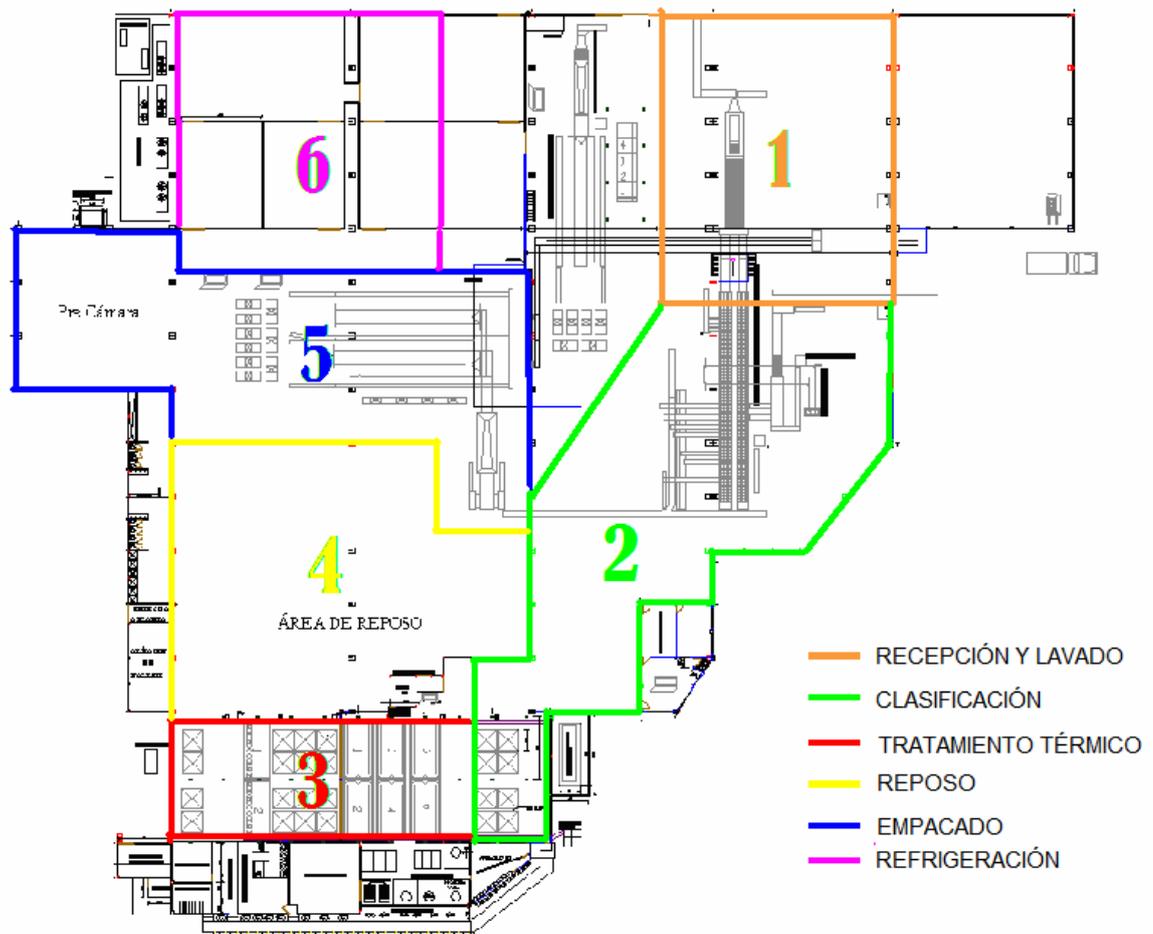


FIGURA 2.24 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA¹

¹ Dentro del gráfico no se encuentra el área de armado de cajas, que en la actualidad está ubicada al inicio de las líneas de empacado, en la parte superior.

En el gráfico se puede apreciar las áreas que ocupan cada uno de los procesos involucrados dentro de la producción de empaçado de mangos de exportación para el mercado de Estados Unidos. Para lo cual nos enfocaremos dentro del estudio, en 2 áreas de interés para la empresa. Estas áreas son las de **REPOSO** (4) y la de **EMPACADO** (5), que impulsan el sistema productivo de la fábrica, y que actualmente detienen o limitan las demás áreas productivas; además es en estas áreas donde se producen los problemas antes mencionados al principio del estudio.

Para conocer más sobre estas áreas estableceremos el flujo de recorrido que se genera dentro de ambas zonas y detallaremos un poco más acerca de las actividades que se realizan dentro del área de empaçado a través del flujo de procesos del mismo, junto con los equipos utilizados y el tiempo que tardan en realizar cada actividad involucrada dentro del proceso de empaçado.

2.3 Flujo de la Materia Prima dentro de las Áreas de Reposo y Empacado

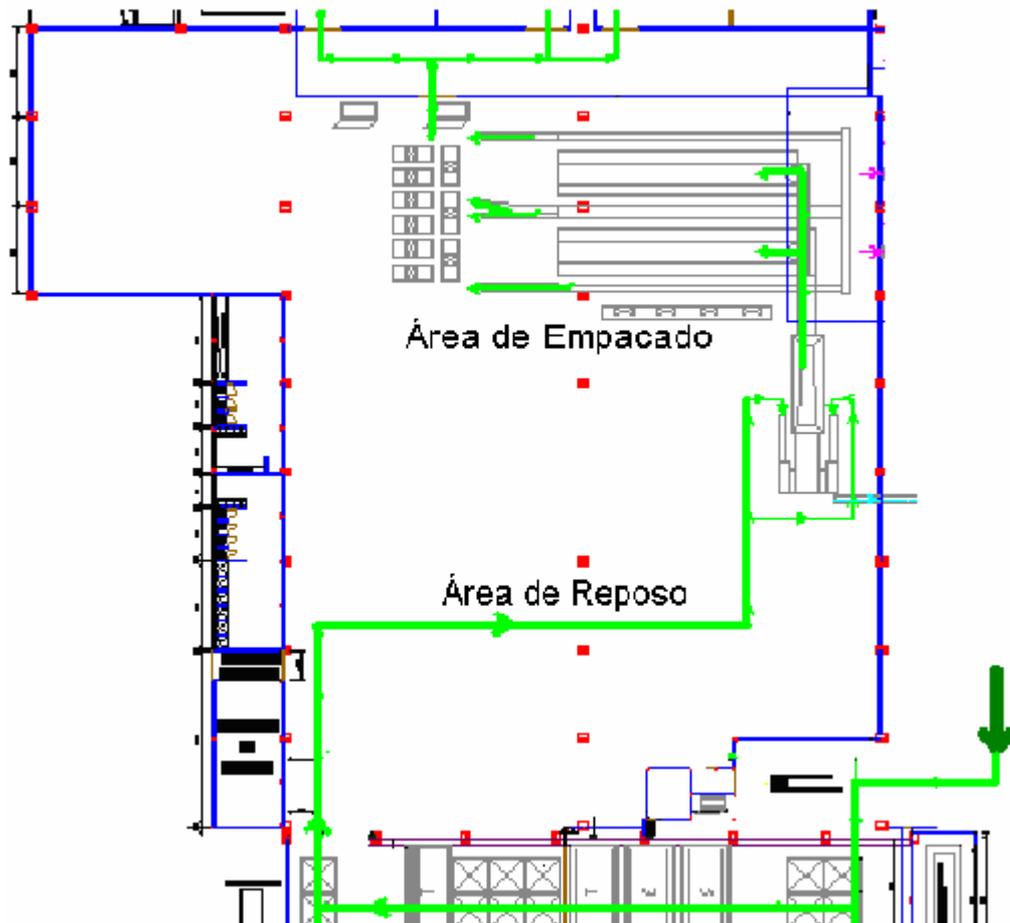


FIGURA 2.25 FLUJO DE MATERIA PRIMA EN LAS ÁREAS DE REPOSO Y EMPACADO

Dentro de la figura 2.25 se aprecia el recorrido del mango a través de las áreas de reposo y empaqueo. El área de reposo cuenta con un aproximado de 1000 m², dentro de los cuales se pueden almacenar un estimado de 20.000 gavetas, apiladas en columnas de hasta 7 gavetas de

altura sobre un pallet. En esta sección laboran un promedio de 8 personas, las cuales desempeñan las siguientes funciones:

ÁREA DE REPOSO

Número de trabajadores	Función	Cantidad	Equipos
4	ESTIBADORES	4	JACK
2	DESCARGADORES	1	MAQUINA ENCERADORA
2	GAVETEROS	1	RIEL DE GAVETAS
1	ENCARGADO DEL ÁREA		

Una vez que el mango esta listo para ser empacado, éste pasa por el proceso de empaque detallado anteriormente, para lo cual se cuenta con las siguientes cantidades de personas y equipos:

ÁREA DE EMPACADO

Posición	Número de trabajadores	Función	Cantidad	Equipos
1	15 x línea	EMPACADORAS	2	BANDA TRANSPORTADORA DE MANGO
2	3 x línea	ETIQUETADORAS	3	RIELES DE CAJAS
3	1 x línea	SELLO APHIS	4	TRANSPORTADORA DE CAJAS
4	1 x línea	SELLO LOTE	2	BANDA DE RECHAZO
5	2 x línea	SELLO CALIBRE-VARIEDAD	2	MESA DE EMPACADO
6	2 x línea	CONTADORAS	6	EQUIPO DE ZUNCHADORES
7	1 x línea	APILADOR		
8	5 x línea	ESTIBADORES		
9	1.5 x línea	ZUNCHADORES		
	1	JEFE DE PRODUCCION		
	1	ASISTENTE PRODUCCION		
	1	OPERADOR DE LA MESA		

En la figura 2.26 se muestra la posición de los trabajadores dentro del área de empaçado, según lo señalado anteriormente.

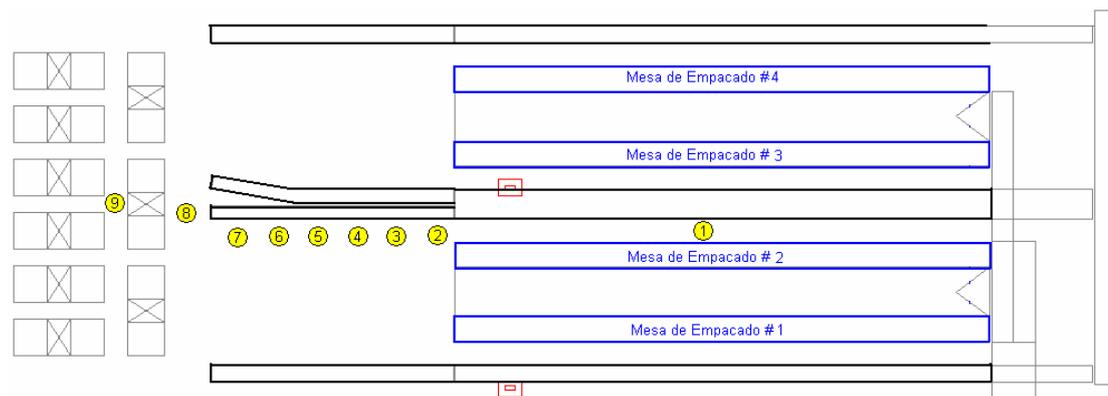


FIGURA 2.26 POSICIÓN DE LOS TRABAJADORES DENTRO DEL ÁREA DE EMPACADO

Luego de que el mango termina su recorrido dentro del área de empaçado, este se encontrará almacenado en los pallets de producto terminado, los cuales luego son conducidos a los túneles de refrigeración.

2.4 Flujo de Proceso y de Materiales del Área de Empacado

2.4.1 Diagrama de Flujo de Procesos del Área de Empacado

A continuación se detalla de manera secuencial las actividades que se llevan a cabo para el empaçado de mangos, desde el reposo.

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS				
Ubicación: Área de Empacado, Durexporta				
Actividad: Empacado de mango de exportación para Estados Unidos		Actividad	Actual	
Analista: Freddy Sarmiento		Operación	18	
		Transporte	3	
Marque el método y tipo apropiados		Demora	1	
Método: Actual Propuesto		Inspección	1	
Tipo: Obrero Material Máquina		Almacenaje	1	
Comentarios: El proceso comienza una vez cumplido el tiempo determinado dentro del área de reposo.				
Descripción de actividad	Símbolo			Responsable
Traer los pallets del lote asignado desde el área de reposo hasta el horno	○ → D □ ▽			Transportadores
Colocar las gavetas de los pallets sobre el riel del horno	○ → D □ ▽			Estibadores (G1)
Operar el horno que se encarga de encerar y pulir el mango	○ → D □ ▽			Operario del horno
Trasladar el mango que sale del horno a las mesas a través de una banda	○ → D □ ▽			
Repartir la fruta entre todas las mesas de cada línea	○ → D □ ▽			
Tomar una caja de banda de cajas y colocarla sobre su lugar de trabajo	○ → D □ ▽			Empacadoras
Buscar sobre la mesa un mango de un determinado calibre	○ → D □ ▽			
Verificar si el mango es apto para ser exportado	○ → D □ ▽			
Colocar el mango dentro de la caja y continuar hasta completar la caja	○ → D □ ▽			
Llevar la caja completa de mangos hasta la banda transportadora	○ → D □ ▽			
Poner el sello del APHIS en el espacio señalado por la caja	○ → D □ ▽			Selladora Aphis
Colocar sticker sobre cada mango	○ → D □ ▽			Stickers
Poner sello de la variedad y calibre sobre la caja	○ → D □ ▽			Selladora calibre
Poner sello del lote sobre la caja	○ → D □ ▽			Selladora lote
Contar el número de cajas hechas por cada empacadora	○ → D □ ▽			Contadoras
Separa las cajas por el calibre o por la marca de caja	○ → D □ ▽			Apilador
Agrupar cajas de iguales características colocandolas una encima de otra	○ → D □ ▽			
Recoger las cajas que esten apiladas sobre la banda transportadora	○ → D □ ▽			Estibadores (G2)
Llevar la caja que se está llevando al pallet correspondiente	○ → D □ ▽			
Acomodar las cajas sobre el pallet hasta completarlo	○ → D □ ▽			
Esperar hasta que se complete el pallet con producto terminado	○ → D □ ▽			Zunchador
Colocar soporte en la mitad y en las esquinas del pallet	○ → D □ ▽			
Colocar cintas plásticas alrededor del pallet	○ → D □ ▽			
Llevar el pallet completo a los tuneles de frío	○ → D □ ▽			
				Estibadores (G3)

FIGURA 2.27 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS

2.4.2 Flujo de Materiales dentro del Área de Empacado

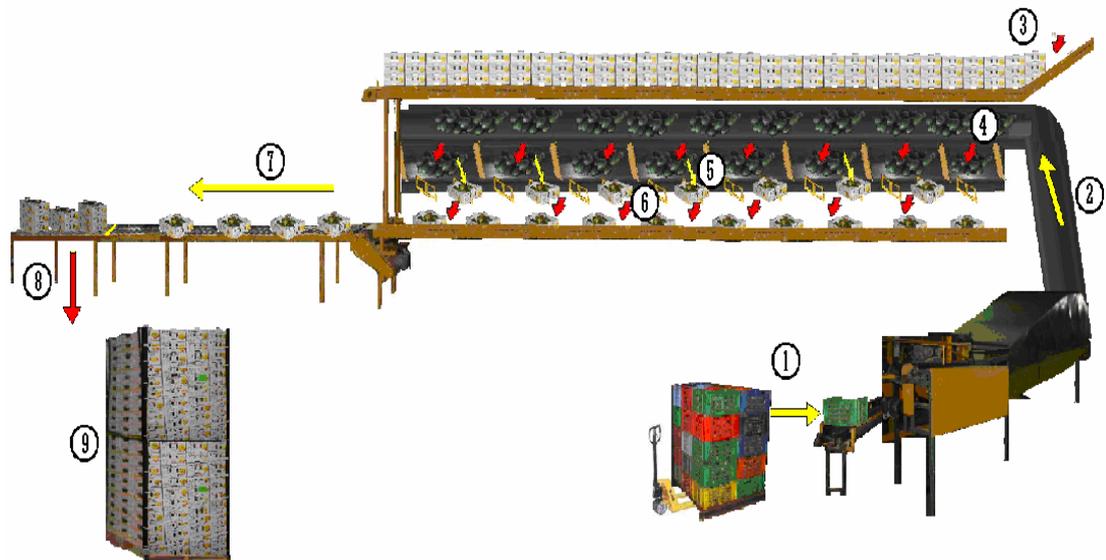


FIGURA 2.28 DIAGRAMA DE FLUJO DE MATERIALES DENTRO DEL ÁREA DE EMPAQUE

1. Colocación de gavetas con magos sobre la máquina encerrada.
2. Recorrido de mangos sobre la banda transportadora.
3. Arribo de las cajas
4. Arribo de los mangos a las mesas de empaque.
5. Colocación de mangos dentro de las cajas
6. Colocación de cajas empacadas sobre la banda transportadora.
7. Colocación de stickers y sellos
8. Apilamiento de cajas de iguales características.
9. Colocación de cajas empacadas sobre pallets.

Considerando cada una de estas etapas se procederá a la toma de tiempos que nos permita obtener con mejor conocimiento el proceso actual.

2.5 Toma de Tiempos. Situación Actual.

La toma de tiempos es una parte fundamental dentro de la tesis que permitirá cuantificar la situación actual del área de empaçado, para posteriormente evaluar las mejoras que se realicen dentro de dicha área. Por este motivo es necesario cronometrar las 8 actividades que se dan dentro del proceso, que son:

- **Empacado**
 - Tiempo cronometrado desde que la empacadora toma una caja desde el riel que las abastece, para llenar la caja con mangos de igual calibre y colocar la caja sobre la banda transportadora.
- **Colocar stickers**
 - La toma de tiempos para este proceso consta desde que la trabajadora prepara varios stickers y los coloca cada uno de estos en cada mango.
- **Poner sello calibre-variedad**
 - El punto de inicio para este proceso es desde que la selladora recarga el sello con tinta para proceder a sellar las cajas.

- **Poner sello del lote**

- El punto de inicio para este proceso es desde que la selladora recarga el sello con tinta para proceder a sellar las cajas con el número de lote correspondiente.

- **Poner sello Aphis**

- El tiempo cronometrado de este proceso se da desde que la selladora recarga el sello con tinta para proceder a sellar las cajas.

- **Apilar Cajas**

- El proceso fue medido desde que el apilador toma una caja, ve sus características y la coloca sobre otra caja de igual característica.

- **Colocar cajas en pallets**

- El tiempo que tarda un estibador en transportar varias cajas de iguales características hasta el pallet correspondiente.

- **Zunchar**

- Tiempo que tarda en colocar los bordes en las esquinas y en el centro del pallet, para asegurar el mismo por medio de cintas plásticas.

Para la toma de tiempos fueron escogidas 2 líneas, las cuales siempre se encuentran activas a lo largo de la temporada. De éstas se seleccionaron a varios trabajadores de diferentes puestos de trabajo para el análisis de su labor. Para la selección de las empacadoras fue necesaria la utilización de los registros de desempeño de las mismas, donde se señala

la cantidad de cajas empacadas durante el día de cada una de ellas. En base a estos registros se tomó a varias empacadoras representativas de cada línea, por ejemplo, dentro de las 15 empacadoras de la línea 1 se tomaron a 4 empacadoras de diferentes niveles de producción.

Una vez determinados los trabajadores para el estudio, se tomaron 30 muestras de cada una de las actividades dentro del área de empaqueo con el fin de determinar el número de observaciones (N) necesarias que permitan conocer el tipo de distribución de probabilidad de los tiempos tomados de cada actividad; para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$N = \left(\frac{st_{\alpha/2}}{k\bar{x}} \right)^2$$

Donde:

k = Porcentaje aceptable de \bar{x}

t = Valor de la tabla de valores críticos de la distribución t.

α = Coeficiente de error

\bar{x} = Media de la muestra

s = Desviación estándar de la muestra

De las muestras tomadas de cada actividad se determinó \bar{x} y s para su utilización dentro de la fórmula, y se empleó un $k = 0.10$ junto con un $\alpha = 0.05$, es decir un 95% de confianza.

Una vez determinada la cantidad de muestras necesarias para cada una de las actividades, se procedió a cronometrar a cada uno de los trabajadores seleccionados en diferentes horas del día durante varios días, logrando una base de datos con los tiempos obtenidos de cada trabajador en su actividad, para su posterior análisis en cuanto a la determinación de su distribución. Los tiempos cronometrados corresponden a las actividades antes señaladas en EL DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS.

Para determinar la distribución de tiempos fue necesario la utilización del software Stat::Fit, del programa ProModel, en el cual se introdujeron los datos de cada una de las muestras tomadas para la realización de pruebas de bondad de ajuste, mediante las cuales el programa arroja los resultados de las diferentes alternativas de distribución de probabilidad, como se aprecia en la FIGURA 2.29:

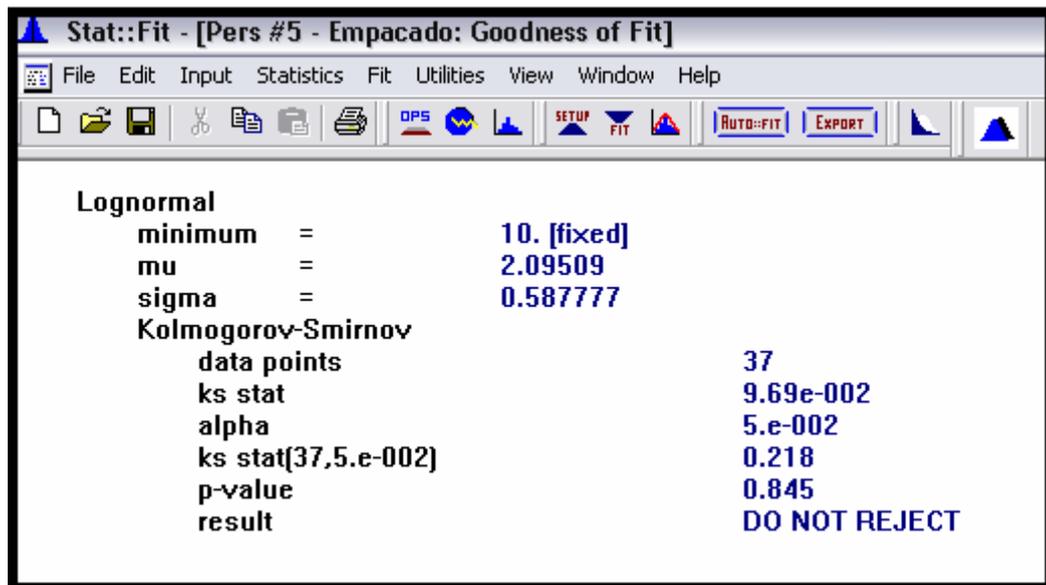


FIGURA 2.29 RESULTADOS DEL STAT::FIT DEL EMPACADOR #5.

En esta figura se aprecia el resultado obtenido del programa, en la cual constan algunos estadísticos referentes a la distribución de probabilidad que mejor se ajusta a la muestra. La distribución de probabilidad seleccionada es aquella que presenta el p-value más alto en comparación a las demás alternativas, tras la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Una vez obtenidas todas las distribuciones de cada una de las muestras, se realizó la siguiente tabla en la cual se aprecia el resumen de los principales estadísticos con respecto a las operaciones evaluadas.

TABLA No.1 TIEMPOS Y DISTRIBUCIONES DE LAS ACTIVIDADES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

	Personas	PROMEDIO (seg)	DESV. STAND (seg)	MÁX. (seg)	MÍN. (seg)	DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES (formato ProModel)
EMPACADO	1	13.87	3.36	23.91	7.31	lognormal(3.29, 2.3, 0.312)
	2	15.58	4.26	27.48	8.54	lognormal(1.01, 2.69, 0.269)
	3	16.14	6.37	44.00	9.08	lognormal(7.14, 1.98, 0.615)
	4	18.03	6.04	41.60	12.10	lognormal (11.4, 1.57, 0.804)
	5	19.36	4.70	32.23	10.86	lognormal(10, 2.09509, 0.5877)
	6	22.14	8.00	49.28	12.67	lognormal (11.5, 2.03, 0.88)
	7	24.83	7.06	47.30	13.32	lognormal (7.01, 2.8, 0.385)
	8	28.22	6.95	48.95	17.99	normal(28.22, 6.8523)
Sello Calibre-Variedad	1	2.23	1.96	8.43	0.51	lognormal(0.43, 8.9e-003, 1.14)
	2	1.71	0.67	3.89	0.65	lognormal(-0.137, 0.553, 0.344)
Sello Lote	1	1.68	1.43	6.79	0.53	lognormal(0.46, -0.363, 1.12)
	2	1.31	0.89	3.65	0.52	lognormal(0.447, 0.658, 0.989)
Sello Aphis	1	0.87	0.20	1.23	0.63	lognormal(0, -0.159, 0.2217)
Stickers	1	0.83	0.24	1.41	0.62	exponential (0.62, 0.213)
	2	0.81	0.26	1.59	0.48	lognormal(0.376, -0.968, 0.496)
	3	0.91	0.33	1.89	0.53	lognormal (0, -0.1515, 0.3179)
Apilar cajas	1	2.92	2.06	10.88	0.73	lognormal(0.455, 0.613, 0.771)
	2	4.52	4.64	21.38	0.63	lognormal(0.443, 0.841, 1.13)
Colocar cajas en pallets	1	21.07	8.08	39.54	6.18	Normal(21.1, 7.9)
	2	21.34	11.76	43.48	5.92	lognormal(-8.04, 3.3, 0.396)
	3	18.23	7.17	38.05	4.84	lognormal(-11.2, 3.35, 0.238)
Zunchado	1	74.75	25.21	143.2	55.05	lognormal(54.7, 2.37, 1.57)
	2	76.51	35.05	155.9	34.16	lognormal(10.3, 4.06, 0.518)

De los datos obtenidos de la toma de tiempos, se pudieron agrupar los datos pertenecientes al tiempo de empacado de cada uno de los 5 calibres. En la siguiente tabla se aprecian los tiempos promedios generales que toma empacar una caja con la cantidad de mangos que se señalan, también denominados calibres.

TABLA No.2 RESUMEN DE LOS TIEMPOS POR CALIBRES DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Todos los calibres a la vez						
	CALIBRES					
Tiempo en Seg.	8	9	10	12	14	General
Promedio	16.64	16.87	22.65	27.64	28.56	20.34
DesvStandar	7.55	5.44	12.21	12.22	8.88	6.66
Max	44.50	28.21	59.82	59.73	48.95	
Min	8.54	9.24	9.64	12.00	17.72	

A través del programa Minitab se realizará un análisis de comparación de medias y varianzas (ANOVA) con lo cual estableceremos la relación que puede existir entre los tiempos que toma en empacar dichos calibres.

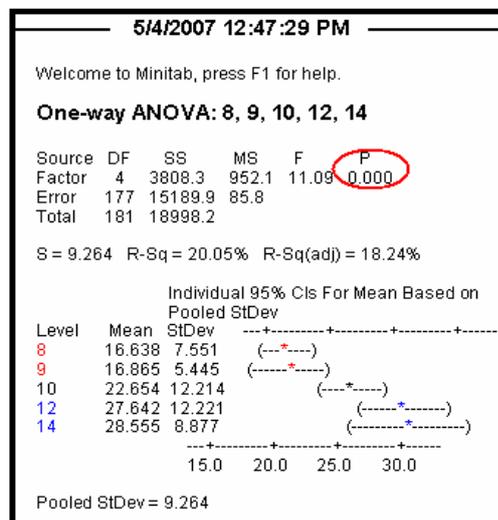


FIGURA 2.30 RESULTADOS DE LA PRUEBA ANOVA DE LOS TIEMPOS DE LOS 5 CALIBRES

En la figura anterior se aprecia la relación que existe entre los 5 calibres, donde claramente se puede destacar una gran relación entre el tiempo de empacado de los calibres 8 y 9, junto con los calibres 12 y 14, quedando en incertidumbre el tiempo de empacado del calibre 10. El análisis muestra a través de su valor $p=0.000$ la hipótesis que afirma que el tiempo promedio de empacado de los 5 calibres, no es el mismo. Para determinar a cual de los 2 grupos formados podría integrarse el tiempo del calibre 10, realizamos las siguientes combinaciones.

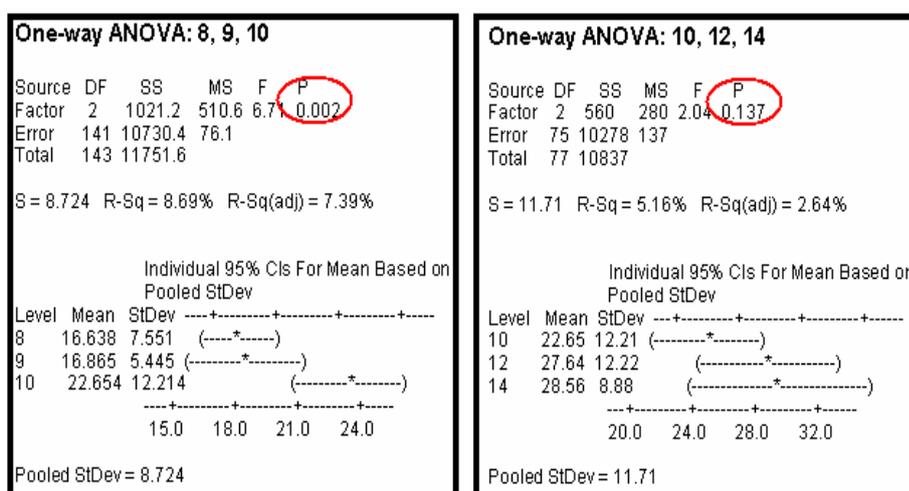


FIGURA 2.31 RESULTADOS DE LA PRUEBA ANOVA DE LOS TIEMPOS DE 3 CALIBRES

En estos análisis se puede apreciar que el tiempo de empacado del calibre 10 guarda más relación con los tiempos de empacado de los calibres 12 y 14, lo cual lo podemos confirmar con su valor p . Se aprecia entonces la relación que existe dentro de estos grupos, los cuales en la actualidad conforman 2 grupos denominados tiempo 90 (calibres 8 y 9) y

tiempo 75 (calibres 10, 12 y 14), información la cual nos servirá más adelante en el estudio.

CAPÍTULO 3

3. DESCRIPCIÓN DE PROBLEMAS Y PLANTEAMIENTOS DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

Una vez obtenida una visión general de los procedimientos realizados dentro de la empresa junto a sus principales problemas, se desarrollarán en este capítulo varios planteamientos que podrían brindar soluciones a los problemas identificados. Los principales problemas serán detallados a continuación, seguidos del planteamiento de posibles soluciones junto con el detalle de cada una de éstas.

3.1 Descripción de Problemas y Planteamientos de Mejora dentro del Área de Reposo

3.1.1 Problemas dentro del Área de Reposo

En la actualidad el área de reposo cuenta con aproximadamente 1000 m² de área, los cuales no llegan a cubrir la demanda de

almacenaje que necesita la empresa, en especial durante la época pico donde se llega a almacenar hasta 20.000 gavetas. Esto obliga a la empresa a formar pallets de hasta 7 gavetas de alto, para tratar de almacenar la mayor cantidad posible, cuando normalmente se apilan hasta 5 gavetas, que es la altura máxima cuando las gavetas salen del proceso de tratamiento térmico. Existe una gran necesidad de optimizar el espacio, lo cual no ocurre debido a que los pallets son ubicados de manera aleatoria dentro del área de reposo, provocando así un desperdicio de espacio disponible y una pérdida de tiempo al tratar de ubicar los pallets cuando éstos son requeridos.



**FIGURA 3.1 UBICACIÓN DE LOTES
EN REPOSO**



**FIGURA 3.2 SITUACION ACTUAL DEL AREA
DE REPOSO**

3.1.2. Trazabilidad de los Lotes de Mango

Para una mejor organización y aprovechamiento del espacio, se plantea diagramar dentro del área de reposo varios bloques con una letra que los identifique, los cuales a su vez contarán en su interior varios casilleros numerados para la colocación de los pallets. Para aquello se utilizará un color que delimite cada bloque, y con otro color se marcarán los casilleros dentro de cada bloque para una mejor visualización. Adicionalmente se señalará en el piso las letras correspondientes a cada bloque.

En la siguiente figura se pueden apreciar los espacios disponibles para los pallets dentro del área de reposo, llegando a tener 496 puestos con una capacidad máxima de 20.832 gavetas. Dentro del plano se aprecian varios puestos que tienen una coloración gris, esto se debe a que se recomienda no utilizar estos espacios en las temporadas no pico con la finalidad de lograr un mayor acceso a cualquier pallet requerido.

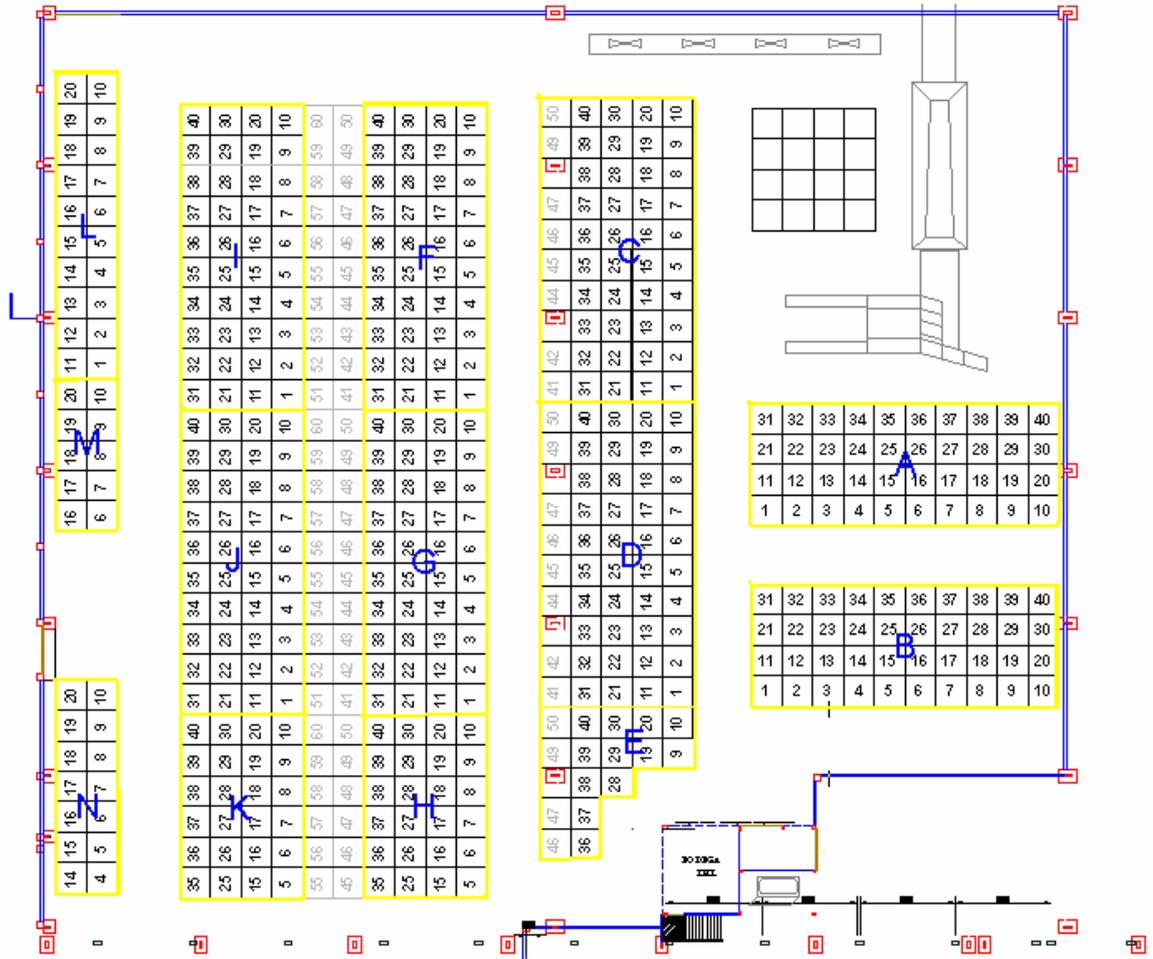


FIGURA 3.3 PROPUESTA DEL ÁREA DE REPOSO

El área además contará con un tamaño adecuado de pasillos de acuerdo al radio de giro del jack con un pallet y una señalización dentro cada pasillo que indique para la dirección a seguir para recorrer la ruta más corta, véase la figura 3.4.

de los lotes en la pizarra se inicia al ingreso de los pallets al tratamiento térmico. En ese momento se designa un lugar en el cual colocar el lote y se anota el puesto asignado a cada pallet en la hoja de la empresa en la cual se registra la entrada de las jaulas al tratamiento térmico. Para este procedimiento se cuenta con un tiempo mínimo de 2 horas antes de que salga la jaula del tratamiento térmico, suficiente para asignar un puesto a los pallets dentro del área de reposo si no se lo hizo al inicio; incluso no toma más allá de 5 a 10 minutos dependiendo del tamaño del lote.

Pasos a seguir para asignar un espacio a cada pallet de un lote

Una vez conocido el tamaño del lote:

1. Ubicar en el mapa de la pizarra los espacios disponibles para la ubicación de todo el lote.

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1129-90	1129-90	1129-90	1129-90	1128-90	1128-90	1128-75	1128-75		
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1129-75	1129-90	1129-90	1129-90	1128-90	1128-90	1128-75	1128-75	1128-75	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1129-75	1129-75	1129-75	1129-75						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1129-75	1129-75	1129-75	1129-75						

- Registrar las posiciones de los pallets sobre la pizarra, tratando de utilizar marcadores de diferentes colores para distinguir cada lote con facilidad. Se debe tratar de colocar de un lado los pallets de tiempo 75 y de otro los de tiempo 90.

31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1129-90	1129-90	1129-90	1129-90	1128-90	1128-90	1128-75	1128-75		
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1129-75	1129-90	1129-90	1129-90	1128-90	1128-90	1128-75	1128-75	1128-75	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1129-75	1129-75	1129-75	1129-75	1130-90	1130-90	1130-90	1130-90	1130-75	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1129-75	1129-75	1129-75	1129-75	1130-90	1130-90	1130-90	1130-75	1130-75	

- Receptar las hojas de control del ingreso de las jaulas y asignar en las mismas una posición a cada pallet del lote que se encuentre en la jaula (como se muestra en la imagen siguiente).



FIGURA 3.5 HOJA DEL CONTROL DEL INGRESO DE JAULAS

4. Luego se debe entregar estas hojas a los transportadores para que ubiquen cada pallet en su posición asignada, una vez que hayan salido del tratamiento térmico.

3.2 Descripción de Problemas y Planteamientos de Mejora dentro del Área de Empacado

3.2.1 Ingreso del Producto a la Línea de Empacado

La actividad más importante para la empresa es el empaqueo de los mangos, por aquello las empacadoras reciben una remuneración especial con el fin de que éstas mejoren su productividad. Debido a la gran demanda de mangos empacados durante la época pico, la empresa cuenta con 4 líneas de empaque donde pueden haber hasta 60 empacadoras, las cuales han trabajado hasta 17 horas al día con el fin de tratar de satisfacer la demanda. Esto implica un alto costo ante la necesidad de aumentar la capacidad productiva, lo cual se agravaría con el crecimiento previsto de al menos un 10 % de la demanda actual. De reducirse el tiempo promedio de empaqueo de las cajas, aumentaría considerablemente la capacidad productiva de la empresa debido al volumen de empacadoras que se maneja; logrando

también reducir los considerables costos de sobre tiempos por concepto de mano de obra. A continuación se muestran los tiempos actuales que tardan en empacar una caja de los diferentes calibres:

CALIBRES	8	9	10	12	14	Tiempo general de salida de una caja
Promedio (seg)	16.64	16.87	22.65	27.64	28.56	20.34
DesvStandar	7.55	5.45	12.21	12.22	8.88	6.66



FIGURA 3.6 EMPACADORAS

3.2.2 Planteamiento de Mejora: Ingreso del Producto a la Línea de Empacado

Un lote de mangos puede estar conformado por un máximo de 5 calibres, los cuales se diferencian por su peso y tamaño. Cada empacadora toma un mango de un calibre específico, lo revisa para verificar que se encuentre en óptimas condiciones

para ser empacado y una vez que el mango es aprobado, lo coloca dentro la caja. Después se prosigue a la búsqueda de otro mango de igual calibre que el anterior hasta llenar la caja.

Para tratar de disminuir el tiempo del empacado, se ha tratado de reducir y eliminar procesos innecesarios. De dichos procesos, la búsqueda de mangos de igual calibre es el más notorio al aumentar sustancialmente el tiempo de empacado de una caja. Con el fin de resolver este problema se procedió a variar el número de calibres que se encuentran sobre la mesa de trabajo. Para esto se realizaron 3 experimentos que consistieron en mandar una menor cantidad de calibres a la vez a las mesas de trabajo para reducir el tiempo de búsqueda.

En primera instancia se trabajará de la manera habitual en la cual se empacan simultáneamente todos los calibres, que son 8 - 9 -10 - 12 - 14, y se procederá a tomar los tiempos de empacado.

La segunda prueba consistirá en mandar los calibres de forma individual para que no existiera búsqueda, y mandar los calibres de cada lote en una secuencia que permita apreciar fácilmente

la diferencia de tamaños por si acaso existiera algún calibre remanente, por ejemplo la serie puede ser: 8 – 12 – 9 – 14 – 10.

Y por último, se realizará una tercera prueba la cual consistirá en mandar los calibres según su tiempo en el tratamiento térmico. Para ello se empacará primero los mangos de tiempo 90 que son los calibres 8 – 9, por ser normalmente los más numerosos; y una vez terminados éstos, se empacarán los de tiempo 75 que son los calibres 10 – 12 – 14. Una vez realizados los 3 experimentos y obtenidos los tiempos, éstos serán analizados de acuerdo sus resultados y las dificultades que presentaron para de esta forma escoger la mejor opción y realizar cualquier tipo de ajuste si así la situación lo amerita.

3.2.3 Programación de la Producción

Un problema fundamental dentro del área de empaçado es la falta de un plan formal de producción que indique el orden adecuado de entrada de los lotes a ser empaçados. Como se mencionaba anteriormente se maneja una gran cantidad de lotes al día, los cuales en la actualidad ingresan en el orden que estos arribaron al área de reposo, lo cual ocasiona muchas veces que un lote siguiente no guarde relación con el anterior, lo cual provoca muchos pallets incompletos de mangos empaçados al final de la línea de empaque. En cuyo caso los pallets serán completados con lotes posteriores, lo que produce una gran cantidad de pallets incompletos alrededor del área de empaçado. Esto produce un gran desorden dentro de dicha área y además crea un mayor trabajo para los estibadores al tratar de buscar los pallets correspondientes para las cajas transportadas, provocando en ocasiones cuellos de botella al final de la línea de empaque ya que los estibadores tardan más en realizar su recorrido.

Tabla No. 3 EJEMPLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN ACTUAL

LOTE	TIPO	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallets	Hacienda	Cajas
1153	Hadden	183	732	6	Maci	Bunny
1155	Hadden	645	2580	22	Chap	Freska
1156	Hadden	120	480	4	Mgal	Freska
1157	Tommy	184	736	6	Mirva	Tropical
1160	Keith	75	300	3	Edén	Tropical
1161	Tommy	212	848	7	Peti	Dole
1162	Hadden	191	764	6	Lomi	Dole
1163	Hadden	305	1220	10	Jeró	Freska
1164	Tommy	265	1060	9	Pace	Tropical
1165	Tommy	146	584	5	Crist	Tropical
1169	Tommy	1458	5832	49	Piva	Freska
1174	Tommy	157	628	5	Valen	Dole
1175	Tommy	453	1812	15	Guit 4	Dole
1177	Hadden	1280	5120	43	Guit 4	Bunny
1178	Tommy	59	236	2	Incre	Tropical
1179	Tommy	609	2436	20	Recu 2	Selvatica
1181	Tommy	514	2056	17	Chola	Number one
1184	Tommy	462	1848	15	Rapa	Exofrut
1185	Tommy	1034	4136	34	Guit 3	Freska
1187	Tommy	165	660	6	Flor	Dole
1189	Tommy	121	484	4	Incre	Freska
1191	Hadden	405	1620	14	Prim	Freska
1193	Tommy	180	720	6	Paler	Tropical

La falta de un plan de producción dentro del área de empaclado complica la coordinación de los demás recursos, tales como es el caso de las cajas. Por dicha falta de planeación la empresa incurre en un gran inventario de cajas de varias marcas en caso de que éstas sean requeridas, lo cual complica al área de armado. Como se puede apreciar en la tabla No. 3 la variación de caja entre lote y lote es muy alta lo cual incurre en tiempo

improductivo al tener que vaciar los rieles que contienen las cajas para el ingreso de nuevas cajas. Esta actividad tiene un tiempo aproximado de 4 minutos por cada uno de los cambios de cajas realizados, lo que produce una importante disminución del tiempo total disponible para el empaclado.

La falta de planificación no solo produce problemas dentro del área de empaclado sino también complica la situación del proceso siguiente como es el caso del proceso de enfriamiento, en el cual los lotes incompletos dentro de la cámara de refrigeración deberán esperar una mayor cantidad de tiempo para ser completados con un lote compatible, y poder cumplir con las unidades necesarias para llenar un container.

3.2.4 Planteamiento de Mejora con Respecto a la Metodología de la Programación de la Producción

La elaboración de un plan de producción es muy importante pues nos permite una mejor coordinación en la entrada de los lotes con el fin de disminuir o eliminar los problemas antes señalados. A continuación se detallarán los pasos a seguir:

Pasos para la elaboración del plan de producción:

- Ordenar todos los lotes según el tiempo de reposo

Los lotes que tienen como destino los Estados Unidos ingresan al área de reposo en el orden en que arribaron. Cada lote posee un tiempo de reposo que oscila entre 12 y 36 horas, el cual es determinado por control de calidad. Es importante separar los lotes en función del tiempo de reposo para conocer los lotes que se encuentran listos para ser empacados una vez culminado su tiempo de reposo.

TABLA No. 4 EJEMPLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN SUGERIDO – PASO 1

Horas de Reposo	LOTE	TIPO	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Hacienda	Caja
12	1153	Hadden	183	732	6	H1	A
12	1155	Hadden	645	2580	22	H3	A
12	1156	Hadden	120	480	4	H1	A
12	1157	Tommy	184	736	6	H5	A
12	1160	Keith	75	300	3	H6	B
12	1161	Tommy	212	848	7	H3	D
12	1162	Hadden	191	764	6	H6	A – B
12	1163	Hadden	305	1220	10	H5	A
12	1164	Tommy	265	1060	9	H2	A
12	1165	Tommy	146	584	5	H4	B
12	1168	Hadden	194	776	6	H1	A – B
24	1158	Tommy	464	1856	15	H6	C
24	1166	Tommy	209	836	7	H2	D
24	1167	Tommy	107	428	4	H2	F
36	1154	Tommy	338	1352	11	H2	C
36	1159	Tommy	75	300	3	H2	C

- Seleccionar los lotes que estén próximos a cumplir el tiempo de reposo.

Se toma de la base de datos los lotes que se encuentren disponible para ser empacados. No se debería considerar los demás lotes que cuentan con un mayor tiempo de reposo, ya que durante el transcurso del día pueden arribar lotes con menor tiempo de reposo que los lotes que se encuentran ya reposando.

TABLA No. 5 EJEMPLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN SUGERIDO – PASO 2

Horas de Reposo	LOTE	TIPO	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Hacienda	Caja
12	1153	Hadden	183	732	6	H1	A
12	1155	Hadden	645	2580	22	H3	A
12	1156	Hadden	120	480	4	H1	A
12	1157	Tommy	184	736	6	H5	A
12	1160	Keith	75	300	3	H6	B
12	1161	Tommy	212	848	7	H3	D
12	1162	Hadden	191	764	6	H6	A – B
12	1163	Hadden	305	1220	10	H5	A
12	1164	Tommy	265	1060	9	H2	A
12	1165	Tommy	146	584	5	H4	B
12	1168	Hadden	194	776	6	H1	A – B

- Seleccionar un determinado número de lotes a ser procesados.

Conociendo que la capacidad productiva de la empresa está en base al número de empacadoras, se podría estimar la

cantidad de gavetas que se empacarían durante el día con el fin de seleccionar un adecuado número de lotes que cumplan dicha cantidad, para su posterior re-ordenamiento. La capacidad productiva actual de la empresa dentro del área de empacado se estima en 85 cajas empacadas por hora por cada una de las empacadoras.

TABLA No. 6 EJEMPLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN SUGERIDO – PASO 3

Horas de Reposo	LOTE	TIPO	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Hacienda	Caja
12	1153	Hadden	183	732	6	H1	A
12	1155	Hadden	645	2580	22	H3	A
12	1156	Hadden	120	480	4	H1	A
12	1157	Tommy	184	736	6	H5	A
12	1160	Keith	75	300	3	H6	B
12	1161	Tommy	212	848	7	H3	D
12	1162	Hadden	191	764	6	H6	A – B
12	1163	Hadden	305	1220	10	H5	A
12	1164	Tommy	265	1060	9	H2	A

La cantidad de lotes a ser producidos durante un día de trabajo podría ser dividida en 2 o más partes para su posterior re-ordenamiento, en la cual se establecería la regla que dentro de la primera parte se incluya los lotes con prioridad a ser empacados. Una vez que se conozcan los lotes que van a estar incluidos en cada una de las partes se procederá con el siguiente paso para cada una de las mismas.

- Agrupar los lotes en base a la variedad de mango.

Este es un proceso sencillo en el cual se agrupan los lotes según la variedad del mango, con el objetivo de lograr una mayor continuidad no solo por el tipo de cajas sino también dentro del procesamiento de la fruta, ya que las diferentes variedades del mango traen consigo diferentes formas y aspectos los cuales afectan el ritmo de trabajo.

TABLA No. 7 EJEMPLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN SUGERIDO – PASO 4

TIPO	Horas de Reposo	LOTE	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Hacienda	Caja
Hadden	12	1153	183	732	6	H1	A
Hadden	12	1155	645	2580	22	H3	A
Hadden	12	1156	120	480	4	H1	A
Hadden	12	1162	191	764	6	H6	A – B
Hadden	12	1163	305	1220	10	H5	A
Keith	12	1160	75	300	3	H6	B
Tommy	12	1157	184	736	6	H5	A
Tommy	12	1161	212	848	7	H3	D
Tommy	12	1164	265	1060	9	H2	A

- Agrupar los lotes de iguales haciendas que posean el mismo tipo de caja.

Una vez que se tienen agrupados los lotes en cuanto a la variedad de mangos, se tratará de juntar los lotes de iguales haciendas o de haciendas compatibles que posean los mismos tipos de cajas dentro de cada grupo de la misma

variedad de mango, con la finalidad de agrandar el lote y reducir así los tiempos improductivos al momento de cada cambio de lote.

TABLA No. 8 EJEMPLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN SUGERIDO – PASO 5

Hacienda	TIPO	Horas de Reposo	LOTE	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Caja
H1	Hadden	12	1153	183	732	6	A
H1	Hadden	12	1156	120	480	4	A
H3	Hadden	12	1155	645	2580	22	A
H5	Hadden	12	1163	305	1220	10	A
H6	Hadden	12	1162	191	764	6	A – B
H6	Keith	12	1160	75	300	3	B
H2	Tommy	12	1164	265	1060	9	A
H3	Tommy	12	1161	212	848	7	D
H5	Tommy	12	1157	184	736	6	A

- Ordenar los lotes en base a necesidad de cajas a empacar.

Este proceso se trata de ordenar los lotes de tal forma que permitan cierta continuidad en relación a los requerimientos de las cajas, con el fin de lograr la menor cantidad cambios de tipo de caja. Este proceso se lo realiza dentro de cada grupo ya formado por tipo de variedad del mango.

TABLA No. 9 EJEMPLO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN SUGERIDO – PASO 6

Hacienda	TIPO	Horas de Reposo	LOTE	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Caja
H1	Hadden	12	1153	183	732	6	A
H1	Hadden	12	1156	120	480	4	A
H3	Hadden	12	1155	645	2580	22	A
H5	Hadden	12	1163	305	1220	10	A
H6	Hadden	12	1162	191	764	6	A – B
H6	Keith	12	1160	75	300	3	B
H2	Tommy	12	1164	265	1060	9	A
H5	Tommy	12	1157	184	736	6	A
H3	Tommy	12	1161	212	848	7	D

Realizando estos 6 pasos se puede reordenar la entrada de los lotes a ser procesados con lo cual se disminuirán los tiempos cambios de cajas y se logrará una mejor organización de los recursos involucrados

3.2.5 Distribución del Personal de Empacado

Actualmente las empacadoras se encuentran ubicadas en las líneas de empacado desde las más rápidas hasta las más lentas, como se puede apreciar en el gráfico a continuación, donde 1 es la más rápida y 30 es la más lenta.

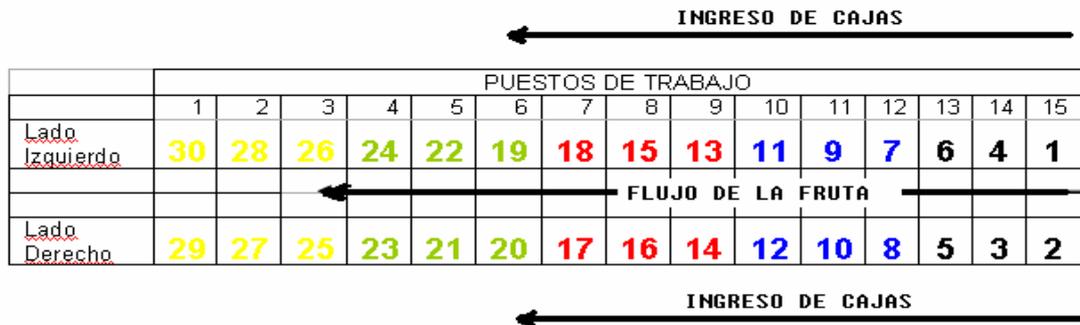


FIGURA 3.7 UBICACIÓN DE LAS EMPACADORA – SITUACIÓN ACTUAL.

Esto provoca que un sector sea más productivo que otro, lo cual para el caso resulta contraproducente, principalmente a la entrada de un nuevo lote ya que las empacadoras más talentosas terminan antes su carga encomendada, teniendo posteriormente que esperar hasta que las empacadoras menos talentosas terminen su trabajo para que sea posible el ingreso del siguiente lote. Esta situación se traduce en una reducción de la utilización de las empacadoras más talentosas, tomando en cuenta que en promedio se tarda 4 minutos el ingreso de un nuevo lote, llegando a tener hasta 40 lotes durante un día. Esto se traduce en una gran pérdida de tiempo productivo diario.

Otro importante problema detectado debido a la posición de la empacadoras se da ante la falta de abastecimiento de cajas al

final de la línea, donde se encuentran las empacadoras menos talentosas, debido a que las más rápidas recogen varias cajas al inicio de la línea, provocando la falta de cajas para las empacadoras de la parte final, las cuales varias veces al día paran sus actividades para buscar cajas y así poder empacar.

3.2.6 Planteamiento de Mejora: Distribución del Personal de Empacado

Por aquello, se plantea reubicar a las empacadoras de una manera más equilibrada para tratar de balancear la línea, como se aprecia en el siguiente gráfico:

		PUESTOS DE TRABAJO														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lado Izquierdo		15	18	13	19	11	26	1	30	4	28	6	24	7	22	9
				←												
Lado Derecho		16	17	14	20	12	25	2	29	3	27	5	23	8	21	10

FIGURA 3.8 UBICACIÓN DE LAS EMPACADORA – SITUACIÓN PROPUESTA

En general lo que se ha realizado es colocar una empacadora más rápida junto con una más lenta para que la rápida una vez terminada su carga de trabajo, coja fruta de la más lenta y así ésta no pare; además de esta forma también se reduciría el tiempo de espera para introducir el siguiente lote, mejorando la utilización de los trabajadores.

Nótese que al inicio de la línea ya no se encuentran las empacadoras más rápidas sino que se encuentran empacadoras con menor capacidad que las anteriores y junto con ellas otro grupo de empacadoras con una menor capacidad que la complementa para balancear la línea, debido a que al introducir las cajas estas serán las primeras en coger producto y por su rendimiento permitirán que las cajas fluyan libremente a lo largo de la línea para que puedan coger las demás empacadoras que se encuentran al fondo, cosa que no ocurría cuando las más rápidas se encontraban al fondo ya que estas al coger rápidamente, en ocasiones acaparaban las cajas y no permitían que estas lleguen hasta las empacadoras más alejadas, provocando así que las últimas dejen de trabajar por falta de cajas, o salgan de sus puestos a buscar cajas por sus propios medios. Además existe un aparente conflicto por la pugna de

los primeros puestos ya que las empacadoras ganan por cajas empacadas.

En conclusión, al tratar de balancear las líneas intercalando empacadoras rápidas con lentas para balancear los rendimientos, no solo se reducen los tiempos entre cambios de lote, sino también se aumenta la utilización de las empacadoras dando un aumento en la producción e incrementando a su vez la utilización de las siguientes estaciones de trabajo.

3.2.7 Problemas Identificados en el Manejo del Producto Terminado

Existen en la actualidad varios problemas al final de la línea de empacado debido al sistema actual de trabajo. En ocasiones se produce un nuevo cuello de botella en la zona del apilador, ya que este recibe un mínimo de 5 diferentes tipos de cajas a apilar a la vez, debido a que cada lote contiene 5 calibres diferentes de la fruta, situación que complica el apilamiento al tratar de acomodar las cajas para que estas sean recogidas por los estibadores. El arribo de cajas de igual calibre es muy variado,

por lo cual el apilador no logra a completar un apilamiento de hasta 4 cajas de altura por falta de las mismas, lo que obliga a los estibadores a recoger las cajas que se encuentran semi-listas. Al ocurrir esta situación se produce una mayor cantidad de viajes por parte de los estibadores y un mayor flujo en el tránsito de los mismos, lo que incurre en un caos dentro del área. Esta situación da paso a que se forme en ocasiones un nuevo cuello de botella por la gran cantidad de pallets incompletos que provocan que los estibadores recorran una mayor distancia al tratar de ubicar los pallets, lo que incide en su cansancio y una mayor necesidad de trabajadores para efectuar dicha actividad.



FIGURA 3.9 FINAL DE LA LÍNEA DE EMPACADO

3.2.8 Planteamiento de Mejora para el Manejo del Producto Terminado

De aplicarse uno de los planteamientos para reducir el tiempo de empaclado, se reduciría el número de calibres empacados a la vez durante la corrida de un lote, lo que beneficiaría tanto a las empacadoras como a los apiladores, los cuales tendrían un número reducido de cajas diferentes a apilar. Al reducirse la variación en el tipo de cajas en la zona de apilamiento es posible que se pueda lograr un apilamiento de acuerdo al número de cajas requeridas.

Otra forma de ayudar a la reducción de paras producidas en la zona del apilador, sería la ampliación del final de la línea de empaque. El espacio disponible es relativamente pequeño por lo que sería necesario realizar una ampliación limitada, empleando para ello una mesa en la cual se coloquen las cajas apiladas para poder organizarlas según su calibre. La mesa contará con una longitud de 1.35 mts, espacio requerido para que abarque 5 filas de cajas y 1.6 mts de ancho con la finalidad que contenga 4 columnas de cajas.

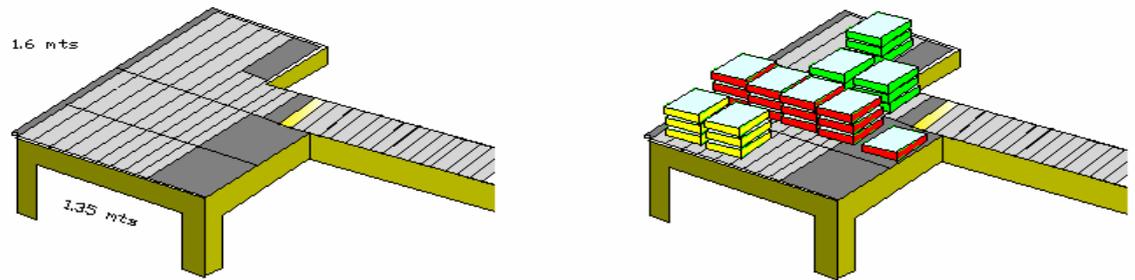


FIGURA 3.10 MESA DE APILAMIENTO AL FINAL DE LA LÍNEA DE EMPAQUE

De igual forma se establecería una regla en la cual los estibadores no lleven las cajas apiladas hasta los pallets si estos no completan el número requerido, con el fin de reducir el número de viajes y el gran flujo de personas, obteniendo de esta forma un mejor aprovechamiento de los estibadores. Además, de ejecutarse el planteamiento del plan de producción se reducirían en gran número la cantidad de pallets incompletos, lo que implicaría una mejor localización de los pallets y la disminución en cuanto al recorrido realizado por los estibadores al tratar de completarlos.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE LOS PLANTEAMIENTOS DE MEJORA

Una vez conocidos los problemas y establecidas posibles soluciones, en este capítulo se procederá a la ejecución de dichos planteamientos a través de pruebas realizadas en la empresa, con la finalidad de determinar su desenvolvimiento e impacto en el desempeño de la línea de empaque.

4.1 Evaluación de la Metodología Sugerida para Mantener la Trazabilidad de los Lotes

Para la realización de esta prueba fue necesaria la explicación de la nueva manera de ubicación de los lotes a los estibadores. La explicación duró alrededor de 10 minutos, en los cuales se detalló a 3 de los estibadores como se encontraba dividida el área de reposo y la función de los bloques, los cuales fueron identificados con letras junto con sus respectivos casilleros numerados.



FIGURA 4.1 SEÑALIZACIÓN DE LOS BLOQUES



FIGURA 4.2 ENTRENAMIENTO DE ESTIBADORES

Para una mejor representación de la realidad, se realizaron varias pruebas de diferentes casos posibles del arribo o salida de los pallets con gavetas del área de reposo, utilizando los bloques más alejados a la máquina enceradora con la finalidad de simular las temporadas pico. Dentro de las principales pruebas se detallan las siguientes:

- Asignación de puestos para un lote.

En un principio se dio una ubicación dentro del mapa al lote, para posteriormente ubicar cada uno de sus pallets dentro del mismo. A cada pallet se le asignaba una posición dentro del lote y se lo registraba en las hojas de control de ingreso de jaulas. Posteriormente al salir las jaulas del tratamiento térmico, se ubicaba cada uno de los pallets en sus puestos ya asignados.



FIGURA 4.3 PRUEBA DE ASIGNACIÓN DE PUESTOS PARA UN LOTE.

- Localización de pallets individuales.

Posteriormente a un operario se le solicitaba en base a un código identificar la posición señalada para un lote, de esta manera fue factible determinar cuan fácil o difícil era la identificación de los casilleros. Al realizar esta actividad, no le tomó al operario más de 1 minuto en localizar el pallet y llevarlo hasta el lugar requerido, actividad que anteriormente necesitaba entre 2 a 3 minutos dependiendo la cercanía del pallet.



FIGURA 4.4 PRUEBA DE LOCALIZACIÓN DE PALLETS INDIVIDUALES.

- Localización de un lote dividido en varios bloques.

Los pallets de un mismo lote fueron colocados en varias posiciones dispersas entre sí, con la finalidad de observar la efectividad del uso del mapa (pizarra) al tratar de ubicar todos los pallets del lote. El uso del mapa permitía una mayor visión global y precisa, junto con una identificación más rápida sin tener que ir hasta cada uno de los pallets para observar en las etiquetas los lotes.



FIGURA 4.5 PRUEBA DE UBICACIÓN DE UN LOTE DIVIDIDO EN VARIOS BLOQUES

- Localización de pallets ubicados en el interior de los bloques.

Esto permitía confirmar cuan accesible sería llegar hasta un pallet que se encuentre en la parte interna de un bloque. Para realizar esto, sería necesario sacar el pallet que se encuentre en la parte frontal del bloque para poder llegar al pallet interno y devolver a su puesto el pallet frontal. Esta actividad no toma más de 1.5 minutos desde que el pallet es identificado hasta que

éste es llevado al lugar requerido. Anteriormente la realización de esta actividad tomaba más del doble del tiempo sin incluir el tiempo requerido para la identificación del lote.



FIGURA 4.6 PRUEBA DE LOCALIZACIÓN DE PALLETS UBICADOS INTERNAMENTE

- Formación de pallets de 7 pisos de alto.

Con esta prueba se trataba de observar los movimientos de los pallets con 7 pisos de alto y si estos no presentaban ningún problema. La misma observación se hizo para los pallets de 5 pisos de alto.



FIGURA 4.7 PRUEBA DE FORMACIÓN DE PALLETS DE 7 PISOS DE ALTO.

En general todas las pruebas resultaron exitosas, logrando así demostrar la facilidad de la ubicación de los lotes mediante un mapa del área de reposo, junto con lo factible que es ubicar y sacar cualquier pallet en el área. Además de los tiempos de recorridos obtenidos se promedió un tiempo inferior a 1 minuto, en traer un pallet; contando este tiempo desde que el estibador recibe la orden del pallet a traer, hasta que éste lo deposita cerca de la máquina enceradora. Anteriormente para el cumplimiento de esta actividad se requería entre 2 y 4 minutos, dependiendo de la cercanía del pallet, para lo cual se utilizaba una mayor cantidad de personal con el cual se cubrían las demoras. Tomando en cuenta que la descarga de las gavetas sobre la máquina dura aproximadamente 1.5 minutos, es posible concluir que la ubicación planteada de cada lote hace más eficiente el proceso de traer los pallets a la máquina enceradora.

4.2 Evaluación de la Metodología Sugerida para el Ingreso de los Calibres

Para la elaboración de cada una de las 3 pruebas realizadas se contó con un promedio de 500 gavetas con mango de igual

variedad. Se notificó el planteamiento a seguir a todo el personal del área de empaclado con el fin de que ellos pudieran adaptarse mejor al proceso y notar los cambios que se darían. Las pruebas fueron ejecutadas como fueron descritas en capítulo 3, sección 3.2.2. Planteamiento de mejora: Ingreso del producto a la línea de empaclado.

Durante todas las pruebas se cronometró el tiempo de empaclado desde que la empacadora toma una caja del riel que las abastece, llena la caja con mangos de igual calibre y la coloca sobre la banda transportadora, dando como resultado global los siguientes tiempos (unidades en segundos):

- Prueba 1: consiste en el método actual de trabajo en el cual se empaican todos los calibres a la vez.

TABLA No. 10 RESULTADOS DE LA PRUEBA 1, TODOS LOS CALIBRES

PRUEBA 1: Todos los calibres a la vez							
	Calibres	8	9	10	12	14	General
LINEA1							
	Promedio	16.64	16.87	22.65	27.64	28.56	20.34
	DesvStandar	7.55	5.45	12.21	12.22	8.88	6.66
	Max	44.50	28.21	59.82	59.73	48.95	
	Min	8.54	9.24	9.64	12.00	17.72	

En esta tabla se puede apreciar una alta desviación estándar en el tiempo de empacado de cada calibre, al igual que una notable diferencia en el tiempo promedio de empacado de cada uno de ellos. En resumen se obtuvo que en promedio general las empacadoras tardan alrededor de 20.34 segundos en empacar una caja de cualquier calibre, con una desviación estándar de 6.66 segundos.

- Prueba 2: consiste en enviar cada uno de los calibres por separado.

TABLA No. 11 RESULTADO DE LA PRUEBA 2, CALIBRES INDIVIDUALES

PRUEBA 2: Entrada de Mangos Separados por calibre						
	calibres	8	9	10	12	14
LINEA						
	Promedio	12.74	15.84	14.27	16.22	18.15
	DesvStandar	2.31	3.35	2.54	1.23	2.63
	Max	18.11	20.98	18.79	18.01	22.21
	Min	9.61	10.86	10.26	14.07	14.05

Si bien podemos apreciar que mandar los calibres individualmente muestra mejores resultados que mandar todos los calibres mezclados, este proceso requiere un grado mayor de complejidad y depende mucho del adecuado funcionamiento de la máquina clasificadora. Esta máquina no cuenta actualmente con la capacidad para satisfacer la demanda en la época pico, además si ocurriera una mala calibración del equipo dañaría todo

el proceso. Adicionalmente exigiría una ubicación más minuciosa de cada pallet dentro del área de reposo; es por estos motivos que resulta complicada la implementación de este método como método de producción regular.

- Prueba 3: consiste en enviar los calibres según su clasificación para el tratamiento térmico.

TABLA No. 12 RESULTADO DE LA PRUEBA 3, CALIBRES SEPARADOS POR TIEMPO

Prueba 3: Entrada de Mangos separados por Tiempo								
	calibres	8	9	Tiempo 90	10	12	14	Tiempo 75
LINEA								
	Promedio	13.42	14.45	13.73	14.13	15.73	17.05	15.98
	DesvStandar	2.10	2.88	2.52	2.21	1.80	2.07	2.06
	Max	18.49	21.28	21.28	16.66	19.14	20.74	19.14
	Min	10.70	10.97	9.86	10.81	13.56	14.64	10.81

Esta prueba muestra los mejores resultados con respecto a las pruebas anteriores, en la cual no sólo se nota una reducción considerable en los tiempos promedios del empacado de cada calibre sino también en la desviación estándar de cada uno de sus calibres. Además se aprecia el tiempo promedio general que tardan las empacadoras en empacar una caja perteneciente al tiempo 90 y al tiempo 75, los cuales fueron 13.73 segundos y 15.98 segundos respectivamente.

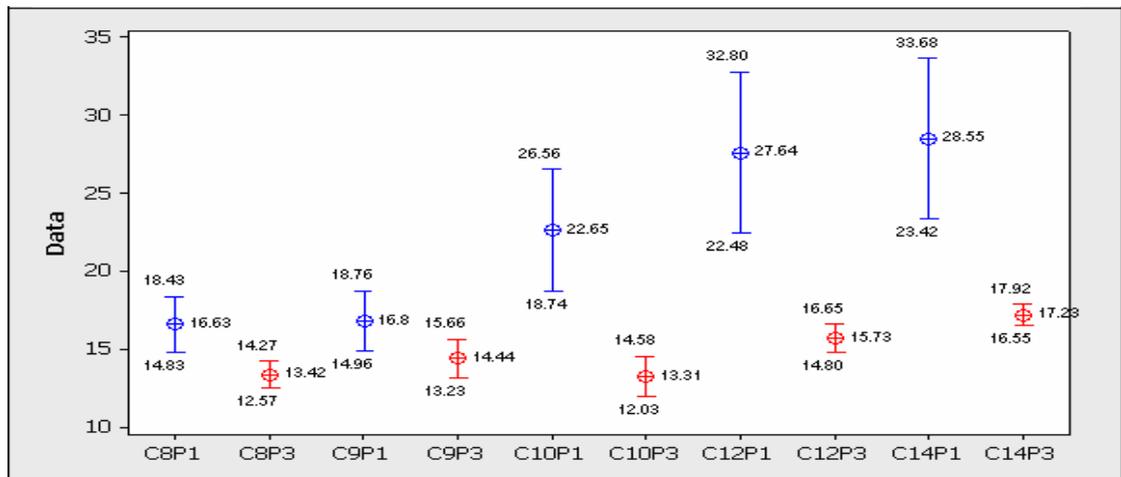


FIGURA 4.8 INTERVALO DE CONFIANZA PARA EL TIEMPO DE EMPACADO DE LOS DISTINTOS CALIBRES EN LAS PRUEBAS 1 Y 3

En la figura anterior se aprecian los intervalos de confianza de los datos obtenidos en las pruebas 1 y 3, para cada uno de los calibres. La figura nos indica los rangos en los que se encuentran los datos obtenidos con 95% de confianza, lo cual nos muestra un gran nivel de desviación para los datos de la prueba 1 en comparación a los datos obtenidos de la prueba 3. Además se aprecia la disminución de los promedios generales de empacado para cada uno de los calibres, logrando de esta forma reducir el tiempo de empacado. Luego de revisar los resultados podemos darnos cuenta de la gran influencia que tenía la búsqueda del mango del calibre adecuado para el proceso de empacado.

El método de mandar los lotes por tiempos da excelentes resultados y no requiere de ningún esfuerzo extra. Lo único que hay que tomar en cuenta es mandar todos los pallets del tiempo 90 primero y luego continuar con los de tiempo 75 de dicho lote, o viceversa. Por lo tanto, una buena alternativa es mandar los mangos separados por tiempos, reduciendo así el tiempo al llenar una caja, sino también produce un efecto de estabilización en los tiempos promedio del empaclado de los diferentes calibres.

Comparación de las Pruebas 1 y 3 enfocadas a empacadoras de diferentes habilidades.

A continuación se muestra una tabla en la que se encuentran los resultados obtenidos de la prueba 1 y 3 al separar los tiempos de empaclado por calibre de 3 empacadoras de distintas habilidades.

TABLA No. 13 RESULTADO DE LA PRUEBA 1 y 3, A TRABAJADORES DE DIFERENTES HABILIDADES

CALIBRE	Velocidad	Rápida			Media			Lenta		
		Operador 1			Operador 2			Operador 3		
		Prueba 1	Prueba 3	% mejoras	Prueba 1	Prueba 3	% mejoras	Prueba 1	Prueba 3	% mejoras
8	Promedio	13.70	12.61	8%	18.56	13.27	28%	20.63	14.19	31%
	Desv. Stand.	2.90	1.99	31%	4.46	1.78	60%	3.05	2.34	23%
9	Promedio	18.47	12.64	32%	17.02	14.47	15%	22.62	15.79	30%
	Desv. Stand.	4.59	1.63	65%	2.50	2.41	3%	4.32	3.62	16%
10	Promedio	15.53	13.46	13%	20.61	14.23	31%	25.37	15.90	44%
	Desv. Stand.	4.62	1.21	74%	6.53	2.38	64%	10.39	2.48	77%
12	Promedio	19.63	14.28	27%	19.91	14.65	26%	25.88	16.96	43%
	Desv. Stand.	3.74	1.86	50%	3.57	1.76	51%	6.66	2.14	74%
14	Promedio	21.74	18.60	14%	21.49	15.25	29%	28.38	20.22	29%
	Desv. Stand.	3.56	1.19	67%	4.03	1.65	59%	7.68	3.01	61%

La tabla anterior muestra los resultados del tiempo promedio de empacado junto con la desviación estándar de 3 empacadoras de diferentes habilidades: rápida, lenta y mediana, tanto en la prueba 1 como en la prueba 3. Además se muestra de manera porcentual la mejora que existe al aplicar la prueba 3 en comparación con la prueba 1 para cada una de las empacadoras.

Como se aprecia en la tabla, existe un gran porcentaje de diferencia de promedios de empaçado alcanzados para cada uno de los calibres. Además se notó que este porcentaje de reducción del tiempo de empaçado aumenta según disminuye la habilidad de la empaçadora. Con esta tabla se podría demostrar que una de las principales diferencias que existen entre una empaçadora y otra es su velocidad de búsqueda del mango requerido. En la prueba 3 se reduce la cantidad de calibres sobre la mesa, lo que disminuye el tiempo de búsqueda del mango, proporcionándonos un menor tiempo de empaçado, que es el objetivo principal de este planteamiento.

4.3 Evaluación de la Metodología Sugerida para la Reubicación de las Empaçadoras

Tras la reubicación de las empaçadoras según el esquema establecido en el capítulo 3 en la sección 3.2.6 Planteamiento de mejora: Distribución del personal de empaçado, se obtuvo como resultado lo siguiente:

DISTRIBUCION ACTUAL															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lado Izquierdo	30	28	26	24	22	19	18	15	13	11	9	7	6	4	1
				← FLUJO DE LA FRUTA →											
Lado Derecho	29	27	25	23	21	20	17	16	14	12	10	8	5	3	2

DISTRIBUCION PROPUESTA															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Lado Izquierdo	15	18	13	19	11	26	1	30	4	28	6	24	7	22	9
				← FLUJO DE LA FRUTA →											
Lado Derecho	16	17	14	20	12	25	2	29	3	27	5	23	8	21	10

FIGURA 4.9 DISTRIBUCION ACTUAL Y PROPUESTA

- Balaneo de la tasa de consumo en las mesas de empacado.

Al poseer la línea una nueva distribución de las empacadoras, ésta se encontrará balanceada con lo que se obtendrá una tasa de consumo más uniforme dentro de cada división de la misma. Esto permite que las empacadoras de mayor habilidad colaboren con las de menor habilidad, con la finalidad de que las primeras no se queden sin fruta, a largo de la corrida de un lote.

- Reducción del tiempo de espera durante el cambio de lote.

El balance de la mesa de empacado permite que las empacadoras de mayor habilidad no tengan que esperar hasta que las de menor habilidad terminen toda la fruta de su mesa para el ingreso de un nuevo lote, lo que tarda aproximadamente

5 minutos y se puede reducir a 2 minutos al realizar éste planteamiento.

- Flujo de cajas a lo largo de toda la línea.

La nueva distribución de las empacadoras permite que haya un mejor flujo de cajas a lo largo de toda la línea de empacado, situación que se complicaba a la entrada de un nuevo tipo de caja porque las empacadoras al inicio de la línea las acaparaban. Con este planteamiento se redujo dicho problema, el cual podría mejorar aún más de implementarse los rieles de cajas directos desde el área de cajas hacia las líneas que abastecen de cajas a las empacadoras.



FIGURA 4.10 DIVISIONES DE LA MESA DE EMPACADO

4.4 Evaluación de la Metodología Sugerida para Elaboración del Plan de Producción

Para el análisis de este planteamiento, la empresa seleccionó un día pico de producción de sus registros del cual se utilizará la mitad, lo que es equivalente a un día de trabajo normal; para el día seleccionado se contaron con 60 empacadoras. Este plan de producción cuenta con 23 lotes que proporcionaron 37.000 cajas, lo cual sería el promedio de producción diario en las épocas no pico. La siguiente tabla nos mostrará como se desarrolló la producción de aquel día.

TABLA No. 14 PLAN DE PRODUCCIÓN ACTUAL

PLAN DE PRODUCCIÓN ACTUAL							
Horas de Reposo	LOTE	TIPO	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Hacienda	Cajas
12	1153	Hadden	183	732	6	Maci	Bunny
12	1155	Hadden	645	2580	22	Chap	Freska
12	1156	Hadden	120	480	4	Mgal	Freska
12	1157	Tommy	184	736	6	Mirva	Tropical
12	1160	Keith	75	300	3	Edén	Tropical
12	1161	Tommy	212	848	7	Peti	Dole
12	1162	Hadden	191	764	6	Lomi	Dole
12	1163	Hadden	305	1220	10	Jeró	Freska
12	1164	Tommy	265	1060	9	Pace	Tropical
12	1165	Tommy	146	584	5	Crist	Tropical
12	1169	Tommy	1458	5832	49	Piva	Freska
12	1174	Tommy	157	628	5	Valen	Dole
12	1175	Tommy	453	1812	15	Guit 4	Dole
12	1177	Hadden	1280	5120	43	Guit 4	Bunny
12	1178	Tommy	59	236	2	Incre	Tropical
12	1179	Tommy	609	2436	20	Recu 2	Selvatica
12	1181	Tommy	514	2056	17	Chola	Number
12	1184	Tommy	462	1848	15	Rapa	Exofrut
12	1185	Tommy	1034	4136	34	Guit 3	Freska
12	1187	Tommy	165	660	6	Flor	Dole
12	1189	Tommy	121	484	4	Incre	Freska
12	1191	Hadden	405	1620	14	Prim	Freska
12	1193	Tommy	180	720	6	Paler	Tropical

Al tomar de referencia el plan de producción actual y realizar los cambios establecidos en el planteamiento del plan de producción, detallado en el capítulo 3 en la sección 3.2.4 Planteamiento de mejora con respecto a la metodología de la programación de la producción, se obtendría lo siguiente:

TABLA No. 15 PLAN DE PRODUCCIÓN PROPUESTO

PLAN DE PRODUCCIÓN PROPUESTO							
Horas Reposo	LOTE	TIPO	No. Gavetas	Cajas Aprox.	Pallet 5pisos	Hacienda	Cajas
12	1155	Hadden	645	2580	22	Chap	Freska
12	1156	Hadden	120	480	4	Mgal	Freska
12	1163	Hadden	305	1220	10	Jeró	Freska
12	1191	Hadden	405	1620	14	Prim	Freska
12	1153	Hadden	183	732	6	Mací	Bunny
12	1177	Hadden	1280	5120	43	Guit 4	Bunny
12	1162	Hadden	191	764	6	Lomi	Dole
12	1161	Tommy	212	848	7	Peti	Dole
12	1174	Tommy	157	628	5	Valen	Dole
12	1175	Tommy	453	1812	15	Guit 4	Dole
12	1187	Tommy	165	660	6	Flor	Dole
12	1169	Tommy	1458	5832	49	Piva	Freska
12	1185	Tommy	1034	4136	34	Guit 3	Freska
12	1189	Tommy	121	484	4	Incr	Freska
12	1181	Tommy	514	2056	17	Chol	Number
12	1184	Tommy	462	1848	15	Rapa	Exofrut
12	1179	Tommy	609	2436	20	Recu 2	Selvatica
12	1157	Tommy	184	736	6	Mirva	Tropical
12	1164	Tommy	265	1060	9	Pace	Tropical
12	1165	Tommy	146	584	5	Crist	Tropical
12	1178	Tommy	59	236	2	Incr	Tropical
12	1193	Tommy	180	720	6	Pale	Tropical
12	1160	Keith	75	300	3	Edén	Tropical

El nuevo plan de producción muestra toda la información necesaria, la cual será compartida con el encargado del área de reposo con la finalidad de que éste conozca la secuencia de entrada de los lotes, y con el encargado del área de armado de cajas para que planifique su producción en base a los

requerimientos de cajas en cuanto a la cantidad y secuencia de las mismas.

Para una mejor apreciación de las diferencias dadas en ambos planes se presenta la siguiente tabla:

TABLA No. 16 COMPARACIÓN DE CAMBIO DE CAJAS DE LOS 2 PLANES DE PRODUCCIÓN

PLAN ACTUAL		VS.	PLAN PROPUESTO	
TIPO	Cajas		TIPO	Cajas
Hadden	Bunny		Hadden	Europa
Hadden	Freska		Hadden	Freska
Hadden	Freska		Hadden	Freska
Tommy	Tropical		Hadden	Freska
Keith	Tropical		Hadden	Freska
Tommy	Dole		Hadden	Bunny
Hadden	Dole		Hadden	Bunny
Hadden	Freska		Hadden	Dole
Tommy	Tropical		Tommy	Dole
Tommy	Tropical		Tommy	Dole
Hadden	Europa		Tommy	Dole
Tommy	Freska		Tommy	Dole
Tommy	Dole		Tommy	Freska
Tommy	Dole		Tommy	Freska
Hadden	Bunny		Tommy	Freska
Tommy	Tropical		Tommy	Number one
Tommy	Selvatica		Tommy	Exofrut
Tommy	Number one		Tommy	Selvatica
Tommy	Exofrut		Tommy	Tropical
Tommy	Freska		Tommy	Tropical
Tommy	Dole		Tommy	Tropical
Tommy	Freska		Tommy	Tropical
Hadden	Freska		Tommy	Tropical
Tommy	Tropical		Keith	Tropical

En este resumen se puede notar la variación de los requerimientos de los tipos de cajas, junto con la variación en el tipo de mango. En este ejemplo se pueden contar 16 cambios de cajas y 8 cambios en la variedad del mango para el plan de producción actual, mientras que el plan de producción propuesto cuenta con 7 cambios de cajas y 3 cambios de variedad de mango. Esta situación se repite en los planes de producción de otros días, con lo cual podemos concluir que el nuevo plan de producción garantiza una continuidad en lo que se refiere a la variedad del mango y proporciona una menor cantidad de cambios de cajas lo cual aumentaría considerablemente el tiempo disponible de producción.

4.5 Evaluación de la Metodología Sugerida para las Mejoras al Final de la Línea de Empacado

Una vez resueltos los principales problemas a través de los planteamientos anteriores, se pudo mejorar el rendimiento de los trabajadores al final de la línea de empacado. Como se muestra en las siguientes figuras, al final de la línea de empacado solo

habían pallets de un tipo de cajas pertenecientes a un mismo lote y de 3 calibres, sean éstos 8 9 y 10, o 10 12 y 14.

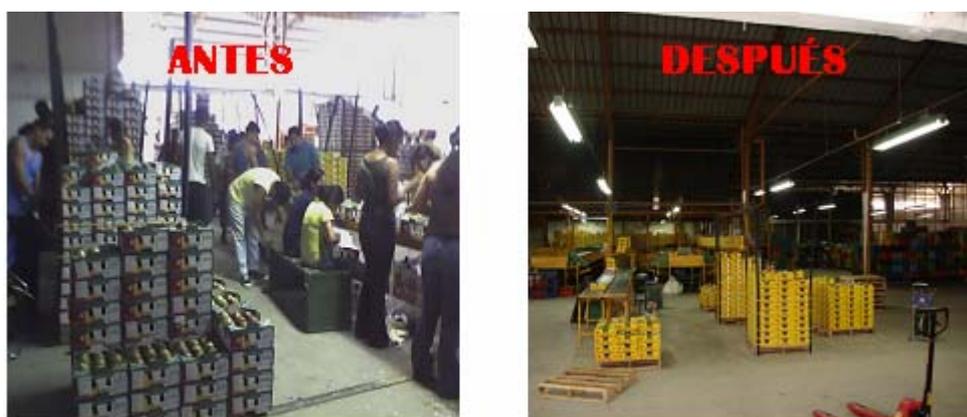


FIGURA 4.11 PALLETS AL FINAL DE LA LÍNEA DE EMPACADO

Una vez que toda la fruta disponible para completar los pallets se termine, éstos serán llevados a la pre-cámara de refrigeración, una vez que el plan de producción determine que estos pallets no serán completados durante un determinado tiempo. Antes, cuando no se contaba con un plan formal de producción, estos pallets permanecían al final de la línea de empacado durante horas en el calor, esperando un lote adecuado para completarlos.

En el caso de los estibadores, se implementó una regla: “Se deben llevar tres cajas apiladas de iguales características en cada viaje, si no hay tres cajas apiladas, el estibador no debe realizar un viaje”. Con esta regla se logró disminuir de 10 a 6 viajes para llevar la

misma cantidad de cajas, reduciendo así el flujo de personas y el cruce de los estibadores.

Para que los estibadores pudieran cumplir dicha regla, los apiladores debían apilar las cajas de tres en tres y al no contar con suficiente espacio al final de la línea para realizar esta actividad, se improvisó con una mesa de la empresa y se la empleó para acomodar las cajas apiladas de los diferentes calibres, tal como se muestra a continuación:



FIGURA 4.12 MESA AL FINAL DE LA LÍNEA DE EMPACADO

Esto produjo una mayor comodidad para recoger las cajas y disminuyó la saturación de la línea que imposibilitaba a las empacadoras colocar más cajas empacadas en la banda transportadora.

En general, las pruebas de las propuestas causaron gran impacto en el desenvolvimiento de las actividades y éste será cuantificado en el siguiente capítulo, donde se detallarán los resultados de manera porcentual, que podrían aumentar la capacidad productiva del área de empaçado.

CAPÍTULO 5

5. EVALUACIÓN FINANCIERA

A través de este último capítulo, luego de haberse realizado las pruebas de las diferentes soluciones planteadas, se procederá a cuantificar el impacto de las mismas en beneficio de alcanzar la meta establecida, siendo en este caso el aumento de la capacidad productiva del área de empaçado. Una vez conocidos los beneficios alcanzados por los planteamientos, se continuará con el análisis financiero que muestre los beneficios económicos del proyecto.

5.1 Cuantificación del Impacto de las Alternativas de Mejora Evaluadas

En la actualidad, el tiempo total que se dispone dentro del área de empaçado está dividido aproximadamente en los siguientes porcentajes:

- Tiempo de Preparación.....5%
Comprende los tiempos necesarios en que incurren los trabajadores hasta llegar y preparar sus puestos de trabajo, ya sea al inicio de la jornada, como al regreso de cada tiempo de almuerzo o cena.

- Tiempo de Descanso.....8%
Comprende los tiempos disponibles de descanso para los trabajadores en el cual éstos almuerzan o cenan.

- Tiempo de Cambio de Cajas.....8%
Comprende el tiempo total incurrido en los cambios de marcas de cajas a lo largo de todo el día.

- Tiempo de Cambio de Lotes.....9%
Comprende el tiempo total que tardan las empacadoras con su distribución actual en vaciar la mesa de empacado para el ingreso del siguiente lote.

- Tiempo de Cambio de Variedad.....2%
Comprende la estimación del tiempo perdido ante el ajuste del ritmo de empacado por el cambio de variedad de mango.

- Tiempo de Empacado.....57%

Es el tiempo total disponible para realizar la actividad de empacado.

- Tiempo de Paras.....11%

Es el tiempo que comprende todas las paras que suceden en la línea, principalmente por la saturación de la misma.

TIEMPO TOTAL DISPONIBLE - AREA DE EMPACADO

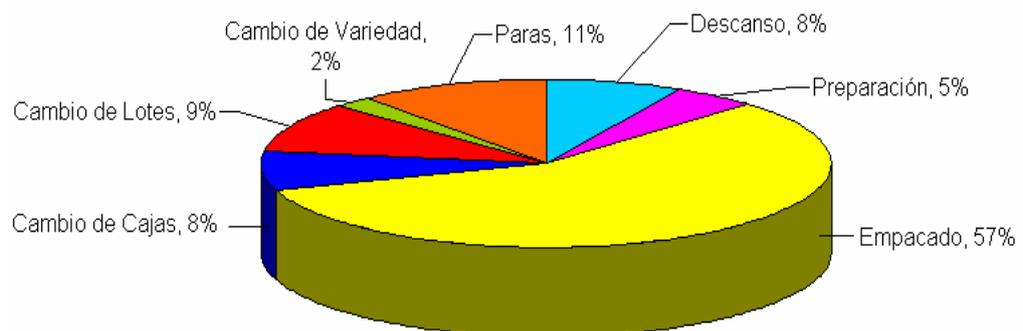


FIGURA. 5.1 TIEMPO TOTAL DISPONIBLE DEL AREA DE EMPACADO - ACTUAL

Una vez conocidos los porcentajes que comprenden el tiempo total disponible dentro del área de empacado, éstos serán ajustados en función de los resultados obtenidos a través de los planteamientos realizados.

En primera instancia se detallarán los resultados porcentuales de mejoras obtenidas tras la realización de: diferentes pruebas de los

planteamientos de reubicación de las empacadoras, un plan formal de producción y mejoras al final de la línea de empackado; todos los cuales tienen la finalidad de reducir los tiempos improductivos.

- Planteamiento no. 3 Reubicación de las Empacadoras.

Este planteamiento presentó una reducción de al menos un 50% en lo que se refiere al tiempo de cambio de lote, al disminuir en promedio de 4 a 2 minutos el tiempo necesario para vaciar totalmente la mesa de empackado antes de realizar el ingreso de un nuevo lote.

- Planteamiento no. 4 Plan de Producción.

La aplicación de este planteamiento dentro de las pruebas produjo una reducción mínima del 50% en lo referente al cambio de cajas, al igual que en un 60% el número de cambios aleatorios en la variedad de mango a ser procesado.

- Planteamiento no.5 Mejoras al Final de la Línea de Empacado.

Las soluciones producto de las pruebas realizadas en este planteamiento ayudaron a reducir en un 25% el tiempo total de las paras de la línea de empackado. Anteriormente se producían paras esporádicas a lo largo del proceso estimadas entre 5 y 7 minutos

por cada hora de trabajo, sin embargo, con las mejoras establecidas se podría estimar que las paras por cada hora de trabajo se encontrarían ahora entre 4 y 5 minutos.

La aplicación de estos planteamientos permiten aumentar el tiempo disponible para el empacado al reducir los tiempos improductivos de cambios de lote, marca de caja y principalmente variedad, al igual que el tiempo debido a paras. A continuación se muestran los nuevos porcentajes del tiempo total disponible dentro del área de empacado.

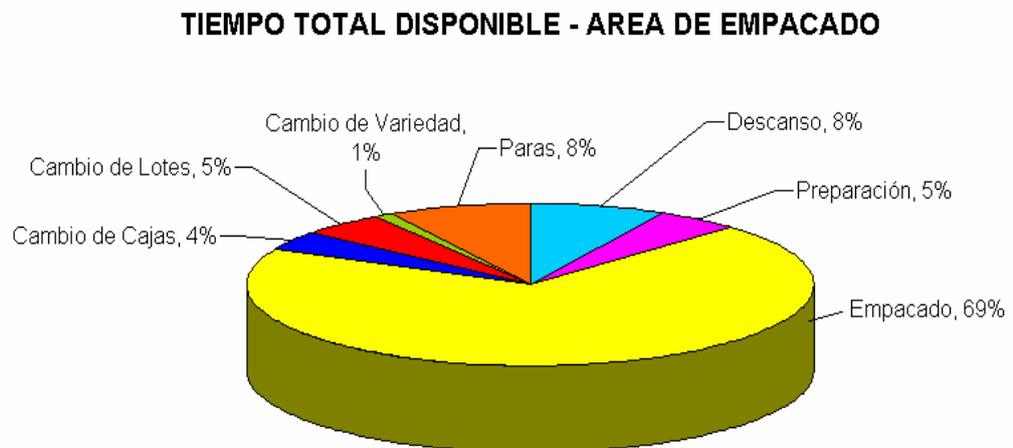


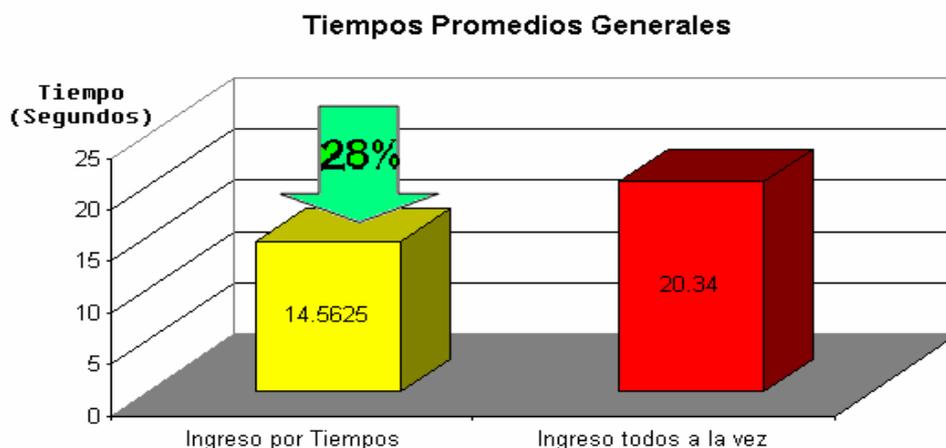
FIGURA 5.2 TIEMPO TOTAL DISPONIBLE DEL AREA DE EMPACADO - PROPUESTA

Como se puede apreciar en la figura anterior, el tiempo de empacado pasó del 57% al 69% del tiempo total disponible, es decir que se ha aumentado un 12% en el tiempo total disponible para el empacado.

Una vez reducidos los tiempos improductivos del área de empaçado, se presentarán los resultados obtenidos en el planteamiento No.2 ingreso de los calibres:

- Planteamiento no. 2 Ingreso de los Calibres.

Como ya fue demostrado en el capítulo anterior, el ingreso de calibres clasificados por tiempos, muestran un mejor desempeño en la reducción del tiempo general de empaçado. Para los calibres 8 y 9, denominados tiempo 90, se obtuvo un tiempo promedio general de 13.73 segundos; estos calibres del mango representan aproximadamente el 63% de la producción total, dejando el resto de la producción para los calibres 10, 12 y 14, de los cuales se obtuvo un tiempo promedio general de 15.98 segundos. Al tratar de estimar un tiempo de empaçado general para un lote que contiene los 5 calibres se obtendría un estimado de 14.65 segundos por caja de cualquier calibre. Esto quiere decir que al aplicar este planteamiento se alcanzaría un 28% en la disminución el tiempo promedio de empaçado actual, el cual era 20.34 segundos de empaçado en una caja de cualquier calibre. Este planteamiento del ingreso de los calibres incrementa la tasa de producción en un 28% dentro del área de empaçado.



**FIGURA 5.3 TIEMPOS PROMEDIOS GENERALES DE EMPACADO
SITUACIÓN PROPUESTA**

Al combinar los resultados obtenidos de todos los planteamientos, se puede apreciar un aumento del 28% en la capacidad productiva más un 12% en el tiempo total disponible para el empaclado, “logrando obtener un aumento global del 43% de la capacidad productiva del área de empaclado”. Cumpliendo de esta forma los objetivos planteados de aumentar la capacidad productiva de dicha área.

5.2 Evaluación de la Inversión Financiera

Dentro del área de empaclado existen 2 rubros importantes, los cuales son los costos por mano de obra de las empacadoras y los costos de mano de obra de los demás trabajadores de empaque. Ambos costos tienen tratamientos distintos, ya que los salarios de las empacadoras

se pagan por obra, mientras que los salarios de los trabajadores de empaque se pagan por las horas trabajadas. En la actualidad las empacadoras reciben un aproximado de \$0.014 por caja empacada, mientras que los demás trabajadores reciben su remuneración basada en una tabla según las horas trabajadas, donde a partir de las horas reglamentarias a cumplir, su valor por hora se incrementa por conceptos de sobre-tiempo y horarios nocturnos. A continuación se detallan los costos por mano de obra del área de empackado durante el período 2006-2007:

Costo total de las Empacadoras.....	\$ 53,185.89
Costo total del Personal de Empaque.....	<u>\$ 123,857.00</u>
TOTAL.....	\$ 177,042.89

Como se puede apreciar en los valores anteriores, los costos de los trabajadores de empaque generan el 70% del total de los costos de mano de obra en el área de empackado, por aquello son los valores que van a ser reducidos a través de este estudio. En la siguiente tabla se aprecia el detalle semanal de los costos de mano de obra por concepto de los trabajadores de empaque, con el número de personas laborando en cada una de las semanas.

TABLA No. 17 COSTOS ACTUALES DEL PERSONAL DE EMPACADO TEMPORADA 2006 –

2007

	SEMANA	DETALLE	NÚMERO DE PERSONAS	VALOR	% DEL TOTAL
Septiembre	Semana 1	EMPAQUE	55	\$1,017.25	0.82%
	Semana 2	EMPAQUE	62	\$2,447.33	1.98%
Octubre	Semana 3	EMPAQUE	98	\$4,065.05	3.28%
	Semana 4	EMPAQUE	107	\$5,160.52	4.17%
	Semana 5	EMPAQUE	146	\$10,508.32	8.48%
	Semana 6	EMPAQUE	212	\$17,659.27	14.26%
Noviembre	Semana 7	EMPAQUE	177	\$20,597.04	16.63%
	Semana 8	EMPAQUE	183	\$14,217.22	11.48%
	Semana 9	EMPAQUE	167	\$11,663.37	9.42%
	Semana 10	EMPAQUE	133	\$7,857.72	6.34%
Diciembre	Semana 11	EMPAQUE	129	\$9,344.24	7.54%
	Semana 12	EMPAQUE	120	\$7,508.81	6.06%
	Semana 13	EMPAQUE	106	\$5,202.30	4.20%
	Semana 14	EMPAQUE	61	\$2,267.24	1.83%
Enero	Semana 15	EMPAQUE	56	\$1,951.12	1.58%
	Semana 16	EMPAQUE	47	\$2,390.20	1.93%
				\$123,857.00	

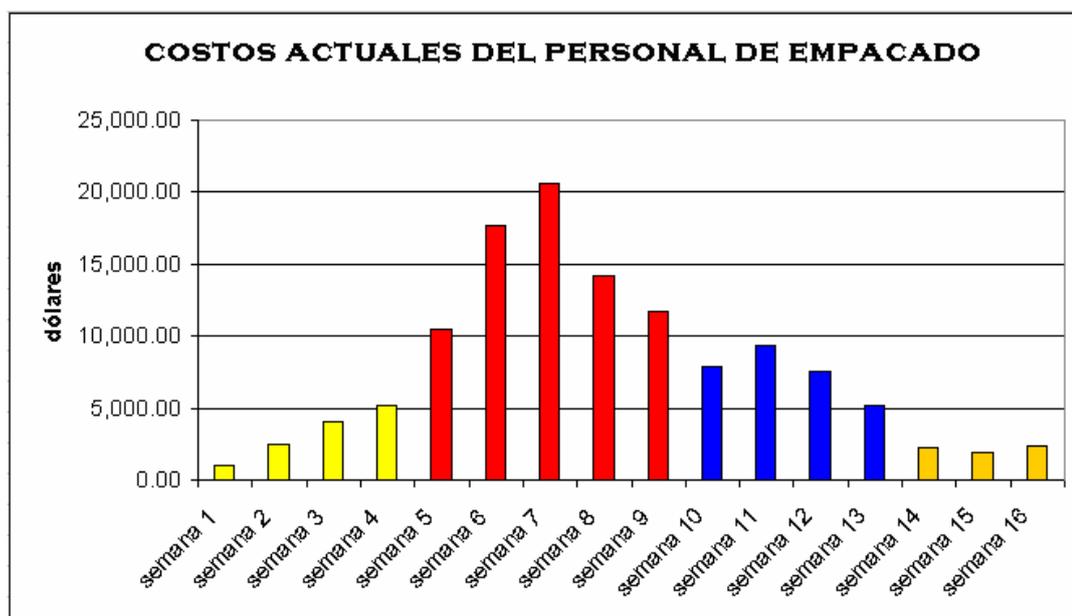


FIGURA. 5.4 COSTOS ACTUALES DEL PERSONAL DE EMPACADO TEMPORADA 2006 - 2007

En la figura anterior se puede apreciar como se agruparon las semanas según el número de trabajadores de empaque y el volumen de producción; teniendo como resultado 4 estaciones claramente diferenciadas, de las cuales desde la semana 5 hasta la semana 13 representan el 84% de los costos totales de mano de obra de los trabajadores de empaque. El enfoque en estas semanas se debe a que en las mismas se incurrió en un mayor número de horas de sobre-tiempo en conjunto con una mayor cantidad de trabajadores. Entre las semanas 5 y 9, se contó con un promedio de 177 trabajadores de empaque, los mismos que trabajaron un promedio de 6 horas de sobre-tiempo. De igual forma entre las semanas 10 y 13, se registró un promedio de 122 trabajadores de empaque, con un promedio de 5 horas de sobre-tiempo. Tomando en cuenta que el salario de los trabajadores se rige bajo una tabla que aumenta su valor cada vez que se incurre en sobre-tiempos y/o en horarios nocturnos, es importante que la empresa se enfoque en implementar las soluciones propuestas que le permitirán producir el mismo número de cajas empacadas en un tiempo menor, reduciendo así los altos costos de mano de obra de los trabajadores de empaque.

Aplicando los planteamientos propuesto bajo las mismas condiciones que se tuvieron en la temporada 2006 – 2007, el impacto en

reducción de los costos del personal de empaçado sería un 43% menor con respecto a la temporada señalada tal como se muestra en la tabla a continuación:

TABLA No. 18 COSTOS DEL PERSONAL DE EMPACADO CON LAS MEJORAS

	SEMANA	DETALLE	NÚMERO DE PERSONAS	VALOR	% DEL TOTAL
Septiembre	Semana 1	EMPAQUE	55	579.83	0.82%
	Semana 2	EMPAQUE	62	1394.98	1.98%
Octubre	Semana 3	EMPAQUE	98	2317.08	3.28%
	Semana 4	EMPAQUE	107	2941.50	4.17%
	Semana 5	EMPAQUE	146	5989.74	8.48%
	Semana 6	EMPAQUE	212	10065.78	14.26%
Noviembre	Semana 7	EMPAQUE	177	11740.31	16.63%
	Semana 8	EMPAQUE	183	8103.82	11.48%
	Semana 9	EMPAQUE	167	6648.12	9.42%
	Semana 10	EMPAQUE	133	4478.90	6.34%
diciembre	Semana 11	EMPAQUE	129	5326.22	7.54%
	Semana 12	EMPAQUE	120	4280.02	6.06%
	Semana 13	EMPAQUE	106	2965.31	4.20%
	Semana 14	EMPAQUE	61	1292.33	1.83%
enero	Semana 15	EMPAQUE	56	1112.14	1.58%
	Semana 16	EMPAQUE	47	1362.41	1.93%
				\$70,598.49	

Al comparar la situación de la empresa antes y después de los planteamientos se puede notar una reducción considerable en los costos de mano de obra de los trabajadores de empaque a lo largo de las semanas, tal como se aprecia en la figura a continuación.

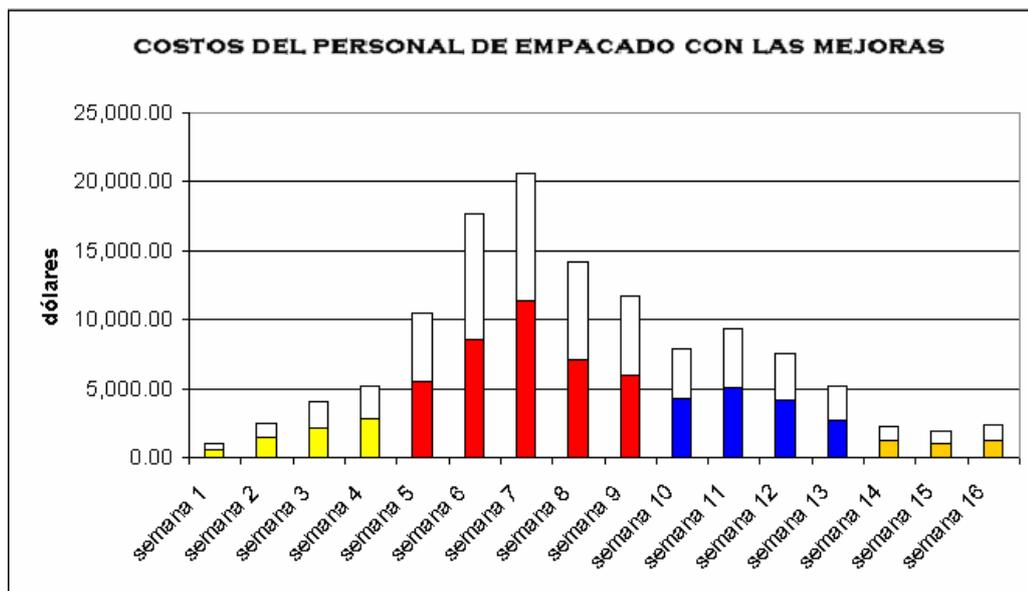


FIGURA 5.5 COSTOS DEL PERSONAL DE EMPACADO CON LAS MEJORAS

El impacto global se traduce en un ahorro del \$ 53.258 USD, mientras que se mantiene el mismo volumen de producción logrado con un menor número de horas de trabajo, a lo largo de la temporada.

Para el desarrollo de los planteamientos se requiere de una pequeña inversión que no supera los \$1.500 USD, que cubrirían los costos de las 4 mesas al final de las líneas de empacado, junto con la pizarra y la pintura para trazar el nuevo esquema para el almacenamiento de los pallets en el área de reposo.

Si tomamos en cuenta que en la temporada 2006 – 2007 se produjeron 4'282.730 cajas con un costo total del personal de

empaque de \$ 123.857 quiere decir que el costo por caja empacada por parte de este personal fue \$ 0.0289201, mientras que con las mejoras establecidas el costo total del personal de empaque sería \$ 70.598 los que nos daría un costo por caja empacada de \$ 0.016484, es decir que mientras más productivo sea este personal menor costo se obtendría por caja.

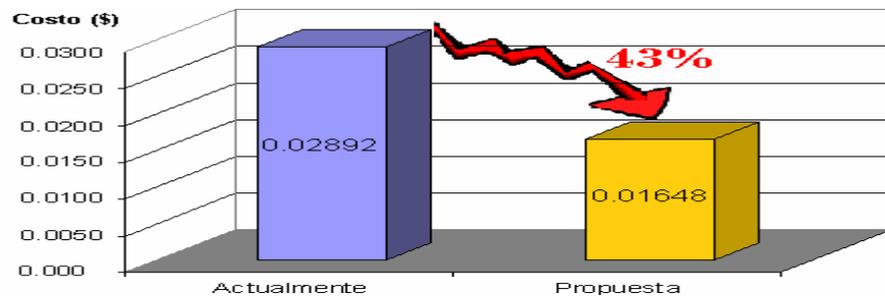


FIGURA 5.6 COSTO DEL PERSONAL DE EMPAQUE POR CADA CAJA PRODUCIDA

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de realizar el presente trabajo y evaluar el funcionamiento de cada uno de los planteamientos, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. El planteamiento de la identificación de los lotes no sólo nos permite disminuir el tiempo de búsqueda de un lote sino además nos permite lograr un mayor orden dentro del área de reposo y poder aprovechar mejor el espacio dentro del mismo.
2. El planteamiento del ingreso de los calibres es una gran ventaja para la compañía ya que permite reducir considerablemente el tiempo de empaclado de una caja en un 28%, lo cual produce un gran impacto ante los volúmenes de producción que maneja la empresa. Este procedimiento no sólo beneficia a las empacadoras sino también a las demás estaciones de trabajo ya que les reduce la complejidad del

trabajo al solo obtener un máximo de 3 tipos de cajas diferentes cuando antes se manejaban 5 tipos de cajas.

3. El planteamiento de la re-ubicación de las empacadoras permite balancear el ritmo de consumo dentro de las mesas de empacado, con lo que se obtiene un gran ahorro de tiempo entre cambios de lotes considerando la cantidad de lotes que se trabajan durante el día.
4. El planteamiento de la elaboración de un plan producción nos permite organizar la entrada de los lotes a producir con lo que se puede coordinar los demás recursos, especialmente en las cajas para el empacado, logrando de esta forma la reducción del gran inventario que poseen dentro del área de armado de cajas por la falta de conocimiento de la cantidad y el momento que estos van a ser requeridos. El plan de producción además nos garantiza una continuidad en cuanto al tipo de variedad del mango al igual que reduce el número de cambio de los tipos de cajas a ser empacadas logrando de esta forma reducir estos tiempos improductivos.
5. El planteamiento de mejoras al final de la línea de empacado permite la reducción de paras por saturación de la línea al igual que organiza

mejor la tarea de los estibadores, logrando una mayor eficiencia de los mismos.

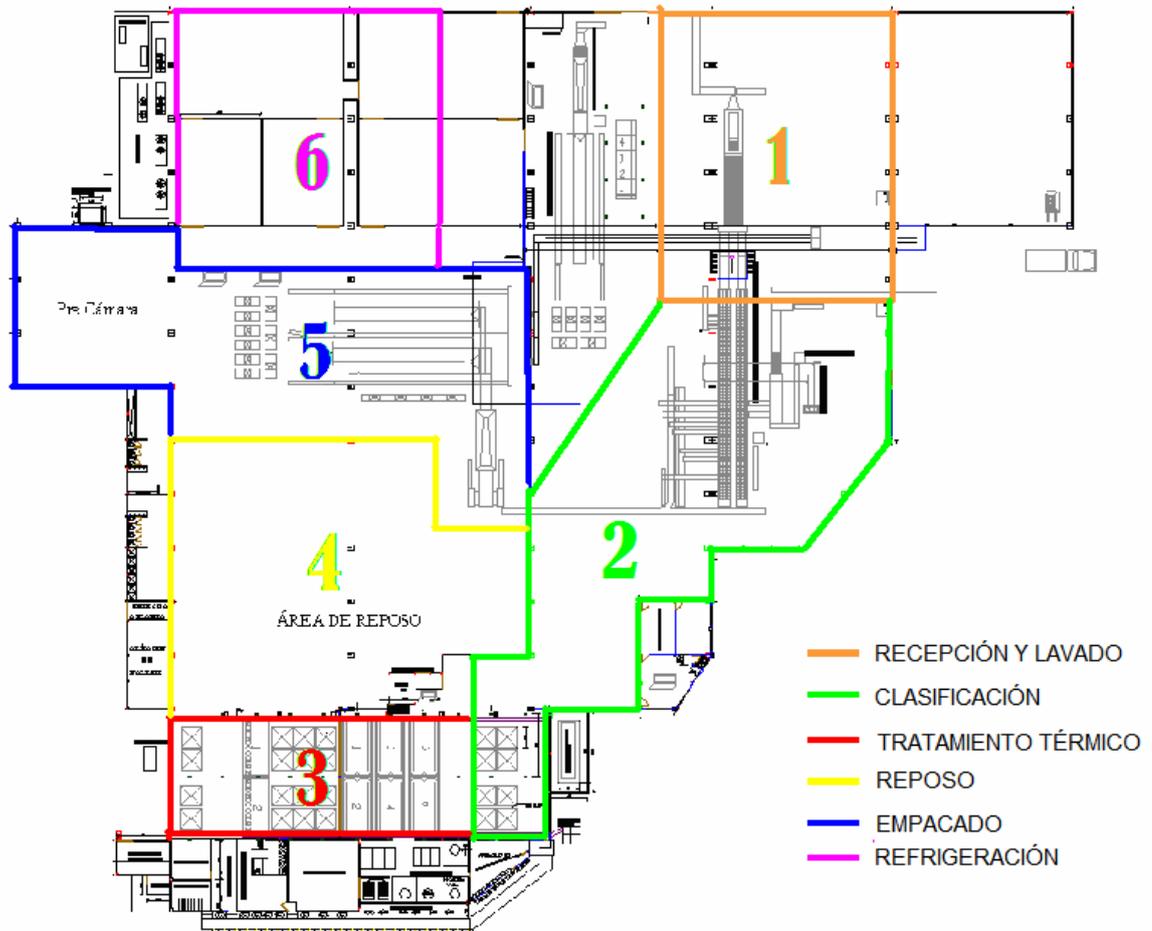
6. La unión de todos los planteamientos aumentan la capacidad productiva del área de empaçado en un 34% al reducir los tiempos improductivos y logrando una mayor eficiencia en la realización de cada una de las actividades. De igual forma esto reduce los costos de mano de obra dentro del área lo cual da un valor aproximado de \$ 53.298 USD durante una temporada.
7. Al aumentar la capacidad del área de empaçado se aumentará proporcionalmente la carga de trabajo para cada una de las actividades que se realizan dentro de la misma, pero con los planteamientos se reduce la complejidad dentro de cada una de las actividades, logrando una mayor eficiencia productiva eliminando las tareas improductivas.
8. El aumento de la capacidad productiva de la empresa ayudará a procesar una mayor cantidad de cajas empaçadas durante el día con lo cual podrá cumplir con sus clientes en un menor tiempo, recordando que el mercado de los mangos de exportación es muy variado dando su mayor valor en periodos imprecisos motivo por el cual la empresa

estará en condiciones de brindar una mayor cantidad de cajas durante el día en el momento que estas sean requeridas.

Con el fin de que la empresa pueda mejorar su nivel productivo aún más se sugieren las siguientes recomendaciones:

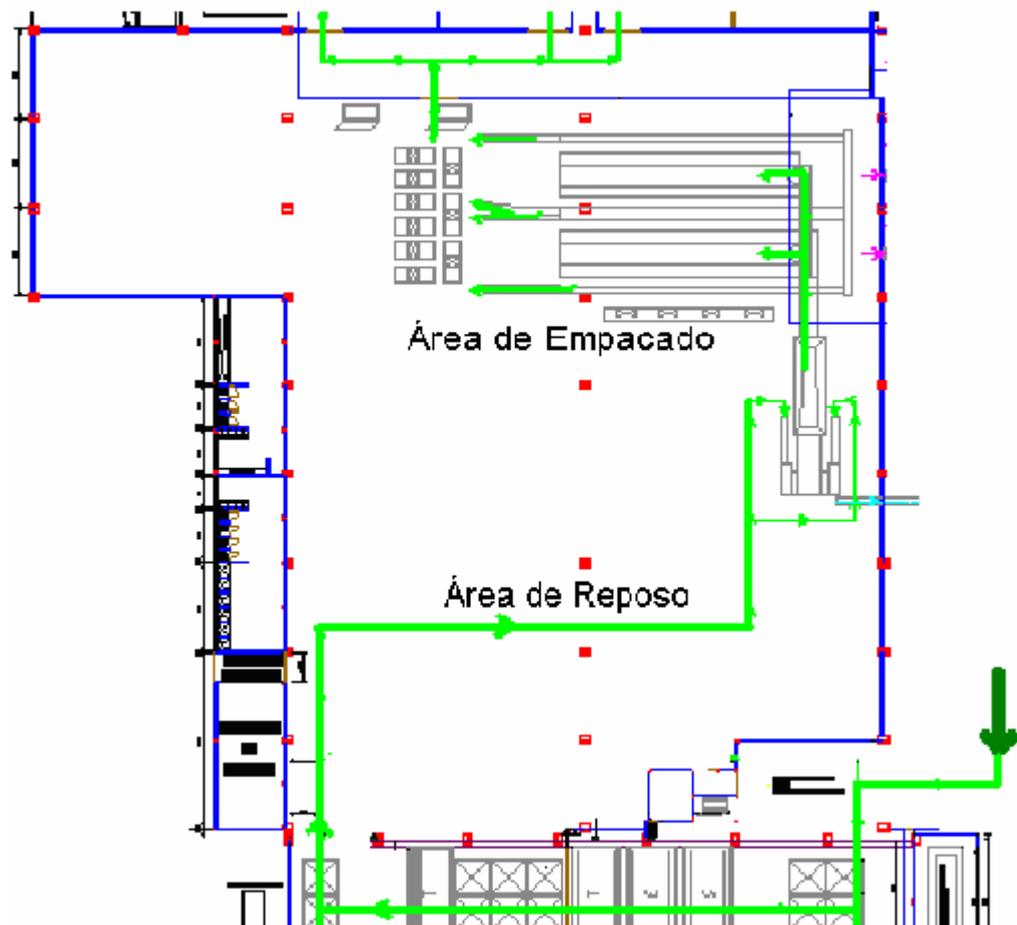
1. Añadir un apilador más al final de la línea de empaçado para tratar de disminuir aún más el tiempo de paras por las saturaciones de la línea.
2. Medir los efectos del calor sobre los mangos ya empacados que se encuentran en los pallets al final de la línea de empaçado, con la finalidad de buscar soluciones en el caso de presentar algún tipo de problema que afecte a la calidad del producto.
3. El contenido de la tesis puede ser utilizado como guía para la elaboración de otras tesis.

PLANOS

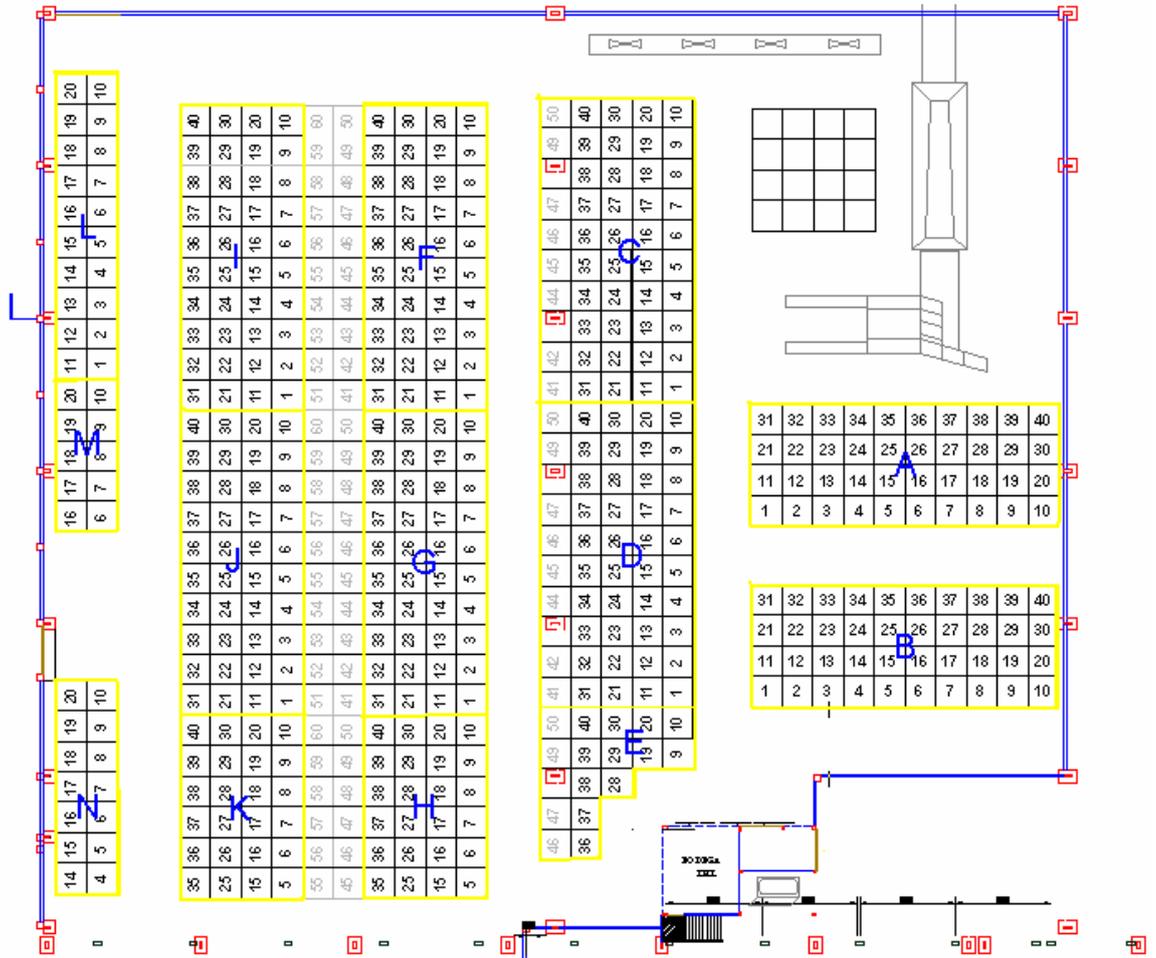


PLANO 1 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA¹
ESCALA 1:843

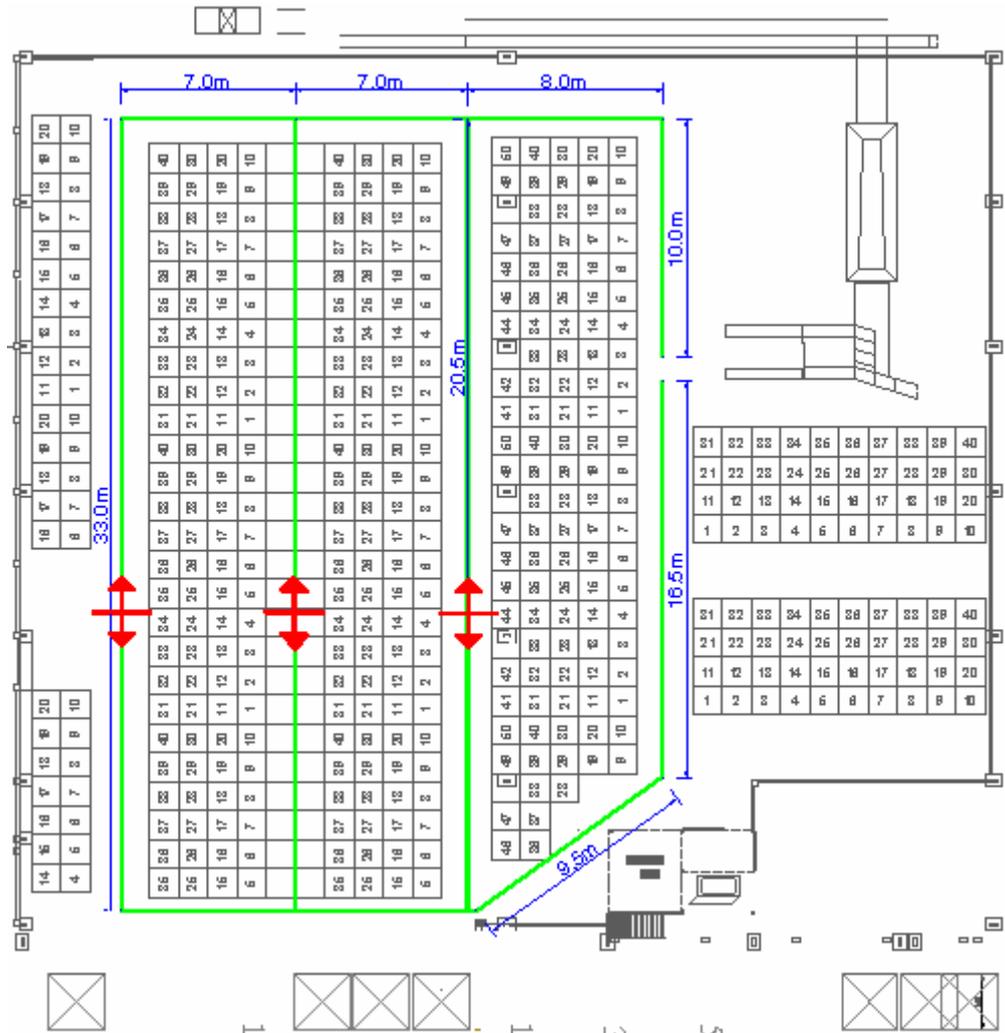
¹ Dentro del gráfico no se encuentra el área de armado de cajas, que en la actualidad está ubicada al inicio de las líneas de empacado, en la parte superior.



PLANO 2 FLUJO DE MATERIA PRIMA EN LAS ÁREAS DE REPOSO Y EMPACADO
ESCALA 1:508



PLANO 3 PROPUESTA DEL ÁREA DE REPOSO
 ESCALA 1:480



PLANO 4 DIAGRAMA DE RECORRIDOS DENTRO DEL ÁREA DE REPOSO
ESCALA 1: 480

ANEXOS

DEFINICIONES Y TERMINOLOGÍA

Calibre.

Es el número de frutos que se pueden colocar en un envase, de acuerdo a su peso y tamaño.

Código de calibre	Peso unitario (g)	Intervalo (g) (rangos redondeados)	
8	567	635	609
9	504	480	534
10	454	415	479
12	378	350	414
14	324	305	349

Calidad.

Es el conjunto de características de un producto que sirve para diferenciar unas unidades de otras y que tienen significado en la aceptación del mismo por el consumidor.

Certificación del Producto.

Es el procedimiento realizado por un organismo de certificación acreditado, para evaluar la conformidad con este pliego de condiciones mediante la inspección permanente de cada lote.

Ciclo de cosecha.

Es un período de tiempo en el que se realizan actividades de corte y recolección del producto.

Clasificación.

Operación que consiste en separar la fruta en grados de calidad.

Empacado

Es la actividad mediante la cual la empacadora coloca la fruta de forma adecuada dentro de un envase apropiado de cartón.

Etiquetado.

Es la operación que consiste en colocar un sticker que identifica plenamente al producto.

Firmeza.

Es la medida de la resistencia que ofrece el fruto a la fuerza de penetración.

Inspección.

Es el proceso que consiste en medir, examinar, ensayar o comparar de algún modo las frutas en consideración con respecto a las especificaciones establecidas.

Lote.

Cantidad declarada de producto que se presume tiene características uniformes como variedad de mango, origen y demás los cuales fueron tomados a consignación.

Mango.

El fruto del mango es una drupa aplanada, de color exterior amarillo, anaranjado o verde como base. Generalmente tienen forma de riñón, pero puede ser ovalado y ocasionalmente redondos. Esta fruta pertenece a la familia de las Anacardiáceae teniendo como variedades: Ataulfo, Haden, Tommy Atkins, Kent, Keitt, Irwin, Sensación y Oro; estos frutos son de forma ovalada, cáscara correosa, de color verde con chapeo, pulpa de color amarillo, ligeramente fibrosa, aromática y de sabor agradable.

Mango Defectuoso.

Es cualquier deterioro que afecte la apariencia o utilidad de la fruta. Son alteraciones en el mango provocados por acciones físicas o mecánicas en el exterior de la fruta y que pueden penetrar y convertirse en alteraciones internas.

Muestreo.

Una serie de muestras primarias, aproximadamente del mismo tamaño, tomadas de diferentes puntos del lote durante la inspección.

Pallet.

Paquete de cajas colocadas sobre una plataforma de tamaño estandarizado, apiladas de acuerdo a la capacidad de estiba de las cajas y al tamaño del medio de transporte. Las cajas han sido conformadas con soportes en las esquinas y han sido envueltas y selladas con un medio resistente apto para el transporte.

Reposo.

Se refiere a la operación para dejar que el mango pierda calor después del corte y después del tratamiento hidrotérmico. Dejar reposar el mango por espacio de

sirve para que al momento de empacar el mango, el responsable pueda identificar fácilmente los defectos causados por mal manejo de la cosecha, transporte de la huerta al empaque o en el manipuleo, estos daños se hacen mas visibles después del reposo.

Selección.

Operación mecánica o manual de separar productos que reúnen ciertas características de calidad, como tamaño, forma, color y grado de madurez.

Tamaño.

Es el grado de desarrollo en volumen de una fruta.

Transporte refrigerado.

Es el medio de transporte que cuenta con equipo de refrigeración adecuado. Este transporte se usa para trasladar productos perecederos a grandes distancias, con objeto de conservar mejor las características de tales productos.

Variedad.

Producto claramente definido por características físicas, morfológicas, citológicas y químicas.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.** BENJAMIN W. NIEBEL, Ingeniería Industrial Estudio de Tiempos y Movimientos, versión autorizada al español de la cuarta edición (1967), Representaciones y Servicio de Ingeniería S.A., México.
- 2.** GOLDRATT ELIYAHU, La Meta, 1998.
- 3.** ZANDIN K., Manual del Ingeniero Industrial Tomo I, Mc Graw Hill, 2005.