

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BIOSISTEMAS

**Análisis del funcionamiento de la planta empacadora
“Chayotes de Altura S.A”**

**Trabajo final de graduación sometido a la consideración de la
Universidad de Costa Rica
Como parte de los requisitos para aspirar al título y grado de
Licenciada en Ingeniería Agrícola y de Biosistemas**

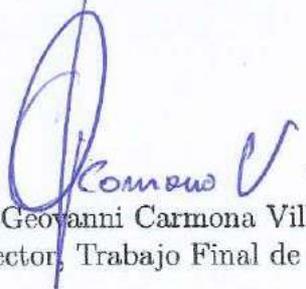
María José Salas Ramírez

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio
San Pedro de Montes de Oca, San José, Costa Rica
2022

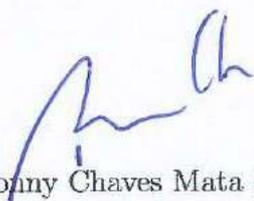
Trabajo Final de Graduación sometido a revisión por la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Ingeniería de Biosistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Costa Rica, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agrícola y de Biosistemas



María José Salas Ramírez
Estudiante



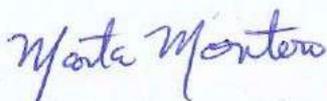
Ing. Geovanni Carmona Villalobos (Lic)
Director, Trabajo Final de Graduación



Ing. Ronny Chaves Mata (Lic)
Miembro, Comité Asesor



Ing. Steven Umaña Carmona (Lic)
Miembro, Comité Asesor



Ing. Marta Montero Calderón (PhD)
Presidenta, Tribunal Examinador



Ing. Beatriz Mazón Villegas (PhD)
Miembro, Tribunal Examinador

Dedicatoria

A toda mi familia, amigos
y a todos los que algún día creyeron
y fueron un ejemplo para mí.

Agradecimientos

A mi mamá (Sonia) y a mi hermana (Fere) por apoyarme incondicionalmente y darme todo lo que necesité durante toda mi carrera universitaria.

A mis cuatro hermanos, por siempre darme el ejemplo del estudio y el trabajo arduo para conseguir las cosas.

A mis siete sobrinos por ser un motor constante para ser mejor cada día.

A Ric y a Ana por hacerme siempre saber que yo podía.

A Ari por ser mi mano derecha desde segundo año de U, y en general a toda la gran familia que me deja la UCR.

Al profe Geovanni por guiarme en este trabajo y ser un punto de tranquilidad cuando me frustraba en la U.

A Steven y a Ronny por acompañarme en el proceso.

A la empresa Chayotes de Altura por abrirme las puertas para desarrollar este proyecto.

En general, a todas las personas que me impulsaron para estar hoy en día en este punto, gracias por creer en mí.

Por último, pero no menos importante, a mí, por nunca rendirme.

Índice

1	Introducción	6
1.1	Importancia	6
1.2	<i>Delimitación</i>	7
1.3	<i>Justificación</i>	7
1.4	Objetivos	8
2	Marco Teórico	10
2.1	Chayote	10
2.1.1	Composición nutricional	11
2.1.2	Características físicas del chayote	11
2.2	Poscosecha	12
2.2.1	Línea de empaque estándar para Chayote	12
2.3	Cuellos de botella	12
2.4	Instalaciones alimentarias	13
2.5	Calidad del producto	14
2.5.1	Factores de rechazo	14
2.6	Balance de línea	15
2.7	Planeamiento de ventas y operaciones	16
2.8	Herramienta SIPOC	17
2.9	Ciclo de Deming	18
2.10	Programación de la producción	19
3	Metodología	24
3.1	Diagnóstico de línea	24
3.1.1	Identificación de procesos	24
3.1.2	Determinación de tiempos	25
3.1.3	Definición del tamaño de la muestra	26
3.1.4	Prueba de valores atípicos	28
3.1.5	Frecuencia de toma de datos	29
3.1.6	Unidad equivalente	29
3.2	Determinación de cuello de botella	30
3.2.1	Estudio de capacidades	30
3.3	Determinación de tasa de rechazo	31
3.3.1	Determinación de origen de rechazo	33
3.4	Determinación de condiciones de las instalaciones	33
3.5	Calidad del producto	34
3.5.1	Parámetros de la norma CODEX STAN 216-1999	34
3.5.2	Comparación de la calidad de salida con la norma	35
3.5.3	Masa promedio de chayotes	36
3.5.4	Dimensiones	37
3.5.5	Determinación de área superficial total	38
3.5.6	Determinación de área defectuosa	38
3.6	Oportunidades de mejora	38

4	Resultados	39
4.1	Diagnóstico de la línea de acondicionamiento y empaque	39
4.1.1	Identificación de actividades	40
4.1.2	Diagrama de procesos	62
4.2	Análisis cuello de botella	66
4.2.1	Capacidad de actividades	66
4.3	Tasa de rechazo de producto	69
4.3.1	Clasificación de descartes de producto	72
4.4	Instalaciones	80
4.5	Calidad de producto	90
4.5.1	Parámetros de la norma CODEX STAN 216-1999	91
4.5.2	Comparación por categorías	93
4.5.3	Comparación por calibres	98
4.6	Oportunidades de mejora	101
4.6.1	Balance de línea	101
4.6.2	Estandarización de parámetros de calidad	103
4.6.3	Evaluación periódica de tasa de rechazo	104
4.6.4	Planeamiento de ventas y operaciones	104
4.6.5	Cultura de mejora continua	105
4.6.6	Programación de la producción	106
4.6.7	Instalaciones	107
5	Conclusiones	110
6	Recomendaciones	112
7	Anexos	114
7.1	Elementos de un S&OP	117
7.2	Tópicos para determinar la madurez de un proceso	119
7.3	Pasos del ciclo de Deming	121

Índice de figuras

Índice de figuras

Figura 1	Cuello de botella en un sistema. Fuente: (1)	13
Figura 2	Elementos de un S&OP. Fuente: (2)	17
Figura 3	Ciclo de Deming. Fuente: Elaboración propia.	19
Figura 4	Programación hacia adelante y hacia atrás. Fuente: (3)	20
Figura 5	Línea de proceso de acondicionamiento y empaque de chayotes en la empresa Chayotes de Altura S.A. Fuente: Elaboración propia.	26
Figura 6	Balance de masa en la actividad de selección.	32
Figura 7	Balanza utilizada para pesar chayotes.	36
Figura 8	Vernier Eweco-Germany	37
Figura 9	Mediciones tomadas a los chayotes.	37
Figura 10	Diagrama de procesos nivel 2 de la empresa Chayotes de Altura. Fuente: creación propia.	39
Figura 11	Diagrama de actividades aplicado en la planta empacadora Chayotes de Altura SA.	41
Figura 12	Diagrama de actividades descrito por (4)	42
Figura 13	Principales razones de descarte de producto en la selección.	43
Figura 14	Tanque de lavado.	45
Figura 15	Banda transportadora para sacar producto del tanque.	46
Figura 16	Sistema acoplado para empuje de chayote.	47
Figura 17	Ingreso a la cámara de encerado.	48
Figura 18	Bolsa polietileno.	50
Figura 19	Actividad de embolsado.	51
Figura 20	Banda transportadora para embolsado y empaque.	52
Figura 21	Máquina para armado de cajas.	53
Figura 22	Empaque de chayote en cajas de cartón corrugado.	54
Figura 23	Empaque Rosita Brand.	55
Figura 24	Empaque Destry.	56
Figura 25	Empaque Chayotes de Altura.	57
Figura 26	Transportador de rodillos por gravedad (sin motor) de acero inoxidable.	58
Figura 27	Balanza de plataforma	59
Figura 28	Paleta terminada.	60
Figura 29	Distribución de cajas en tarima (dimensiones en cm).	60
Figura 30	Prensa para colocar cinta y prensas en las paletas conformadas.	61
Figura 31	Diagrama de Pareto para los defectos de descarte en chayote.	71
Figura 32	<i>Diaphania nitidalis</i> . Fuente: (5)	73
Figura 33	<i>Diaphania hyalinata</i> . Fuente: (5)	75
Figura 34	Daño causado por <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> . Fuente: (6)	77
Figura 35	Detalle de datos requeridos por la norma en empaque Chayotes de Altura.	92

Figura 36	Chayote con defecto de forma con surcos marcados.	94
Figura 37	Porcentaje de defectos por forma para la muestra completa.	95
Figura 38	Porcentaje de categorías para la muestra tomada.	97
Figura 39	Distribución de porcentaje de chayotes según su peso.	99
Figura 40	Distribución de porcentaje de chayotes según su longitud.	99
Figura 41	Proceso SIPOC. Fuente: Elaboración propia.	106

Índice de cuadros

Índice de cuadros

Cuadro 1	Valores nutricionales para chayote crudo. Fuente: (7)	11
Cuadro 2	Simbología de clasificación de subprocesos.	24
Cuadro 3	Clasificación de chayote según calibre (8).	35
Cuadro 4	Resumen de toma de tiempos por actividad.	62
Cuadro 5	Cursograma analítico de la línea	64
Cuadro 6	Cantidad de operarios por actividad realizada.	65
Cuadro 7	Capacidad de cada actividad.	67
Cuadro 8	Tasa de rechazo y clasificación según el tipo de rechazo.	70
Cuadro 9	Inspección de Buenas Prácticas de Manufactura enfocado en las instalaciones de la planta. Fuente: (9)	81
Cuadro 10	Cantidad y porcentaje de no cumplimiento para las instalaciones de la planta.	89
Cuadro 11	Cantidad de muestra y porcentaje clasificada para defectos físicos en nulo, leve y marcados.	95
Cuadro 12	Cantidad de chayotes muestreados por clasificación en categorías.	97
Cuadro 13	Resumen de dimensiones del producto tomadas para la clasificación por calibres.	98
Cuadro 14	Clasificación por calibres según peso.	100
Cuadro 15	Capacidad actual y recalculada variando la cantidad de recursos por actividad.	102
Cuadro 16	Oportunidades y soluciones propuestas para los hallazgos.	109

Resumen

El chayote (*Sechium edule*), ha sido un producto de alto consumo en países como México, Centroamérica, Sur América, Estados Unidos, Canadá y Europa. Esta demanda de producto ha hecho que Costa Rica se posicione como el mayor exportador a nivel mundial.

El presente proyecto se realizó en la planta empacadora de la empresa Chayotes de Altura SA, ubicada en Cervantes de Cartago, con la finalidad de analizar la línea de proceso de chayote fresco en la planta empacadora, desde el ingreso del producto hasta el despacho para proponer oportunidades de mejora, para ello.

Dentro de la metodología, se realizaron visitas a la planta para identificar el proceso, medir tiempos de actividades, cuantificar porcentajes de pérdidas y factores de rechazo y comparar la calidad del producto con la norma referente para Chayote, para lo anterior, se partió de un tamaño de muestra mínimo dependiendo si eran datos discretos o continuos para asegurar la representatividad de los datos dentro de los días y condiciones medidas.

Además, partiendo del funcionamiento actual de la empresa según lo observado en la planta se realizó una búsqueda de herramientas que eventualmente, se podrían implementar en la empresa para tener un sistema con un mejor flujo y continuo, mejorando la estructuración e incluyendo sistemas de mejora continua reevaluando constantemente las actividades desarrolladas por medio de la evidencia de puntos de mejora.

Se identificaron 7 actividades o etapas en la línea, por las cuales pasa el producto: selección, lavado y desinfección, encerado, embolsado, empaquetado, pesado y estibado, de estas, la actividad del lavado es la que consume mayor tiempo, siendo este de 225,8 s (3,8 min).

Se identificó un desbalance de capacidades, con lo cual, se realizó un análisis de cuello de botella y se determinó que el embolsado es la actividad con menor capacidad (2,91 cajas/minuto), provocando paros constantes de la línea por acumulación de producto.

La tasa de rechazo para la muestra tomada fue de 27,3%, siendo los daños por insecto la principal razón de rechazo (21,1%), seguido de defectos por vejiga, *Ascochyta* y *Phoma*.

Comparando la calidad del producto con la norma CODEX STAN 216-1999, se eviden-

ció que en cuanto a la forma, presencia de cicatrices y decoloración, los chayotes analizados tenían una calidad de exportación. Por su parte, en la clasificación por calibres, ningún chayote cumplió con los requisitos mínimos de longitud que indica la norma (12 cm), ya que el producto que tuvo mayor longitud fue de 11,1 cm.

Como oportunidades de mejora se realizó un balance de la línea por medio del reajuste de personal en las actividades, con ello, se aumentó la capacidad a 3,09 cajas por minuto, además, se recomendó estandarizar los parámetros de calidad, así como realizar estudios periódicos de la tasa de rechazo para identificar la estacionalidad de los principales factores encontrados y atacarlos en campo. Se recomendó implementar una serie de herramientas para desarrollar la programación de la producción más formal para la empresa.

1. Introducción

1.1. Importancia

El chayote (*Sechiun edule*), es uno de los principales productos en la dieta de países como México, América Central y Sur América, además, países como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, entre otros han tenido gran interés en el consumo de dicho producto (10). A raíz de esta demanda, países como Costa Rica, México y Guatemala han realizado esfuerzos por exportar chayote hacia estos comercios metas (11), sin embargo, en el caso de Guatemala para el año 2012 no había logrado consumir un buen mercado de exportación. En el caso de México, este cuenta con un área de siembra de aproximadamente 2000 ha para el mismo año, sin embargo, el consumo local en este país es elevado, por lo cual el único destino de exportación que mantenía en el 2012 era Estados Unidos (12).

A nivel mundial, la demanda de chayote es medianamente alta, solo tomando las exportaciones de Costa Rica a Estados Unidos en el 2011, según PROCOMER, se enviaron 14500 toneladas de dicho producto; el chayote se posicionó en este mismo año como el 4to producto en importancia a nivel de exportaciones, y representó una totalidad del 3% del comercio internacional de Costa Rica (13). Para alcanzar estos comercios, los mercados extranjeros solicitan ciertas características en el producto, por ejemplo: tonalidad de verde, sin espinas, entre otras, esto hace que solo aproximadamente el 60% de la producción sea viable para exportar (12).

En Costa Rica, se cuenta con un área aproximada de siembra de chayote de 580 ha (muy inferior al área de México), esta área se mantuvo estable entre los años 2000 y 2010, en la actualidad no se cuenta con datos actualizados; para estos años reportados, se obtenían rendimientos en promedio de 70000 kg/ha (12), lo cual hace que la producción en nuestro país sea tan alta. La principal variedad de exportación sembrada en Costa Rica es la conocida como “Quelité” (11) y es desarrollada principalmente en Cartago en las zonas de Cervantes, Paraíso, Ujarrás, El Yas y Santiago (10), para el año 2012, el 76% de las plantas empacadoras de chayote se ubicaban en el cantón de Paraíso, seguida por un 12.5% ubicadas en Oreamuno (12). En cuanto al nivel de exportaciones del chayote en Costa Rica, el 73% tiene como destino Estados Unidos, el 5% a Canadá, 4.5% al Reino Unido y el restante 17.5% a otros países (12).

1.2. *Delimitación*

El proyecto se realizó en la empresa Chayotes de Altura SA, ubicada en Cervantes de Cartago, la cual, es una planta empacadora de chayote de exportación. En dicha planta empacadora se analizó el proceso desde el ingreso a la planta, hasta el estibado, incluyendo todas las actividades de empaque. Para este proyecto solo se evaluaron factores poscosecha que afecten la calidad del producto según la norma correspondiente y utilizada en Costa Rica, con lo cual, se verán parámetros como coloración, cicatrización, surcos, peso y longitud del producto.

En cuanto al análisis de la planta, se tomaron en cuenta los equipos utilizados, capacidades y demás características que sean cruciales para el desarrollo en planta. Para la cuantificación del rechazo de producto no solamente se trabajó con el porcentaje de rechazo, sino también con las principales razones que producen el rechazo para exportar.

1.3. *Justificación*

La empresa Chayotes de Altura SA tiene un funcionamiento basado en otras empresas de la zona (en el área poscosecha), ya que hasta la fecha, no ha habido ningún estudio realizado en dicha planta para verificar el funcionamiento, como base principal de conocimiento se guían por la empresa B&C Exportadores, la cual, es pionera en la producción de chayote en la zona. Como tal, en la empresa, se cuenta con una línea de empaque que se colocó en octubre del 2019, anteriormente, se contaba con otra línea con una capacidad menor a la actual, que puede procesar hasta 300 cajas de 16 kg por hora. A raíz de la falta de información y aplicación adecuada de la ingeniería en el sistema, no se ha logrado tener un funcionamiento idóneo en toda la línea, ya que está diseñada para una capacidad mayor, de manera tal, que en ocasiones hay fuertes problemas con cuellos de botella e incluso se recurre frecuentemente a parar la planta por exceso o escasez de producto en la sección de empaque, lo que indica un desbalance en la línea, es ahí donde surge la necesidad de realizar mejoras para potenciar su uso y tratar de disminuir estos fallos recurrentes.

En la actualidad se presenta una carencia de información, de manera que se desconocen los datos de pérdidas dentro de la selección y no se tiene un control de calidad con base a normas estipuladas, siendo una selección muy subjetiva.

A raíz de la demanda del chayote tanto a nivel extranjero como local, se ve la necesidad de tener información que sea útil para los productores, sin embargo, hay una gran

carencia sobre muchos aspectos relevantes para el sector, por ejemplo sobre importación y exportación de dicho producto, en este caso el único dato con el que se cuenta a nivel mundial es con que aún para el año 2011, Costa Rica se posicionaba en el primer lugar con las mayores exportaciones de chayote en el mundo (12). Esta carencia no solo se ve reflejada en estos parámetros, sino que en general los procesos de cultivo y eficiencias.

Es por esta razón que redireccionar investigaciones que enriquezcan el conocimiento de los productores sería de gran beneficio para los sistemas productivos, además, se promueve la innovación en el sector, lo cual, según (14), es una de las claves para posicionarse mejor en el mercado y crecer, logrando de igual forma, llevar productos de calidad y larga vida en anaquel, algunos avances que se han dado a lo largo del tiempo que han marcado un antes y un después son: asegurar la inocuidad del producto por medio de procesos como el lavado, la selección con respecto a la calidad y procesos de enfriamiento. Con respecto a la calidad, se busca particularmente que sean de color verde claro, con forma de pera, lisos, sin estrías, sin daños mecánicos ni producidos por insectos o enfermedades (14)

En la planta empacadora de la empresa se cuenta con una serie de problemas en los procesos que no permiten que se tenga la eficiencia deseada y no se ha realizado hasta el momento ningún estudio para determinar puntos de mejora en cuanto a las capacidades y funcionamiento idóneo de los equipos, basado en el caso específico de la empresa Chayotes de Altura SA. En este ámbito es importante que se planteen reajustes en el sistema para permitir un mejor flujo, de manera tal que se tenga un ingreso y salida de producto acordes con las capacidades de la planta y se evite parar el proceso, de manera tal que dar soluciones ejecutables conlleva a dar viabilidad al proyecto, ya que se mejora el acondicionamiento del producto fresco de exportación garantizándose la calidad y eficiencia productiva. Es importante resaltar que con este proyecto se iniciaría un compendio de información para este sector productor, de manera tal, que se abre la puerta a generar mayor investigación en el tema, siendo este un producto importante en el comercio costarricense.

1.4. Objetivos

Analizar la línea de proceso de chayote fresco en la planta empacadora “Chayotes de Altura S.A” desde el ingreso del producto hasta el despacho para proponer oportunidades de mejora dentro de la planta. Para el desarrollo de lo mencionado anteriormente, se plantean tres objetivos específicos:

- Determinar la capacidad y estado actual de la línea de acondicionamiento y empaque de la empresa Chayotes de Altura S.A, para definir la línea de base de la gestión operativa del proceso.
- Comparar la calidad de los chayotes empacados con la norma CODEX STAN 216-1999 para cuantificar el grado de conformidad con las categorías de la norma.
- Identificar oportunidades de mejora dentro de la línea para proponer soluciones en busca de incrementar la eficiencia y productividad del proceso.

2. Marco Teórico

La empresa Chayotes de Altura S.A, es una empresa dedicada a la producción y comercialización de calabaza, yuca, malanga, jengibre, eddoe y chayote, siendo este último el producto de mayor importancia. Cuenta con las instalaciones poscosecha así como la mayoría de sus plantaciones en Cervantes de Cartago. Dicha empresa, además de producir y vender en comercio nacional, también exporta a Estados Unidos, Canadá y la Unión Europea. A partir de los años 80's, el chayote se convirtió en el principal pilar de la empresa y se caracterizan en el mercado por la calidad de sus productos (15) en la actualidad, se exportan entre 3 y 4 contenedores de chayote con 20 toneladas cada uno semanalmente.

La planta empacadora contaba con una línea de acondicionamiento con capacidad de aproximada 150 cajas por hora, debido a la demanda de producto y a un pensamiento de expansión de la empresa se adquirió en octubre del 2019 una nueva línea de empaque con capacidad de hasta 400 cajas por hora. Sin embargo, en la operación actual, se han evidenciado problemas de cuellos de botella que afectan el flujo, lo que hace que la productividad disminuya provocando constantes detenciones en la planta para contrarrestar la acumulación de producto. Se cuenta con un problema en el tanque de lavado y desinfección en donde en ocasiones es difícil que el chayote avance de manera correcta a la siguiente etapa en la línea, sin embargo, este problema puntualmente no forma parte del alcance del proyecto.

En cuanto a la cuantificación de pérdidas y descripción de la planta, nunca se han realizado estudios relacionados que permitan proponer mejoras en procesos, solo se tiene un estimado de un 30% de pérdidas, de igual forma pasa con la calidad del producto en la selección, no se cuenta con especificaciones concretas en la empresa que indiquen los niveles de conformidad del producto. Estos vacíos pueden estar generando pérdidas y se han dado a lo largo de los años de funcionamiento de la empresa.

2.1. Chayote

El chayote o *Sechium edule*, es una cucurbitácea, tipo herbácea, monoica, trepadora y es considerado un producto no climatérico de consumo fresco, lo que significa que el producto no ha pasado por procesos que afectan la forma, conservándose vivo, sin desecación ni ningún otro método que cambie las condiciones originales (16).

El chayote es consumido principalmente en países como México, América Central y sur América, sin embargo, los estudios realizados para este producto en específico han sido escasos en el tiempo (12), (17). El consumo principalmente se da como verdura debido al fruto que da (18).

2.1.1. Composición nutricional

La composición nutricional del chayote está en función del clima, la región, condiciones de crecimiento, la edad de la planta y los métodos de producción que se lleven a cabo, siendo el fruto la parte de mayor consumo de toda la planta (7), en el Cuadro 1 se pueden observar los rangos nutricionales que puede tener el chayote crudo, los cuales, coinciden en gran medida según lo reportado por (19).

Cuadro 1: Valores nutricionales para chayote crudo. Fuente: (7)

Factor	Rango
Humedad (g/100 g)	89-95
Energía (Kcal/100 g)	19-31
Carbohidratos (g)	3,50-7,70
Fibra (g)	0,4-7,6
Lípidos (g)	0,10-0,30
Proteínas (g)	0,82-1,74

Debido a su valor nutricional, se ha visto que el consumo de chayote tiene una relación inversa con la prevalencia de enfermedades crónicas debido a los bioactivos presentes en el producto, además, ha sido reportado como antibacteriano, antioxidante, antihipertensivo y antiepiléptico (7)

2.1.2. Características físicas del chayote

El tamaño de los chayotes por lo general ronda entre los 4.3 cm y 26.5 cm de largo y entre 3,0 cm y 11,0 cm de ancho. Además, su forma es muy variable, puede ser ovoide, más alargada o más redondeada dependiendo de la variedad que se produzca, la pulpa suele ser de color verde pálido o tirando a un color blancuzco y puede contar con espinas o ser liso completamente (17).

La germinación en el chayote se da a nivel interno del mismo producto (*viviparismo*), este fenómeno ocurre cuando la semilla no entra en periodo de latencia y germina dentro del chayote, debido a que si esta se extrae entraría rápidamente en un proceso de desecación

ya que no cuenta con una testa lignificada (20). Esta podría ser una de las principales pérdidas de producto si no se les da el almacenamiento adecuado.

2.2. Poscosecha

En la actualidad, los consumidores de productos frescos buscan que al adquirir dichos productos se encuentren en óptimas condiciones para su consumo, es por esto, que en el manejo poscosecha cada vez se implementan nuevas tecnologías para disminuir el daño en los productos (21).

En el manejo poscosecha se deben contemplar factores como el control de la temperatura del producto (cadena de frío), atmósferas modificadas y control de producción de etileno, esto durante todo el periodo de almacenamiento que requiere el producto, sin embargo, existen alimentos más críticos que otros, en el caso del chayote, lo que se controla principalmente, es la temperatura, humedad relativa y atmósferas modificadas (bolsas plásticas) para evitar el deterioro durante el periodo anaquel (21).

2.2.1. Línea de empaque estándar para Chayote

Los principales sistemas de empaque de chayote constan de un flujo lineal continuo como se muestra en el Anexo 1. Los procesos por los que pasa el producto en la línea de empaque son: recibo, selección, lavado, secado, encerado, empaquetado y estibado, posterior a esto se realiza el enfriamiento y almacenamiento en frío para evitar la senescencia del producto. Dentro de los procesos que se realizan, destaca la selección para garantizar el comercio de productos de calidad, el encerado para evitar deterioro y el preenfriado para evitar la senescencia y alargamiento de la vida útil de los chayotes (4).

2.3. Cuellos de botella

Para hablar de los cuello de botella, se debe hacer énfasis a la teoría de restricciones, esta teoría indica que toda cadena productiva cuenta con al menos un cuello de botella y que su identificación es primordial, ya que el ritmo de la cadena va a estar limitada directamente por este cuello de botella, las acciones que se tomen con respecto al mismo van a tener repercusiones directas en el conjunto global de la empresa, sin embargo, acciones tomadas en otras áreas o actividades no tendrán el mismo efecto, ya que no serán determinantes en una mejoría global (22).

Basado en lo anterior y según (23) toda empresa siempre va a tener una restricción o cuello de botella en su proceso, ya que de lo contrario si existiese una empresa que no contara con este generaría ganancias ilimitadas, pero al ser un cuello de botella un elemento que limita a una empresa, en consecuencia, también limita sus ganancias en la misma medida.

Otra forma de verlo es la propuesta por (1), la cual indica que un cuello de botella es cualquier recurso cuya capacidad es inferior a la demanda colocada sobre dicho recurso, o sea, es una limitación en el sistema que restringe la demanda que es posible atender. Es un punto en un sistema donde el flujo se disminuye a una corriente estrecha, tal cual se puede observar en la Figura 1.

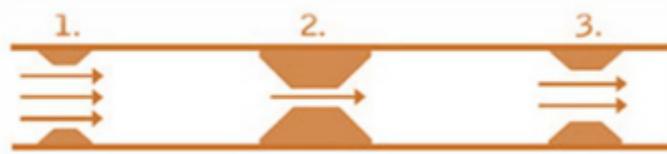


Figura 1: Cuello de botella en un sistema. Fuente: (1)

2.4. Instalaciones alimentarias

Una planta empacadora de productos alimenticios debe ser un sitio con un diseño de instalaciones inocuo, en donde se evite en la medida de lo posible cualquier tipo de contaminación hacia el producto, por lo cual, existen lineamientos bases para el diseño de las mismas (24).

A nivel mundial, el Codex Alimentarius ha sido el principal referente para el diseño de instalaciones inocuas, especialmente para industria alimentaria, en el cual, se incluyen temas como: diseño y construcción de instalaciones, control de operaciones, programas de saneamiento de las instalaciones, higiene personal y consideraciones de higiene una vez el producto haya salido de la planta de acondicionamiento y empaque para mantener su inocuidad (24).

Específicamente para lo referente a las instalaciones, se detallan los lineamientos para los siguientes tópicos: Ubicación y alrededores, equipo, estructuras internas y mobiliario, manejo de desechos, abastecimiento de agua, drenaje y eliminación de desechos, limpieza, servicios sanitario e higiene personal, calidad de aire y ventilación, iluminación y alma-

cenamiento, los cuales se deben tomar en consideración para el adecuado diseño de una planta de alimentos.

2.5. Calidad del producto

En cuestiones de calidad, principalmente cuando se trata de producto de exportación el chayote debe estar tierno, con una piel lisa, de color verde claro brillante, no debe contar con espinas o estrías y con una forma ovalada. Los chayotes deben tener un peso aproximado de 285 g, por lo cual, se requieren dimensiones entre 8,0 cm y 11.5 cm de largo y entre 8,0 y 9,0 cm en el radio de la base. En el caso de los chayotes “negros” y “blancos” se deben tener características similares para su comercialización (25).

Si bien es cierto existen normas como la CODEX STAN 216-1999 en donde se recomiendan los parámetros de calidad según la categoría de cada chayote, no existen lineamientos que dicten la calidad específica que debe tener un chayote de manera uniforme, esto debido a que la exigencia de los diferentes mercados varía, en algunos casos solicitando mayor calidad y en otros menor, un factor que delimita esto es también la oferta y la demanda que haya. Además de los parámetros mencionados anteriormente, se tiene como requisito básico que el producto esté libre de patógenos de cualquier índole (26).

Otros requisitos mínimos con los que deben cumplir los chayotes de exportación que se venden como producto fresco son: enteros, sanos (sin podredumbre o deterioro), limpios, sin plagas ni daños por las mismas, humedad externa baja, consistencia firme, aspecto fresco, sin daños por bajas temperaturas ni magulladuras, sin señales de germinación y con un grado de madurez adecuado para soportar el transporte y llegada adecuada al destino (8).

2.5.1. Factores de rechazo

Muchos de los factores de rechazo que se tienen en chayote son causados en campo, sin embargo, se evidencian realmente hasta la etapa de poscosecha en donde se realiza la selección. Estos son considerados como factores de rechazo debido a que no cumplen con los requisitos para entrar en las categorías mencionadas en la sección anterior (26) o según los requisitos del cliente.

En el caso de los rechazos relacionados directamente con poscosecha en la planta empaadora, se deben principalmente a dos factores, primero la preparación y manejo del

producto, donde pueden producirse daños por mal diseño de la línea, equipos ineficientes, selección inadecuada, daño mecánico debido a alta manipulación o golpes en equipos, empaque inapropiado, mal sistema de enfriamiento y baja sanidad. En segundo lugar, está el almacenamiento inadecuado, en donde los principales daños ocurren por baja eficiencia de cámaras de refrigeración, mal manejo de temperatura y humedad relativa en cámaras, cargas mixtas de productos diferenciados, interrupción de la cadena de frío y deterioro patológico (27).

Uno de los principales factores que limitan la comercialización del chayote a nivel mundial, es debido a problemas fúngicos, representando estos entre el 15 y el 25 % de las pérdidas (19). En Costa Rica, la mayoría de las enfermedades que causan un factor de rechazo evidente en poscosecha no comprometen la calidad del producto (a menos que ya esté muy avanzado), es un problema principalmente de apariencia. Los casos más comunes son debido a hongos, entre ellos la vejiga, causante de unas pequeñas ronchas en la superficie del producto y su propagación es por viento. Otro factor de rechazo es la peca blanca, se presenta en el producto como una hendidura circular con bordes bien definidos y un color claro. Otra afectación es por la roña o sarna, este efecto se manifiesta como un ligero hundimiento de color café claro. Por último, el salpullido, que produce pequeñas pústulas en la piel del producto (26).

Además, también destacan los daños por insectos que afectan los frutos del chayote, entre ellos los *Diaphania hyalinata* y *Diaphania nitidalis*, que son insectos perforadores causando hoyos en el producto. Se encuentran algunos raspadores como el *Acalyma trivittatum*, y por último, algunos ácaros como los del género *Tetranychus* (26).

A pesar de que estas son las afectaciones y causas de rechazo más comunes de los chayotes, su aparición depende de la estacionalidad, por ejemplo, en Costa Rica, la vejiga se presenta con mayor frecuencia en el mes de junio, en donde la temperatura ronda los 21 °C, por su parte, la sarna se mantiene muy constante a lo largo del año, las condiciones pueden ser muy variables. Además, se tiene que la mayor cantidad de rechazos se da debido a la forma del producto, a la presencia de sarna o roña y a la vejiga (26).

2.6. Balance de línea

El balance de la línea es uno de los elementos principales para que esta funcione de forma óptima y se considera que una línea está balanceada cuando todas las actividades

tienen un mismo ritmo o una misma capacidad, para conseguir esto, se deben tener en cuenta la cantidad de colaboradores que dan servicio a la línea y las máquinas que están involucradas en el proceso, tanto la cantidad, como la capacidad (1).

El balanceo se debe realizar en función del cuello de botella determinado, para así lograr que la capacidad de esta actividad aumente de manera que sea nivelada con las demás actividades, que en ocasiones podrían disminuir su capacidad para alcanzar este punto. El realizar este balanceo va a tener repercusiones en los niveles de inventario de las materias primas, la cantidad de productos en proceso y los productos terminados, ya que se busca maximizar la producción (22).

2.7. Planeamiento de ventas y operaciones

El planeamiento de ventas y operaciones o S&OP por sus siglas en inglés, es una herramienta utilizada para obtener un balance entre la demanda estimada del mercado de las empresas y los suministros que son requeridos para satisfacer esta demanda. Esta herramienta se trata de un proceso integral, el cual, debe tener entradas y salidas que generan tanto el plan del negocio, así como su ejecución (28).

Dentro del S&OP es importante entender la importancia que tiene la cadena de valor, desde los proveedores, hasta el consumidor final, involucrando así la cadena de suministros y la cadena de demanda del consumidor. En la cadena de suministros, se deben tomar en cuenta: los proveedores, capacidades de producción, capacidad de almacenamiento y ubicación (2).

El desarrollo de un S&OP consta de cuatro elementos (Ver Figura 2), en la sección 7.1 de los anexos se muestra el detalle de cada etapa.



Figura 2: Elementos de un S&OP. Fuente: (2)

Cabe destacar que dentro de la metodología S&OP, al igual que en otras metodologías, siempre es importante realizar una evaluación de los impactos potenciales que se podrían adoptar con la aplicación, ya sean positivos o negativos, y siempre llevándolos de la mano con la efectividad y rentabilidad (29).

Para la correcta aplicación de un sistema S&OP, se debe tomar en cuenta el nivel de madurez que tiene un proceso, para ello, existen algunos modelos como el de Grimson Pyke que han sido utilizados para determinar este factor, dentro de este modelo, se clasifica la empresa en cinco etapas, las cuales corresponden a: Proceso No S&OP (Etapa 1), Reactivado (Etapa 2), Estándar (Etapa 3), Avanzado (Etapa 4) y Proactivo (Etapa 5), definiendo a partir de esto el estado de madurez y para su evaluación, de igual forma, se utilizan cinco dimensiones o tópicos a medir, los cuales corresponden a: reuniones y colaboraciones, organización, mediciones, tecnología de la información e integración del plan S&OP (30) que se describirán a mayor detalle en la sección 7.2 de los Anexos.

2.8. Herramienta SIPOC

Otra herramienta que es importante sea adoptada es la metodología de SIPOC, la cual viene de sus siglas en inglés (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) o Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes, con esta herramienta se nos permite por medio de los componentes mencionados anteriormente, definir, analizar, medir, mejorar y controlar los procesos (31).

Algunas de las razones por las cual es importante incluir esta herramienta que va de la mano con el S&OP son las siguientes: nos permite definir el alcance del proceso (inicio y final), brinda a la gerencia una visión general, en el caso de grandes empresas es muy importante, ya que da una perspectiva del funcionamiento sin detallar tanto los procesos. Ayuda a identificar la esencia de los procesos, lo cual es importante, ya que las funciones pueden permanecer constantes, pero los medios para lograrlas podrían variar eventualmente. Debido a que esta herramienta nos proporciona un panorama del flujo de información y materiales, con ella se pueden identificar ideas de mejora de los procesos, así como las entradas, salidas y modos de falla. Por medio del SIPOC se puede crear un plan de recopilación de datos, ya que se identifican las entradas y salidas de igual forma que permite la fácil transición a mapas de flujo de valor (31).

2.9. Ciclo de Deming

Tomando en cuenta lo visto hasta el momento, es importante entender que ninguno de los procesos son definitivos, ya que siempre se está en constante cambio de las variables presentes, por lo cual, adoptar dentro de los planes sistemas de mejora continua es lo más adecuado para avanzar en una dirección correcta, en este caso, es importante adoptar herramientas como el Ciclo de Deming, también conocido como ciclo de mejora continua o ciclo PDCA (por sus siglas en inglés de Planificar, Hacer, Verificar y Actuar) (32).

El ciclo de Deming, el cual se puede ver en la Figura 3 es un ciclo recurrente de cuatro pasos, que consiste en mejorar continuamente los procesos debido a la variabilidad que estos pueden presentar en el tiempo (32), el desarrollo de estos pasos se muestran en la sección 7.3 de los anexos.

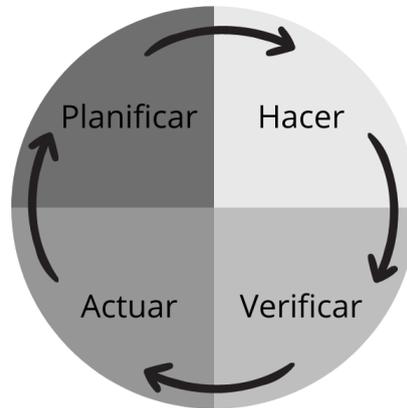


Figura 3: Ciclo de Deming. Fuente: Elaboración propia.

2.10. Programación de la producción

La programación de la producción es un plan detallado de cómo se van a ejecutar las acciones dentro de la empresa en un corto plazo definido (33), para ello, se pueden utilizar algunas herramientas que van de la mano con el desarrollo y ordenamiento del programa como por ejemplo el Planeamiento de Ventas y Operaciones, SIPOC, ciclo de Deming (mencionados anteriormente), entre otros.

Puede consistir en algo tan simple como una lista de pendientes o puede resultar en algo sumamente detallado y complejo como una crónica detallada de lo que va a pasar en el corto plazo determinado, lo cual, los colaboradores deben esperar para actuar según lo planeado en el programa y buscar obtener los resultados esperados (33).

Dentro del programa se debe detallar el paso a paso según los tiempos requeridos y se debe incluir la fecha esperada de la finalización de las etapas para poder verificar sobre la marcha que haya cumplimiento en el tiempo de los objetivos, así como todos los detalles de la producción que sean requeridos para responder a la demanda (33).

Con la programación de la producción se busca cumplir con los planes de producción que están basados en la demanda, la capacidad de producción de la empresa y el tiempo de las entregas, es por esto que se debe crear una planeación adecuada que permita satisfacer las necesidades del cliente, para ello, se debe conocer previamente la capacidad

de la maquinaria, la especificación de los materiales requeridos, la capacidad del recurso humano y la secuencia de tiempo por operación y por producto (3).

Para iniciar con la programación de la producción, se debe definir el tipo de método de producción que se tiene, ya sea continuo (alta tecnificación), en serie (depende del lote a producir) o intermitente (contra pedido) (3).

Otro aspecto importante a considerar es el tipo de programación que se maneja, ya sea hacia atrás, o hacia adelante. En el caso de la programación hacia adelante se parte de una fecha de inicio para la programación de la producción, en donde a partir de esa fecha se desarrollan las actividades, en ocasiones, se pueden terminar las operaciones antes del tiempo de entrega. En el caso de la programación hacia atrás, se establece de igual forma una fecha de inicio, pero en este caso se buscan eliminar tiempos de espera desde la planeación de requerimiento de materiales, para lo cual, se busca la fecha de inicio partiendo de la fecha de entrega y planeando el proceso en reversa (3)(ver Figura 4).

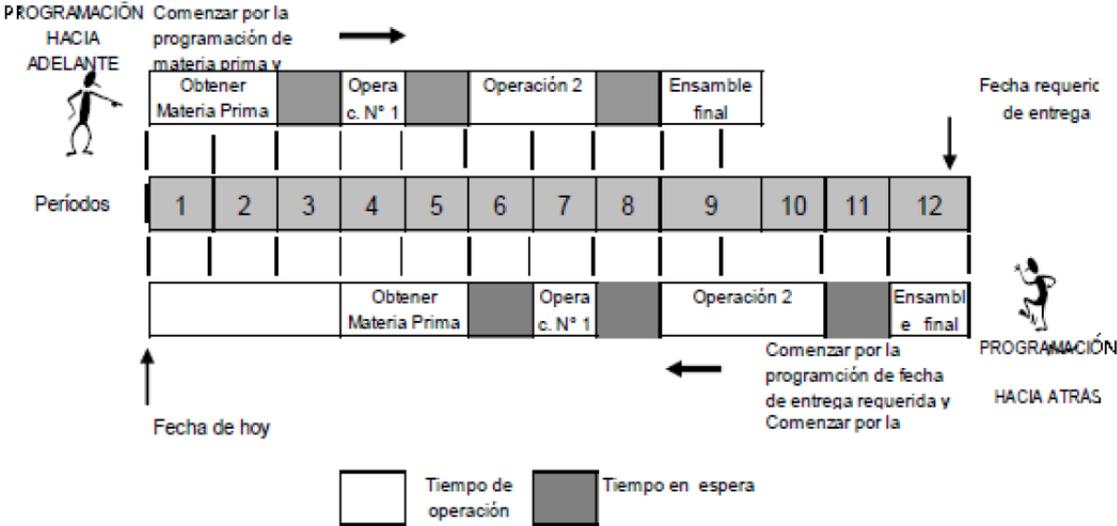


Figura 4: Programación hacia adelante y hacia atrás. Fuente: (3)

Una vez se tiene la programación y esta se envía a piso o en este caso a la planta empacadora, se debe realizar la programación en piso, en donde por aparte se deben alinear y programar los pedidos para llevar un control durante el proceso, esto teniendo en cuenta la capacidad de la producción u otros problemas que pueda estar presentando la planta en el momento, si bien es cierto ambos programas deben estar alineados y coincidir, es pertinente revisar que todo pueda proceder tan cual se indica para evitar

atrasos o incumplimientos en la demanda, para ello, el encargado de planta debe confirmar la cantidad de recursos disponible (humano, materiales y producto), en caso de tener algún faltante, se debe informar para realizar los pedidos respectivos lo más pronto posible.

Otro aspecto importante es realizar periódicamente revisiones del avance de las actividades según lo programado, ya que esto permite encontrar fallas y desfases en el tiempo de entrega de forma pronta a que ocurran los retrasos, permitiendo tomar acciones sobre la marcha, además, se debe llevar un control estadístico del cumplimiento y la eficiencia de los procesos para incluirlos dentro de los puntos de mejora (3).

Para el control en el área de proceso o taller debe contar con algunas herramientas básicas para mantener todo marchando de la manera más eficiente, algunas de estas herramientas son las siguientes: una lista de despachos diarios que se mantenga debidamente actualizada y un estado e informes de excepciones, en donde se incluye lo siguiente:

- Informe de retrasos previstos.
- Reporte sobre desperdicios.
- Informe sobre trabajo vuelto a hacer.
- Informes de desempeño.
- Lista de faltantes (insumos y recursos).
- Informe de control insumos y productos (3).

Para definir un plan de programación de la producción, también es necesario adoptar un modelo de control de inventarios que esté ligado directamente a las proyecciones de ventas, esto para buscar no tener exceso, ni escasez de materias primas (34), por medio de la elección de una metodología adecuada, la empresa podría definir el número de unidades que se estima producir para un momento específico y con base en esto, la frecuencia para ordenar nuevos insumos, así como definir los productos que se requieren comprar con menor frecuencia y un control de costos del proceso de inventarios, todo esto con el objetivo de mantener únicamente las cantidades de inventario necesarias y poder facilitar la operación a un menor costo, tomando en cuenta también el manejo del espacio en planta. Para lo anterior, se debe determinar la cantidad económica de orden (EOQ por sus siglas en inglés Economic Order Quantity), lo cual consiste en determinar el nivel de inventario óptimo para tener un gasto mínimo entre los costos de ordenamiento y los

costos de mantener un inventario (34).

Para definir la programación futura, se puede utilizar la planeación agregada, la cual consiste en determinar las cantidades a producir (demanda) y los tiempos de producción basados en el comportamiento del mercado de meses anteriores (usualmente entre 3 y 18 meses), con base a esto, y sabiendo que el mercado no siempre se mantiene constante, se pueden mantener actualizadas las proyecciones e ir definiendo los requerimientos para el futuro próximo, siempre buscando minimizar los costos y manteniendo la calidad. Una vez determinados de esta forma los factores como los pronósticos de demanda, niveles de inventario, tamaño de la fuerza de trabajo, materias primas e insumos, se hace una combinación de todos los factores para determinar el horizonte futuro de planeación, para el cual también se debe determinar el periodo por el cual se va a hacer (34).

Otra herramienta que se puede utilizar ligada al modelo de control de inventarios es el Plan de Requerimiento de Materiales (MRP por sus siglas en inglés), con esta herramienta se puede definir el momento en que se deben ordenar un insumo o materia prima a algún proveedor por escasez en las bodegas de la empresa o en casos de que se requiera un insumo que no esté en inventario, para ello, es importante realizar un mapa con los insumos requeridos para cada proceso (34).

El Programa Maestro de Producción (MPS por sus siglas en inglés) es donde se registra la planeación de la producción estimada para un horizonte de tiempo determinado, en donde para desarrollar este, se deben tomar en cuenta los elementos directamente ligados al S&OP: recursos disponibles, capacidad de producción y demanda del producto (3).

El MPS tiene diversas funciones dentro de la programación de la producción ya que es el elemento principal del programa, entre estas funciones se encuentran las siguientes:

- Trabajar en el plan de programación globalizado.
- Evaluar alternativas de solución.
- Generar requerimientos de materiales.
- Generar requerimientos de capacidad (ligado a la demanda).
- Facilitar el procedimiento de la información.
- Mantener las prioridades de los programas (3).

Con la implementación de las herramientas MRP, MPS y las demás mencionadas hasta el momento, la empresa podría tener herramientas flexibles a los posibles cambios en los proveedores, tiempos de espera, cambios en la demanda y en general, adaptación a cambios, ya que son herramientas basadas en históricos que dan un pronóstico del comportamiento en un futuro cercano.

Dentro de la programación es importante tener en cuenta criterios que ayuden a evaluar de manera eficiente el desempeño de la misma como por ejemplo: la disminución de tiempo promedio en terminar un producto completo o en sus etapas, maximización de la utilización de recursos, reducción del inventario de trabajo en proceso y reducción del tiempo de espera del cliente, con esto se aprovecharía de manera más efectiva la capacidad de las líneas de producción y los recursos disponibles (34).

3. Metodología

3.1. Diagnóstico de línea

3.1.1. Identificación de procesos

Inicialmente, se realizaron 2 visitas guiadas para comprender el funcionamiento, distribución de la empresa, lineamientos básicos y demás aspectos generales que se manejan como dinámica y logística de ejecución, equipos utilizados, materiales, capacidades, entre otros.

Además, se realizaron una serie de visitas a la planta, para el levantamiento del proceso por medio de caracterización visual y consulta a los colaboradores de la empresa. A cada actividad se le detalló el tipo de proceso al que pertenece, ya sea una operación, transporte, inspección o almacenamiento, para ello, se utiliza la simbología mostrada en el Cuadro 2. Estas visitas fueron realizadas entre los meses de febrero a mayo del 2019.

Cuadro 2: Simbología de clasificación de subprocesos.

Tipo de subproceso	Simbología
Operación	○
Transporte	→
Inspección	D
Almacenamiento	△

Aunado a lo anterior, se realizó una descripción detallada de cada actividad, en donde se indicó las dosis a aplicar, características de los materiales empleados, forma en que se realiza cada actividad y características de la materia prima a la entrada y salida así como las distancias recorridas y el tiempo promedio que tarda el producto para cada actividad, esto tomando como base el desarrollo observado de las actividades y las consultas a operarios y funcionarios de la planta. En el caso de la distancia recorrida, se tomó de forma lineal, en los puntos más críticos (mayor distancia), ya que realmente la trayectoria del chayote puede variar principalmente en la parte del tanque de lavado.

Es importante mencionar que algunas de las actividades estudiadas como el embolsado y estibado se realizan en presentaciones distintas. El embolsado se realiza con bolsas para un solo chayote y para ocho chayotes, en este caso, se estudió únicamente el embolsado de chayotes individuales, estas bolsas son de Polietileno y tienen dimensiones de 15 cm x 20 cm y van abiertas, sin ningun tipo de sello. En el caso del estibado, se utilizan tres

tamaños de tarima: 1,20 m x 1,00 m, 1,15 m x 1,00 m y 1,10 m x 1,00 m, sin embargo, esto no afecta el acomodo en las paletas. Además, se debe acotar que la variedad de chayote evaluada fue la *verns levis*.

3.1.2. Determinación de tiempos

La toma de tiempo se realizó para cada actividad (ver Figura 5), esto con la finalidad de obtener el tiempo total que tarda el chayote en el subproceso de acondicionamiento y empaque. Para realizar esto, se marcaron los chayotes utilizados como muestra con la finalidad de ser identificados durante cada una de las actividades, permitiendo así tomar los tiempos, estas pruebas se realizaron entre las 9:30 am y las 4:00 pm, teniendo la variabilidad durante todo el día de procesamiento.

En lo que respecta a la toma de tiempo en la selección de producto, se realizó por caja plástica que ingresa a la planta (caja que viene de campo) que mas adelante se va a determinar esta unidad exacta según la cantidad de chayotes que trae cada caja. En cuanto a los trabajadores muestreado, se seleccionó de manera aleatoria, de forma tal que se cambió constantemente el colaborador a medir para darle el carácter de aleatoriedad a la muestra tomada evitando infringir en la realidad de la información obtenida el total de mediciones varió según la actividad, esto se muestra mas adelante..

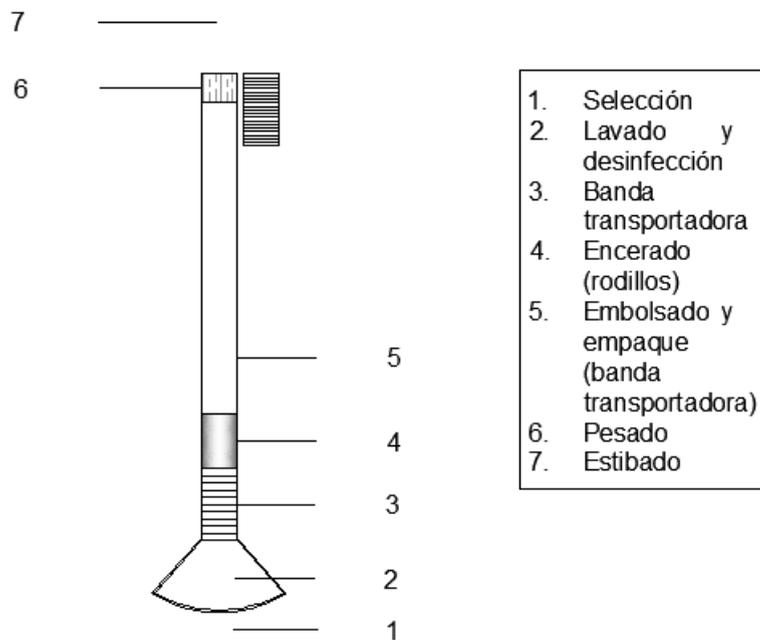


Figura 5: Línea de proceso de acondicionamiento y empaque de chayotes en la empresa Chayotes de Altura S.A. Fuente: Elaboración propia.

La cantidad de mediciones analizada varió según la actividad, para la selección fue de 57 muestras, para el lavado 96, encerado 52, embolsado 72, empaquetado 43, pesado 49 y estibado 37.

Cabe destacar, que todos los tiempos fueron medidos en segundos y los datos tomados para esta sección fueron en época seca, en los meses de febrero y marzo del 2021 (35), además, se midió una única vez cada uno de los chayotes muestreados dentro del sistema.

3.1.3. Definición del tamaño de la muestra

Para definir el tamaño de la muestra, se utilizó la técnica de muestreo de trabajo (36), la cual, es utilizada para obtener proporciones de tiempo que se utilizan en distintas tareas en una situación de trabajo, con lo cual, es una técnica que se ajusta para determinar el tamaño de la muestra.

Utilizando la técnica del muestreo de trabajo la exactitud que se llega a tener en los datos está en función del número de observaciones y el periodo para realizar estas observaciones, que en este caso se detallará más adelante según lo propuesto por (36).

■ Datos discretos

La distribución de la probabilidad tiene una medida de np y una varianza igual a npq . Para el caso de la desviación estándar, esta se obtiene con la ecuación 1.

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{pq}{n}} = \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}} \quad (1)$$

En donde:

σ_p : desviación estándar de un porcentaje.

p: porcentaje de chayotes descartados.

n: número total de observaciones aleatorias en las que se basa p.

q: $1-p$ = porcentaje de chayotes que continúan para exportación.

El error (l) para las mediciones se determina a partir del intervalo de confianza deseado (α), que en este caso se utilizó un 95 % de confianza en los datos, por lo tanto, se tiene un error de confianza ($1-\alpha$ o C) de 5 % y se utiliza el término $z_{\alpha/2}\sigma_p$ (ver ecuación 2)

$$l = z_{\alpha/2}\sigma_p = z_{\alpha/2}\sqrt{pq/n} \quad (2)$$

Para efectos de este proyecto, se utilizó un error de un 10 % como valor de entrada para el cálculo del número de muestra, esto siendo el error que se tomará como aceptable en este caso.

A partir de que se tiene un intervalo de confianza (α) de 95 %, y $z_{\alpha/2}$ es la variable normal estándar y despejando de la ecuación 2, se tiene que el número de muestreo (n) se obtiene de la ecuación 3, en donde se utiliza un valor de $z_{\alpha/2}$ de 1,96 (37) debido al valor de C utilizado.

$$l = \sqrt{\frac{3,84pq}{n}} \quad (3)$$

El número de muestra calculado anteriormente, es un número teórico que varía según las circunstancias de cada muestra, con lo cual, se sabe que se tiene una confiabilidad mayor o igual a la propuesta, cuando el número de muestra teórico es menor al real, con lo cual, se da por finalizada la toma de datos.

■ Datos continuos

Para el caso de los datos continuos, de igual forma se utiliza un intervalo de confianza (α) y un error de confianza (C) igual al de los datos discretos (95 % y 5 % respectivamente),

con lo cual, se obtiene el mismo valor de la variable normal estándar (t) de 1,96, finalmente, el error (k) utilizado fue de un 10 % para el cálculo del tamaño de la muestra, el cual se realizó con la ecuación 4.

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2 \quad (4)$$

En donde:

t = variable normal estándar

k = error de medición.

\bar{x} = promedio de la muestra.

s = desviación estándar de la muestra.

Para lo anterior, se parte de que en un estudio de tiempo por lo general la muestra que se maneja es pequeña (36), con lo cual, se debe utilizar la distribución t , la cual presenta un intervalo de confianza como se muestra en la ecuación 5 (36).

$$\bar{x} \pm t \frac{zs}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

La desviación estándar fue calculada directamente de los datos obtenidos en las mediciones realizadas por medio de la ecuación 6.

$$A = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}$$

$$s = \frac{A}{\sqrt{n-1}} \quad (6)$$

3.1.4. Prueba de valores atípicos

Se aplicó una prueba de valores atípicos en las actividades donde la variabilidad de la serie de tiempos obtenida para cada actividad fue muy alta, según (38), cuando se utilizan gráficos de cajas para determinar los valores atípicos en una muestra se consideran como estos valores los que están al menos a 1,5 veces del rango intercuartil del borde de la caja (Q1-Q3), de manera tal, que son valores que se pueden remover de la serie de datos para disminuir la variabilidad entre los mismos. Para realizar la prueba mencionada se utilizó el software Minitab en la versión 17.1.0, en este caso los valores atípicos se denotaron por

el software como un asterisco, con lo cual, se eliminaron estos datos de la muestra para disminuir el error. Cabe destacar que este proceso se realizó una única vez y solo en caso de ser necesario (donde el tamaño de muestra teórico era muy alto en donde se rondaban aproximadamente las 400 muestras para obtener un error del 10%), cabe destacar que esta prueba se aplicó una única vez a los datos requeridos, ya que si se aplicaba de forma continua se afectaría la muestra.

3.1.5. Frecuencia de toma de datos

Para determinar la frecuencia de toma de datos, esta se realizó de igual forma según lo propuesto por (36), consiste en un generador aleatorio de datos para tomar muestras en diferentes intervalos de tiempo durante todo el registro. Para ello, se generaron números aleatorios en una tabla (minutos), estos números variaron entre 1 y 48 únicamente, con lo cual, posteriormente, se pasaron a horas dividiendo los minutos obtenidos entre 60.

Para poder desarrollar esta metodología, se planteó una hora para iniciar el conteo, con lo cual, la hora fue a las 9:30 am, esto debido a que la planta empacadora inicia labores a las 9 am y previendo algún tipo de retraso en el recibo. Una vez definida la hora de inicio, se suma la hora generada del primer número aleatorio con la hora de inicio para así obtener la primer hora de muestreo. Esto se hace reiteradas veces según la cantidad de muestras.

3.1.6. Unidad equivalente

La unidad equivalente a trabajar para efectos de el presente trabajo es una caja empacada para exportación, o sea, una caja de 16 kg, sin embargo, para la toma general de los tiempos esto se realizó en varias unidades tal cual se menciona a continuación y que posteriormente se pasaron a la unidad equivalente mencionada por medio de correlación.

En el caso de la determinación del tiempo para la selección de producto punto 1 de la Figura 5, la unidad medida fue de una caja plástica ingresada a la planta, para ello, se debió tomar en cuenta que estas cajas no ingresan con un peso uniforme, sino, que depende del personal de cosecha, sin embargo, se promedian los tiempos en general y se tiene un valor promedio de chayotes por caja al final de la toma de datos.

A partir del punto 2 (Lavado) y hasta el punto 5 (Embolsado y Empaquetado) de la Figura 5, la unidad medida fue de un único chayote, esto tomando como premisa que los

demás chayotes de la caja durarían el mismo tiempo que ese chayote representativo, de igual forma, se promedian todos los chayotes muestreados. Para el punto 5 (Embolsado y Empaquetado) sí se contabilizó el tiempo que tardó en empacarse todos los chayotes requeridos para una caja completa de 16 kg que corresponde a la unidad equivalente al igual que para el punto 6 (Pesado) que corresponde al pesado de cada caja.

Finalmente, para el punto 7 (Estibado), la unidad medida fue una tarima que consta de 60 cajas, por lo cual, se tomó el tiempo de estibado de todas estas cajas incluyendo la puesta de esquineros y cintas de protección.

El tamaño de la muestra para cada una de las actividades fue de 57 muestras para la selección, 96 para el lavado, 52 para el encerado, 72 para el embolsado, 43 para el empaquetado, 49 para el pesado y 37 para el estibado.

3.2. Determinación de cuello de botella

Para obtener cuáles son las actividades que generan un cuello de botella dentro de la línea de acondicionamiento y empaque, se utilizó el método de estudio de capacidades, el cual se detalla a continuación.

3.2.1. Estudio de capacidades

La capacidad de cada una de las actividades fue calculada por medio de diferentes vías, en el caso de las actividades de selección, embolsado, empaquetado, pesado y estibado se utilizó el tiempo promedio que tarda cada recurso en realizar una unidad equivalente completa (una caja empacada de 16 kg) por tarea específica (por recurso entiéndase: persona individual, parejas o tríos según corresponda), para ello se utilizó la ecuación 7.

$$Capacidad (cajas/s) = \frac{Cantidad\ de\ recursos}{Tiempo(s/caja)} \quad (7)$$

En el caso de la actividad de lavado, se utilizó una forma teórica para estimar inicialmente la capacidad de chayotes en el tanque, para ello, se partió de un dato conocido como lo es el volumen de agua del tanque y el volumen total de trabajo, donde se determinó que la capacidad del tanque en chayotes es la diferencia del volumen total menos el volumen de agua.

Una vez obtenido el volumen de chayote que se maneja en el tanque (1) , se estimó

el volumen promedio de una unidad de chayote, tomando como referencia un prisma rectangular, para ello se tomaron las dimensiones de largo, ancho y espesor y se calculó con la ecuación 8

$$\text{Volumen de chayote (cm}^3\text{)} = L \cdot A \cdot E \quad (8)$$

Obtenidos ambos volúmenes (chayote en tanque y chayote unitario) se dividió el volumen total ente el volumen de chayote para obtener la cantidad de chayotes aproximada que se maneja en el tanque.

A partir de ello, se dividió la cantidad de chayotes entre el tiempo promedio que tarda un chayote en pasar por la actividad de lavado, esto partiendo del hecho de que en el tanque se tiene un flujo constante; y por último se dividió entre 50 chayotes para obtener la unidad equivalente (ver ecuación 9).

$$\text{Capacidad lavado (cajas/min)} = \frac{\frac{\text{Chayotes en tanque}}{\text{Tiempo de lavado (min)}}}{\text{Chayotes por caja empacada}} \quad (9)$$

Para el caso del encerado, esta capacidad se midió directamente, para ello, se contabilizó la cantidad de chayotes que salen del encerado en 1 minuto, con lo cual, se obtuvieron chayotes por minuto y se divide entre 50 para llevarlo a la unidad equivalente, para ello, se requirió tomar 21 muestras en total.

3.3. Determinación de tasa de rechazo

Para determinar el porcentaje final de rechazo del producto se utilizó la ecuación 10. La determinación del rechazo o aceptación del producto, se realizó con base en el criterio de selección de los colaboradores muestreados, para ello, se realizaron observaciones a diferentes tiempos y diferentes colaboradores, con el fin de obtener una muestra representativa y balanceada. El tamaño de la muestra y el tiempo de muestreo entre cajas, se realizó utilizando la metodología expuesta en los puntos anteriores por medio de un método aleatorio, verificando que el intervalo de confianza sea de 95 %,

$$P(X) = \frac{\#X}{\#\Omega} \quad (10)$$

En donde:

#X: número de chayotes rechazados.

Ω : número de chayotes revisados

Como se mencionó, la unidad de medición utilizada para este punto es una caja entera de producto que ingresa, esta caja no tiene una cantidad específica de chayotes, ni una masa específica a diferencia del punto 6 (Pesado) de la Figura 5, por lo tanto la cantidad de chayotes es variable por caja, sin embargo, al final del proceso, se utiliza la ecuación 10 para obtener el porcentaje de producto que es rechazado, teniendo en promedio un total de 60 chayotes por caja plástica de recibo.

Para poder determinar dicha tasa de rechazo, no solo se contaron los chayotes que se rechazan, sino también, de forma simultanea, se deben contar los que sí pasan la selección, con ello, se puede obtener el tamaño total de la muestra en cada caja evaluada, en este caso fue de 58 muestras (caja plásticas de ingreso), además, debido a que los colaboradores constantemente cambian de actividad, se evaluó la totalidad de ellos (25 colaboradores).

El balance de masas en esta actividad es de mucha importancia, ya que como se verá más adelante, esto nos permite conocer la proporción de producto que no se puede exportar debido a defectos (39), siendo esto una pérdida ya que, si bien es cierto el producto se comercializa a nivel nacional, el precio de venta es mucho menor. En la Figura 6 y la ecuación 11 se muestra la relación y el balance de masa que se presenta en esta actividad, en donde M_{ent} es la masa de entrada al sistema, M_{sal} es la masa que continúa en el acondicionamiento para exportación y M_{rech} es la masa de rechazo que se saca del sistema por defectos.

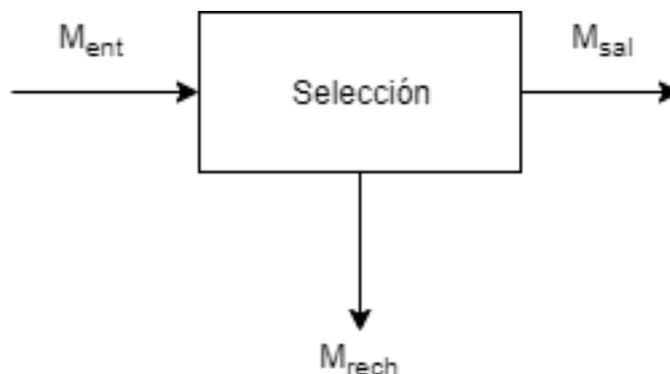


Figura 6: Balance de masa en la actividad de selección.

$$M_{ent} = M_{sal} + M_{rech} \quad (11)$$

En la ecuación anterior se describe el balance de masa en términos de la masa entrante, saliente y el rechazo, sin embargo, tanto la M_{sal} como la M_{rech} se pueden reescribir y estar en términos de M_{ent} de la siguiente manera, donde X corresponde a la proporción de chayote que sale por rechazo:

$$M_{rech} = M_{ent}X$$

$$M_{sal} = M_{ent}(1 - X)$$

3.3.1. Determinación de origen de rechazo

A partir de las muestras de rechazo por caja, se determinó el origen del rechazo, ya sea por **daño por insectos, vejiga, phoma, Ascochyta, decoloración u otro defecto**, con lo cual, se tomó la muestra rechazada y se contabilizó el número de chayotes que se descartaron por las diferentes causas, con base en esto, se utilizó la ecuación 10 para determinar el porcentaje de daño por cada causa. Esta muestra se determinó para cada caja, con lo cual, el resultado representa el porcentaje para cada unidad analizada.

Durante todas las mediciones, se cambió constantemente el seleccionador a evaluar, esto con la finalidad de homogeneizar la muestra, de manera tal, que evaluar únicamente a un mismo seleccionador, no sea un error en las mediciones y toma de datos.

En cuanto a la toma de datos para determinar la tasa de rechazo, esto se realizó principalmente en época de transición de época seca a lluviosa, ya que fueron tomados durante el mes de abril del 2021 (35) y se tomó un total de 58 muestras, para cada muestra se varió el operario a analizar.

3.4. Determinación de condiciones de las instalaciones

Para determinar las condiciones de las instalaciones donde se realiza el proceso de acondicionamiento y empaque del chayote se utilizaron dos documentos bases: el Codex Alimentarius, específicamente el documento CXC 1-1969 en la sección 3 que trata sobre los principios generales de higiene de los alimentos, enfocado en el diseño de instalaciones y equipos para asegurar la inocuidad alimentaria y además, se utilizó el Reglamento Téc-

nico Centroamericano, el documento sobre industria de alimentos y bebidas procesados (RTCA 67.01.33:06).

Con base en estos dos documentos y en específico a la lista de chequeo que incluye el RTCA para evaluar las empresas, se determinó si las instalaciones de la empresa Chayotes de Altura SA cumplen o no con los requisitos mínimos de la inocuidad alimentaria.

Así mismo, se incluyeron recomendaciones de cambios que se pueden ir realizando dentro de las instalaciones para mejorar las condiciones en que se procesan los alimentos, estas de la mano con los lineamientos de los documentos mencionados anteriormente.

3.5. Calidad del producto

3.5.1. Parámetros de la norma CODEX STAN 216-1999

Para efectos del proyecto, no se analizó la calidad por caja empacada, sino por unidad de chayote, es por ello que no se tomó en cuenta los parámetros de tolerancia que indica la norma, ya que esta se realiza directamente en producto empacado. Además, la inspección en cuanto a coloración y deformaciones se realizó de forma visual, esta norma es específica para chayote (*Sechium edule (Jacq.) Sw.*

Según la norma solo se contabilizaron chayotes que estuvieran enteros, sanos, limpios, sin plagas y daños por plagas, sin olores extraños, con una consistencia firme, con aspecto fresco, sin daños por baja temperatura, magulladuras, daños por sol, espinas duras y sin señas de viviparismo (germinación), además, deben contar con un grado adecuado de madurez para soportar el transporte y manipulación (8). Todo lo anterior como requisitos mínimos para la evaluación de la calidad del producto, ya que de no cumplir los dispuestos como mínimo se infringiría la norma, comercializando producto en mal estado. Cabe destacar que esta norma es la misma utilizada en Estados Unidos para la evaluación de la calidad (40).

Inicialmente, se clasificó el producto en 3 categorías según lo indica la norma, estas categorías son:

- **Categoría “Extra”:** calidad superior, el chayote cuenta únicamente con defectos superficiales muy leves que no afecten el aspecto, calidad y estado de conservación.
- **Categoría I:** se permiten defectos leves de forma, como surcos poco marcados y

ligeras depresiones, además, se permiten defectos leves de coloración (menor al 25 % del total del producto) y defectos leves en la piel por cicatrización (área menor a 3 cm^2).

- **Categoría II:** no cumplen con las categorías anteriores, pero satisfacen los requisitos mínimos. Pueden presentar defectos de forma (surcos poco marcados y ligeras depresiones), defectos de coloración (menor al 35 %) y defectos en la piel por cicatrización (área menor a 5 cm^2).

Cabe destacar que en ninguna de las tres categorías los defectos podían afectar la pulpa del producto (8).

Aunado a lo anterior, se realizó una clasificación por calibres, tal como lo indica la norma, se toman en cuenta dos parámetros para esta clasificación (largo y peso), en donde no clasifican los chayotes que tengan un largo y peso menor a 12 cm y 200 g respectivamente, esto debido a que no cumplirían con la madurez adecuado para el transporte y manipulación. En el Cuadro 3 se pueden observar las 4 clasificaciones brindadas por la norma.

Cuadro 3: Clasificación de chayote según calibre (8).

Código de calibre	Peso (g)	Longitud (cm)
A	200-300	12-14
B	301-400	15-16
C	401-500	>16
D	500-650	No se indica

3.5.2. Comparación de la calidad de salida con la norma

Para el desarrollo de esta sección se utilizaron las secciones 3.1.3 y 3.1.5 para definir el tamaño de la muestra requerida para obtener una confianza de 95 % y un error máximo de 10 %. Además, se utilizaron las secciones 3.5.3 y 3.5.4 como datos de entrada para la masa y la longitud a comparar posteriormente.

Se comparó cada chayote muestreado y se realizaron las dos clasificaciones mencionadas en la sección 3.5.1, por categorías evaluando la forma, coloración y cicatrización y por calibres, evaluando peso (g) y largo (cm) del producto, como se mencionó, la comparación fue visual.

En el caso de la clasificación por calibre, se presentaron chayotes que de peso tenían una clasificación y de longitud otra, por lo cual, se asignó el código de clasificación menor según los dos parámetros. De igual forma se realizó con la clasificación entre las categorías “Extra”, I y II. Los chayotes que no cumplían con la clasificación de la norma ya sea por un menor tamaño o peso al estipulado o porque tenían más daño de lo aceptable se clasificaron en una categoría general de descarte. Con base en esto, se obtuvo el porcentaje de productos de las diferentes categorías y los que no son clasificados para exportación según la norma CODEX STAN 216-1999.

La toma de datos para la calidad se realizó en época de transición, de lluviosa a seca, ya que estos datos fueron tomados en el mes de noviembre del 2021 (35).

3.5.3. Masa promedio de chayotes

Se midió la masa de cada uno de los chayotes muestreados para obtener la masa promedio y con ello, poder saber la cantidad de chayotes por caja empacada, esto partiendo de que cada caja debe pesar aproximadamente 16 kg, para ello, se midieron un total de 48 chayotes. Se utilizó una balanza marca OCONY modelo 3S/New Su-30 con una precisión de 0,5 g (ver Figura 7). Una vez obtenida la masa de cada unidad de producto, se obtuvo la masa promedio con la ecuación 12.



Figura 7: Balanza utilizada para pesar chayotes.

3.5.5. Determinación de área superficial total

Para la determinación del área total se utilizó la metodología descrita por (41), en donde esta área depende de las tres dimensiones mencionadas en la sección anterior. Para ello, inicialmente se obtiene un diámetro equivalente del producto (D), esto por medio de la ecuación 13, teniendo un tamaño de muestra de 48 chayotes.

$$D = (LAE)^{1/3} \quad (13)$$

A partir de esta ecuación, se procede a obtener el área superficial del producto (A_r), dependiendo esta únicamente de esta variable D conocida (ver ecuación 14).

$$A_r = \pi D^2 \quad (14)$$

3.5.6. Determinación de área defectuosa

El área defectuosa, ya fuera por coloración o cicatrización, se midió similar a como se mide el daño mecánico, en donde se visualiza el área afectada y se mide manualmente, en el caso de daño mecánico por lo general se mide un área circular o elipsoidal (42), sin embargo, en este caso, por la forma usual de los defectos denotados y en vista de que algunos no tenían ninguna forma regular, se midió como un rectángulo, teniendo un largo y un ancho para cada uno de los defectos, ambas medidas dadas en centímetros con 3 decimales. Cada uno de ellos fue medido en cm con el mismo vernier mostrado en la Figura 8.

3.6. Oportunidades de mejora

Para determinar las oportunidades de mejora dentro de la planta y la empresa, se tomaron como base los datos obtenidos con las metodologías anteriores, específicamente con el estudio de tiempos por actividad para proponer un balance de la línea en cada actividad y además, se realizó una búsqueda bibliográfica de herramientas de mejora que la empresa pueda implementar para realizar el acondicionamiento y empaque de una forma más continua y fluida, esto basado en el funcionamiento de la empresa observado en las visitas realizadas, estas búsquedas se realizaron en bibliotecas digitales y repositorios .

4. Resultados

4.1. Diagnóstico de la línea de acondicionamiento y empaque

La empresa Chayotes de Altura S.A cuenta con toda la línea de producción y comercialización, todo este proceso realizado se muestra en la Figura 10, sin embargo, como se puede observar en color turquesa, el subproceso en el cual se enfocó este trabajo es en el acondicionamiento y empaque de chayote de exportación.

La planta empacadora estudiada cuenta únicamente con una línea de acondicionamiento para abastecer el subproceso de empaque en su totalidad, en esta línea se manejan los distintos requerimientos que solicita el comprador, esto principalmente en las dos variantes que son: tipo y forma de empaque y variabilidad tanto en peso de caja empacada como en estibado, ya que hay compradores con especificaciones distintas.

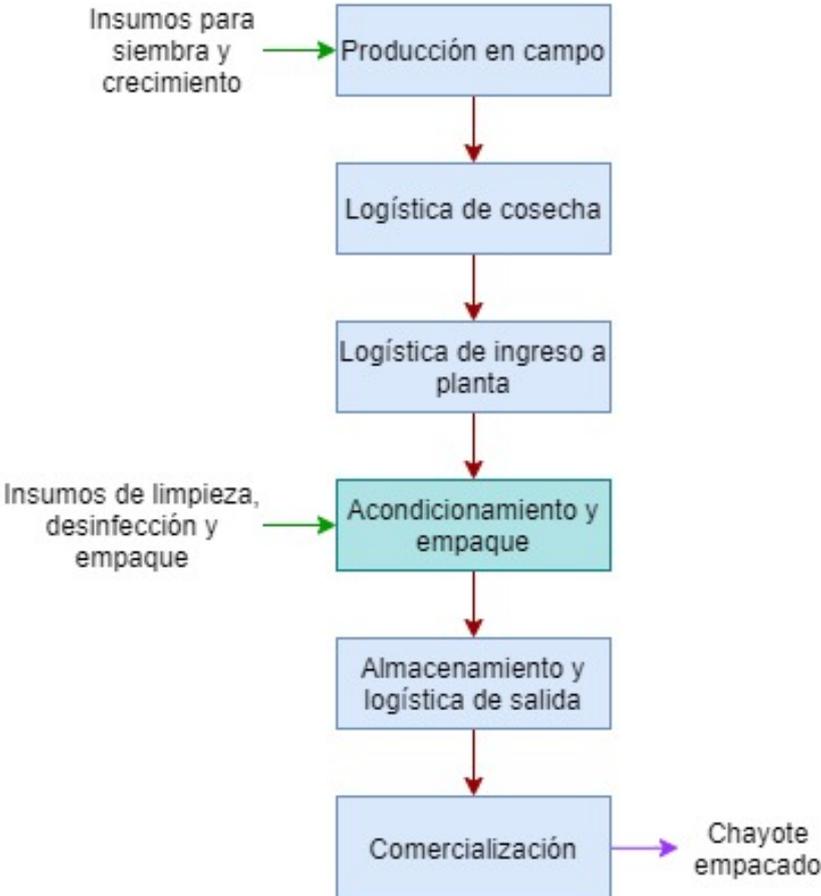


Figura 10: Diagrama de procesos nivel 2 de la empresa Chayotes de Altura. Fuente: creación propia.

4.1.1. Identificación de actividades

La identificación de actividades se realizó para el subproceso de acondicionamiento y empaque de la planta, en donde se identificaron 7 actividades desde la selección, hasta el estibado, cada una de ellas comprendidas por tareas.

La línea a describirse en este proyecto en comparación con la línea propuesta por (4) (ver Figura 12), cuenta con algunas diferencias, por ejemplo, en el presente caso la selección se encuentra antes del lavado y por ende la tina de recibo que maneja la empresa Chayotes de Altura SA se encuentra en la entrada directa del producto, para el caso de lo descrito por (4), el lavado se realiza previo a la selección además, dentro de la línea descrita por este autor, se cuenta con actividades por separado para el presecado y secado, en el caso de la empresa estudiada se contemplan estas dos tareas dentro del encerado. Otro aspecto a considerar es que en el caso de lo mostrado en (4), si bien es cierto el autor indica que la línea mostrada es para empaque, no se llega hasta el estibado; únicamente llega hasta el empaque en cajas, a diferencia de lo que se tiene en la línea descrita a continuación en donde sí se contempla el estibado en paletas listas para el subproceso de almacenamiento y logística de salida, en la Figura 11 se muestra el diagrama de proceso de la planta Chayotes de altura SA.

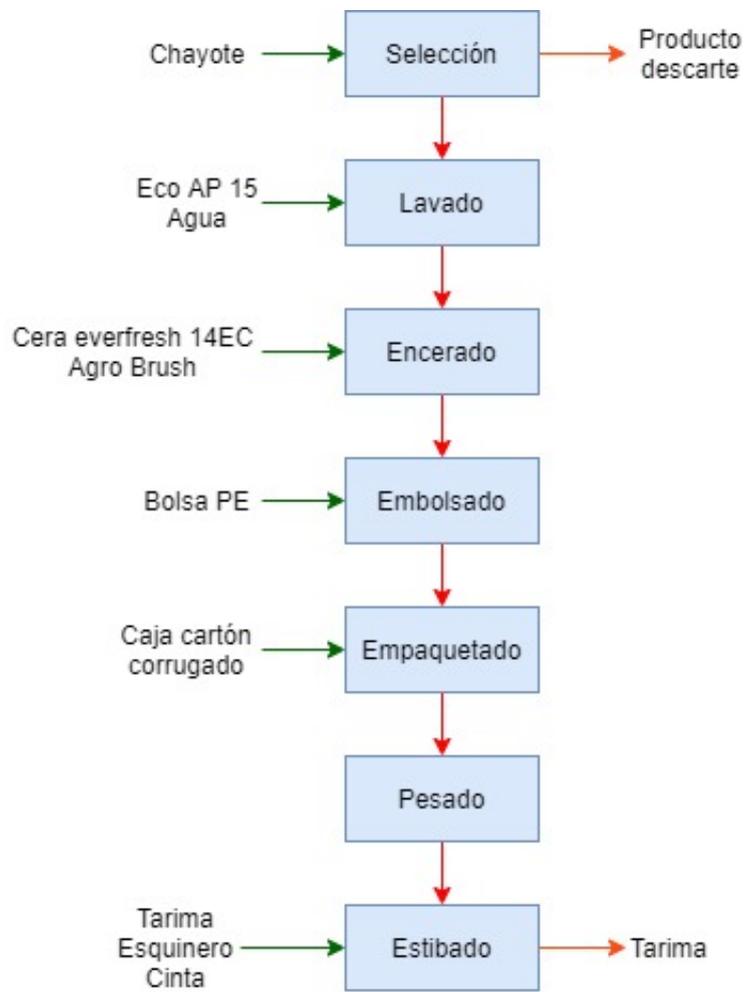


Figura 11: Diagrama de actividades aplicado en la planta empacadora Chayotes de Altura SA.

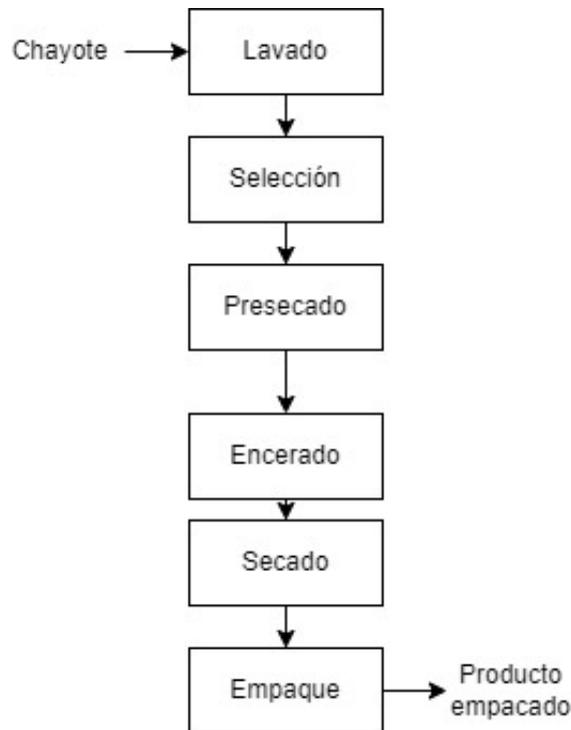


Figura 12: Diagrama de actividades descrito por (4)

1. **Selección:** la selección se realiza manualmente, verificando que no hayan daños que generen rechazo del producto por los compradores, una vez verificado el producto se coloca en el tanque para el lavado o en cajas plásticas para comercio nacional, esto se realiza de la misma forma que lo indica (4). Entre las principales razones por las cuales se rechaza producto en la empresa Chayotes de Altura SA, se encuentran: Ascochyta, vejiga, picadura de insectos, daños por viento o phoma, y decoloración en la superficie (ver Figura 13), las primeras tres representan plagas y enfermedades y las restantes dos por daño físico en el crecimiento. Lo anterior cumple con lo dicho por (43) sobre las principales enfermedades que afectan al chayote en su crecimiento y desarrollo.



(a) Ascochyta.

(b) Vejiga.

(c) Viento o phoma.



(d) Insectos.

(e) Decoloración.

Figura 13: Principales razones de descarte de producto en la selección.

Para el desarrollo de la actividad, los colaboradores toman el producto de las cajas plásticas de ingreso, lo inspeccionan y se son de calidad adecuada los colocan de forma manual en el tanque de lavado, el producto de descarte se coloca aparte en cajas plásticas.

En dicha actividad es donde se presenta el rechazo de producto, ya que en esta se realiza la inspección, verificando que los daños producidos en campo no sean mayores a los aceptados por las políticas de la empresa y los compradores. En cuanto al producto de descarte, este se destina directamente para comercio nacional, teniendo una calidad menor, además, este no ingresa a la línea de acondicionamiento, ya que

se comercializa en cajas plásticas sin ningún tratamiento aplicado.

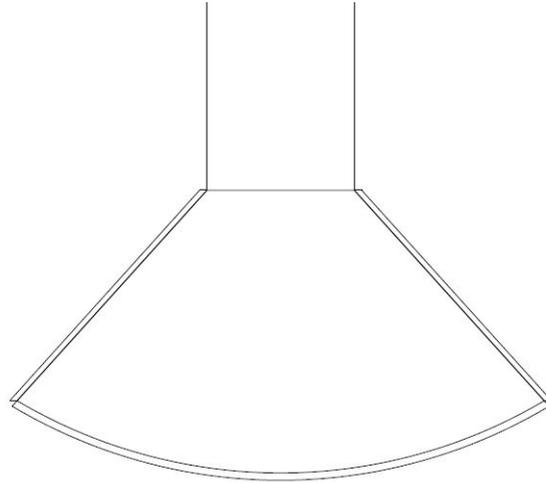
Dentro de la planta, se cuenta con 8 puestos destinados para la selección del producto, esto se realizan en mesas movibles, ubicado alrededor del tanque de lavado, a partir de esto, se puede contar con un total de 16 personas (2 por estación) para ejecutar la actividad. De las 8 estaciones, 2 se encuentran en la sección de salida del producto a la banda que conlleva al encerado, lo cual, puede ser un problema en cuanto al tiempo de exposición del producto al lavado y desinfección debido a un tiempo de exposición menor al requerido. En cuanto a la tolerancia de estos daños con respecto a la presencia de *Ascochyta* y vejiga, se tiene 0% de tolerancia en estos factores, sin embargo, para defectos por phoma o viento, insectos y decoloración, no se tiene un parámetro de tolerancia específico.

Cabe destacar que previo a la selección (ingreso de producto) se realiza el procedimiento de verificación de la finca y lote de donde proviene el producto, esto con la finalidad de llevar un control con respecto a la rastreabilidad del producto durante todo el proceso, ya que si bien es cierto, la misma empresa realiza los subprocesos previos al acondicionamiento y empaque, se debe llevar un control en toda la línea según lo indica (16). Es importante destacar que a diferencia de lo propuesto por (4), en el caso de la planta de Chayotes de Altura SA, la selección se realiza antes del lavado del producto, lo cual favorece a que no se laven productos que no se podrán exportar.

2. **Lavado:** para esta actividad los colaboradores después de seleccionar colocan los chayotes en el tanque, el cual cuenta con una capacidad de 3500 l, el cual se llena a 2500 l únicamente de agua previendo el llenado con producto. Cuando el chayote se va seleccionando, va entrando a esta actividad y se llega a llenar el tanque a aproximadamente 3000 l e incluso más.

El tanque de lavado presenta una forma semicircular finalizando en una reducción que conduce al producto a ingresar en una banda transportadora tal como se muestra en la Figura 14. El tanque cuenta con un total de 35 entradas de agua, las cuales están ubicadas por todo el borde y a diferentes alturas, además, tiene tres entradas desde el fondo para evitar que el chayote se hunda. La totalidad del tanque está construido en acero inoxidable, incluso la mayoría de las entradas están en este material y otras como se observa en la Figura 14, son en tubería PVC de media pulgada.

Se cuenta con un sistema de recirculación de agua, la cual, pasa por dos filtros de anillos y tres filtros de mallas para realizar la limpieza antes de volver a ingresar al tanque.



(a) Forma del tanque.



(b) Tanque en planta.

Figura 14: Tanque de lavado.

Al finalizar el lavado se cuenta con una banda transportadora en material PVC blanco, la cual cuenta con perfiles de contención cada 20 cm y de altura de 0,5 cm (ver Figura 15) para evitar que el chayote resbale debido a que se tiene un ángulo de

inclinación de 30° por la diferencia de altura que se tiene con el equipo de encerado.



Figura 15: Banda transportadora para sacar producto del tanque.

Se cuenta con un sistema de empuje, que facilita el paso del producto del tanque de lavado a la banda de salida, esto se muestra en la Figura 16, consiste en un eje rotacional colocado en forma horizontal, al cual se le acoplaron dos láminas de hule como impulsoras del producto, estas se encuentran acopladas a un euro motor modelo ML 715-4, el cual tiene una potencia de 0,5 hp y se maneja a 42 rpm, sin embargo, este cuenta con un reductor que hace que la velocidad de avance de los ejes sea de 30 rpm.

Para la banda de salida del tanque mostrada en la Figura 15, también se cuenta con una velocidad de entrada de 42 rpm, sin embargo, la velocidad de salida debido al reductor es de 13,5 rpm con un radio del tambor de 7 cm y una velocidad de avance de la banda de 7 cm/s (ver en Anexos ecuaciones 15 y 16), en este caso, no se cuenta con los datos del motor debido a que no se contaba ni con la placa del producto, ni con la ficha técnica.

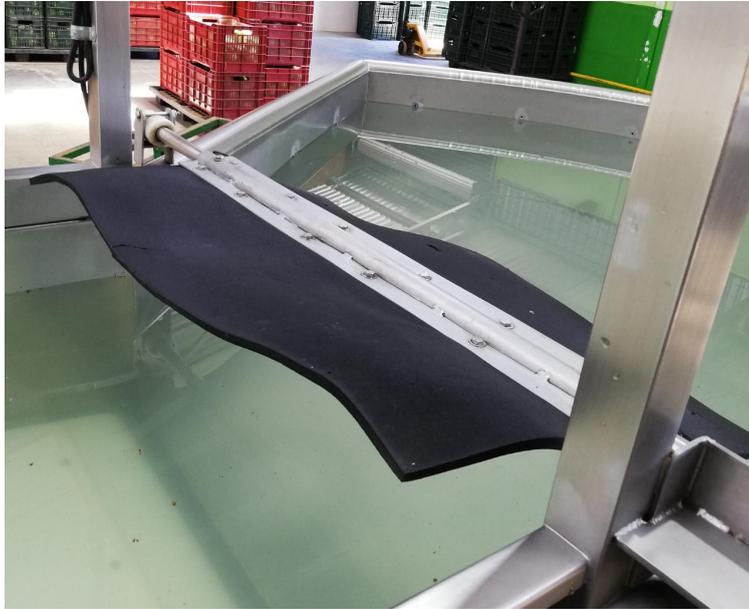


Figura 16: Sistema acoplado para empuje de chayote.

Para el lavado del chayote se utiliza ECO AP 15 marca Florex, la dosis recomendada por el fabricante para alimentos es entre 40 y 80 ppm (44). La dosificación utilizada en la empresa es de 1500 cc para el tanque lleno a 2500 l, esto indica que se utiliza una concentración inicial de 600 ppm, lo cual, es superior a lo recomendado por el fabricante. En cuanto a las recargas, estas se realizan aproximadamente a la 1 pm y luego a las 4 pm en caso de ser necesario debido a la hora de cierre de la planta, la primera recarga es de 750 cc y la segunda de 375 cc. Estas recargas se determinaron según estudios microbiológicos en agua transcurrido el periodo de recarga mencionado, de manera tal que se llegó a la conclusión de que era importante recargar las dosis asegurando el óptimo funcionamiento del ECO AP 15. Cabe destacar que a estas dosis se les realizan evaluaciones para evidenciar la eficiencia de la aplicación y se basa en estudios microbiológicos.

El ECO AP 15 consiste de una composición de ácido peracético, peróxido de hidrógeno, agua y ácido acético en diferentes concentraciones, siendo el ácido peracético el principal biocida en este producto (44), siendo además, el principal para la desinfección húmeda (45), caso que se da en la empresa Chayotes de Altura SA, que como se vio anteriormente, utiliza el método de inmersión en agua.

3. **Encerado:** para el desarrollo de esta actividad se utiliza una cámara de encerado

que cuenta con una longitud total de 1,05 m, en la cual, los chayotes van ingresando sin ningún orden en específico pero de forma continua debido a que es un sistema de bandas.

Al ingresar a la cámara de encerado mostrada en la Figura 17, primeramente se pasan los chayotes por un área de ventilación, en donde se elimina el exceso de agua que trae el producto del tanque, similar a lo descrito por (4), posteriormente, entra a la zona de rociado de cera, en donde ocurre la aplicación directamente por medio de aspersores, finalmente, pasa de nuevo por otra zona de ventilación en donde se seca gran parte de la cera aplicada, cada una de estas etapas tiene una longitud de avance de 35 cm. Cabe destacar que esto ocurre dentro del mismo compartimento, las zonas están divididas únicamente por cortinas de plástico permitiendo el paso normal del producto.



Figura 17: Ingreso a la cámara de encerado.

Durante esta actividad el transporte del producto se realiza por medio de rodillos de acero inoxidable, de manera tal que el exceso de agua y cera aplicada pueda escurrir sin generar empozamiento en el sistema y la cera que cae es recirculada.

La cera aplicada es la (Everfresh 14EC), la cual es especial y formulada para uso en frutas y verduras, esta deja una película protectora semipermeable que disminuye la pérdida de humedad en el producto, logrando retardar el proceso de senescencia

y manteniendo el producto con mayor frescura y firmeza. La composición de esta cera es a base de cera vegetal e hidrocoloides y se recomienda una dosis de 20 a 50 ml por l de agua (46).

La dosis utilizada en la planta es de 1300 cc para un tanque de 250 l de agua (5,2 ml/l agua), siendo una cantidad menor a la indicada por el fabricante, lo cual indica que el producto no está teniendo el factor potencial de la cera para disminuir la pérdida de humedad en etapas posteriores, pudiendo afectar la calidad final del producto. En cuanto a las recargas, se realizan dos recargas al igual que en la actividad de lavado, siendo estas de 650 cc y 325 cc en la primera y segunda recarga respectivamente.

Adicional a la cera, se utiliza (Agro Brush) que es un biocida orgánico, fungicida y bactericida a base de clavo de olor, la dosis recomendada por el fabricante es de entre 0,5 y 1 ml/l agua (47). La dosis utilizada es de 800 cc en 250 l de agua (3,2 ml/l agua), siendo un valor mayor a lo recomendado por el fabricante.

Se utilizan rodillos para el proceso de encerado, esto en las tres tareas que incluye esta actividad dentro del mismo sistema. El material de los rodillos y de la carcasa del sistema es también acero inoxidable. En cuanto al avance de los rodillos está dado por un motor Marathon® modelo WX4506656-6008J el cual cuenta con un reductor variando la velocidad de salida del motor de 42 rpm a 15 rpm con un radio de rotación de 10 cm, con lo cual, la velocidad de avance de la banda es de 15,7 cm/s.

4. **Embolsado:** esta actividad se realiza de forma manual, se colocan los chayotes en bolsas de polietileno (PE), una vez están embolsados de forma individual, se colocan nuevamente en la banda transportadora para se empaquetados. Las bolsas utilizadas cuentan con agujeros (ver Figura 18), ayudando a que haya un adecuado intercambio de gases con la atmósfera externa para evitar que el producto perezca durante el transporte (48), en la Figura 19, se puede observar este proceso. En la planta se manejan dos tipos de embolsados, de uno y ocho chayotes, sin embargo, para efectos de este proyecto únicamente se analizó el empaque de un único chayote por bolsa.



Figura 18: Bolsa polietileno.



Figura 19: Actividad de embolsado.

Cabe destacar, que no se realiza una clasificación por calibres, ya que el producto no se comercializa de esta manera, sino únicamente por peso de caja, independientemente de las unidades que esta contenga. En el caso de haber cosecha de chayote blanco y negro, es en esta actividad donde se realiza la separación, sin embargo, la variedad predominante es la Quelite y fue la variedad estudiada, además, no se cuenta con tamaños mínimos o máximos establecidos como aceptables.

En el embolsado se puede realizar un segundo descarte de producto en caso de que haya pasado un producto en malas condiciones, sin embargo, no se contabilizó este descarte dentro de la tasa de rechazo que se verá posteriormente. Esta etapa no requiere directamente de equipo para realizar la actividad, sí se requiere para su traslado, ya que al salir del encerado el chayote ingresa a una nueva banda transportadora que ubica el chayote para el embolsado y empaque.

El material de la banda transportadora para esta sección no es conocido, ya que no se proporcionaron las fichas técnicas de estos equipos, sin embargo, independientemente del material utilizado, este permite una fácil limpieza. Esta banda es soportada por una base de acero inoxidable en su totalidad. Al igual que la banda localizada en el lavado, funciona con un sistema moto-reductor, en donde el motor utilizado es marca Marathon® modelo WX4506656-13012J, la velocidad de salida del motor es de 30 rpm, sin embargo, la salida de la reducción es de 9,75 rpm, con un radio de 9 cm, por ende, una velocidad de avance de la banda de 9,19 cm/s.



Figura 20: Banda transportadora para embolsado y empaque.

5. **Armado de cajas:** en esta actividad se doblan las cajas para su conformación y se colocan las grapas con ayuda de la engrapadora de pedal para conformarlas en su totalidad. Si bien es cierto no es parte directa de la línea de acondicionamiento y empaque, es una actividad anexa de suma importancia, ya que es en ella donde se realiza la conformación de las cajas, cabe destacar, que las cajas son armables y llegan desarmadas para facilitar el transporte, con lo cual, dentro de la planta se deben armar completamente para posteriormente, pasarlas a la actividad de empaquetado.

En la figura 21 se puede observar la engrapadora de pedal utilizada para el armado de cajas, esta máquina consta de un pedal mecánico que hace que se inserte correctamente la grapa en la caja.



Figura 21: Máquina para armado de cajas.

Es importante resaltar que la armado de cajas se realiza en un área aparte de la planta, específicamente en el área de cartón, tal cual se muestra en el Anexo 1.

6. **Empaque:** para el desarrollo de esta actividad, el operario coloca la caja y se llena con los chayotes embolsados de forma manual. Se realiza en cajas de cartón corrugado, las cuales tienen un peso final de 16 kg cada una. Se cuentan con tres presentaciones de cajas y marcas principalmente, en la Figuras 23, 24 y 25 se pueden observar estas tres presentaciones, en la Figura 22 se puede observar la ejecución de esta actividad.



Figura 22: Empaque de chayote en cajas de cartón corrugado.

Las dimensiones de las cajas son de 50 cm x 36 cm x 20 cm y se cuenta con 3 presentaciones: Rosita Brand, Destry, Chayotes de Altura y Detry. En cuanto al diseño, la caja Destry cuenta directamente con la tapa en el diseño de la caja (ver Figura 24, sin embargo, en el caso de la caja de Chayotes de Altura y Rosita Brand (ver Figuras 23 y 25, estas cuentan con una tapa aparte que recubre la caja directamente, tal cual se muestra en las figuras. Además, las tres presentaciones cuentan con áreas de ventilas para facilitar el intercambio gaseoso.



(a) Vista lateral, sección de 50 cm.

(b) Vista lateral, sección 36 cm.



(c) Vista superior, sección 20 cm.

Figura 23: Empaque Rosita Brand.



(a) Vista lateral, sección de 50 cm.



(b) Vista lateral, sección de 36 cm.



(c) Vista superior, sección 20 cm.

Figura 24: Empaque Destry.



(a) Vista lateral, sección de 50 cm.

(b) Vista lateral, sección de 36 cm.



(c) Vista superior, sección 20 cm.

Figura 25: Empaque Chayotes de Altura.

Al finalizar el empaque, se colocan las cajas llenas en un transportador de rodillos de gravedad (sin motor), este es de acero (ver Figura 26) y conduce el producto hacia el área de pesado, para ello, se debe impulsar la caja manualmente y se transporta aproximadamente 3 m de distancia.



Figura 26: Transportador de rodillos por gravedad (sin motor) de acero inoxidable.

7. **Pesado:** en este proceso se colocan las cajas una por una en las balanzas y se verifica que el peso ronde los 16 kg que debe llevar cada caja en total, de no ser así se agregan o quitan chayotes hasta alcanzar dicho peso. Seguidamente se cierra o se coloca la tapa, dependiendo del diseño de caja que se esté utilizando para el empaque y se procede al estibado. Se realiza en dos balanzas de plataforma (ver figura 27) las cuales están ubicadas al final de la línea, sin embargo, no se cuenta con información o especificaciones de marca o modelo de este equipo. Para efectos de este proyecto, se midieron únicamente cajas de 16 kg, para darle uniformidad a la muestra, ya que también se manejan cajas de este estilo de 15 kg.



Figura 27: Balanza de plataforma

8. **Estibado o paletizado:** se compone de tres tareas: colocación de cajas, esquineros y cintas para formación de la columna en cada tarima, para ello, se colocan las cajas en las tarimas y conforme estas se van armando se inicia con la colocación de los esquineros y al final, al tener todos los niveles conformados se colocan las cintas para evitar movimientos. Para el estibado se utilizan tres tamaños tarimas de madera con dimensiones de 1 m x 1,1 m (más utilizado), 1 m x 1,15 m y 1 m x 1,2 m, en la Figura 29 se puede observar la distribución general de las cajas en la paleta utilizada más recurrentemente. El acomodo es de 6 cajas por tarima y la altura varía, se estiban tarimas de 54 y 60 cajas; o sea, 9 o 10 niveles de cajas, por lo tanto, se tienen alturas de tarimas de 1,90 m o 2,10 m, esto tomando en cuenta los 10 cm de altura de la tarima. En la Figura 28 se puede observar una tarima conformada. Para el caso de las mediciones de tiempos tomadas fueron únicamente para paletas de 10 niveles,

esto para darle uniformidad a la medición.



Figura 28: Paleta terminada.

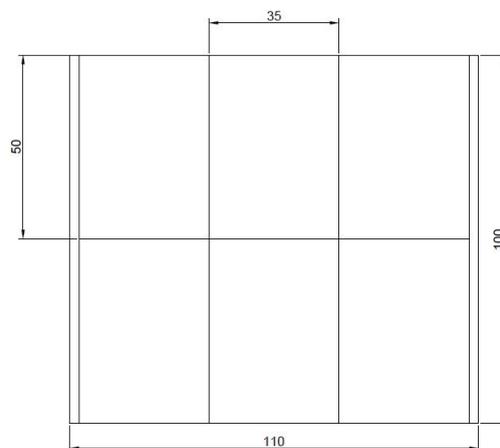


Figura 29: Distribución de cajas en tarima (dimensiones en cm).

Como se observa en la Figura 28, la colocación de esquineros y cintas al rededor de la paleta se realiza para evitar movimiento durante el transporte. Todo este proceso

de paletizado se realiza normalmente entre tres operarios (dos de ellos colocan las cajas y el tercero coloca esquineros, cintas y prensas), agilizando el tiempo total por paleta conformada. La cinta es colocada con una máquina que corta y sella con prensas de metal (ver Figura 30).



Figura 30: Prensa para colocar cinta y prensas en las paletas conformadas.

En el cuadro 4 se pueden observar los tiempos promedio que tarda en cada una de las actividades para el acondicionamiento y empaque de chayote, cabe destacar que en el caso de la selección, el empaque y el estibado, el tiempo reportado es para parejas o tríos realizando dicha actividad, esto debido a que la mayor parte del tiempo esto se realiza de este modo, de manera tal que es más representativo, en el caso de las restantes actividades, sí fueron contabilizadas de forma unitaria.

En cuanto a la unidad de medición directa para la selección fue una caja plástica para recolecta de campo, con un promedio de 60 chayotes por caja. En cuanto al lavado y desinfección, el encerado y embolsado se midió para un solo chayote por muestra, para el empaque y pesado fue por caja de 16 kg y finalmente el estibado fue por tarima completa. El tamaño de las muestras se puede observar en el Cuadro 4, estos tamaños de muestra son variables debido a la ecuación 4.

Para la actividad de lavado y desinfección se excluyeron 11 muestras, ya que eran valores atípicos, lo que aumentaba el error real del total de la muestra, en el Anexo 3 se

muestra el diagrama de cajas utilizado para determinar los valores atípicos de la muestra, además, con estos productos se presentaron hundimientos en el tanque, esto es posible debido a su densidad, con lo cual, el tanque al topar con el ingreso de la banda de salida y esta al tener un ángulo de inclinación hace que los chayotes no ingresen se forma idónea a la banda; aunado a esto, se debe tomar en cuenta el flujo de los chorros de agua como impulsores que hacen que se tenga un flujo en círculos del producto. Los chayotes que presentaron este patrón no lograban salir de forma ideal, aumentando el tiempo y en ocasiones requiriendo que se sacaran de forma manual, lo que metía un error mayor en la toma de la muestra.

Cuadro 4: Resumen de toma de tiempos por actividad.

Actividad	Tiempo (s)	Desviación Estándar	Error	Unidad de medición	Tamaño de muestra
Selección	41,1	7,9	5 %	Caja de recibo	57
Lavado y desinfección	225,8	142,7	13 %	1 chayote	96
Encerado	16,4	5,0	8 %	1 chayote	52
Embolsado	1,6	0,6	10 %	1 chayote	72
Empaque	41,2	11,1	8 %	Caja empacada (16 kg)	43
Pesado	9,3	2,9	9 %	Caja empacada (16 kg)	49
Estibado	1799,2	474,2	8 %	60 cajas empacadas	37

Cabe destacar que lo anterior no contempla tiempos muertos que tiene el producto y los tiempos reportados en el Cuadro 4, están dados para las unidades de medida iniciales.

4.1.2. Diagrama de procesos

Para el desarrollo del diagrama de actividades (ver Cuadro 5) se partió de los tiempos medidos para las actividades y se utilizó la unidad equivalente uniforme de una caja empacada de 16 kg. En el caso de la selección era de una caja de ingreso, la cual tenía en promedio 60 chayotes, sabiendo que la unidad equivalente es de 16 kg y que el peso promedio del chayote es de 360,04 g, se obtuvo que una caja empacada de chayotes contiene 50 chayotes, con lo cual, se aplicó una relación lineal tanto para el proceso de selección y se tuvo un tiempo promedio por caja de 33,9 s.

Cabe destacar que para el tamaño de las muestras medido no se cuenta con una representatividad total de los factores que afectan las condiciones, es por ello que realizando estas mediciones en otro periodo, se podrían encontrar diferencias, de igual forma tomando en cuenta las unidades base medidas que eran diferentes según la actividad, lo cual, se podría considerar una limitación dentro del proyecto.

En el caso del encerado, si bien es cierto, un chayote tardó 16,4 s en pasar por es-

ta zona, esto no es representativo para una caja, ya que no pasan 50 chayotes a la vez, es por eso que se recurrió a la capacidad de la actividad para poder determinar cuanto tiempo tarda en pasar una caja completa (50 chayotes), la capacidad de la actividad es de 3,09 cajas/minuto, a partir de esto, se obtuvo un tiempo de 19,4 s en pasar una caja.

En cuanto al embolsado, se requiere de 1,6 s en embolsar un chayote, sabiendo que la unidad equivalente utilizada es de 50 chayotes, se realizó la multiplicación y se obtuvo el valor final de 80 s.

Para el estibado, se tuvo un tiempo total de 1799,2 s en conformar la tarima de 60 cajas, realizando la división respectiva, se obtuvo el tiempo por caja de 30 s.

En cuanto a las actividades de lavado, empaquetado y pesado, se utilizó el tiempo promedio medido desde la unidad inicial, ya que no difiere de la unidad equivalente.

Cuadro 5: Cursograma analítico de la línea

Cursograma analítico							Operario/Material/Equipo	
Diagrama Num: 1	Hoja Num 1 de 1	Resumen						
Objeto: Caja de chayotes de 16 kg		Tipo de actividad			Actual	Propuesta	Economía	
Actividades: selección, lavado, encerado, embolsado, empaque, pesado y estibado de chayote		Operación(○)			6			
Lugar: Planta empacadora Chayotes de Altura SA		Transporte (→)			1			
Operarios: 25		Inspección (D)			1			
Fecha: 11/3/2021		Almacenamiento (Δ)			0			
Compuesto por: María José Salas Ramírez		Distancia (m)			17,45			
		Tiempo promedio caja (segundos)			439,6			
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (s)	○	→	D	Δ	Observación	
1. Ingreso producto	-	-		x			Ingreso en cajas plásticas, estas son desinfectadas antes de volver a campo para evitar contaminación.	
2. Selección	-	33,9			x		Manual, depende de los criterios de la empresa.	
3. Lavado y desinfección	3,5	225,8	x				Eco AP15 concentración de 0,66 cc/L agua, segunda y tercera dosis menor, aplicadas a la 1 y 4 pm.	
4. Encerado	1,5	19,4	x				Cera everfresh 14EC concentración de 5,2 cc/L agua, adicional, aplicación de Agro Brush en una concentración de 3,2 cc/L agua, recarga 2 veces al día en caso de ser necesario.	
5. Embolsado	4,5	80	x				Bolsas de PE con agujeros, tamaño de 16,5 cm x 15 cm. Actividad manual.	
6. Empaque (cajas)	4,15	41,2	x				Cajas de cartón corrugado empacadas a 16 kg, dimensiones de 50 cm x 36 cm x 20 cm. Dos variantes, un tipo de caja con cierre incluido y otro con tapa por aparte.	
7. Pesado	0,8	9,3	x				Manual, pesa sencilla. Cierre de cajas.	
8. Estibado	3	30	x				Tarimas de 1 m x 1,10 m. Incluye colocación de esquineros y cinta para estabilizar. Colocación de 6 cajas por nivel y altura dada por 9 o 10 niveles (1,90 m o 2,10 m).	
Total	17,45	439,6	6	1	1	0		

Como se puede observar en el Cuadro 5, la mayor parte del sistema analizado es una operación (75 % de las actividades), en donde no se realiza ningún tipo de transformación física al producto, únicamente aplicaciones y envolturas, este es el caso de las actividades de: lavado y desinfección, encerado, embolsado, empaque (en cajas), pesado y estibado.

Por su parte, solo el 12,5 % es proceso de transporte, correspondiendo al ingreso de producto. De igual forma, el 12,5 % corresponde a inspección (selección) y para la línea descrita, no se cuenta con actividades de almacenamiento

En cuanto a los operarios, en la planta empacadora, como se indicó en el cursograma analítico, suelen haber 25 personas, sin embargo, en ocasiones, cuando se cosechan fincas de alta productividad, el requerimiento de personas es mayor, con lo cual, se altera un poco la logística de la planta. En estos casos, se recurre a solicitar personal de campo para procesar el material, llegando a tener aproximadamente 30 personas, en este caso, las personas que ingresan lo hacen únicamente al proceso de selección, pasando la mayoría de los colaboradores de planta a los procesos de empaque y agilizar toda la operación realizada. En el Cuadro 6 se muestra la distribución de operarios según la actividad que realizan.

Cuadro 6: Cantidad de operarios por actividad realizada.

Actividad	Cantidad de personas
Selección	8
Lavado	-
Encerado	-
Embolsado	6
Empaquetado	4
Pesado y estibado	3
Otros	4
Total	25

Con respecto al cuadro anterior, en el caso del pesado y estibado se toman como actividades juntas ya que en el pesado son únicamente dos operarios, sin embargo estos dos operarios en conjunto con un tercero realizan el estibado, por lo cual, son tres en total. Para el caso del lavado y encerado no se requiere de operarios para realizar la actividad. En cuanto al apartado, otros, estas cuatro personas corresponden al operario que lava las cajas, el supervisor que da apoyo cuando la línea se satura y los restantes dos son de operaciones varias como etiquetado de cajas, colocación de sellos, entre otras tareas de logística, cabe destacar que los puestos no son constantes, se manejan usualmente de forma rotativa.

Como se puede observar, el proceso en que mayor tiempo se invierte es el lavado, en donde se tiene en promedio un tiempo de 225,8 s o 3,8 minutos.

Tomando en cuenta que el lavado y desinfección se realizan con ECO AP 15, es importante hacer énfasis que en cuestión del tiempo requerido para que se asegure la eficiencia de la aplicación del producto, se tiene que para la concentración utilizada de 90 ppm se logran reducir bacterias como *P. aeruginosa*, *E. coli*, *L. monocytogenes* entre otras, así como levaduras y hongos como *S. cerevisiae*, *A. niger*, entre otros, esto en tiempos de exposición menores a 5 minutos (44) sin embargo, no se indica el tiempo mínimo con lo cual, lo recomendable es asegurar los 5 minutos en exposición al producto que recomienda el fabricante (44), habiendo una faltante de 1,2 minutos en promedio. Cabe destacar que dentro de la empresa, no se cuenta con un plan de muestreo de los microorganismos mencionados, sin embargo, si se realiza al menos una vez al año un análisis de laboratorio para evidenciar la eficiencia de aplicación para la dosis utilizada.

4.2. Análisis cuello de botella

Para determinar el cuello de botella de la línea se utilizaron las capacidades de todas las actividades, de manera tal, que se tuvo énfasis en la actividad que cuenta con menor capacidad, encontrando así el principal cuello de botella que hace que disminuya la capacidad total de la línea, aumentando el tiempo y la frecuencia de paros produciendo que se disminuya el tiempo efectivo y la eficiencia de la línea.

4.2.1. Capacidad de actividades

Para determinar las capacidades de cada una de las actividades se utilizaron diferentes métodos dependiendo de la actividad a tratar, en el caso de la selección, el embolsado, empaquetado, pesado y estibado se realizaron con base en el estudio de tiempos realizado y discutido anteriormente, para el lavado, se realizó de forma teórica con el volumen de chayote en tanque y para el encerado, se midió de manera directa la capacidad, este parámetro fue reportado en cajas/minuto.

En el caso del cálculo por medio de los tiempos de cada actividad, se tomó la cantidad de recursos (operarios individuales o parejas) que realizan esta actividad (ver cuadro 6) y se dividió entre el tiempo que tarda en realizarse una unidad equivalente (ver cuadro 5), obteniendo así la cantidad de cajas/minuto que se procesan.

Para la capacidad del lavado, se utilizó una estimación teórica de la cantidad de chayotes que pueden estar en el tanque a la vez, esto como un flujo continuo y estable en donde

la entrada y salida del tanque es la misma, con lo cual, sabiendo que el tanque se llena inicialmente con 2500 l de agua, posteriormente se agrega la masa de chayotes llegando a 3000 l en total, teniendo un volumen de chayote de 500 l en el tanque. Basándose en las dimensiones del chayote, se calculó un volumen rectangular como una aproximación, siendo este de 634,91 cm³, a partir de este dato se dividió el volumen del tanque ocupado por chayotes entre el volumen unitario y se obtuvo una capacidad de 788 chayotes, esto dividido entre el tiempo promedio medido que tarda cada chayote en el tanque, se tiene que la capacidad es de 4,19 cajas/minuto.

Para el encerado se midió de manera directa, esto se realizó contando la cantidad de chayotes que salieron de la banda de encerado durante un minuto, cabe destacar que para obtener una muestra representativa también se utilizó la ecuación 4 dada para datos continuos, a partir de ello, se obtuvo la capacidad de 3,09 cajas/minuto, esto con un error asociado del 8 %.

Cabe destacar que para los tres métodos utilizados se partió del hecho de que la muestra tomada era representativa para toda la población de chayotes.

En el cuadro 7 se puede observar el resumen de las capacidades obtenidas para cada una de las actividades.

Cuadro 7: Capacidad de cada actividad.

Actividad	Capacidad (cajas/min)
Pesado	12,90
Selección	7,08
Embolsado	4,50
Lavado	4,19
Encerado	3,09
Estibado	3,00
Empaquetado	2,91

Como se puede observar, la actividad del empaquetado es la que tiene una menor capacidad, esta representa aproximadamente 2,5 veces menos la capacidad de la selección lo cual es un indicador directo del desbalance que se presentan en la línea, estas capacidades están dadas para una condición de flujo estable, en donde no se tiene un exceso de chayote, sin embargo, como se puede ver, la selección es mucho mayor que las demás actividades

exceptuando el pesado.

La capacidad reportada para el pesado, representa únicamente el tiempo neto que se tarda en tomar la caja, colocarla en la balanza y retirarla de esta, sin embargo, hay que recordar que el pesado y el estibado son realizados por los mismos operarios, esto quiere decir que estas actividades no son continuas, sino que son en ciclo, ya que una vez que se pesan las cajas, seguidamente se empiezan a estibar. Si se toma en cuenta el tiempo total del ciclo de pesado y estibado se tendría un tiempo de 39,3 s por cada caja, pero al ser dos actividades distintas los tiempos fueron tomados para cada actividad individual. Esta acotación es de suma importancia ya que se debe entender que el pesado no es constante, sino que se tienen tiempos muertos entre una caja y otra. Si se toman en cuenta estos tiempos muertos, la capacidad disminuye a 3,05 cajas/minuto, pero se debe contemplar que de esta manera se duplicarían los tiempos, ya que el tiempo del ciclo de los 39,3 s ya incluye el tiempo del estibado, es por ello que para efectos de este proyecto se mantiene la capacidad de 12,90 cajas/minuto con un tiempo de actividad de 9,3 s. Para lo anterior, es importante mencionar que las mediciones se realizaron para flujos estables, donde no hubiese exceso, ni escasez de producto.

En cuanto a la representatividad de los datos con respecto al funcionamiento de la línea, como se mencionó, cuando se encuentra a una capacidad media de flujo (con respecto a lo medido), no se incurre en tanta pérdida de tiempo debido a paros de la línea, sin embargo, como se pudo ver, la capacidad de la selección es mucho mayor al resto de la línea (tomando en cuenta la salvedad del pesado), a raíz de este desbalance, se produce un problema en cadena, ya que el tanque de lavado se llena más rápido de producto que lo que sale de la línea, es ahí donde se presenta una de las grandes evidencias en la falla del sistema, ya que en las ocasiones donde el tanque se llena más de la capacidad de diseño de 3000 l, se recurre a generar un flujo manual.

Se utiliza una estructura externa para empujar los chayotes hacia la banda de salida del tanque de lavado. Bajo estas circunstancias el flujo momentáneo aumenta drásticamente las capacidades requeridas de las otras actividades, en donde se puede ver que para la actividad del encerado se llena en su totalidad la banda, situación que sucede de la misma forma en la banda de embolsado y empaque, es por esta razón que al estar trabajando en un flujo inestable y aumentar la cantidad de chayote por segundo se llena la banda y se recurre a apagar el sistema para lograr sacar todo el producto que se tiene en el momento. Cabe destacar que este manejo del producto puede provocar daño mecánico dentro de la

línea, al igual que el manejo manual que se le da a este.

Cuando se tiene esta condición de exceso es cuando se recurre a pasar operarios del área de selección hacia el embolsado y empaque con el fin de disminuir el tiempo en que se frena la línea y estabilizar nuevamente el proceso, sin embargo, es un proceso cíclico, ya que cuando nuevamente se empieza a llenar el tanque, se vuelve a tener el mismo proceso de aumento de capacidad, llenando el tanque más de la capacidad de diseño de 3000 l.

Con base en lo anterior, se puede observar que la actividad que representa el cuello de botella dentro de la línea es el empaque de producto, esto debido a que como se ve en el Cuadro 7, únicamente se logran producir 2,91 cajas por minuto, siendo esta capacidad menor a las restantes y provocando el frenado de la línea debido a acumulación de producto. El incurrir constantemente en parar la línea conlleva a costos asociados que incrementan el costo de producción final del producto, siendo esto un desperdicio de recursos para la empresa (49).

4.3. Tasa de rechazo de producto

Para la evaluación de la tasa de rechazo se tomó un total de 58 muestras (cajas de recibo con 60 chayotes cada caja) para cumplir con un intervalo de confianza de 95 % según lo recomendado por (36). Para lo anterior se clasificaron en chayotes buenos y malos, siendo estos últimos los no aceptables para exportación. Una vez realizadas las pruebas, se obtuvo que la cantidad promedio por caja de chayotes buenos fue de 43,4 y 16,3 chayotes malos, para un promedio total de chayotes por caja de 60 unidades. En el cuadro 8 se muestra el porcentaje de elementos buenos, malos y la clasificación por defecto. Como se puede ver, el porcentaje de chayotes que se exportan es de 72,7 %, siendo esto aproximadamente 3/4 de la totalidad de la producción, se trabajó con un tamaño de muestra de 58 cajas de recibo evaluadas con lo cual, se obtuvo un error real de 11,47 %.

En el Cuadro 8, se puede observar que el principal factor de descarte es debido a daños por insectos, en donde suelen generar hendiduras o picaduras en el producto, siendo esto motivo para no cumplir con los requisitos, que como se va a ver posteriormente es un requisito de calidad para exportación por norma en nuestro país.

El siguiente factor en importancia es la presencia de vejiga. Este factor afecta casi un 20 %, como se observa en la Figura 13. La vejiga afecta el chayote generando un defecto que se observa como pequeñas burbujas de agua o como bien lo dice la palabra que da

Cuadro 8: Tasa de rechazo y clasificación según el tipo de rechazo.

	Promedio unidades	Porcentaje (%)	Desv. Est
Buenos	43,4	72,7	11,75
Malos	16,3	27,3	9,21
Vejiga	3,2	19,7	4,16
Phoma	3,1	18,8	3,67
Ascochyta	3,1	19,1	4,31
Decoloración	1,8	11,0	3,28
Insectos	3,5	21,1	3,44
Otros	1,7	10,2	2,48

nombre coloquial a este defecto vejigas, causando pudrición a corto plazo, lo cual, afecta directamente al producto, debiendo permanecer en óptimas condiciones hasta el destino final que en este caso, sería a Estados Unidos y Europa, sitios donde principalmente la empresa exporta sus productos, esto tomando en cuenta que el envío es por vía marítima y toma aproximadamente 22 días en llegar al destino más lejano que en este caso sería Europa (50), ya que si bien es cierto, es el medio más lento de envío, también es el más económico y eficiente por el consumo de energía que requiere, especialmente para este tipo de productos que representan altos volúmenes (51).

El factor de descarte que menor presencia tiene en dicha actividad es el descarte por algún otro tipo de defecto, en esta clasificación se contemplaron productos con golpes, cáscara dura o cuereta, roces o incrustaciones, este último factor suele suceder al realizar la selección ya que si bien es cierto a los colaboradores se les solicita manejar las uñas lo más cortas posibles para evitar rasguños en el producto, es posible que estos sucedan de forma fortuita, con lo cual, se descarta el producto en caso de ser detectado. En la Figura 31 se puede observar que el 40 % de los defectos son debido a incidencia de insectos y presencia de vejiga y el 80 % incluyen a Ascochyta y Phoma.

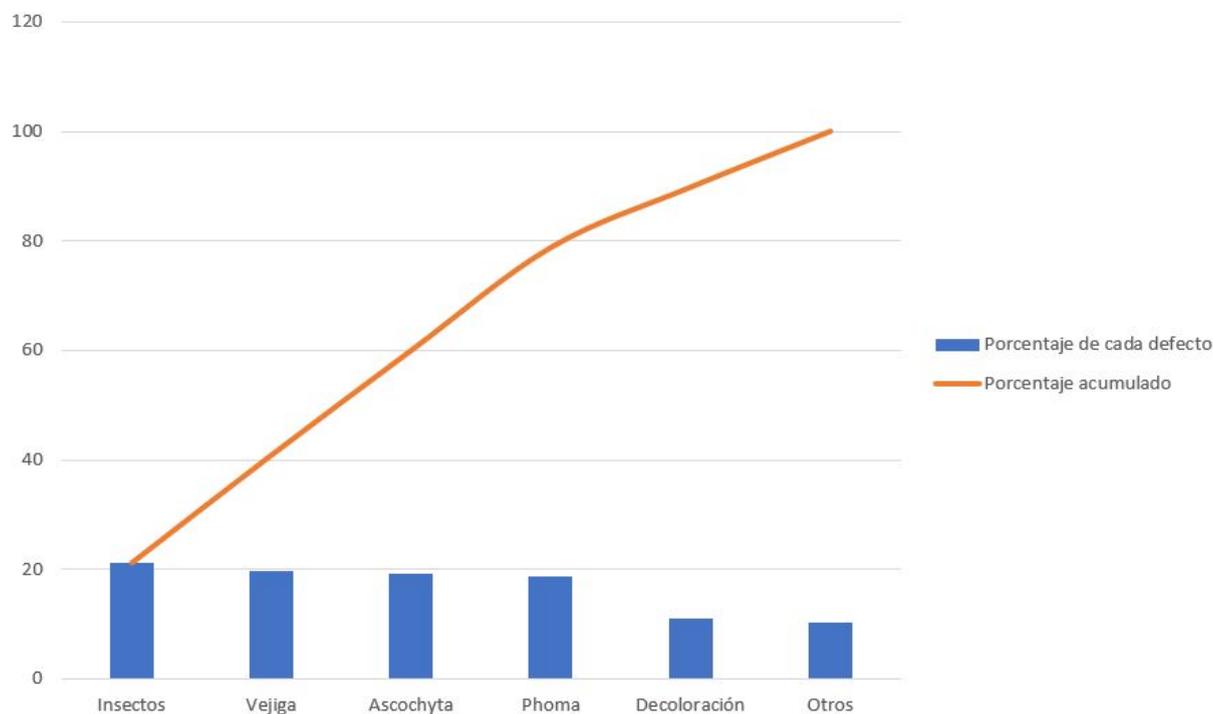


Figura 31: Diagrama de Pareto para los defectos de descarte en chayote.

Comparando estos resultados obtenidos, con los registrados por (26), inicialmente, en su estudio, Sáenz obtuvo un porcentaje de rechazo que ronda el 7% del total de la muestra, esto específicamente para el mes de abril, mismo mes en donde se tomaron los datos para el presente estudio, en este caso se puede ver que los datos de pérdidas tomados son casi 4 veces mayor que los tomados por Sáenz en 1986. Cabe destacar que este estudio mencionado no se realizó en las mismas fincas de producción que el presente estudio, sin embargo, sí se analiza la misma variedad de producto (*verns levis*), además, no se cuenta con estudios de esta índole exceptuando el mencionado, con lo cual, existen factores que han variado con los años como factores climáticos, aplicación de productos, y ubicación de la planta, entre otros.

En cuanto a los daños por insectos, Sáenz no hace referencia a este factor de rechazo, sin embargo, para el caso de la vejiga, solamente el 3% de la muestra presentó este problema en el estudio de (26), difiriendo en gran medida con los datos arrojados en este estudio donde la vejiga es el segundo factor de mayor incidencia con un 19,7%, siendo este defecto uno de los de menor incidencia para (26).

En cuanto a la Ascochyta o peca, este es el factor con menor incidencia reportado

por Sáenz, teniendo únicamente un 2 % de importancias, siendo de igual forma, mucho menor al valor obtenido en este estudio de 19,1 %. En cuanto a la phoma o sarna sí tiene mayor presencia, en un 16 % siendo esta similar a lo reportado en el presente estudio de 18,8 %. Los problemas por color representaron el 4 %, siendo estos de igual forma, menores a los reportados en este proyecto. En general, el mayor factor de rechazo presentado en el estudio de (26), es la forma, con un 24 % del total de las muestras. Las estrías y espinas también fueron factores importantes con un 17 % y 12 % sucesivamente, los daños físicos representaron un 13 % y problemas de tamaño un 9 % (26), estos últimos factores si bien es cierto no fueron de mayor importancia a la hora de evaluar en este proyecto, se puede contrastar como han cambiado los esquemas con los años y como varían los factores de descarte con el tiempo. Cabe destacar que para en el estudio de Sáenz al igual que en el presente estudio, no se evalúa el factor de daño mecánico directamente, por lo cual, no es posible realizar una comparativa. A esto se le puede sumar el cambio climático y demás factores mencionados anteriormente que afecta directamente la presencia de algunas plagas y que han variado en el transcurso de los años.

4.3.1. Clasificación de descartes de producto

1. **Insectos:** según (5), existen dos principales insectos que atacan directamente los frutos, estas especies son: *Diaphania nitidalis* y *Diaphania hyalinata*, estos son considerados barrenadores del fruto, o sea, que producen perforaciones profundas para ingresar en el fruto.

La *Diaphania nitidalis*, en su etapa adulta, es una paloma que mide alrededor de 2 cm y un ancho de alas de 3 cm, su cuerpo como se observa en la Figura 32 (a), es color café oscuro con manchas color crema en las alas (5), en cuanto a su estado larval, su color puede variar de amarillo pálido a verde, en el caso de los instares entre 1 y 4, suelen presentar puntos negros distribuidos por el cuerpo tal cual se muestra en la Figura 32 (b), en el último instar, la diferencia es la desaparición de estos puntos negros (Figura 32 (c)) (5).

Dentro de los daños que produce este insecto directamente en el fruto son perforaciones (barrenados), esto sucede durante su periodo como larva principalmente en los instares 4 y 5 (52), lo más habitual es que únicamente una sola larva perfore el fruto ocasionando incluso que estos se desprendan de las plantas, sin embargo, no siempre se presenta un daño tan severo. Estas larvas utilizan seda para cubrir

en la medida de lo posible el orificio de entrada, sin embargo, una vez perforado el producto, es muy probable que haya ingreso de bacterias y hongos que causen pudrición con gran facilidad aún estando en la planta (5).



(a) Adulto.



(b) Larva del 1^{ero} al 4^{to} instar.



(c) Larva en 5^{to} instar.



(d) Daño causado.

Figura 32: *Diaphania nitidalis*. Fuente: (5)

En cuanto al insecto *Diaphania hyalinata*, cuenta con 6 estados larvarios, en los cuales, los daños al fruto se causan a partir de 3^{er} estado larvar, en donde inician su ataque hasta el fruto, es en los primeros dos instares en donde se debe realizar el control de la plaga para evitar pérdidas (5).

En el estado adulto, como se muestra en la figura 33 (a), la mariposa presenta un color café principalmente en la cabeza y el tórax, por su parte, el abdomen tiene un color blanco al igual que las alas, que además, presentan una característica particular y es que son casi transparentes rodeadas de una franja café del mismo color de la cabeza y el tórax (5). En cuanto a la larva, como se observa en la figura 33 (b), son color verde claro y presentan dos franjas blancas longitudinales por su cuerpo (5).

En cuanto al daño, esta especie también causa sus efectos durante la etapa larvar, después del 3^{er} instar en donde prefieren los frutos, como se puede observar en la figura 33 (b), las larvas ingresan por la base del chayote, generando de igual forma una entrada potencial para bacterias y hongos que pueden pudrir el producto rápidamente, el otro daño típico que producen es barrer guías en la superficie del chayote, comiéndose la cáscara, haciéndolo totalmente descartable (5), los productos que presentan este daño usualmente, ni siquiera se pasan a planta, ya que no son útiles ni para comercio nacional. Cabe destacar que a diferencia de *Diaphania nitidalis*, en la especie *hyalinata*, sí es usual que haya más de una larva por chayote, inclusive se pueden encontrar hasta 10 larvas tal cual se muestra en la figura 33 (c) (5).



(a) Adulto. Fuente: (53)

(b) Larva con dos líneas blancas en el dorso.



(c) Daño causado por la larva.

Figura 33: *Diaphania hyalinata*. Fuente: (5)

Los factores meteorológicos como la temperatura, precipitación y la humedad son de suma importancia en el desarrollo y comportamiento de los insectos y también en la planta (52). En específico, el género *Diaphania*, tanto la variedad *nitidalis* como *hyalinata*, suelen desarrollarse más comúnmente en zonas tropicales y sub-tropicales (caso de Costa Rica), afectando gran cantidad de productos, entre ellos el chayote (54), además, suelen presentarse en mayor medida en verano, caso contrario cuando las temperaturas son más bajas (52), esto debido a que la temperatura ideal de

desarrollo de las diferentes etapas es de aproximadamente 25°C (54), sin embargo, en el caso de ambas especies, temperaturas que rondan a los 36°C ya se consideran elevadas, disminuyendo la persistencia de la plaga (52), es por ello, que veranos muy fuertes no favorecen a la plaga, también porque producen una disminución de la humedad relativa, en donde lo ideal para la plaga es tener humedades superiores al 70 % para una mejor propagación (52).

2. **Vejiga:** este daño es ocasionado por un hongo llamado *Colletotrichum gloeosporioides* (55), los daños causados por este hongo se definen según (56) en dos grupos conocidos, el primero es el salpullido que consiste en pequeñas protuberancias entre 0,5 y 1 mm de diámetro que sobresalen por encima de la superficie normal del producto, las cuales además, tienen un tacto áspero y con un aspecto acuoso color gris verdoso en su mayoría. El segundo grupo conocido es específicamente la vejiga que son similares al salpullido, pero con tamaños mayores de entre 2 y 7 mm, su aspecto de igual forma es acuoso y son ligeramente levantadas de la superficie del chayote (55) (ver Figura 34). En este caso, no se hizo distinción entre estos dos grupos, sino que se le llamó a todo por igual vejiga.

El daño real de este hongo se da debido a que produce necrosis, mostrándose en el fruto como se mencionó anteriormente pero causando además, deshidratación y siendo un foco para el ingreso de más patógenos que afectan aún más el producto (6), esto es crucial en la parte poscosecha, ya que si se empacan productos con este tipo de daños y no se da un buen manejo de la cadena de frío se va a propiciar la proliferación del hongo, generando mayores pérdidas.

La proliferación de *Colletotrichum gloeosporioides* se da principalmente en época lluviosa y disminuye en época seca (56), esto debido a que requiere de una alta humedad relativa de entre 85 y 90 % y una temperatura que ronde entre 19 y 25 °C (6).

En el caso del chayote, al ser un fruto con alto contenido de agua, los daños ocasionados por el patógeno en el tejido, producen un mayor flujo de agua hacia estas zonas dañadas con lo cual, se genera la vejiga tal cual se describió, provocando con esto que el fruto tenga mayor presión de agua (56).



Figura 34: Daño causado por *Colletotrichum gloeosporioides*. Fuente: (6)

3. **Ascochyta:** también llamada popularmente como Peca Blanca, es un daño causado por el hongo *Ascochyta phaseolorua* (26), este hongo se ve favorecido ante condiciones ambientales con temperaturas entre los 18°C y 32°C y requieren de una alta humedad para su debido crecimiento y propagación (54).

Según (18), a través de los años la *Ascochyta* ha sido una de las enfermedades más importantes en cuanto a rechazo de producto, ha estado asociada también a la presencia de bacterias del género *Pseudomonas* en los cultivos.

La presencia de este hongo en el fruto se manifiesta como una lesión circular con bordes bien definidos y pueden ser ligeramente hundidos con un color principalmente claro (26), los frutos pequeños con largos menores a 3 cm son los más afectados por este hongo y en general la presencia se destaca por lo mencionado anteriormente, su apariencia también se puede definir como marcas secas, blancas y pequeñas y cuando se asocia a las *Pseudomonas*, se puede dar la presencia de una lesión acuosa con un halo café al rededor que se puede extender y profundizar en el fruto (54).

4. **Phoma:** o también llamada Sarna o Roña es producida por el hongo *Phoma curbitacearum* (26), el cual se presenta durante todo el año en zonas tropicales, sin embargo, tiene mayor influencia durante la época seca, esta no se considera una enfermedad de suma importancia para la exportación, ya que no produce un daño severo en el producto (18), sin embargo, afecta principalmente la apariencia, siendo este el motivo de descarte.

El daño causado por la Phoma en el fruto del chayote es una costra blancusca en la piel del producto, por lo general, con una forma alargada e irregular, generando una apariencia corchosa debido a la malformación que produce (54), en casos muy severos, pueden presentarse casos en donde se genere una apariencia necrótica ligeramente hundida (17).

5. **Decoloración:** existen varias razones por las cuales se dan problemas de coloración en los productos y sus orígenes son variados, en algunos casos no se cuenta con evidencia científica de estas afectaciones, sino que por lo contrario, están basadas en las experiencias de los productores.

La primera razón estudiada, es debido a la presencia de un insecto llamado popularmente Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*) los cuales causan la mancha debido a que chupan los frutos (18), cuando se tiene una alta densidad poblacional de este insecto, al chupar la sabia afecta el desarrollo del fruto, ya que succionan la totalidad de la planta, lo cual, genera problemas de crecimiento, marchitez, entre otros que afectan directamente el desarrollo de los chayotes. Además, secretan una sustancia azucarada llamada mielcilla que favorece la fumagina, tapando la superficie del producto con evitando la absorción de la luz causando la despigmentación en zonas (54). La presencia de este insecto se ve favorecida por el viento y la mala nutrición de los cultivos y su incidencia es más frecuente en épocas secas o calurosas (54).

Tomando como referencia la aparición de chayotes blancos en las plantaciones en un estudio realizado en México, se determinó que la aparición de este fenómeno se da de igual forma que en el caso de la *Bemisia tabaci*, principalmente en épocas secas y calurosas durante el ciclo del cultivo (57).

Basado en las experiencias de los agricultores, en algunos casos se ha hecho relación a la aparición de este fenómeno en terrenos resebrados con varios ciclos, esto según productores mexicanos con una trayectoria de más de 20 años, sin embargo, no se ha encontrado evidencia analítica sobre la incidencia real. Otro aspecto al que se le ha relacionado el blanqueamiento del producto es el uso de agroquímicos (57), según (58) las prácticas de manejo del suelo por medio de estudios antes de la siembra para determinar la cantidad de fertilizantes, puede ayudar en cuestiones del blanqueamiento del chayote así como el estudio adecuado de requerimiento hídrico son claves para reducir el blanqueamiento de los chayotes, de igual forma la implementación de los diferentes tipos de controles biológicos, selección de semilla y mejoramiento en general del cultivo.

Dentro de la empresa Chayotes de Altura SA, atribuyen en gran medida de la decoloración al sombreado de los chayotes debido a las hojas de la planta, según menciona Saúl Morales García, encargado del área de producción de la empresa, en ocasiones el chayote queda ampliamente tapado por hojas, lo que dificulta que el sol logre penetrar en el fruto, evitando que se produzca de forma correcta la fotosíntesis y por lo tanto la no producción de los cloroplastos que son el pigmento verde típico de los chayotes.

6. **Otros:** dentro de las clasificaciones de otros se encuentran daños que no son propiciados por agentes bióticos, entre ellos se puede mencionar lo que en campo denominan cuereta, que es cuando el chayote se cosecha con una madurez pasada a la ideal para su exportación. En este fenómeno se observa que la piel del chayote se vuelve más fibrosa y endurecida, quitando un poco el aspecto fresco usual de este producto.

Otro de los aspectos que se catalogó en este grupo fueron golpes o daños mecánicos provocados en algún momento antes del lavado, cabe destacar que como se vio, el traslado de los chayotes es en cajas y se llevan en camión desde la finca hasta la planta, con lo cual, es propenso a que debido al roce entre el producto hayan daños, de igual forma, en planta, en la selección, por lo cual, se descarta el producto, ya que sería muy propenso a ser atacado por hongos y bacterias.

Si bien es cierto para efectos de este proyecto se contempló solo el daño mecánico antes de la selección, dentro de la línea pueden haber factores que involucren a este factor de rechazo, por lo cual, se debe evaluar en el paso de cada una de las activi-

dades si se produce o no algún tipo de daño en el producto, esto de forma visual, ya que esto podría afectar la calidad en procesos posteriores.

En esta sección también se contempló la presencia de chayotes con espinas, que si bien es cierto fueron muy pocos, si se presentaron.

4.4. Instalaciones

Para determinar las condiciones de las instalaciones utilizadas en la planta empaquetadora de la empresa se tomaron como referencia el Codex Alimentarius con el documento de principios generales de higiene de los alimentos CXC 1-1969, específicamente la sección 3 que trata sobre el establecimiento y diseño de instalaciones y equipo para asegurar la inocuidad alimentaria (59) y también, se utilizó el Reglamento Técnico Centroamericano, específicamente el documento referido a industria de alimentos y bebidas procesado referente a Buenas Prácticas de Manufactura (RTCA 67.01.33:06) puntualmente la sección 5 que trata sobre condiciones de los edificios (9). Es importante destacar que tanto el Codex Alimentarius como el RTCA poseen atributos similares a evaluar, con lo cual, convergen en muchas de las características con que debe contar una planta alimentaria. Tomando como referencia para la evaluación la guía para la inspección de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para fábricas de alimentos y bebidas, específicamente la sección 1 de la guía que es referente a los edificios, se obtiene el Cuadro 9.

Cuadro 9: Inspección de Buenas Prácticas de Manufactura enfocado en las instalaciones de la planta. Fuente: (9)

ASPECTO	REQUERIMIENTOS		CUMPLIMIENTO
1 EDIFICIO			
1.1 ALREDEDORES Y UBICACIÓN			
1.1.1 ALREDEDORES			
a) Limpios.	i)	Almacenamiento adecuado del equipo en desuso.	No aplica
	ii)	Libres de basuras y desperdicios.	Cumple
	iii)	Áreas verdes limpias.	No aplica
b) Ausencia de focos de contaminación.	i)	Patios y lugares de estacionamiento limpios, evitando que constituyan una fuente de contaminación.	Cumple
	ii)	Inexistencia de lugares que puedan constituir una atracción o refugio para los insectos y roedores.	No cumple
	iii)	Mantenimiento adecuado de los drenajes de la planta para evitar contaminación e infestación.	Cumple
	iv)	Operación en forma adecuada de los sistemas para el tratamiento de desperdicios.	No aplica
1.1.2 UBICACIÓN			
a) Ubicación adecuada.	i)	Ubicados en zonas no expuestas a cualquier tipo de contaminación física, química o biológica.	Cumple
	ii)	Estar delimitada por paredes separadas de cualquier ambiente utilizado como vivienda.	Cumple
	iii)	Contar con comodidades para el retiro de los desechos de manera eficaz, tanto sólidos como líquidos.	Cumple
	iv)	Vías de acceso y patios de maniobra deben encontrarse pavimentados a fin de evitar la contaminación de los alimentos con el polvo.	No cumple
1.2 INSTALACIONES FÍSICAS			
1.2.1 DISEÑO			
a) Tamaño y construcción del edificio.	i)	Su construcción debe permitir y facilitar su mantenimiento y las operaciones sanitarias para cumplir con el propósito de elaboración y manejo de los alimentos, así como del producto terminado, en forma adecuada.	Cumple
b) Protección contra el ambiente exterior.	i)	El edificio e instalaciones deben ser de tal manera que impida el ingreso de animales, insectos, roedores y plagas.	Cumple
	ii)	El edificio e instalaciones deben de reducir al mínimo el ingreso de los contaminantes del medio como humo, polvo, vapor u otros.	Cumple

c) Áreas específicas para vestidores, para ingerir alimentos y para almacenamiento	i)	Los ambientes del edificio deben incluir un área específica para vestidores, con muebles adecuados para guardar implementos de uso personal.	Cumple
	ii)	Los ambientes del edificio deben incluir un área específica para que el personal pueda ingerir alimentos.	Cumple
	iii)	Se debe disponer de instalaciones de almacenamiento separadas para: materia prima, producto terminado, productos de limpieza y sustancias peligrosas.	Cumple
d) Distribución	i)	Las industrias de alimentos deben disponer del espacio suficiente para cumplir satisfactoriamente con todas las operaciones de producción, con los flujos de procesos productivos separados, colocación de equipo, y realizar operaciones de limpieza. Los espacios de trabajo entre el equipo y las paredes deben ser de por lo menos 50 cm. y sin obstáculos, de manera que permita a los empleados realizar sus deberes de limpieza en forma adecuada.	Cumple
e) Materiales de construcción	i)	Todos los materiales de construcción de los edificios e instalaciones deben ser de naturaleza tal que no transmitan ninguna sustancia no deseada al alimento. Las edificaciones deben ser de construcción sólida, y mantenerse en buen estado. En el área de producción no se permite la madera como material de construcción.	Cumple
1.2.2 PISOS			
a) De material impermeable y de fácil limpieza.	i)	Los pisos deberán ser de materiales impermeables, lavables e impermeables que no tengan efectos tóxicos para el uso al que se destinan.	Cumple
	ii)	Los pisos deberán esta contruidos de manera que faciliten su limpieza y desinfección.	Cumple
b) Sin grietas.	i)	Los pisos no deben tener grietas ni irregularidades en su superficie o uniones.	Cumple
c) Uniones redondeadas.	i)	Las uniones entre los pisos y las paredes deben tener curvatura sanitaria para facilitar su limpieza y evitar la acumulación de materiales que favorezcan la contaminación.	No cumple
d) Desagües suficientes.	i)	Los pisos deben tener desagües y una pendiente adecuada, que permitan la evacuación rápida del agua y evite la formación de charcos.	No cumple
1.2.3 PAREDES			
	i)		Cumple

a) Exteriores construidas de material adecuado.		Las paredes exteriores pueden ser construidas de concreto, ladrillo o bloque de concreto y aún en estructuras prefabricadas de diversos materiales.	
b) De áreas de proceso y almacenamiento revestidas de material impermeable.	i)	Las paredes interiores, en particular en las áreas de proceso se deben revestir con materiales impermeables, no absorbentes, lisos, fáciles de lavar y desinfectar, pintadas de color claro y sin grietas.	Cumple
	ii)	Cuando amerite por las condiciones de humedad durante el proceso, las paredes deben estar recubiertas con un material lavable hasta una altura mínima de 1.5 metros.	No aplica
	iii)	Las uniones entre una pared y otra, así como entre éstas y los pisos, deben tener curvatura sanitaria.	No cumple
1.2.4 TECHOS			
a) Construidos de material que no acumule basura y anidamiento de plagas.	i)	Los techos deberán estar contruidos y acabados de forma que reduzca al mínimo la acumulación de suciedad y de condensación, así como el desprendimiento de partículas.	Cumple
	ii)	Cuando se utilicen cielos falsos deben ser lisos, sin uniones y fáciles de limpiar.	No aplica
1.2.5 VENTANAS Y PUERTAS			
a) Fáciles de desmontar y limpiar.	i)	Las ventanas deben ser fáciles de limpiar.	No aplica
	ii)	Las ventanas deberán ser fáciles de limpiar, estar construidas de modo que impidan la entrada de agua, plagas y acumulación de suciedad, y cuando el caso lo amerite estar provistas de malla contra insectos que sea fácil de desmontar y limpiar.	No aplica
b) Quicios de las ventanas de tamaño mínimo y con declive.	i)	Los quicios de las ventanas deberán ser con declive y de un tamaño que evite la acumulación de polvo e impida su uso para almacenar objetos.	No aplica
c) Puertas en buen estado, de superficie lisa y no absorbente, y que abran hacia afuera.	i)	Las puertas deben tener una superficie lisa y no absorbente y ser fáciles de limpiar y desinfectar.	No cumple
	ii)	Las puertas es preferible que abran hacia fuera y que estén ajustadas a su marco y en buen estado.	Cumple
1.2.6 ILUMINACIÓN			
a) Intensidad de acuerdo al manual de BPM.	i)	Todo el establecimiento estará iluminado ya sea con luz natural o artificial, de forma tal que posibilite la realización de las tareas y no comprometa la higiene de los alimentos.	Cumple

b) Lámparas y accesorios de luz artificial adecuados.	i)	Las lámparas y todos los accesorios de luz artificial ubicados en áreas de recibo de materia prima, almacenamiento, preparación y manejo de los alimentos, deben estar protegidos contra roturas.	Cumple
	ii)	La iluminación no deberá alterar los colores.	Cumple
c) Ausencia de cables colgantes en zonas de proceso.	i)	Las instalaciones eléctricas en caso de ser exteriores deberán estar recubiertas por tubos o caños aislantes.	No aplica
	ii)	No deben existir cables colgantes sobre las zonas de procesamiento de alimentos.	Cumple
1.2.7 VENTILACIÓN			
a) Ventilación adecuada.	i)	Debe existir una ventilación adecuada, que evite el calor excesivo, permita la circulación de aire suficiente y evite la condensación de vapores.	Cumple
	ii)	Se debe contar con un sistema efectivo de extracción de humos y vapores acorde a las necesidades, cuando se requiera.	No aplica
b) Corriente de aire de zona limpia a zona contaminada.	i)	El flujo de aire no deberá ir nunca de una zona contaminada hacia una zona limpia.	Cumple
	ii)	Las aberturas de ventilación estarán protegidas por mallas para evitar el ingreso de agentes contaminantes.	No cumple
1.3 INSTALACIONES SANITARIAS			
1.3.1 ABASTECIMIENTO DE AGUA			
a) Abastecimiento.	i)	Debe disponerse de un abastecimiento suficiente de agua potable.	Cumple
	ii)	El agua potable debe ajustarse a lo especificado en la Normativa de cada país.	Cumple
	iii)	Debe contar con instalaciones apropiadas para su almacenamiento y distribución de manera que, si ocasionalmente el servicio es suspendido, no se interrumpan los procesos.	Cumple
	iv)	El agua que se utilice en las operaciones de limpieza y desinfección de equipos debe ser potable.	Cumple
b) Sistema de abastecimiento de agua no potable independiente.	i)	Los sistemas de agua potable con los de agua no potable deben ser independientes (sistema contra incendios, producción de vapor).	No aplica
	ii)	Sistemas de agua no potable deben de estar identificados.	No aplica
	iii)	El Sistema de agua potable diseñado adecuadamente para evitar el reflujo hacia ellos (contaminación cruzada).	Cumple
1.3.2 TUBERIAS			

a) Tamaño y diseño adecuado.	i)	El tamaño y diseño de la tubería debe ser capaz de llevar a través de la planta la cantidad de agua suficiente para todas las áreas que los requieran.	Cumple
	ii)	Transporte adecuadamente las aguas negras o aguas servidas de la planta.	Cumple
b) Tuberías de agua limpia potable, agua limpia no potable, y aguas servidas separadas.	i)	Transporte adecuado de aguas negras y servidas de la planta.	Cumple
	ii)	Las aguas negras o servidas no constituyen una fuente de contaminación para los alimentos, agua, equipo, utensilios o crear una condición insalubre.	Cumple
	iii)	Proveer un drenaje adecuado en los pisos de todas las áreas, sujetas a inundaciones por la limpieza o donde las operaciones normales liberen o descarguen agua u otros desperdicios líquidos.	Cumple
	iv)	Prevención de la existencia de un retroflujo o conexión cruzada entre el sistema de la tubería que descarga los desechos líquidos y el agua potable que se provee a los alimentos o durante la elaboración de los mismos.	Cumple
1.4 MANEJO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS LÍQUIDOS			
1.4.1 DRENAJES			
a) Instalaciones de desagüe y eliminación de desechos, adecuadas.	i)	Sistemas e instalaciones adecuados de desagüe y eliminación de desechos, diseñados, construidos y mantenidos de manera que se evite el riesgo de contaminación.	Cumple
	ii)	Deben contar con una rejilla que impida el paso de roedores hacia la planta.	Cumple
1.4.2 INSTALACIONES SANITARIAS			
a) Servicios sanitarios limpios, en buen estado y separados por sexo.	i)	Instalaciones sanitarias limpias y en buen estado, con ventilación hacia el exterior.	Cumple
	ii)	Provistas de papel higiénico, jabón, dispositivos para secado de manos, basurero.	Cumple
	iii)	Separadas de la sección de proceso.	Cumple
	iv)	Poseerán como mínimo los siguientes equipos, según el número de trabajadores por turno. - Inodoros: uno por cada veinte hombres o fracción de veinte, uno por cada quince mujeres o fracción de quince. - Orinales: uno por cada veinte trabajadores o fracción de veinte. - Duchas: una por cada veinticinco trabajadores, en los establecimientos que se requiera - Lavamanos: uno por cada quince trabajadores o fracción de quince.	No cumple

b) Puertas que no abran directamente hacia el área de proceso.	i)	Puertas que no abran directamente hacia el área donde el alimento esta expuesto cuando se toman otras medidas alternas que protejan contra la contaminación (Ej. Puertas dobles o sistemas de corrientes positivas).	Cumplen
c) Vestidores debidamente ubicados.	i)	Debe contarse con un área de vestidores, separada del área de servicios sanitarios, tanto para hombres como para mujeres.	Cumple
	ii)	Provistos de al menos un casillero por cada operario por turno.	Cumple
1.4.3 INSTALACIONES PARA LAVARSE LAS MANOS			
a) Lavamanos con abastecimiento de agua potable.	i)	Las instalaciones para lavarse las manos deben disponer de medios adecuados y en buen estado para lavarse y secarse las manos higiénicamente, con lavamanos no accionados manualmente y abastecimiento de agua caliente y/o fría.	Cumple
b) Jabón líquido, toallas de papel o secadores de aire y rótulos que indiquen lavarse las manos.	i)	El jabón debe ser líquido, antibacterial y estar colocado en su correspondiente dispensador. Uso de toallas de papel o secadores de aire.	Cumple
	ii)	Deben de haber rótulos que indiquen al trabajador que debe lavarse las manos después de ir al baño, o se haya contaminado al tocar objetos o superficies expuestas a contaminación.	Cumple
1.5 MANEJO Y DISPOSICIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS			
1.5.1 DESECHOS SÓLIDOS			
i) Manejo adecuado de desechos sólidos.	i)	Deberá existir un programa y procedimiento escrito para el manejo adecuado de desechos sólidos de la planta.	Cumple
	ii)	No se debe permitir la disposición de desechos en las áreas de recepción y de almacenamiento de los alimentos o en otras áreas de trabajo ni zonas circundantes.	Cumple
	iii)	Los recipientes deben ser lavables y tener tapadera para evitar que atraigan insectos y roedores.	Cumple
	iv)	El de los desechos, deberá ubicarse alejado de las zonas de procesamiento de alimentos. Bajo techo o debidamente cubierto y en un área provista para la recolección de lixiviados y piso lavable.	Cumple
1.6 LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN			
1.6.1 PROGRAMA DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN			
	i)		Cumple

a) Programa escrito que regule la limpieza y desinfección.		Debe existir un programa escrito que regule la limpieza y desinfección del edificio, equipos y utensilios, el cual deberá especificar: - Distribución de limpieza por áreas; - Responsable de tareas específicas; - Método y frecuencia de limpieza; - Medidas de vigilancia.	
b) Productos para limpieza y desinfección aprobados.	i)	Los productos utilizados para la limpieza y desinfección deben contar con registro emitido por la autoridad sanitaria correspondiente.	Cumple
	ii)	Deben almacenarse adecuadamente, fuera de las áreas de procesamiento de alimentos, debidamente identificados y utilizarse de acuerdo con las instrucciones que el fabricante indique en la etiqueta.	Cumple
c) Instalaciones adecuadas para la limpieza y desinfección.	i)	Debe haber instalaciones adecuadas para la limpieza y desinfección de los utensilios y equipo de trabajo.	Cumple
1.7 CONTROL DE PLAGAS			
1.7.1 CONTROL DE PLAGAS			
a) Programa escrito para el control de plagas.	i)	La planta deberá contar con un programa escrito para todo tipo de plagas, que incluya como mínimo: - Identificación de plagas; - Mapeo de estaciones; - Productos aprobados y procedimientos utilizados; - Hojas de seguridad de las sustancias a aplicar.	Cumple
	ii)	El programa debe contemplar si la planta cuenta con barreras físicas que impidan el ingreso de plagas.	Cumple
	iii)	Contempla el período que debe inspeccionarse y llevar un control escrito para disminuir al mínimo los riesgos de contaminación por plagas.	Cumple
	iv)	El programa debe contemplar medidas de erradicación en caso de que alguna plaga invada la planta.	Cumple
	v)	Deben de existir los procedimientos a seguir para la aplicación de plaguicidas.	Cumple
b) Productos químicos utilizados autorizados.	i)	Los productos químicos utilizados dentro y fuera del establecimiento, deben estar registrados por la autoridad competente para uso en planta de alimentos.	Cumple
	ii)	Deberán utilizarse plaguicidas si no se puede aplicar con eficacia otras medidas sanitarias.	Cumple

c) Almacenamiento de plaguicidas fuera de las áreas de procesamiento.	i)	Todos los plaguicidas utilizados deberán guardarse adecuadamente, fuera de las áreas de procesamiento de alimentos y mantener debidamente identificados.	Cumple
---	----	--	--------

La planta empacadora cuenta con un espacio completamente cerrado por paredes y puertas, se cuenta con ventilas en el techo, sin embargo, estas están cerradas con malla, evitando el ingreso de plagas. Además, se cuenta con una distribución de áreas bien definidas (ver Anexo 1), en donde se hace una división entre área limpia y sucia por medio de una pared de cedazo que evita que haya trasiego de contaminantes y plagas en caso de haberlas. Para pasar del área sucia a la limpia, se cuenta con pediluvios y lavamanos debidamente equipados y con un sistema de doble puerta, resguardando la inocuidad en el proceso.

Como se puede observar en el Anexo 1, no solo se cuenta con una división para el producto, sino también para los insumos, en donde se encuentran áreas especialmente destinadas para productos de limpieza y de aplicación, así como un área completamente separada para cartón (construcción de cajas de empaque) y tarimas.

En cuanto al control de plagas, la planta cuenta con los controles indicados por el RTCA 67.01.33:06, en donde se indica que deben haber barreras físicas que impidan el ingreso de plagas (9), en este caso, se cuenta con puertas deslizantes y trampas adhesivas en los alrededores y dentro de la planta y como se mencionó anteriormente, en las ventilas del techo se cuenta con mallas, evitando el ingreso de aves y otros agentes contaminantes.

El piso de la planta es en su totalidad de cemento y cuenta con el debido desnivel para el drenaje de las aguas, sin embargo, en ocasiones ocurre empozamiento justo debajo de la aplicación de cera, esto debido a fugas en la máquina y a que en ese punto no hay salida directa del agua debido a un muro de apoyo de la máquina, por lo cual, se recurre a evacuar de forma manual el agua. Además, tanto las paredes como los pisos son lisos, esto favoreciendo la limpieza y desinfección (9).

El drenaje de aguas se encuentra justo en la separación de la zona limpia y sucia y es en esta misma dirección donde se encuentra el desnivel para evacuar las aguas en caso de derrames o limpieza, sin embargo, hay que tomar en cuenta lo mencionado anteriormente

con respecto al encerado, lo cual es un factor a mejorar en la planta.

Detrás de la planta hay un caño que usualmente no tiene un buen drenaje, con lo que es recurrente ver agua estancada en esta zona, siendo esto un riesgo ya que puede atraer roedores e insectos que infringen un riesgo en la planta empacadora, cabe destacar que esta zona no es parte de la empresa, sin embargo, es importante conocer todas las fuentes de contaminación posibles y manejarlas. Otro aspecto importante con respecto a los alrededores es que el patio de parqueo y descarga de producto no se encuentra pavimentado, con lo cual, se genera mucho polvo cada vez que los camiones de carga ingresan, lo cual es un riesgo ya que el ingreso de partículas como polvo pueden ser excesivos, esto según lo que se solicita en (59). Lo anterior atañe a que si bien es cierto el diseño de las instalaciones cuentan con puertas tal cual debe ser, estas siempre se mantienen abiertas debido a la entrada constante de producto de campo, aunado a esto, es importante destacar que estas puertas son de recibo, con lo cual son desplegadas, razón por la cual, es difícil su adecuada limpieza al no ser lisas como se estipula en (9).

Otro aspecto importante es que se cuenta con un área de colocación de uniforme en la planta, mas no se cuenta con vestidores como tal, ya que estos no son requeridos en su totalidad debido a la indumentaria utilizada, sí se cuenta con el área de baños y lavamanos adecuado, así como el espacio seguro para guardar las pertenencias y consumir alimentos, pero se carece de duchas en caso de necesitarlas.

Tomando en cuenta los no cumplimientos vistos en el Cuadro 9, se tiene que únicamente el 9,41 % de los requerimientos evaluados no se cumplen, por su parte un 14,12 % no aplicaron, debido a que no se requiere de ellos, teniendo un 76,47 % de cumplimiento (ver Cuadro 10).

Cuadro 10: Cantidad y porcentaje de no cumplimiento para las instalaciones de la planta.

	Cantidad	Porcentaje
No cumple	8	9,41 %
No aplica	12	14,12 %
Cumple	65	76,47 %
Total	85	100 %

4.5. Calidad de producto

La calidad de los productos es una de las principales características para su consumo, principalmente en el área alimenticia, ya que indica si es aceptable o no para los consumidores finales (41). Lo principal en los productos alimenticios como frutas y verduras es la inocuidad que estos deben llevar seguido de las características organolépticas y visuales lo cual todo en conjunto conforma la calidad (60). Existen diferentes aspectos a evaluar en cuestión a calidad de los productos frescos, como por ejemplo, características externas principalmente como factores de apariencia, entre ellos: la forma, el tamaño, color, brillo y consistencia (41), como se vio anteriormente, en la selección del producto es donde se evalúa la calidad en la parte de poscosecha, ya que ahí se descarta los productos debido a su estado en apariencia siguiendo como base los requisitos que solicitan los compradores en cuanto a tolerancia.

También existen factores como el sabor y la textura que presenta el producto (41), para ello, se pueden realizar diferentes pruebas como por ejemplo evaluaciones de compresión, pruebas de dureza, punción, corte entre otras con diferentes equipos (61). Todas estas características son tomadas en cuenta tanto por el personal en las empresas productoras como por la evaluación final de los clientes, es por ello que el objetivo final en los subprocesos de manipulación, almacenamiento y distribución cobran tanta importancia, ya que se debe mantener la calidad hasta la entrega de un producto adecuado y saludable para el consumo (42). Dentro de la calidad del producto es de suma importancia conocer los gustos del cliente, ya que son estos factores los que van a generar principalmente, los elementos a evaluar en el producto.

Durante el procesamiento que se le da en la planta empacadora, se buscan disminuir los factores que causen un detrimento en la calidad del producto, principalmente por la incidencia de daños mecánicos que se pueden dar dentro de la línea. Algunos factores que se pueden tomar en cuenta para disminuir la pérdida de la calidad dentro del manejo en poscosecha específicamente en planta donde se da la parte de acondicionamiento y empaque son: controlar la velocidad de la fruta al ingresar, seleccionar materiales para las superficies de contacto adecuados, de manera que se evite daño por roces, deformaciones y demás, reducir la diferencia de alturas entre los equipos, ya que esto puede conllevar a caídas abruptas que golpeen el producto, en caso de no poder eliminar las diferencias de alturas utilizar elementos desaceleradores como rampas o cortinas disminuyendo el impacto, evitar impacto contra superficies rígidas como accesorios metálicos, con lo cual,

colocar amortiguadores evita el daño, otro aspecto importante es evitar el impacto entre frutos, para ello se deben evitar giros de 90° para disminuir movimiento de la fruta (62).

4.5.1. Parámetros de la norma CODEX STAN 216-1999

La norma CODEX STAN 216-1999 es la norma referente en Costa Rica para la evaluación de la calidad del chayote, con lo cual, se siguen sus lineamientos para la clasificación de la calidad de este producto, esta norma aplica para la variedad comercial *Sechium edule (Jacq.)Sw* específicamente para lo comercialización en fresco, excluyendo los chayotes destinados para elaboración industrial (8).

Dentro de la norma, se cuenta con requisitos mínimos para que los chayotes entren en la categorización que ellos presentan, ya que de lo contrario, estos deberán ser descartados ya que no cumplen con la calidad mínima que se estipula, dentro de estos requisitos mínimos se encuentra: estar enteros, sanos (sin podredumbre o deterioro), limpios, exentos de plagas, daños por plagas, humedad externa anormal, con consistencia firme, aspecto fresco, entre otros (8).

Como se puede observar, muchos de estos aspectos a evaluar son meramente visibles, esto debido a que una vez que se ha comprobado que el producto cuenta con los requisitos mínimos para su comercialización, el aspecto es uno de los principales factores para la aceptación del fruto, entre ellos se puede mencionar el color, tamaño, entre otros (63). A la hora de que el consumidor compra los productos la apariencia es un factor de suma importancia, afectando según (60) en un 40 % la decisión de compra. Otro aspecto de gran importancia es la frescura, ya que si bien es cierto es difícil definir como parámetro, influye mucho la memoria sensorial del consumidor, haciendo que estos conozcan la apariencia y la relacionen con su grado de madurez y calidad (60), este mismo principio es utilizado para la selección y clasificación del producto, ya que se cuenta con personas ya entrenadas (64), lo cual, facilita la uniformidad de los productos, en caso de haber personas nuevas en la actividad, estas son colocadas con expertos para su entrenamiento.

En cuanto a las clasificaciones de la norma, se cuenta con dos tipos de clasificaciones, una por la apariencia en donde se evalúa si cuenta con defectos de forma (surcos y depresiones), defectos en la coloración o problemas de cicatrización, a esta clasificación se le va a llamar por categorías. La segunda clasificación es según el calibre del producto para lo cual, se requieren únicamente dos variables: el peso y la longitud.

Como parte de la norma se dictamina todo lo referente en cuanto al marcado y etiquetado del producto, en este caso, al ser producto de exportación empacado en cajas, se debe contemplar que no es producto de venta al por menor, por lo cual, se debe colocar en la caja la identificación, en donde se coloca el nombre y dirección del exportador, envasador y/o expedidor y el código de identificación que maneja la empresa, así como la naturaleza del producto, país de origen, nombre de lugar, distrito y región en donde se produce, y las especificaciones comerciales referentes al calibre, categoría del producto y peso neto por caja (8). Como se puede observar en la Figura 35, el diseño del empaque contempla todos los aspectos solicitados por la norma para este tipo de comercialización, cumpliendo en estos aspectos.



(a) Largo.



(b) Ancho.

Figura 35: Detalle de datos requeridos por la norma en empaque Chayotes de Altura.

Finalmente, también se refiere a aspectos de cumplimiento de contaminantes en el producto e higiene, sin embargo, en estos casos, se hace referencia a las normas pertinentes de cada apartado, como la Norma General del Codex para los Contaminantes y las Toxinas presentes en los Alimentos y Piensos (CODEX STAN 193-1995) así como diferentes códigos para la higiene (8).

Cabe destacar que en cuanto al análisis de esta norma, se estudiaron principalmente los dos tipos de clasificación mencionados anteriormente y mostrados a continuación.

4.5.2. Comparación por categorías

En esta clasificación se evalúan defectos en forma, coloración y cicatrización, en cuanto a la forma, la norma no hace referencia específica en cuanto a la clasificación, es por esto que se determinaron como nulos, leves y marcados con respecto a la forma (surcos), para ello, se tomó como referencia un chayote con surcos bastante marcados como el que se observa en la Figura 36.



Figura 36: Chayote con defecto de forma con surcos marcados.

Para efectos de este factor a evaluar, se mantuvo siempre la muestra del chayote marcado como comparativo con los demás evaluados, evitando perder la línea de comparación, en el caso de los chayotes clasificados como nulos no presentaban deformación alguna, eran completamente lisos.

Los defectos por cicatrización eran principalmente defectos debido a insectos, como los que se muestran en la Figura 13 en el inciso d, en donde se observaban marcas por picaduras, sin embargo, este no fue un factor significativo en la muestra analizada, ya que las áreas fueron muy bajas.

Para esta categorización fue de suma importancia conocer el área superficial de los chayotes, ya que en el caso de los defectos por coloración son tomados como un porcentaje de área, es el mismo método que se utiliza en algunos casos para determinar daños o en cuestiones de cambios de coloración por madurez en diferentes productos (65).

En cuanto a los tres factores a evaluar en el caso de los defectos de forma encontrados, la mayoría de los chayotes evaluados presentaron deformaciones leves siendo estos un 54 % del total de la muestra analizada, principalmente por surcos como los mostrados en la imagen anterior, en el Cuadro 11, se presentan los resultados tanto en cantidad, como en porcentaje de los defectos por forma y en la Figura 37 se puede observar gráficamente el nivel de incidencia de cada categoría.

Cuadro 11: Cantidad de muestra y porcentaje clasificada para defectos físicos en nulo, leve y marcados.

Defectos	Cantidad	Porcentaje
Nulo	20	42 %
Leve	26	54 %
Marcados	2	4 %

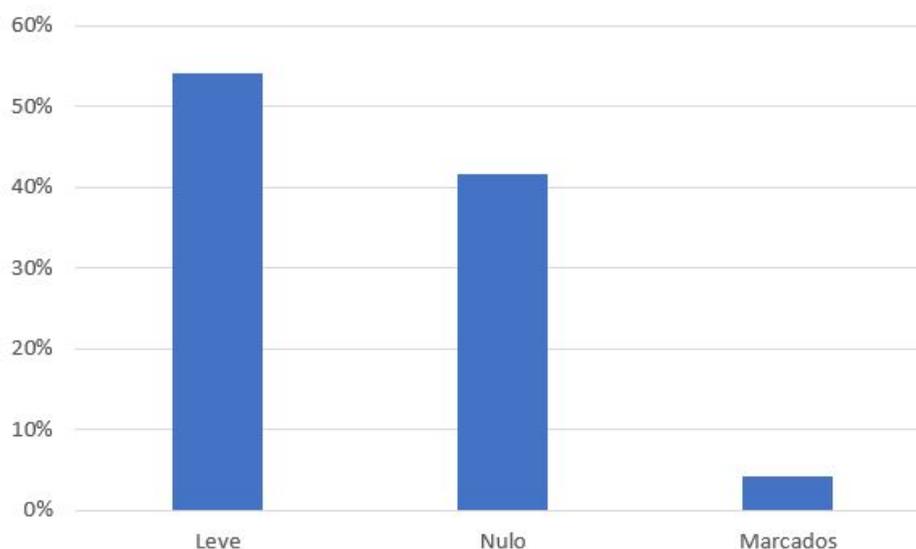


Figura 37: Porcentaje de defectos por forma para la muestra completa.

En cuanto al segundo factor que sería la coloración, como se mencionó, para ello se tuvo que obtener el área total de producto, siendo esta en promedio de 230,65 cm² con una desviación estándar de 34,71. Cabe destacar, que para cada chayote individual evaluado se le calculó el área total así como el área con problemas de coloración (en caso de tenerlo).

De los 48 chayotes evaluados 8 de ellos presentaron decoloración, debido a lo anterior el error de la muestra para efectos de este parámetro fue de un 11 %, ya que los restantes

40 chayotes tenían un valor de 0, para este cálculo del error se utilizó la ecuación 3, ya que son tratados como datos discretos en donde se evaluó si presentaban o no el defecto. El producto que tuvo una mayor área con defecto de coloración fue con un área de $1,20 \text{ cm}^2$, siendo este mismo producto el que presentaba el mayor porcentaje de área con coloración. Cabe destacar que el valor de área total presentada anteriormente era un área promedio, mas no el área que corresponde en específico a algún chayote. En este caso, el chayote con mayor área con defecto de coloración tenía un área total de $213,88 \text{ cm}^2$ y un porcentaje de área con el defecto de $0,56 \%$.

Para la cicatrización, se utilizó la misma fórmula de valores discretos para determinar el error de la muestra, teniendo esta un error de un 14% , esto debido a las mismas razones que en el caso de coloración, ya que habían valores que su área defectuosa era 0 cm^2 , es por ello que de igual forma, se dividió entre chayotes con y sin presencia de defecto. En este caso el porcentaje de chayotes que no tuvieron defecto por cicatrización fue menor, de un $35,4 \%$. El chayote que presentó mayor área de cicatrización, tenía un área de $1,36 \text{ cm}^2$.

Para la clasificación final en categorías Extra, I y II se tomaron en cuenta estos tres factores, la norma no es específica en sí en cuanto a valores mínimos o en el caso de los defectos de forma, es por ello, que para efectos de este trabajo los defectos de forma que se clasificaron en nulo, leve o marcados se destinaron de manera tal que los defectos leves representaban un valor de categoría I y marcados categoría II. Dentro de la misma norma se indica que aunque sean chayotes categoría II estos se pueden comercializar sin problema, ya que no representa un defecto que dañe en sí el producto o lo haga inocuo (8), únicamente es un factor estético.

Otro aspecto a considerar es que con solo que uno de los tres parámetros categorizara dentro de un rango menor, se clasificó el producto dentro de esa misma categoría, por ejemplo: si un chayote no presentaba defectos de forma, el porcentaje de coloración era menor al 3% , pero tenía un área mayor a 0 y menor a 3 cm^2 , se clasifica en la categoría I, ya que uno de los parámetros pertenece a esta categoría inferior.

Tomando en cuenta lo anterior, se realizó la clasificación final de los productos, predominando la categoría I por encima de la Extra y la II tal cual se puede observar en el Cuadro 12 y la Figura 38, en donde se observa que el $85,4 \%$ de los productos son de esta categoría. El principal factor que acrecentó esta categoría fueron los defectos leves de forma que presentaron los chayotes muestreados.

Además, se puede observar que la categoría Extra, siendo esta la de mayor calidad representa el 10,4 % de la totalidad de los productos, mientras que únicamente el 4,2 % son clasificados en la categoría más baja según la norma.

Cuadro 12: Cantidad de chayotes muestreados por clasificación en categorías.

Categoría	Cantidad	Porcentaje
I	39	85,4 %
Extra	7	10,4 %
II	2	4,2 %

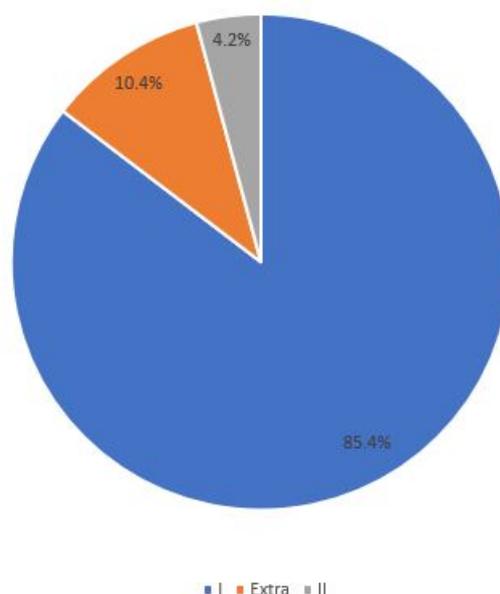


Figura 38: Porcentaje de categorías para la muestra tomada.

La selección realizada previamente por los operarios es una selección de alta calidad, esto pensando en que no se tuvo ningún chayote que no cumpliera con los requisitos de calidad mínima dados por la norma para la comercialización y en este caso la exportación de los productos.

Es importante hacer énfasis en que los defectos de forma, que fue la razón principal para bajar de categoría algunos productos, en su mayoría son leves y son únicamente factores visuales, siendo siempre el producto íntegro para su consumo y de una calidad alta.

4.5.3. Comparación por calibres

La clasificación por calibre se realizó mediante dos variables: peso y largo del producto, el tamaño de la muestra analizada fue la misma, de 48 chayotes en total, de igual forma que para el análisis de clasificación por categorías, en este caso también se calculó el error de la muestra para datos continuos debido a la naturaleza de datos (36). A partir de lo anterior, se obtuvo que para el peso, el error obtenido según la serie de datos es de 4 %, con un peso promedio de 324,04 g con una desviación estándar de 50,88. Así mismo, se obtuvo el largo promedio de los chayotes, siendo este de 9,85 cm con una desviación estándar de 0,72 y para lo cual, el error registrado dentro de la muestra fue de 2 %. En el Cuadro 13 se muestra el resumen de datos, así como los valores máximos y mínimos.

Cuadro 13: Resumen de dimensiones del producto tomadas para la clasificación por calibres.

	Promedio	Máximo	Mínimo
Peso (g)	324,04	442	246
Largo (cm)	9,85	11,08	8,47

Al igual que en el caso de la clasificación por categorías, los datos promedio no corresponden directamente a un producto en específico, es únicamente una representación de la muestra.

En la Figura 39 se puede observar la distribución en porcentaje de los chayotes según su peso, dividiéndolos en 4 segmentos: los chayotes con peso menor a 300 g, los que pesan entre 301 g y 350 g, los que tienen un peso entre 351 g y 400 g y finalmente los que su peso era mayor a 400 g. En este caso, se puede observar en azul que aproximadamente el 42 % de los chayotes analizados presentaban un peso menor a los 300 g y que conforme aumenta el peso el porcentaje de incidencia de chayotes disminuye, hasta llegar al caso de los chayotes con peso mayor a 400 g que representa únicamente el 10 % de la muestra aproximadamente.

Si se realiza un análisis de los porcentajes acumulados tal cual se observa en la Figura 39 en color anaranjado, se puede observar que aproximadamente el 70 % de los chayotes tenían un peso menor a 351 g.

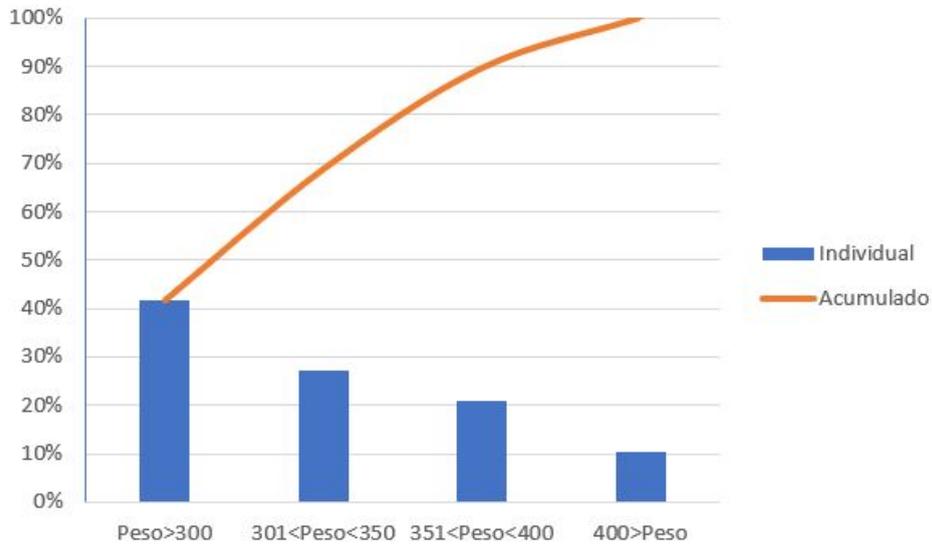


Figura 39: Distribución de porcentaje de chayotes según su peso.

Realizando el mismo análisis pero para el largo de los chayotes, se puede ver en la Figura 40 que la mayor cantidad de chayotes tenía un largo entre 10.01 cm y 11 cm, siendo este rango aproximadamente el 48 % de las muestras tomadas. Además, se puede ver que los chayotes con largos mayores a 11 cm fueron los que menos se encontraron, con únicamente el 4 % de la totalidad de la muestra. Si vemos el acumulado representado en color naranja, se observa que los chayotes que midieron menos de 10 cm de largo representan menos del 50 %, esto se debe a la gran influencia que tienen los chayotes entre 10.01 cm y 11 cm, ya que son casi la mitad del total de la muestra tomada.

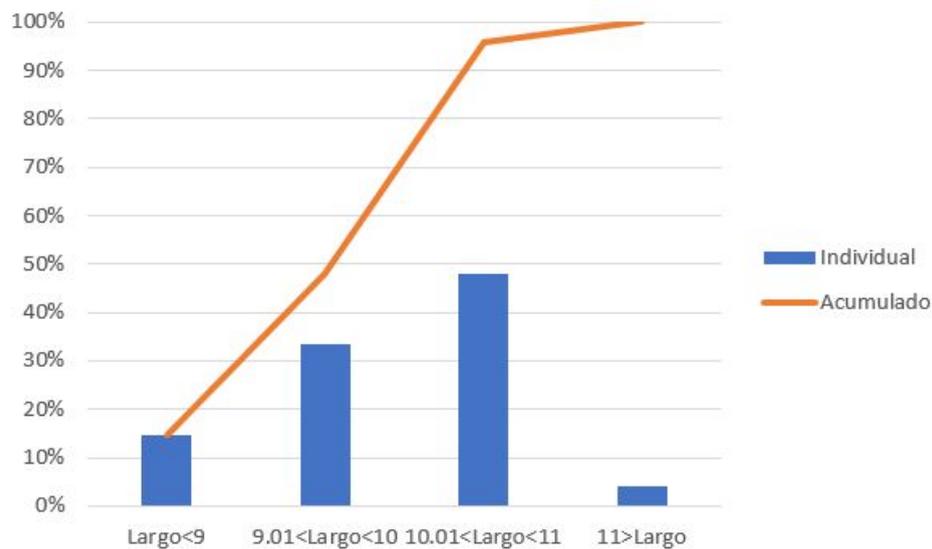


Figura 40: Distribución de porcentaje de chayotes según su longitud.

Comparando directamente los datos medidos con lo que dice la norma CODEX STAN 216-1999, se puede ver que el peso de los chayotes sí se puede clasificar entre los 4 calibres (A, B, C y D) que indica la norma, que van desde los 200 g hasta pesos mayores a 500 g, pero esto no sucede con el largo de los productos ya que según la norma, el largo mínimo para la clasificación es de 12 cm y el largo máximo de los chayotes medidos fue de 11,1 cm, siendo este valor menor al valor menor indicado por la norma que va de los 12 cm a más de 16 cm (8).

Según (17) la longitud de los chayotes variedad Jacq Sw, ronda entre los 4,3 cm y 26,5 cm, sin embargo, en el caso de (18) indica que para esta variedad las longitudes rondan entre 10 cm y 12 cm, lo cual, no corresponde con lo indicado por la norma. Cabe rescatar que la variedad de chayote analizada fue la conocida tradicionalmente como Quelite (*Seschium edule var. verns levis*) (66), la longitud promedio para esta variedad de chayote es de 9,3 cm a 18,3 cm (67), si se compara este dato teórico con lo recopilado en la empresa, se tiene que más de un 15 % de los chayotes se cosechan con un tamaño menor al indicado por la literatura, es por ello que no alcanzan los requisitos de clasificación de la norma. Un aspecto que influye directamente en esto es la solicitud de los compradores a nivel internacional, razón por la cual se puede justificar la cosecha de chayotes de ese tamaño (68).

Ahora bien, si se piensa en una forma estricta de clasificar los chayotes según lo que indica la norma, no se puede realizar, debido a que según la longitud de los chayotes, únicamente se podría clasificar por el peso que sí entra dentro del rango especificado. En este caso, se realiza la clasificación por peso tal cual se muestra en el Cuadro 14, para ello se tiene que el 47,7 % de los chayotes entran en la categoría B, seguido por la categoría A con un 41,7 % y finalmente la categoría C con un 10,4 %, de manera tal que no se tuvieron chayotes que excedieran los 500 g.

Cuadro 14: Clasificación por calibres según peso.

Clasificación	Cantidad	Porcentaje
A	20	41,7
B	23	47,9
C	5	10,4
D	0	0

4.6. Oportunidades de mejora

Como parte de las oportunidades de mejora, se propone abordar desde cuatro aristas que en conjunto mejorarán el proceso en planta y en general el quehacer de la empresa buscando obtener procesos más eficientes, lo cual significa que se buscará utilizar menor cantidad de recursos y una mayor ganancia económica, así como aumentar la productividad para la exportación. Las cuatro vertientes por las que se abordará serán:

1. **Balanceo de línea:** con esta medida, se ataca la situación actual de embotellamiento en la línea que disminuye la capacidad total de producción de la planta.
2. **Estandarización de parámetros de calidad:** con esta propuesta se podrá tener mayor claridad sobre la calidad de producto que se debe entregar basado en parámetros que responden al requerimiento del cliente, de manera que se tenga una selección más uniforme de chayote.
3. **Disminución de tasa de rechazo:** a partir de ello, se desea generar conocimiento en cuanto a los problemas de rechazo en diferentes periodos del año, de manera tal, que se puedan proponer mejoras a nivel de campo (fuente del rechazo).
4. **Propuesta de estructuración de un programa para la producción:** con esto se busca reorganizar de forma paulatina la operatividad de la empresa basándose en sus mismos datos históricos y trabajando de forma que permita tener más control de las variables, esto enfocado a la parte de la línea de acondicionamiento y empaque, pero involucrando a las otras áreas de la empresa, ya que estas deben trabajar como un solo y no de forma aislada.

Cabe destacar que dentro de estas oportunidades de mejora, únicamente el balance de la línea se deriva de los datos arrojados por este proyecto, las restantes oportunidades responden a lo evidenciado en el manejo de la planta y a revisiones bibliográficas.

4.6.1. Balance de línea

Para iniciar a atacar un problema que se presenta actualmente en la línea de acondicionamiento y empaque que va relacionado con la cantidad de veces que se requiere detener la línea debido a la diferencia de capacidades dentro de las actividades, se propone balancear la línea con los recursos disponibles, de manera tal que se busque llegar a que las capacidades de todas estas actividades sean similares y el flujo sea continuo, evitando con esto que se tenga que estar deteniendo la línea.

Partiendo de las capacidades actuales, se observa que la actividad que tiene la menor capacidad es el empaquetado, donde únicamente se logran procesar 2,91 cajas por minuto, la distribución de recursos para las capacidades actuales se pueden ver en el Cuadro 15.

Para recalcular las capacidades es importante destacar que solo se realizó una modificación en cuanto a la distribución del personal, es por ello que para las actividades de lavado y embolsado que no requieren directamente de personal, se mantuvieron las capacidades actuales, sin embargo, para el caso del balance propuesto, se tiene que la distribución más óptima conservando la misma cantidad de personal es la propuesta en el Cuadro 15.

Cuadro 15: Capacidad actual y recalculada variando la cantidad de recursos por actividad.

Actividad	Actual		Propuesta	
	Personas	Capacidad (cajas/min)	Personas	Capacidad (cajas/min)
Selección	8	7,08	5	4,42
Lavado	-	4,19	-	4,19
Encerado	-	3,09	-	3,09
Embolsado	6	4,50	6	4,50
Empaquetado	4	2,91	6	4,37
Pesado	2	12,90	2	12,90
Estibado	3	3,00	4	4,00
Promedio		5,38		5,35
Desviación estándar		3,62143		3,36356
Coefficiente de variación		67%		63%

Con esta distribución mostrada, se logra tener una capacidad más uniforme dentro de la línea, la desviación estándar y el coeficiente de variación disminuyen, mejorando en un 7% este último factor, por lo cual, teóricamente, se disminuiría la cantidad de veces que se apagan los equipos para contrarrestar la acumulación de producto en el cuello de botella actual (empaquetado) Cabe destacar que si se despreciara la actividad de pesado sabiendo que solo se contabilizó el tiempo neto y no en ciclo, el coeficiente de variación disminuiría aún más, logrando ser más estable la línea.

Como se puede observar, al realizar el nuevo cálculo de las capacidades, la actividad de encerado queda por debajo de las otras actividades, siendo teóricamente este el nuevo cuello de botella, sin embargo, para aumentar esta capacidad, se debería hacer un estudio de la afectación de aumentar la velocidad de la banda de encerado para lograr tener más producción por minuto, esto podría tener un efecto directo en cuanto a la eficiencia de aplicación de cera debido a la disminución en el tiempo de aplicación.

4.6.2. Estandarización de parámetros de calidad

Dentro de la empresa Chayotes de Altura SA no se cuenta con un sistema estandarizado de calidad del producto, lo que hace que su selección tanto en campo como en planta sea subjetiva según el seleccionador, siendo esto un posible sesgo entre lo que se acepta o se rechaza. Si bien es cierto el productor es quien conoce las exigencias del comprador debido a la experiencia de venta, lo ideal en estos casos es documentar y estandarizar los parámetros de calidad, logrando con esto tener uniformidad en los productos exportados.

Para poder estandarizar la calidad, inicialmente se deben determinar las variables que se consideran importantes para la exportación, estas deben responder a los requerimientos específicos de los clientes, como base de esto se pueden utilizar las variables que presenta el CODEX Alimentarius en la norma CODEX STAN 216-1999 vista anteriormente, en donde se parte de variables como el largo, peso, presencia de estrías, cicatrices y coloración (8). Adicional a lo anterior, se deben determinar parámetros como tolerancia de daños por insectos, evidencia de plagas en el fruto, presencia de hongos y bacteria, en el caso específico de la empresa Chayotes de Altura SA, se deben tomar como base, los parámetros de aceptación de los principales factores de rechazo que se evidenciaron en este proyecto, esto debido a que ya se ha observado que en la zona que se trabaja estas son las principales afectaciones a lo largo del tiempo, tomando como referencia lo escrito por (26).

El proceso de estandarización inicial puede no tener tanto detalle en cuanto a los rangos de los parámetros a evaluar, tal cual lo propone (14), pero este se puede detallar con el tiempo y con la experiencia de la selección, por ello, es de gran importancia no solamente determinar los parámetros y estandarizarlos, sino también documentar periódicamente la información obtenida de la revisión de la calidad.

Para estandarizar los parámetros de calidad, además, es de gran ayuda contar con insumos visuales que permitan determinar la calidad de los productos, esto para facilitar el proceso de la clasificación y que este sea menos subjetivo, ya que como se vio en el caso de la norma analizada, en cuanto a la forma del producto (estrías) no se tenía total claridad de lo que era aceptable y no aceptable (8), teniendo siempre un factor de subjetividad en la clasificación.

4.6.3. Evaluación periódica de tasa de rechazo

Si bien es cierto, el producto que es rechazado se comercializa a nivel nacional, esto implica una pérdida directa en las ganancias de la empresa, ya que el precio de venta a nivel nacional es menor que el de exportación, es por ello, que reducir la tasa de rechazo debe ser un punto de atención dentro de la empresa.

Realizar mediciones periódicas como las mostradas anteriormente en cuanto a la tasa de rechazo, permitiría tener un panorama más certero de las afectaciones estacionales, de manera tal, que teniendo un mapeo de los principales defectos encontrados permitiría tomar acciones en campo para ajustar las prácticas agrícolas de manera tal que se busque minimizar la afectación de factores bióticos y abióticos al producto en la medida de lo posible.

Para ello, es importante tener un plan de comunicación que sirva como un canal directo entre lo que se obtiene en planta por medio de la inspección y lo que se ejecuta en campo, permitiendo así aumentar el porcentaje de producto que se exporta, que actualmente ronda el 70% del total de la cosecha. Adicional, se debe tener ayuda visual que permita determinar por medio de los parámetros de aceptación si un producto se debe rechazar, evitando que continúen en la línea productos que no cumplen con los requisitos mínimos de exportación.

4.6.4. Planeamiento de ventas y operaciones

La implementación de un sistema S&OP dentro de la empresa permitiría tener un balance entre la demanda de producto y los requerimientos de suministros, conectando así toda la cadena de actividades, ya que estos requerimientos van a estar directamente en función de la demanda histórica. Para ello se debe tomar en cuenta toda la cadena de valor de la empresa, englobando todas las áreas en una herramienta.

Algunas de las claves del éxito de un sistema S&OP es entender que no es solamente una reunión de partes, sino que se trata de un proceso que debe cubrir todas las etapas y cumplir con los objetivos de cada una de ellas (28).

Otro factor importante por el cual, algunas empresas fallan al implementar estos procesos es debido a que no interiorizan el hecho de que la demanda potencial debe ser respuesta y estar en función del comportamiento del mercado y que no debe ser influenciada por

elementos internos de la empresa, ya que se trata mas allá que solo de ventas y objetivos financieros que la empresa como tal, se pueda plantear. Es usual que cuando las empresas confunden esto, se obtengan demandas potenciales poco creíbles y realistas que conllevan a tomar decisiones operacionales y comerciales incorrectos, saliéndose de los objetivos del S&OP y de la empresa (28).

En la empresa Chayotes de Altura SA, se debe iniciar haciendo un análisis general de la empresa, para así ir determinando la madurez de los procesos y de esta forma ir implementando el S&OP, para ello se requiere lo siguiente:

- Planear el pronóstico de ventas con respecto a la demanda de producto.
- Alinear las ventas esperadas con la capacidad de producción (salida de producto) para balancear ambas partes.
- Dar seguimiento y control al proceso (definición de métricas, documentación de parámetros obtenidos, responsables).
- Desarrollar reuniones periódicas.
- Alinear el paso de información y complementarla con todos los departamentos para trabajar bajo una misma base y no como entes aislados.

4.6.5. Cultura de mejora continua

Dentro de la cultura de mejora continua, se deben incluir herramientas como el SI-POC, en la cual, es importante que se defina el flujo de trabajo que se desea incluir dentro de los límites para implementar la herramienta, ya que a partir de ellos se definen los actores y el rol que estos representan en el sistema, por ejemplo: si se define únicamente para el proceso de acondicionamiento y empaque de la planta (caso Chayotes de Altura SA), podemos identificar varios proveedores, tal cual lo serían los proveedores externos de materia prima y los proveedores internos como gerencia agrícola (cosecha) y Gerencia Administrativa y finanzas. Por su parte, la gerencia Administrativa también es parte de las entradas, ya que son quienes gestionan toda la compra de materiales con proveedores externos. En cuanto a la parte de proceso y salidas, estaría liderado por la gerencia de la planta empacadora y el equipo de producción industrial, ya que el primero ejecuta y el segundo planifica. Por último, para la parte de Clientes, estaría a cargo de la gerencia Comercial, ya que este es el departamento encargado del contacto directo con clientes y

manejan esta logística (ver figura 41).

Cabe destacar que la figura 41 es un diagrama que ilustra y que posteriormente se debe delimitar con mayor exactitud según los roles específicos dentro de la empresa.

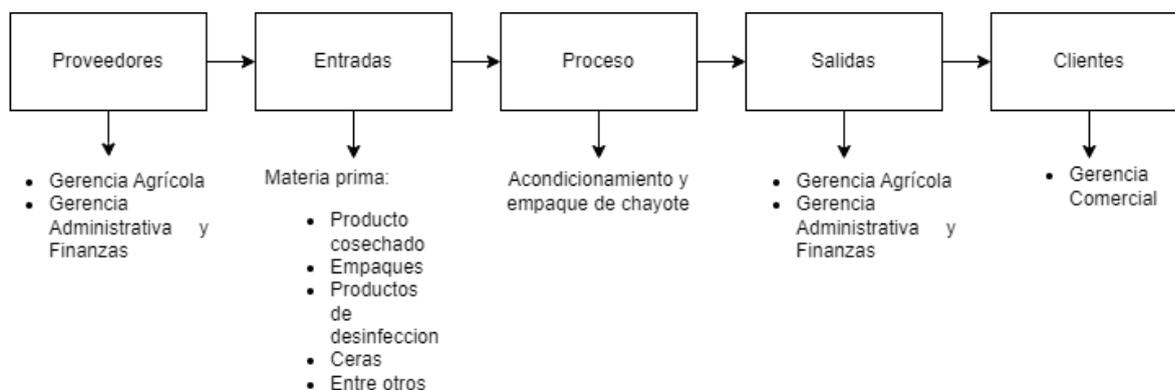


Figura 41: Proceso SIPOC. Fuente: Elaboración propia.

La cultura se basa en el ciclo de Deming o ciclo de mejora continua es un herramienta para determinar puntos de mejora de manera cíclica, la cual, se alimenta de sí misma, ya que cuando se inicia su implementación, se van a definir puntos de mejora que a lo largo del ciclo se van a ir trabajando, una vez terminado el ciclo, idealmente se tendrá una mejora en el proceso. Es una herramienta que se alimenta de sí misma, debido a que, aunque en una primera instancia se hayan conseguido los resultados adecuados para la solución del momento, las condiciones varían con el tiempo, por lo que se deben realizar estudios periódicamente para verificar que nos encontramos en un estado aceptable o de lo contrario volver al ciclo de mejora continua.

La implementación de los procesos de mejora continua permiten que constantemente se evalúen las condiciones de funcionamiento ya sea de una etapa o un proceso completo, en el caso de la empresa Chayotes de Altura SA sería de gran valor, ya que si bien es cierto se han realizado cambios a lo largo del tiempo, no se evalúan periódicamente, de forma tal que no se determina que existe un punto de mejora hasta que se vuelve una necesidad o un requerimiento debido a síntomas notables en los procesos.

4.6.6. Programación de la producción

En cuanto a la programación de la producción, en la empresa Chayotes de Altura SA, se debe iniciar por realizar un mapeo general de ejecución de actividades actuales que

den pie al programa que se desea ejecutar a futuro, para ello se deben detallar el paso a paso de las actividades que permitan tener claridad de los tiempos de los proceso, desde el ingreso del pedido, hasta la entrega. En el caso de tener datos históricos, se debe tomar en cuenta esta información como base para desarrollar el programa.

En la empresa Chayotes de Altura SA, se cuenta con la información actual de la capacidad de maquinaria, especificaciones de materiales requeridos, la capacidad del recurso humano y la secuencia de tiempo por operación y por producto, la cual fue mostrada anteriormente en el documento, sin embargo, cabe destacar que estas condiciones pueden ser cambiantes con el tiempo, por lo cual, se deben estar reevaluando según los cambios.

Además, se utiliza un método de producción en serie, el cual consiste en un sistema de producción centrado en el producto, lo que quiere decir que la producción va a depender del lote a producir, en este caso, de la cantidad de producto que se debe procesar. En este punto, es importante entender que la programación debe contemplar los tiempos de requisición de las materias primas, esto para lograr cumplir a tiempo con los pedidos. Además, se utiliza principalmente la planeación hacia atrás, ya que si bien es cierto el estímulo principal para la producción es la madurez del producto, la planeación de la programación se hace con respecto a la demanda de los clientes y a la fecha de entrega del producto, con lo cual, se estima el tiempo requerido para preparar lo pedidos y con base en eso, se ajusta la programación. En algunas ocasiones cuando no se cuenta con gran cantidad de pedidos, se utiliza la programación hacia adelante, ya que se procesa el producto sin tener una fecha de entrega definida.

A partir de lo anterior, se puede iniciar la estructuración de la programación de la producción, para posteriormente, implementarla en el quehacer de la empresa, buscando siempre mejorar el rendimiento de los procesos y la eficiencia económica.

4.6.7. Instalaciones

Para el caso de las instalaciones, se pueden mejorar los alrededores de la planta, existe un caño detrás de la planta, que no está dentro de la planta, sin embargo, puede ser un foco de contaminación atrayendo roedores, de igual forma, en el ingreso de camiones y parqueo, se puede pavimentar la zona para evitar el ingreso de polvo y partículas en la planta. Además, se recomienda mantener las puertas de recibo cerradas en todo momento.

La limpieza de paredes se puede mejorar realizando una curva entre el piso y la pared para facilitar la limpieza y el secado, evitando acumulación de agua y productos. De igual forma, se debe mejorar el desagüe en la zona del encerado donde ocurre empozamiento debido al derrame del equipo, el cual, debe ser revisado para evitar derrames.

Otro aspecto a mejorar es colocar puertas corredizas de zarán en el ingreso de producto, permitiendo que haya ventilación e iluminación, pero protegiendo de plagas y roedores exterior. En cuanto a la sección de servicios sanitarios, se debería contar con duchas dentro de la planta, ya que se trabaja en la línea con productos de limpieza que pueden generar accidentes y con los cuales, se puede requerir una ducha. A manera de resumen, en el Cuadro 16, se pueden observar los principales hallazgos encontrados, así como las oportunidades de mejora para cada uno de ellos y una solución propuesta para implementar.

Cuadro 16: Oportunidades y soluciones propuestas para los hallazgos.

Hallazgo	Oportunidad de mejora	Solución propuesta
Paros de la línea	Balaceo de línea	Redistribución de personal en actividades
Escasez de control en proceso	Documentar el proceso	Diagrama SIPOC
	Estructurar y documentar un programa para la producción	S&OP
Proceso estancado (mejora continua)	Implementar gestión por procesos	Programación de la producción
Desconocimiento sobre el proceso y sus variables	Formalizar gestión de procesos	DMAIC (Ciclo de mejora continua)
Gestión empírica	Sistematización de la unidad productiva	Diagrama SIPOC
Deficiencia de instalaciones	Evaluar el mejoramiento en las condiciones	Programación de la producción
	Evaluar alrededores	Drenaje y derrames en encerado
		Pavimentar parqueo
		Controlar caños de alrededores
		Colocar duchas
Factores de rechazo de producto	Estandarizar proceso de evaluación de rechazos	Documentar y evaluar periódicamente
Deficiencia en parámetros de calidad	Estandarizar parámetros a evaluar	Prácticas agrícolas en función de defectos presentes
		Documentar y evaluar periódicamente

5. Conclusiones

1. La línea de acondicionamiento y empaque con que cuenta la empresa Chayotes de Altura SA cuenta con siete actividades: Selección, Lavado, Encerado, Embolsado, Empaquetado, Pesado y estibado, mismas que coinciden con las propuestas por otros autores, con la diferencia de un orden distinto en cuanto al lavado y la selección según lo visto, ya que los autores proponen líneas donde la selección se realiza posterior al lavado, caso contrario a lo que se realiza en la planta estudiada, además, se cuenta con la actividad de armado de cajas, la cual, es paralela a la línea principal.
2. El principal cuello de botella obtenido por el estudio de capacidades fue en la actividad de empaquetado, según lo calculado, solo se logran procesar 2,91 cajas/minuto, siendo esto aproximadamente 2,5 veces menor a la actividad de selección (7,08 cajas/minuto), provocando así las constantes paradas del sistema.
3. Se determinó que el 27,3% del producto que se cosecha no puede ser exportado debido a su calidad, esto para los factores de rechazo estudiados.
4. En la clasificación por categorías según la norma CODEX STAN 216-1999, se obtuvo que el 85,4% de la muestra era categoría I, seguido por un 10,4% en categoría Extra y un 4,2% categoría II, no se obtuvo ningún producto con una clasificación menor.
5. Comparando con la norma utilizada, no se pueden clasificar los chayotes muestreados con respecto al largo, ya que se indica que la longitud mínima es de 12 cm y para este caso, el largo máximo que se presentó fue de 11,1 cm, por lo cual, no es posible realizar esta clasificación, esto se debe a la variedad de chayote evaluada (*verns levis*).
6. Con respecto al diseño de instalaciones, la empresa cumple con la mayoría de los puntos que fueron estudiados (76,47%), incumpliendo únicamente en un 9,41% y con un 14,12% de no aplicabilidad, siendo esta apta para productos alimenticios.
7. Se identificaron cuatro principales puntos de mejora, los cuales corresponden a: paros constantes en la línea debido a desbalance de capacidades, escasa determinación de parámetros de calidad para evaluación del producto y su documentación, desconocimiento de factores de rechazo con respecto a la época del año y su documentación para mejorar prácticas agrícolas y una gestión empírica con deficiencias en cuanto al control de toda la cadena productiva.

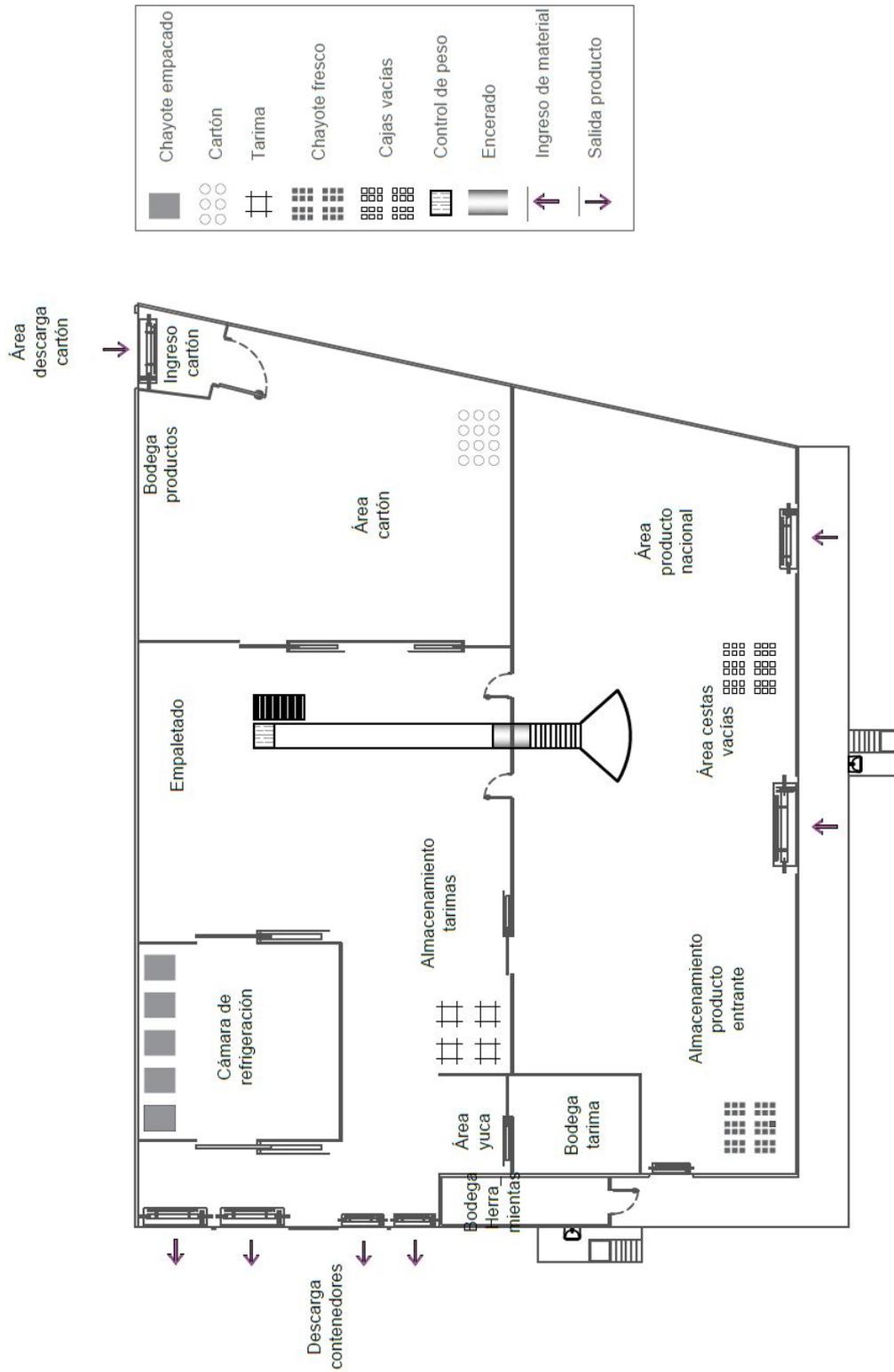
8. Se realizó un balance de la línea proponiendo una redistribución de personal, realizando este cambio se podría pasar de procesar 2,91 cajas/min a 3,09 cajas/minuto aumentando en aproximadamente un 6% la capacidad, y reduciendo en un 7% el coeficiente de varianza en las capacidades.
9. El balance de línea propuesto genera un nuevo cuello de botella en la actividad de encerado, a la cual, no se le modificó la capacidad ya que no se requería de personal, si esta es modificada con un cambio en la velocidad de la banda, se lograría aumentar la capacidad logrando balancear nuevamente la línea a una capacidad mayor.
10. La estandarización de los parámetros de calidad, así como la evaluación constante de los factores de rechazo de producto en planta y sus respectivas documentaciones, aunado a la implementación de herramientas como S&OP, SIPOC, ciclo de Deming, y la estructuración e implementación de un programa para la producción basado en datos de la empresa, ayudarían a mejorar la productividad, manejo de espacios, recursos y el rendimiento en general, logrando estructurar de forma más eficiente el día a día dentro de la empresa.

6. Recomendaciones

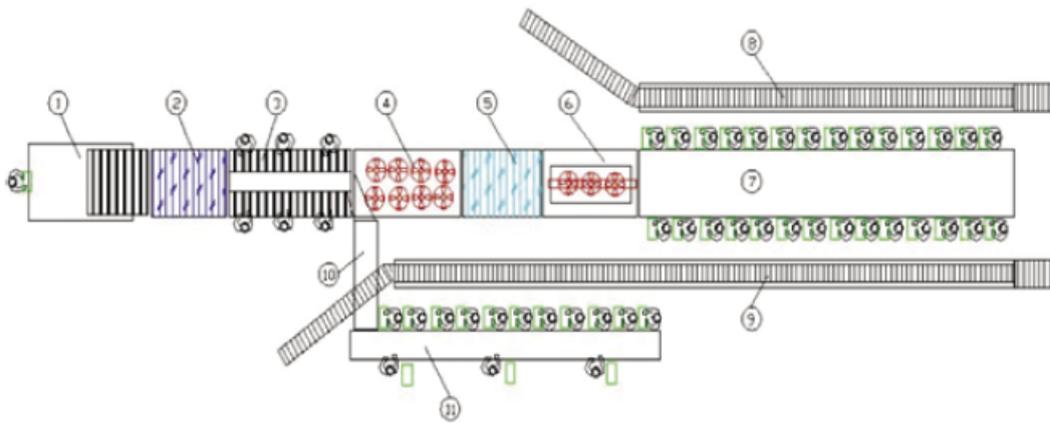
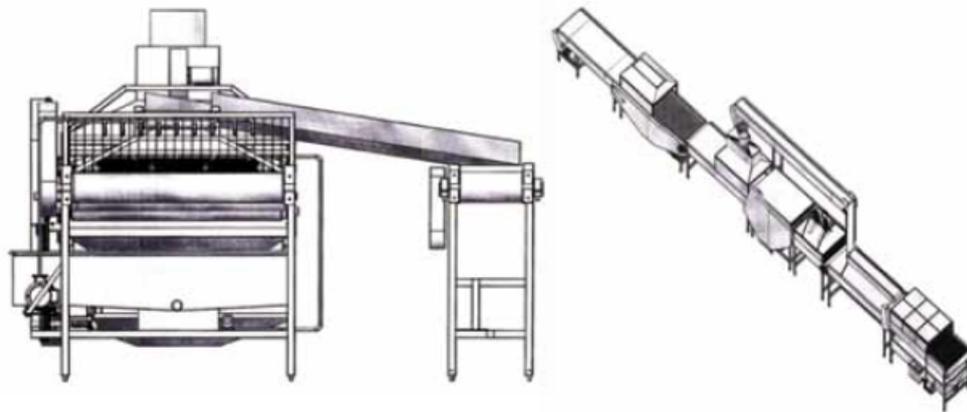
1. Con respecto a los estudios realizados tanto de calidad como rechazo, es importante realizar estos estudios de manera continua para poder evidenciar el efecto que tienen las diferencias climáticas en cuanto a la calidad y pérdidas del producto (comercio nacional), ya que de esta manera se puede tener una mejor visibilidad de lo que se debe atacar para maximizar la eficiencia de todo el proceso, para ello, tomar en cuenta la época seca y lluviosa.
2. Evaluar la incidencia de daño mecánico dentro de la línea de acondicionamiento y empaque que pueda tener el producto, tomando en cuenta la manipulación de los operarios y factores como diferencias de altura en los equipos.
3. Realizar un estudio sobre la aplicación de la cera aumentando la velocidad de giro de los rodillos, esto para lograr balancear de una mejor forma la línea de acondicionamiento y empaque, es importante realizar este estudio ya que al aumentar la velocidad de avance, el tiempo de exposición a la cera será menor influyendo esto en que sea posible que no se tenga la aplicación adecuada para proteger el producto.
4. Otro factor importante es realizar un estudio que evalúe toda la cadena de valor en la empresa, ya que en este trabajo se enfocó en el proceso de acondicionamiento y empaque, sin embargo, las otras áreas es posible que tengan puntos de mejora, con lo cual, se podría lograr haciendo una vista macro de la situación actual, ver cuales serían cambios óptimos para mantener todo el sistema en una misma línea de acción enfatizando ciertos puntos a atacar.
5. En cuanto a las condiciones de las instalaciones, es importante mejorar algunos factores como los alrededores, en específico en el área de parqueos, al ser una zona de lastre genera grandes cantidades de polvo con el ingreso de los camiones, además, tomar en cuenta posibles zonas aptas para la propagación de plagas como caños y alcantarillas que son un riesgo que se podría manejar con pequeños cambios.
6. Es importante entender que los sistemas no son estáticos y por ello se debe estar reevaluando constantemente las mediciones, para ello también definir de forma objetiva y cuantitativa factores a evaluar para medir el rendimiento y la eficiencia de la empresa y con ello poder realizar comparativas en el tiempo y tener el comportamiento que tiene la empresa ante los cambios que surgen.

7. Adoptar un sistema de mejora continua como el propuesto en este proyecto para poder ir encontrando los puntos débiles a mejorar según las condiciones y lograr así buscar la mayor eficiencia de la empresa, ya que esto maximizará la producción, disminuirá los costos y aumentará los ingresos totales percibidos.
8. Buscar redirigir las acciones de la empresa a un sistema de jalar, esto quiere decir que el impulso de la producción sea la demanda y no la cosecha de producto, ya que actualmente se tiene un sistema de empuje debido a que lo que promueve la producción es la cosecha por madurez, teniendo en ocasiones acumulación de producto listo para salir, pero no la cantidad de pedidos para contrarrestar esta producción.
9. Evaluar directamente en el producto si las concentraciones utilizadas de ECO AP 15 como agente desinfectante, la cera everfresh 14EC y el agrobrush como agente biocida, fungicida y bacterizida cumplen su funcionamiento ideal en el producto, esto debido a que no se utilizan las concentraciones recomendadas por el fabricante.
10. Por último, implementar las herramientas vistas anteriormente como el S&OP y la programación de la producción, para lograr balancear la demanda con la producción, Así como poder mejorar el sistema de inventarios, requerimiento de materias primas, entre otros y aumentar la eficiencia productiva en general.

7. Anexos



Anexo 1. Vista en planta de planta empacadora (Fuente: elaboración propia).

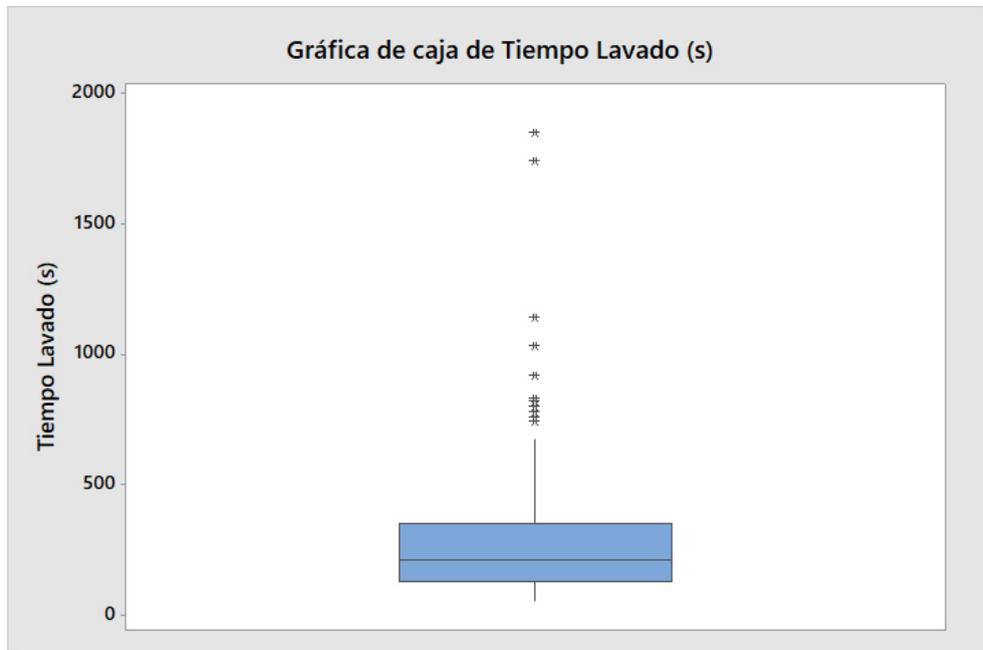


- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. TINA DE RECIBA EN AGUA | 6. UNIDAD DE SECADO |
| 2. UNIDAD DE LAVADO | 7. BANDA DE EMPAQUE PARA EXPORTACIÓN |
| 3. MESA DE SELECCIÓN | 8. TRANSPORTADOR DE CADENA |
| 4. UNIDAD DE PRESECADO | 9. TRANSPORTADOR DE CADENA |
| 5. UNIDAD DE ENCERADO | 10. PASABANDA |

H

Anexo 2. Detalle de línea de empaque estándar en una planta empacadora de chayote.

Fuente: (4).



Anexo 3. Diagrama de caja para determinar valores atípicos en la actividad de lavado y desinfección.

En las ecuaciones 15 y 16 se observa el cálculo de la velocidad angular y la velocidad lineal, para pasar de rpm a m/s.

$$w \text{ (rad/seg)} = \frac{\text{rev}}{\text{min}} \cdot \frac{\text{min}}{\text{seg}} \cdot \frac{2\pi\text{rad}}{1 \text{ rev}} \quad (15)$$

Donde:

w = velocidad angular (rad/seg)

Rad = radianes

Rev = revoluciones

Seg = segundos

Min = minutos

$$V = w \cdot r \quad (16)$$

Donde:

V = velocidad lineal (cm/s) r = radio (cm)

7.1. Elementos de un S&OP

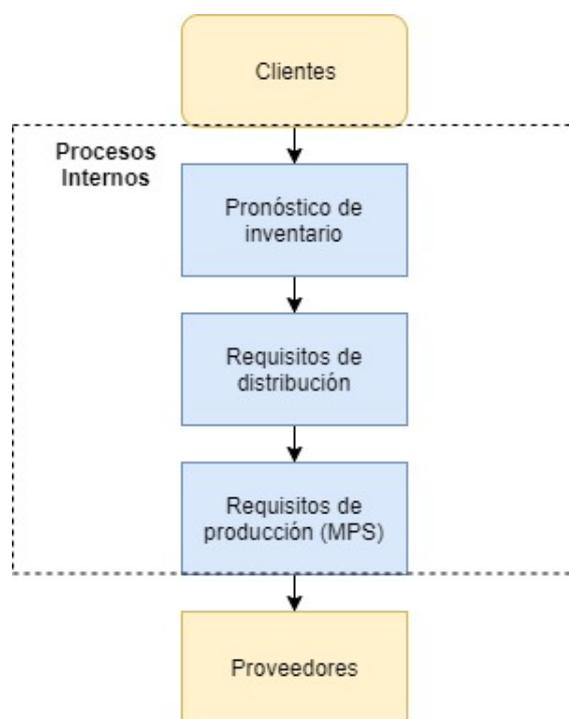
1. **Plan de demanda:** para llevar a cabo el plan de demanda, son necesarios 3 elementos, inicialmente, la generación de pronósticos estadísticos que servirán como base para obtener la información e identificar patrones de comportamiento para realizar proyecciones, seguidamente, se realizan una serie de ajustes a los estadísticos por medio de los encargados de ventas y mercadeo, esto debido a que ellos son los que tienen conocimiento del comportamiento de la demanda del producto. Y por último, se debe realizar una junta de demanda para buscar un consenso entre las áreas respectivas a la demanda del producto (2).

Dentro de todo esto, se deben entender las características de la demanda (estacionalidad, tendencia, variabilidad, entre otras), el comportamiento del mercado, promociones y prácticas comerciales, en este caso, todo referente principalmente al mercado de exportación de los diferentes países (2).

2. **Plan de suministros:** en esta etapa se compara las capacidades de la empresa (2), para el caso en estudio, se realizó previamente un análisis de capacidades dentro de la planta empacadora, sin embargo, esto también debe realizarse dentro de las demás operaciones unitarias que conlleva el proceso, así como evaluar periódicamente para tener un proceso de mejora continua (32) tal cual veremos más adelante. Con lo anterior, se busca definir partiendo del plan de demanda si es posible cumplir a tiempo con la cantidad de producto y en el periodo que se solicita (2). Si observamos, lo que se realizó en secciones anteriores, es un plan de capacidad, sin embargo, como se mencionó, este se debe escalar a toda la operatividad de la cadena de suministros para obtener cuellos de botella que puedan mejorarse y así lograr obtener la capacidad de abastecimiento, producción, almacenaje y transporte (2).

Como se mencionó anteriormente, para realizar el plan de suministros se debe partir de la demanda estimada, o bien, del impulso del cliente, con base en esto se inician los procesos internos como el pronóstico de inventario requerido, seguido de los requisitos para la distribución y los requisitos de producción incluidos en el Plan Maestro de Producción (MPS), para finalmente, culminar con la solicitud a los proveedores, en este caso, pueden ser proveedores internos o externos, por ejemplo: partiendo del hecho de que en este proyecto se está evaluando únicamente la planta empacadora, el ingreso de producto es dado por un proveedor, el cual sería el equipo

de cosecha directamente, este vendría siendo un proveedor interno, en el caso de insumos como material de empaque, esto viene dado por un proveedor externo, ya que este está fuera de la unidad de producción (3), en el Anexo 4, se puede observar un ejemplo de la gestión de compra de los suministros basados en la demanda de producto.



Anexo 4. Gestión de compra de insumos con respecto a la demanda. Fuente: (2).

3. **Revisión Financiera Pre-S&OP:** en esta etapa se evalúan los dos planes desarrollados anteriormente para confirmar que estén alineados y se pueda abastecer toda la demanda con la producción actual que se tiene. Para este punto, se deben realizar análisis más profundos, como la comparación del plan de ventas y operaciones que se tiene con respecto a los objetivos financieros del negocio (ventas, utilidades, activos invertidos, entre otros), de igual forma, en esta etapa se deben generar estados financieros proyectados con respecto a la demanda y capacidad obtenidas (2).
4. **Junta SOP:** para esta última etapa se deben tener definidos como:
 - Analizar indicadores previamente definidos y establecer acciones de mejora.
 - Plan de ventas y operaciones anteriores y escenarios acordados previamente.

- Acuerdos con respecto a acciones a tomar en relación con la capacidad y la administración de la demanda.
- Identificación de decisiones críticas a tomar por directivos (en caso de ser más de uno).
- Revisión de escenarios.
- Comunicar el plan de ventas y operaciones y las acciones a tomar a los demás colaboradores de la empresa (2).

7.2. Tópicos para determinar la madurez de un proceso

1. **Reuniones y colaboraciones:** en esta dimensión, se evalúa el componente humano. En la etapa 1, no se cuenta con reuniones formales y las funciones trabajan de forma independiente, en ocasiones, provocando desaliniamiento de incentivos. En la etapa 2, se inicia la discusión del S&OP, sin embargo, la planificación sigue siendo independiente y se carece de integración, en esta etapa se corre el riesgo de que la empresa tome decisiones con base en solo una parte de la información relevante. Etapa 3, las funciones de ventas y operaciones tienen sus propias reuniones previas para preparar los planes a presentar en la reunión formal del S&OP, estos planes usualmente no son del todo detallado, tomando en cuenta solo proveedores y clientes principales. Etapa 4, es una mejora de la etapa 3 en donde se incluyen tanto a los clientes, como a los proveedores en la reunión de S&OP y se incluyen no solo los grandes clientes, sino también los mas pequeños. Etapa 5, se realizan reuniones impulsadas por los eventos de la etapa 4, el objetivo es tener la información precisa, oportuna, actualizada y disponible para hacer frente a los problemas en el momento en que estos se hagan presentes (30).
2. **Organización:** en esta dimensión se entiende la estructura del S&OP y se evalúa el compromiso organizacional que tiene la empresa, en la Etapa 1, no existen responsables en el plan S&OP. En la Etapa 2, no se cuentan con funciones oficiales en el plan, pero algunos colaboradores ejecutan algunas tareas aisladas del S&OP como comparar planes de ventas con planes de operación para lograr los objetivos financieros. En la Etapa 3, se cuenta con una función especial para el S&OP, sin embargo, no es independiente, ya que opera bajo otra función. En la Etapa 4, se cuenta con una función específica e independiente del S&OP, y además, se cuenta con representación de alto nivel gerencial. La Etapa 5, es similar a la Etapa 4, con la diferencia de que en esta etapa sí se entienden los beneficios de adoptar el proceso

S&OP y practicar activamente de él, con lo que se consigue un involucramiento de todos en la empresa y se entiende y respeta el S&OP (30).

3. **Mediciones:** se busca evaluar la medición del desempeño y la efectividad del proceso S&OP. En la Etapa 1 no se cuenta con medidas establecidas, únicamente el estándar de contabilidad financiera. Etapa 2, se evalúa si los planes operacionales cumplen con los de ventas. En la Etapa 3, se agrega una medición más en donde el equipo de ventas mide la precisión con que se cumplen sus pronósticos. En la Etapa 4, se incluyen dos nuevas mediciones: la efectividad de introducción de nuevos productos (en caso de aplicar) y la efectividad del S&OP, en donde se toman cuenta los comentarios de las entidades que participan del proceso y se diseñan mejoras para ser implementadas. En la Etapa 5, se agrega la medición de la rentabilidad al S&OP (30).
4. **Tecnología de la información (TI):** en este punto, se mide la evolución de la implementación de herramientas de TI como un soporte del proceso. En la Etapa 1, se cuenta con algunas hojas de cálculo de diferentes propietarios que no comparten la información, ni la consolidan. En la Etapa 2, se procede a consolidar las hojas de cálculo existentes, pero de forma manual. En la Etapa 3, ya se cuenta con una forma automatizada de unificar la información. Para la Etapa 4, la empresa ya cuenta con un software de optimización de ingresos y operaciones, pero los planes no están optimizados de manera conjunta. En la Etapa 5, el software ya puede proporcionar a la empresa la información sobre las variables que afectan la optimización entre las ventas y el tiempo real debido a que abarca todos sus aspectos (30).
5. **Integración del plan S&OP:** para esta dimensión, se mide la manera en que la empresa define sus planes de ventas y operaciones, como estos interactúan y toman en cuenta las limitaciones de cada uno. Para la Etapa 1, no se cuenta con planificación S&OP, solo se busca cumplir con los pedidos sin planificación previa. En la Etapa 2, el proceso es ejecutado por Ventas, en donde define su pronóstico sin tomar las entradas de la función de operaciones, o sea, no hay interacción o es mínima. En la Etapa 3, el proceso sigue siendo similar, con la diferencia de que se toma en cuenta la retroalimentación del área de operaciones y se cuenta con una interacción de flujo en doble vía, para esta etapa, los planes ya deben contemplar las entradas comerciales. En la Etapa 4, el proceso se desarrolla en conjunto entre la función de ventas y operaciones, además, se consideran las limitaciones de capacidad y con base en esto se ajustan los planes de ventas. En la Etapa 5, se logra el punto máximo, en donde la oferta y la demanda se alinean de forma que los ingresos por

ventas y operaciones se comunican en línea directa y aunado a esto, se busca la eficiencia para alcanzar el beneficio óptimo (30).

7.3. Pasos del ciclo de Deming

El primer paso del ciclo de Deming es la **Planificación**, en esta etapa se deben definir todos los parámetros iniciales del proceso, así como hacerse las siguientes preguntas: ¿Qué se va a hacer? y ¿Cómo se va a hacer?, esto porque es acá en donde debemos dejar claros los pasos y pautas a seguir para mejorar un problema.

El segundo paso, es **Hacer**, como bien lo dice la acción, consiste en ejecutar lo que se había planificado en la etapa anterior, es poner en marcha todos los cambios y medidas que se consideraron previamente. Cabe destacar, que durante todo el ciclo de Deming la observación es crucial, ya que como bien lo dice su nombre, es un proceso cíclico que se alimenta de lo aprendido en cada corrida.

El tercer paso del ciclo es **Verificar**, o sea, donde validamos si lo sucedido corresponde con lo esperado o por lo contrario, se tiene un comportamiento distinto. Es por esto que en la planificación se deben definir muy bien lo que vamos a hacer con base en resultados esperados, ya que marcamos nuestro horizonte de acción.

Por último, **Actuar**, este paso consiste en analizar los resultados y dar inicio al proceso de ¿Cómo mejorar la próxima vez que se corra el ciclo?.

Referencias

- [1] Gamarra Martínez K, Jiménez Martínez J. Análisis de dos metodologías para identificar el cuello de botella en procesos productivos. Universidad Industrial de Santander; 2012.
- [2] Sintec. La guía para la implementación del proceso de SOP;.
- [3] Bernal L. Desarrollo de un sistema de planeación, programación y control de la producción de alimentos en la función hogar integral; 2013.
- [4] Arévalo M, Cadena J, Romero S, Tlapal B. El Chayote; 2011.
- [5] Olgún G, Cisneros V, Ventura J. Plagas Insectiles de importancia en el cultivo de chayote (*Sechium edule*) y su manejo;.
- [6] Cadena J. Hongos asociados a síntomas de enfermedades en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw) y estrategias de manejo. Agro Productividad. 2011;4.
- [7] Vieira EF, Pinho O, Ferreira IMPLVO, Delerue-Matos C. Chayote (*Sechium edule*): A review of nutritional composition, bioactivities and potential applications. Elsevier Ltd; 2019.
- [8] CODEX ALIMENTARIUS. Norma para el Chayote. CODEX STAN 216-1999; 2011.
- [9] MEIC. Reglamento Técnico Centroamericano. Industria de alimentos y bebida procesadas. 2006;2006(176).
- [10] MAG. Estudio de potencial agroindustrial y de exportación del chayote. 2010;p. 77.
- [11] Blanco NA. Evolución Y Desempeño Del Sector Agroexportador De Costa Rica. Universidad de Costa Rica; 2012.
- [12] Alvarenga S, Abdelnour A, Victor V. Guía para la producción. Semilla clonal de chayote (*Sechiun edule* Jacq. SW.); s.f.
- [13] PROCOMER. Oportunidades para productos frescos en la costa noreste de Estados Unidos. Costa Rica; 2019.
- [14] Córdoba P. Chayote mexicano. Innovando el manejo postcosecha para mayor vida en anaquel. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentos;.

- [15] Chayotes de Altura Costa Rica;. Available from: <http://chayotesdealtura.com/web/>.
- [16] MAG. Guía técnica para instalaciones de empaque chayote (*Sechium edule*) para la exportación. San José, Costa rica; 2012.
- [17] Lira R. Chayote. *Sechium edule* (Jacq.) Sw. vol. 52. IPGRI ed. Roma, Italia; 1996.
- [18] MAG. SECHIUM EDULE (Jacq) Swartz CUCURBITACEAE. San José, Costa rica: Ministerio de Agricultura y Ganadería; s.f.
- [19] Pu YT, Luo Q, Wen LH, Li YR, Meng PH, Wang XJ, et al.. Origin, Evolution, Breeding, and Omics of Chayote, an Important Cucurbitaceae Vegetable Crop. *Frontiers Media S.A.*; 2021.
- [20] Alvarenga Venutolo S, Abdelnour Esquivel A, Villalobos Aránbula V. Conservación in vitro de chayote (*Sechium Edule*). *Agronomía Mesoamericana*. 2006;18(1):65.
- [21] Rees D, Farrell G, Orchard J. *Crop Post-Harvest : Science and Technology*. 1st ed. Rees D, Farrell G, Orchard J, editors. Estados Unidos: Wiley-Blackwell; 2012.
- [22] Chanavá FC, Correa SC. Propuesta de mejora de procesos de una planta de empaque de uva de mesa y determinación de indicadores; 2019.
- [23] Ramírez D, Vera M. Propuesta de una mejora en el proceso de empaque de una empresa productora de uva de mesa para exportación. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2017. Available from: <http://hdl.handle.net/10757/621777>.
- [24] Navarro L. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA PARA PLANTAS DE ACONDICIONAMIENTO Y EMPAQUE DE PRODUCTOS HORTIFRUTÍCOLAS DE ACUERDO A LAS PRINCIPALES NORMAS NACIONALES Y ESTADOUNIDENSES; 2011.
- [25] FAO. Fichas Técnicas: productos frescos de verduras; 2010. Available from: <http://www.fao.org/fileadmin/templates/inpho/documents/FRES-VERDURAS.pdf>.
- [26] Sáenz M, Valverde E. Identificación y estacionalidad de los factores de rechazo de frutos de exportación del chayote (*Sechium edule*) costarricense. *Agronomía Costarricense*. 1986;10(9):73–87.

- [27] Arias C, Toledo J. Manual de manejo postcosecha de frutas Tropicales (Papaya, piña, plátano, cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2007;1:50.
- [28] Padilla J. La evolución del planeamiento de ventas y operaciones. 2014;.
- [29] Yate M, Aranzazu O. El SOP como estrategia para mejorar el cumplimiento de la promesa de servicio en CI E1 SAS; 2018.
- [30] Ibañez S. Sales and operation planning (SOP) y su impacto estrategico; 2019.
- [31] Saldaña V. Incremento de la producción de una planta de empaque de uva de mesa para exportación; 2021. Available from: <https://orcid.org/0000-0002-0151-7031>.
- [32] Lozada A. Propuesta para la implementación de metodología SOP en una compañía comercializadora de materias primas para elaboración de bebidas; 2019.
- [33] Chase R, Jacobs F. Administracion de Operaciones, Produccion y Cadena de Suministro. 13th ed. Mc Graw Hill; 2014.
- [34] Revollo I, Suarez J. Propuesta para el mejoramiento de la producción en alimentos SAS SA a través de la estructuración de un modelo de planeación, programación y control de la producción; 2009.
- [35] Instituto Meteorológico Nacional. Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica. San José, Costa rica; 2008.
- [36] Niebel B. Ingeniería industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. 12th ed. Pennsylvania: McGrawHill; 2009. .
- [37] Aguilar S. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigación de salud. Salud en Tabasco. 2005;p. 2-7.
- [38] Support Minitab. Identificar valores atípicos - Minitab;. Available from: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/statistics/basic-statistics/supporting-topics/data-concepts/identifying-outliers/>.
- [39] Doran P. Bioprocess engineering principles. vol. 9780080970. 2nd ed. Oxford; 2013.
- [40] of Agriculture USD. Specialty Fruits and Vegetables Inspection Instructions; 1987.

- [41] Debbarma M, Jena S. Varietal Effect on Physical and Textural Properties of Chayote from Sikkim. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 2018;6(6):180–186.
- [42] Opara U, Fadiji T. Compression damage susceptibility of apple fruit packed inside ventilated corrugated paperboard package. *Scientia Horticulturae*. 2018;227(October 2017):154–161. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.043>.
- [43] Watson W, Fuentes R, Madrigal J. Aislamiento e identificación de *Ascochyta phaseolorum* proveniente de un cultivo de *Sechium edule* en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*. 2016;29(7):15–21.
- [44] Florex. Ficha Técnica de ECO AP 15;.
- [45] Murillo M. Frutas y vegetales: Cómo prevenir Intervenciones bactericidas;. Available from: <https://kemical.net/bactericidas-en-frutas-y-vegetales/>.
- [46] Quimi-Agro de Costa Rica HB S A. Everfresh 114 EC;.
- [47] Quimi-Agro de Costa Rica HB S A. Agro Brush;.
- [48] Matche R. Packaging aspects of fruits and vegetables. In: *Plastics in Food Packaging*. India; 2005. p. 115–132.
- [49] Roderick AM, Govindarajan R, Zrymiak DJ. *The Certified Six Sigma Green Belt Handbook*. 2nd ed.; 2015. Available from: <https://asq.org>.
- [50] AM Cargo International Worldwide logistics. Transporte marítimo a Centro América desde Valencia y Barcelona;. Available from: <https://www.amcargo.es/transporte-maritimo/centro-america/>.
- [51] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). *Logística para la exportación de productos agrícolas. frescos y procesados*; 2009.
- [52] Barba A. Análisis demográfico de las poblaciones de *Diaphania hyalinata* (Linnaeus, 1767) y *D. nitidalis* (Cramer, 1781) asociadas a cucurbitáceas cultivadas y silvestres en la península de azuero (2003-2004). Universidad de Panamá; 2004.
- [53] Capote TJ, Arcaya EA, Hernández DM. Primer Registro de *Diaphania hyalinata* (Linnaeus) y *D. nitidalis* (Stoll) (Lepidoptera: Crambidae) sobre *Melothria pendula* L. (Cucurbitaceae) en el estado Lara, Venezuela. *Investigación Agraria*. 2019;21(2):136–141.

- [54] MAG. Cultivo de Chayote. San José, Costa rica; 1998.
- [55] Juárez K, Acosta M, Cadena J, Avendaño C, Arévalo M, Vázquez M. Identification of postharvest chayote (*Sechium edule*) diseases in México. Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture. 2007;51(October):217–224. Available from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093256297>.
- [56] Vargas E. La vejiga del fruto, una nueva enfermedad del chayote (*Sechium edule* L.). Agronomía costarricense. 1987;12.
- [57] Cisneros V. DESPIGMENTACIÓN DEL CHAYOTE *Sechium edule* (Jacq.) Sw EN ACTOPAN, VERACRUZ, MÉXICO. Agro Productividad. 2016;9(8):71–77. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=118231742&site=ehost-live>.
- [58] León R. Manejo del blanqueamiento del cultivo de chayote (*Sechium edule*). 2015;p. 2. Available from: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1819.PDF>.
- [59] FAO. Principios generales de higiene de los alimentos; 2020. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2014.12.010><http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.034><https://www.iiste.org/Journals/index.php/JPID/article/viewFile/19288/19711><http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.6911&rep=rep1&type=pdf>.
- [60] Rodríguez S, Generoso S, Gutierrez D, Questa A. APLICACIÓN DEL ANÁLISIS SENSORIAL EN LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE PRODUCTOS FRES-COS CORTADOS. 2015;151:10–17.
- [61] Torres G, David J, González M, José K, Acevedo C, Diofanor. Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. ReCiTeIA. 2015;14(2):63–75.
- [62] Gomilla T. Daño por golpe en manzanas en líneas de empaque;
- [63] Cortez Juan FM. Evaluación De La Calidad Visual Y Fisiológica De Manzanas Fres-cas Cortadas Var. Granny Smith Impregnadas Con Vacío Bajo Diferentes Condiciones Operativas. 2016;p. 1–4.
- [64] Valero C, Ruiz Altisent M. Control de calidad en la comercialización de frutas. Revista de Calidad Asistencial. 2014;24(2):88–90.

- [65] Leão M, Heiden S. Estimatinh peach palm fruit surface area using allometric relationships. 2002;4:717–721. Available from: <http://www.scielo.br/pdf/sa/v59n4/a15v59n4.pdf>.
- [66] Cerdas M. Determinación del valor energético y las fracciones digeribles del almidón de tres variedades de chayote (*Sechium edule*) del cultivo y consumo usual en Costa Rica con diferentes grados de madurez y cocción. Universidad de Costa Rica; 2020.
- [67] Avendaño CH, Cadena J, Arévalo MdLC, Campos E, Cisneros VM, Aguirre JF. Las variedades del chayote mexicano, recurso ancestral con potencial de comercialización.; 2010. Available from: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/231856/Las_{ }variedades_{ }del_{ }chayote_{ }mexicano.pdf.
- [68] Saenz F, Ruben R. Export contracts for non-traditional products: Chayote from Costa Rica. *Journal on Chain and Network Science*. 2004;4:139–150.