

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA ADMINISTRATIVA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA ESTADÍSTICO DE CONTROL DE LA CALIDAD EN EL
RECIBO DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA FRUTA INTERNACIONAL S.A.**

**INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE BACHILLER EN INGENIERÍA
AGROPECUARIA ADMINISTRATIVA,
CON ÉNFASIS EN EMPRESAS AGROINDUSTRIALES.**

FERNANDO ARAYA OROZCO

CARTAGO, COSTA RICA

2006

DISEÑO DE UN SISTEMA ESTADÍSTICO DE CONTROL DE LA CALIDAD EN EL
RECIBO DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA FRUTA INTERNACIONAL S.A.

INFORME DE PRÁCTICA DE ESPECIALIDAD PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR AL GRADO DE BACHILLER EN INGENIERÍA
AGROPECUARIA ADMINISTRATIVA,
CON ÉNFASIS EN EMPRESAS AGROINDUSTRIALES.

Tribunal Evaluador

Dr. Manuel Pontigo Alvarado

Profesor Asesor

Ing. Alberto Escoto Montero

Profesor Consultor

M.Sc. Patricia Arguedas Gamboa

Profesor Lector

DISEÑO DE UN SISTEMA ESTADÍSTICO DE CONTROL DE LA CALIDAD EN EL
RECIBO DE MATERIA PRIMA EN LA EMPRESA FRUTA INTERNACIONAL S.A.

Dedicatoria

A mis padres que han confiado siempre en mí y me han apoyado en todo momento durante la realización de este proyecto. A mi madre por sus oraciones y a mi padre por su apoyo, comprensión y consejos.

A mis hermanos Kenneth y Erick, mi hermana Mile y a mi cuñadita Karol por su apoyo y comprensión.

A toda mi familia.

A Dany gracias por ser una amiga incondicional y sobre todo por creer en mí y estar siempre a mi lado en las alegrías y las tristezas, especialmente en la realización de este sueño.

Al Creador y a mis Ángeles.

Agradecimiento

Agradezco al Creador por darme la oportunidad de cumplir este sueño y a mis Ángeles que cuidan de mi en todo momento.

Deseo agradecer a todo el personal de la división de vegetales de la empresa Fruta Internacional S.A. por su colaboración en la elaboración de este proyecto y en especial al Ing, Juan Luis Monge por darme la oportunidad, por su paciencia y dedicación para conmigo. A Rigo por su colaboración en planta y su paciencia para ayudarme, sin su apoyo no hubiera sido posible realizar esta obra.

A mi profesor guía Dr. Manuel Pontigo Alvarado por darse a la tarea de ayudarme en este proyecto tan importante.

A Rosy gracias por todo.

A todo el personal de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria quienes llegaron a ser como una segunda familia para mí.

A mis compañeros, compañeras, amigos y amigas. Gracias por compartir parte de este camino conmigo.

Epígrafe

Un guerrero de la luz nunca olvida la gratitud.
Durante la lucha, fue ayudado por los ángeles; las
fuerzas celestiales colocaron cada cosa en su lugar, y
permitieron que él pudiera dar lo mejor de sí.
Los compañeros comentan: "¡Qué suerte tiene!". Y
el guerrero a veces consigue mucho más de lo que su
capacidad permite.
Por eso, cuando el sol se pone, se arrodilla y
agradece el Manto Protector que lo rodea.
Su gratitud, no obstante, no se limita al mundo
E spiritual; él jamás olvida a sus amigos, porque la sangre de
ellos se mezcló con la suya en el campo de batalla.
Un guerrero no necesita que nadie le
recuerde la ayuda de los otros; él se acuerda sólo, y reparte con ellos
la recompensa.

"A ún cuando haya pasado por todo lo que pasé, no
me arrepiento de los problemas en que me metí,
porque fueron ellos los que me condujeron hasta donde
deseé llegar. A hora, todo lo que tengo es esta espada, y
la entrego a cualquiera que desee seguir su peregrinación.
Llevo conmigo las marcas y las cicatrices de los
combates; ellas son testimonio de lo que viví, y
recompensas de lo que conquisté.
Son estas marcas y cicatrices queridas las que me
abrirán las puertas del Paraíso. Hubo una época en la
que viví escuchando historias de hazañas. Hubo otras
épocas en que viví simplemente porque soy un guerrero..."

Paulo Coelho

Resumen

En el presente estudio se diseñó un sistema estadístico de control de la calidad para la división de vegetales de la empresa Fruta Internacional S.A., ubicada en CENADA, Barreal de Heredia. El objetivo fue elaborar un método de muestreo de recibo del producto antes de ingresar a la planta de empaque, que brinde información adecuada para los diferentes productos que la compañía compra, manipula y vende.

Para lograr el objetivo se realizaron las siguientes tareas: análisis del problema, investigación de los tipos de muestreos y la selección de un sistema de muestreo apropiado para la empresa.

El sistema de muestreo que se propone consta de tres etapas. En una primera etapa se selecciona al azar una tarima de cajas con producto del lote. La tarima estará conformada por n niveles los cuales, una vez identificada la tarima a inspeccionar, se seleccionaran al azar. En este proceso se utilizan tablas con números aleatorios por lo que las tarimas que conforman el lote y los niveles de la tarima seleccionada tienen la misma posibilidad de ser elegidos, con ello se espera que la muestra sea representativa del lote

La tercera etapa se deja a criterio del inspector de calidad, quien elegirá la caja que será examinada detalladamente. Como referencia se le suministrará una tabla con una distribución probabilística como lo es la distribución de Poisson, que utilizará como marco de referencia para las tolerancias de producto dañado.

Para valorar la utilidad del sistema de muestreo, se aplicó el mismo en el recibo de los siguientes productos: cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria.

Se diseñó un sistema de control de la calidad en hoja electrónica para cada producto. En este método se utilizan los porcentajes de desecho del producto para generar cartas de control de la calidad. Se definió el límite superior de control (LSC) utilizando

la sumatoria de las proporciones de daño aceptado para cada producto. Con las cartas de control de la calidad se pretende orientar a la empresa en cuanto a los productos y los proveedores que estén generando problemas de calidad, ayudando y dando soporte en la toma de decisiones en cuanto a medidas correctivas y preventivas que ayudarán a disminuir estas fallas

Se hizo la comparación en costos con respecto a un método de muestreo que la empresa planea implementar. El costo hora-hombre por muestreo realizado con el sistema de muestreo A (propuesto) es de $\phi 112,22$, mientras que el sistema de muestreo B (de la empresa por implementar) tiene un costo de $\phi 222,44$.

Índice General

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento.....	ii
Epígrafe	iii
Resumen	iv
Índice General	vi
Índice De Cuadros	ix
Índice De Ecuaciones.....	x
Índice De Figuras.....	x
Índice De Ilustraciones	x
Índice De Apéndices.....	xi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes de la empresa Fruta Internacional S.A.....	2
1.2. El problema y su importancia	2
1.3. Antecedentes del problema.....	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1. Cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	5
2.1.1. Manejo poscosecha	5
2.1.2. Aspectos básicos del reglamento técnico de cebolla para consumo nacional	6
2.1.2.1. Características mínimas de calidad	6
2.2. Chile Dulce (<i>Capsicum annum</i>).....	7
2.2.1. Manejo poscosecha	8
2.2.2. Aspectos básicos para la comercialización de chile dulce en el CENADA.....	9
2.2.2.1. Características mínimas de calidad	9
2.2.2.2. Clasificación por categoría.....	9
2.2.2.3. Tolerancias.....	9
2.3. Lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	10
2.3.1. Manejo poscosecha	11
2.3.2. Aspectos básicos del reglamento técnico de lechuga americana en CENADA..	12

2.3.2.1	Clasificación	12
2.3.2.2	Tolerancias.....	13
2.4	Papa (<i>Solanum tuberosum</i>)	14
2.4.1	Manejo poscosecha	14
2.4.2	Aspectos básicos del reglamento técnico de papa para consumo nacional.....	15
2.4.2.1	Características mínimas de calidad	15
2.5	Tomate (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.).....	18
2.5.1	Manejo poscosecha	18
2.5.2	Aspectos básicos para la comercialización de tomate en el CENADA.....	19
2.5.2.1	Características mínimas de calidad	19
2.5.2.2	Clasificación	19
2.5.2.3	Tolerancias.....	20
2.6	Zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.).....	21
2.6.1	Manejo poscosecha	22
2.6.2	Aspectos básicos para la comercialización de la zanahoria en el CENADA	22
2.6.2.1	Características mínimas de calidad	22
2.6.2.2	Clasificación	22
2.6.2.3	Tolerancias.....	23
2.7	Aspectos de calidad utilizados por la empresa Fruta Internacional	24
2.8	Control de calidad	26
2.9	La estadística en el control de calidad	27
2.10	Muestreo estadístico.....	27
2.11	Tipos de muestreo	28
2.11.1	Muestro aleatorio simple	28
2.11.2	Muestreo estratificado.....	29
2.11.3	Muestreo sistemático	30
2.11.4	Muestreo por conglomerados	30
2.11.5	Muestreo por conglomerados en dos etapas.....	31
2.12	Análisis de datos.....	32
2.12.1	Distribución normal	32
2.12.2	Distribución Binomial.....	33
2.12.3	Distribución de Poisson.....	34
2.13	Cartas de Control.....	35
3	METODOLOGÍA Y MATERIALES.....	38

3.1	Metodología.....	38
3.2	Materiales.....	41
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
4.1	Análisis de la situación de la empresa	42
4.1.1	Normas de calidad	42
4.1.2	Recibo de producto.....	47
4.2	Propuesta de muestreo.....	51
4.3	Ejemplo de Operación.....	53
4.3.1	Sistema de muestreo A.....	53
4.3.2	Sistema de muestreo B.....	58
4.4	Modelo del sistema de control de la calidad	60
4.4.1	Cartas de control de la calidad.....	63
4.4.1.1	Carta de control de la calidad para cebolla.....	64
4.4.1.2	Carta de control de la calidad para chile dulce	66
4.4.1.3	Carta de control de la calidad para papa	69
4.4.1.4	Carta de control de la calidad para tomate	71
4.4.1.5	Carta de control de la calidad para zanahoria.....	74
4.5	Estimación de costos	76
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
5.1	Conclusiones.....	78
5.2	Recomendaciones.....	80
6	BIBLIOGRAFÍA.....	81
6.1	Literatura consultada.....	81
6.2	Documentos electrónicos.....	82
6.3	Otros.....	83
	Apéndices.....	84

Índice De Cuadros

Cuadro 1. Porcentaje de defectos permitidos en el bulbo de cebolla.....	6
Cuadro 2. Alteraciones fisiológicas y mecánicas en poscosecha de lechuga.....	12
Cuadro 3. Límites máximos en porcentaje de defectos permitidos para el tubérculo de papa	16
Cuadro 4. Normas de calidad utilizadas en la empresa Fruta Internacional S.A.	24
Cuadro 5. Suposiciones y fórmulas para las cartas de control comúnmente usadas	36
Cuadro 6. Porcentajes permisibles para una muestra del 10%.....	39
Cuadro 7. Porcentajes permisibles para una muestra del 20%.....	40
Cuadro 8. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en cebolla.....	42
Cuadro 9. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en chile dulce.....	43
Cuadro 10. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en lechuga americana.....	44
Cuadro 11. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en papa.....	45
Cuadro 12. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en tomate.....	46
Cuadro 13. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en zanahoria	47
Cuadro 14. Distribución de Poisson considerando un 1% de daño aceptable.....	56
Cuadro 15. Datos recopilados en los muestreos para cebolla	65
Cuadro 16. Datos recopilados en los muestreos para el fruto de chile dulce.....	68
Cuadro 17. Datos recopilados en los muestreos para papa.....	70
Cuadro 18. Datos obtenidos de los muestreos para tomate	73
Cuadro 19. Datos recopilados en los muestreos para zanahoria.....	75
Cuadro 20. Costo de aplicación sistema de muestreo A y B.....	77

Índice De Ecuaciones

Ecuación 1. Tamaño de muestra.....	28
Ecuación 2. Distribución Normal.....	32
Ecuación 3. Valor de Z	33
Ecuación 4. Distribución binomial.....	34
Ecuación 5. Distribución de Poisson	35

Índice De Figuras

Figura 1. Aspecto general de una carta de control.....	35
Figura 2. Zonas A, B y C usadas en el análisis de cartas de control	36
Figura 3. Diagrama de flujo de entrada de producto	49
Figura 4. Etapas del muestreo.....	52
Figura 5. Hoja de control de recibo de papa.....	54
Figura 6. Diagrama del proceso de aceptación de la muestra	56
Figura 7. Descripción del formulario electrónico.....	61
Figura 8. Carta de control de calidad para cebolla	64
Figura 9. Carta de control de la calidad para chile dulce.....	67
Figura 10. Carta de control de la calidad para papa.....	69
Figura 11. Carta de control de la calidad para tomate.....	72
Figura 12. Carta de control de la calidad en zanahoria.....	74

Índice De Ilustraciones

Ilustración 1. Defectos comunes en cebolla	7
Ilustración 2. Defectos que se pueden observar en chile dulce	10
Ilustración 3. Principales daños que se pueden observar en lechuga.....	13
Ilustración 4. Defectos que se pueden hallar en papa.....	17
Ilustración 5. Defectos más comunes en tomate.....	20
Ilustración 6. Defectos en zanahoria	24

Índice De Apéndices

Apéndice 1. Hojas de control de recibo y empaque para cebolla.....	85
Apéndice 2. Hojas de control de recibo y empaque para chile dulce	86
Apéndice 3. Hojas de control de recibo y empaque para lechuga americana.....	86
Apéndice 4. Hojas de control de recibo y empaque para papa.....	87
Apéndice 5. Hojas de control de recibo y empaque para tomate.....	88
Apéndice 6. Hojas de control de recibo y empaque para zanahoria	89
Apéndice 7. Distribución de Poisson con proporciones de 1, 2 y 3% de daño aceptable.....	91
Apéndice 8. Manual de operación para el sistema de control de la calidad.....	92

1 INTRODUCCIÓN

Desde sus inicios el ser humano se ha preocupado por la calidad de los alimentos que consume, como también de la invención de las herramientas que utiliza para la obtención de estos alimentos.

Es así, como con el pasar del tiempo fue ideando maneras cada vez más eficientes para valorar la calidad de un producto, bien o servicio con los estándares que el destinatario espera.

De esta manera nace el control de la calidad que se encarga de verificar el grado de cumplimiento de un producto con respecto a un diseño preestablecido, ya sea un producto, un bien o un servicio. Con el objetivo de obtener las herramientas que le permitan a las empresas lograr la competitividad adecuada, se ha recurrido a sistemas de muestreo de la calidad para seguir dando a sus clientes una atención adecuada y brindar productos que cumplan con calidad y cualidades determinadas. Una de las herramientas para llevar un control adecuado de la calidad de un proceso productivo es la estadística, que es la rama de las matemáticas que se ocupa de reunir, organizar y analizar datos numéricos ayudando a resolver problemas como el evaluar el cumplimiento de las especificaciones de calidad de productos agrícolas y apoyar la toma de decisiones (25).

La empresa Fruta Internacional S.A. se dedica a la comercialización de vegetales que compran a productores nacionales para luego preparar y vender en el mercado nacional y el extranjero.

El presente trabajo se enfoca en realizar el diseño de un sistema estadístico de control de calidad el cual se valoró en seis productos agrícolas los cuales son cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria.

1.1 Antecedentes de la empresa Fruta Internacional S.A.

La empresa distribuye frutas y vegetales en todo el territorio nacional a través de una moderna flotilla refrigerada, que garantiza la entrega de producto siempre fresco y de la más alta calidad.

Entrega los productos al mercado detallista de manera eficiente y constante durante todo el año, asegurando así que se pueda ofrecer las mejores y más frescas frutas al consumidor.

Así mismo, se cuenta con agencias en los principales mercados del Gran Área Metropolitana, para suplir a los grandes y pequeños comerciantes, con productos en las zonas de mayor demanda, con un servicio rápido y personalizado.

El departamento de Control de Calidad cuenta con un programa de aseguramiento de la calidad en los puntos de ventas. Por medio de visitas programadas se evalúan factores que inciden en la conservación adecuada de las frutas frescas y se realizan las recomendaciones correspondientes con el fin de mantener en forma óptima la calidad de los productos.

Disponen de una división dedicada a la atención del segmento institucional para suplir de frutas frescas a escuelas, colegios, empresas, asociaciones solidaristas, cooperativas y similares durante la temporada navideña.

1.2 El problema y su importancia

En la actualidad la empresa Fruta Internacional S.A. cuenta con una división que se encarga de maquilar vegetales y hortalizas desde hace 3 años y se ubica en el CENADA, Barreal de Heredia.

Al igual que muchas empresas se mueve en un mercado muy dinámico y competitivo, lo que hace que cada una de ellas procure lograr la mayor participación de sus productos tanto en el mercado nacional como internacional. Con el objetivo de alcanzar la competitividad adecuada se tiene que recurrir a sistemas de muestreo de la calidad.

El sistema de muestreo utilizado actualmente durante la recepción del producto no ofrece la seguridad que la empresa exige. El producto al ser procesado presenta daños que generan pérdidas durante el empaque o rechazo en los puntos de venta, en algunos casos el producto es aceptado y vendido a un menor precio.

Con el sistema de muestreo la empresa pretende una selección adecuada del producto que acepte para su venta.

1.3 Antecedentes del problema

La empresa cuenta con varios proveedores para los diferentes productos. Los productos no siempre tienen la calidad requerida y, a pesar de ello, el proveedor insiste en que se le reciba, lo que provoca contratiempos con los encargos, además causa rechazos de sus clientes por no suplir el producto que cumpla los estándares exigidos.

La empresa ha definido los siguientes productos: cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria. El sistema de control de calidad deberá establecerse para estos productos abriendo la posibilidad de aplicarse a otros.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Diseñar un sistema de muestreo para el recibo de los productos cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria para la empresa Fruta Internacional S.A. con la opción de que sea aplicable a otros productos.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar la situación del proceso actual de muestreo utilizado en el recibo del producto en la planta empacadora.
2. Diseñar una propuesta de muestreo aplicable a los productos en mención, considerando la manipulación de cada producto.
3. Señalar las particularidades técnicas y operativas del sistema de muestreo propuesto.
4. Instruir a los inspectores de recibo de producto en el uso del sistema de muestreo propuesto.
5. Diseñar un sistema de control de la calidad que sirva como una herramienta a la empresa en la identificación de problemas en el proceso y sirva de apoyo en la toma de decisiones.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cebolla (*Allium cepa* L.)

Las cebollas se pueden agrupar según el color de las escamas de los bulbos en blancas, amarillas o rojas. La forma de los bulbos es una característica de cada cultivar. Se reconocen 15 formas diferentes de bulbos los más comunes son: bulbos redondos, globosos, chatos o forma de torpedo.

El consumidor nacional presta poca importancia a la forma y uniformidad de los bulbos, por lo que el productor tampoco se preocupa por ello.

La tendencia del mercado es hacia el uso de cultivares híbridos amarillos, del tipo “Yellow Granes”, que son muy precoces y producen bulbos de forma achatada (3).

2.1.1 Manejo poscosecha

Cuando la cosecha se hace en la estación seca, los agricultores acostumbran dejar las plantas cosechadas sobre el suelo para secar los bulbos. Se debe tener presente que si los bulbos se exponen demasiado a los rayos del sol pueden sufrir daño que reduce su calidad y dificulta su almacenamiento.

El secado o curado en el campo permite que se seque el follaje y que aumente el porcentaje de materia seca en el bulbo, tarda de una a dos semanas y concluye cuando el follaje está bien seco y cuando al rozar el bulbo se desprenden las escamas exteriores (8).

Con un adecuado manejo de la temperatura y de la humedad relativa de la bodega, se puede guardar la cebolla sin pérdidas significativas de peso o calidad por períodos más o menos prolongados, según el cultivar que se trate.

Se recomienda que la temperatura de los locales dedicados al almacenamiento de cebolla deba mantenerse entre 25 y 32° C con 70% de humedad relativa para reducir las pérdidas poscosecha (3).

2.1.2 Aspectos básicos del reglamento técnico de cebolla para consumo nacional

2.1.2.1 Características mínimas de calidad

La cebolla debe ser consistente, estar limpia, entera, libre de humedad externa, exenta de materias extrañas y libres de pudriciones por hongos y bacterias (17).

Los porcentajes máximos de defectos permitidos para cebolla se encuentran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Porcentaje de defectos permitidos en el bulbo de cebolla

DEFECTO	Primera	Segunda	Tercera
Deformaciones de bulbo	2%	3%	4%
Bulbo con hongo	1%	1%	2%
Podredumbre de bulbo	1%	1%	2%
Daño por Insectos	1%	2%	3%
Daño mecánico	1%	1%	2%
Quemadura de sol	1%	3%	4%
Mal corte de tallo	1%	2%	3%
% máximo acumulado	7%	12%	16%

Fuente: PIMA (17).

La cebolla puede clasificarse también por tamaño según su diámetro:

- Grande > 8,6 cm
- Mediana de 5,1 a 8,5 cm
- Pequeña de 3,0 a 5,0 cm

En la Ilustración 1 se pueden observar los daños que afectan la calidad de la cebolla que se comercializa en el CENADA.

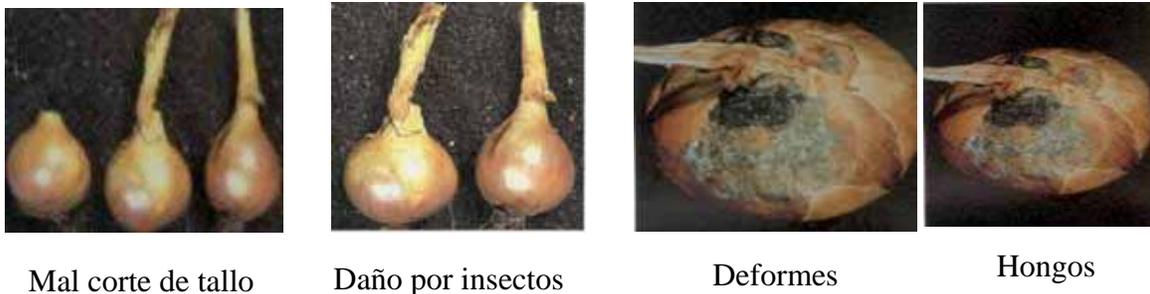


Ilustración 1. Defectos comunes en cebolla

Fuente: PIMA (19).

2.2 Chile Dulce (*Capsicum annuum*)

Los chiles dulces y picantes pertenecen al género *Capsicum*. El género *capsicum* tiene entre 20 y 30 especies, de las cuales se reconocen cinco como las formas cultivadas de chiles: *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinense* y *C. pubescens*.

En Costa Rica se prefieren los chiles dulces tipo campana para el consumo fresco. Se caracterizan por tener una cáscara lisa, redondeados en el extremo, con tres o cuatro lóbulos, de forma cuadrada a rectangular, que se angostan hacia el extremo distal del fruto. El color es generalmente verde antes de alcanzar la madurez, cambiando luego a rojo.

En el país se ha seleccionado el cultivar de chile dulce Mil Frutos. También se siembran los tipos llamados criollos (3, 6).

2.2.1 Manejo poscosecha

Se recomienda realizar la cosecha utilizando tijeras o cuchillos. Cuando los frutos son desprendidos por medio de torsión y presión, pueden producirse daños tanto a los mismos frutos como a las plantas. El instrumento de cosecha debe ser desinfectado frecuentemente para no producir contaminación o infección por patógenos. En el fruto, se debe dejar una pequeña porción del pedúnculo, alrededor de 2 cm.

Se recomienda realizar una limpieza de los frutos utilizando alguna tela seca y suave que no cause daños a la superficie de los mismos. Si se realiza un lavado, este puede hacerse empleando agua clorada (75 mg/l). Sin embargo, habrá que secar los frutos posteriormente, para no ofrecer condiciones aptas para deterioro patológico. Luego se procede a su empaque para su transporte a los sitios de comercialización.

El empaque debe de tener características tales que proteja los frutos de daños que puedan producirse durante el transporte, principalmente daños físicos (heridas, compresiones, etc.), por lo que el acomodo y disposición de los frutos es un aspecto importante, considerando la presencia de pedúnculos (16).

Los frutos del chile se pueden conservar por períodos largos sin que ocurra un deterioro serio. Las condiciones óptimas para su transporte y almacenamiento son una temperatura de 7° a 13° C y una humedad relativa de 90 a 95%. Este producto es muy susceptible al daño por frío (8).

2.2.2 Aspectos básicos para la comercialización de chile dulce en el CENADA

2.2.2.1 Características mínimas de calidad

El chile dulce debe ser firme, de apariencia fresca, limpio, entero, libre de humedad externa, exento de materias extrañas y libre de pudriciones por hongos y bacterias, quema de sol, heridas sin cicatrizar, estar provisto de pedúnculo (20).

2.2.2.2 Clasificación por categoría

Según las características que presente el fruto del chile dulce, este puede clasificarse de la siguiente manera:

- Primera: Deben ser de buena calidad, estar firmes, presentar la forma, el desarrollo y la coloración normal de la variedad, teniendo en cuenta el estado de madurez, exento de manchas, cicatrices, quema de sol, estrías.
- Segunda: Frutos no clasificados en primera, pero que responden a las características mínimas de calidad. Se admiten defectos de forma y desarrollo, quemaduras de sol o ligeras heridas cicatrizadas que no excedan 1 cm² de superficie, ligeras grietas secas y superficiales que no excedan en conjunto una longitud de 3 cm (20).

2.2.2.3 Tolerancias

- Primera: Un 10% en número de chiles, que no correspondan con las características de la categoría, pero que estén conformes con las de la categoría segunda.

- Segunda: Un 10% en número de chiles que no correspondan a las características de su categoría, con excepción de los productos podridos (20).

Según su peso, el chile dulce puede clasificarse en:

- Primera: Frutos de 119 a 171 g.
- Segunda: Frutos de 86 a 118 g.
- Tercera: Frutos de 51 a 85 g.

En la Ilustración 2 se observan varios daños que se dan frecuentemente en el chile dulce.

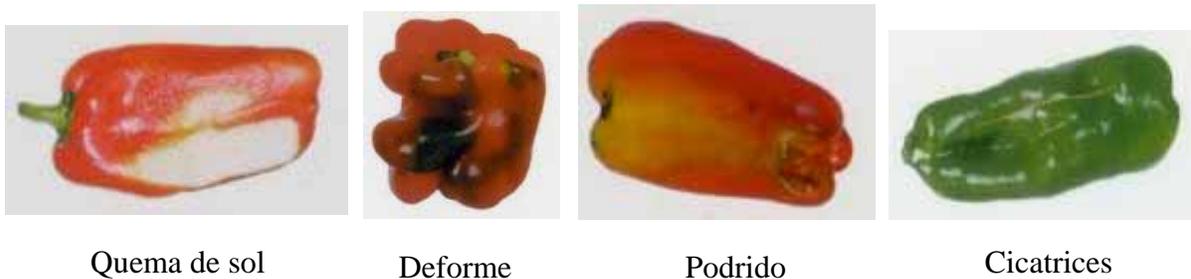


Ilustración 2. Defectos que se pueden observar en chile dulce

Fuente: PIMA (20).

2.3 Lechuga (*Lactuca sativa*)

La lechuga se clasifica en tres tipos: de cabeza o arrepollada, de hoja suelta y cos.

En Costa Rica se consumen principalmente las de cabeza y hoja suelta. Entre las variedades de lechuga de cabeza, está la americana (*Lactuca sativa* var. *crispa*) que es de cabeza rizada firme (Iceberg). Es de textura suave y flexible, hojas crespadas y de color verde oscuro. Entre las variedades sembradas se encuentra Grandes Lagos, Super 59, Emperador, Madras, Golf y Tainá entre las más comunes.

El otro tipo es la Boston (*Lactuca sativa* var. *capitata*) que es del tipo hoja suelta conocida también como de cabeza tierna o mantequilla. Es de color verde claro o amarillento, de textura suave y forma cabezas de mediano tamaño. Entre las variedades sembradas están la “white Boston”, Elisa y la “big Boston” (4).

2.3.1 Manejo poscosecha

La lechuga es muy susceptible a la pérdida de agua por lo que se debe cortar en las primeras horas del día. La pérdida de agua se refleja como pérdida de firmeza y turgencia en las hojas y un deterioro en la apariencia de las mismas, pierden su apariencia fresca y se ven marchitas (4).

La lechuga cosechada se debe mantener bajo la sombra, en un lugar fresco para protegerla de la incidencia directa del sol y las altas temperaturas.

Se deben manejar con cuidado porque la nervadura de las hojas se quiebra fácilmente. Este daño es común durante el empacado en campo y se da por golpes o por una presión excesiva al manejar el producto o en el empaque.

La lechuga se debe colocar, preferiblemente, en refrigeración entre 0 y 5° C con 95% de humedad relativa. Cuando se almacena a temperatura ambiente, el deterioro es muy rápido y la comercialización debe ser rápida también (4).

En el Cuadro 2, se citan las alteraciones fisiológicas y mecánicas que se pueden presentar en este cultivo en poscosecha.

Cuadro 2. Alteraciones fisiológicas y mecánicas en poscosecha de lechuga

Alteración	Causa
Puntas quemadas	Se origina en el campo y se relaciona con condiciones climáticas, el cultivar y la nutrición mineral. Las hojas con las puntas quemadas dan una apariencia desagradable y el margen de la hoja dañada es más débil y susceptible a pudriciones.
Punteado pardo	Daño fisiológico. Ocurre por la exposición de la lechuga al etileno, aún a concentraciones bajas.
Costilla rosada	Problema fisiológico. La nervadura de la hoja adquiere una coloración rojiza. La sobremadurez y el almacenaje a altas temperaturas incrementan este desorden.
Daño mecánico	Sucede durante el empaclado. Incluye hojas rasgadas, desprendimiento total o parcial de las hojas exteriores, cortes en las hojas y nervaduras.

Fuente: Cerdas, M^a (4).

2.3.2 Aspectos básicos del reglamento técnico de lechuga americana en CENADA

La lechuga debe ser turgente, presentar aspecto fresco, limpia, entera, libre de humedad externa, libre de babosas, exenta de materias extrañas y libre de pudriciones por hongos y bacterias.

2.3.2.1 Clasificación

Según la calidad de la lechuga americana, esta puede agruparse como:

- Primera: Las lechugas deben ser de buena calidad, bien formadas, firmes, desprovistas de daños que puedan comprometer su comestibilidad.

- Segunda: Esta categoría comprende los que no pueden clasificarse en la categoría primera, pero presentan las características mínimas. Pueden presentar ligeros defectos de coloración y daños ocasionados por parásitos (21).

2.3.2.2 Tolerancias

- Primera: Un 10% en número de lechugas que no corresponden a las características de la categoría, pero se ajustan a las de la categoría segunda.
- Segunda: Un 10% en número de lechugas que no se ajustan a las características de la categoría, ni a las características mínimas.

Los rangos normales de peso par lechuga americana van de 272 a 490 gramos por unidad. El promedio ronda los 381 gramos por unidad (21).

En la Ilustración 3 se muestran los daños más comunes que se dan en lechuga americana.



Ilustración 3. Principales daños que se pueden observar en lechuga

Fuente: PIMA (21).

2.4 Papa (*Solanum tuberosum*)

La papa es originaria de las tierras altas del trópico suramericano, en la región de los Andes. Pertenece a la familia *Solanaceae* y su nombre científico es *solanum tuberosum*.

En Costa Rica se utilizan variedades de papa mejoradas genéticamente. Estas tienen una alta tolerancia al tizón causado por *Phytophthora infestans*. Actualmente las variedades disponibles son Idiafrit, Floresta y Birris que combinan la tolerancia al tizón temprano y la excelente adaptación a las zonas productoras del país.

Atzimba y Rosita son las variedades de papa con más trayectoria en el territorio nacional Rosita produce tubérculos ovalados, de cáscara lisa y de color rosado. Atzimba produce tubérculos ovalados, lisos y de color crema. Son utilizadas principalmente para consumo en fresco, debido a que por su bajo contenido de sólidos totales no son aptas para la industria (3).

2.4.1 Manejo poscosecha

La cosecha se realiza de forma manual con los garabatos que son herramientas diseñadas para ese fin o se realiza de forma mecanizada (3).

En la recolección y transporte de las papas se debe procurar no golpearlas ni dejarlas al sol.

Es aconsejable el lavado o el cepillado del tubérculo para eliminar la tierra que se acumula sobre ellos.

Los tubérculos no deben presentar daños, ya que el lavado puede contribuir a la aparición de podredumbres bacterianas, sobre todo si estos presentan heridas.

Para una buena conservación los tubérculos de papa se deben ubicar en locales isotérmicos provistos de ventilación para controlar la temperatura, humedad y contenido en dióxido de carbono. La temperatura óptima de almacenamiento se encuentra entre 7 y 10° C. La humedad relativa del local debe rondar entre 85 a 90% (15).

2.4.2 Aspectos básicos del reglamento técnico de papa para consumo nacional

2.4.2.1 Características mínimas de calidad

A continuación se listan las características mínimas con que debe contar el tubérculo de papa para que sea considerada apta para el consumo nacional, esto según lo estipulado en el reglamento emitido por el Consejo Nacional de Producción (CNP).

- Costra negra. Se admitirá tubérculos que presenten menos de la tercera parte de la superficie total del tubérculo y su profundidad no excede 2 mm.
- Crecimiento secundario. Se admitirá tubérculos que presenten una sola deformación unida al tubérculo principal y cuyo diámetro transversal mayor del cuello sea mayor de 2 cm. No se admitirán tubérculos que presenten más de una deformación.
- Daño por insecto. Se aceptará lotes que presenten daño por mordedura no mayor de 2 mm de profundidad y cubran menos de un centímetro cuadrado. En cuanto a tubérculos con picadura se aceptarán aquellos que presenten una sola lesión cuya profundidad no exceda de dos milímetros.

- Enverdecimiento. Se admitirá tubérculos con un uno por ciento (1%). de enverdecimiento en el total del lote muestreado.
- Papa cele. Se admiten tubérculos con un uno por ciento (1%). de inmadurez fisiológica en el total del lote muestreado.
- Polilla. Se admitirá tubérculos que presenten un máximo de tres galerías superficiales, las cuales no excedan de un centímetro de longitud cada una y una profundidad máxima de 2 mm.
- Rajaduras. Se admitirá tubérculos que tengan rajaduras igual o menor a una cuarta parte de la longitud total del tubérculo, siempre y cuando éstas se encuentren cicatrizadas y a una profundidad máxima de 2 mm y sean producto de una consecuencia fisiológica.
- Sarna y roña. Se admitirá tubérculos que presenten sarna o roña de acuerdo a lo establecido en el Cuadro 3. Límites máximos de defectos (13).

En el Cuadro 3 se muestran los porcentajes máximos de defectos

Cuadro 3. Límites máximos en porcentaje de defectos permitidos para el tubérculo de papa

DEFECTOS	Primera	Segunda	Tercera
Brotación de tubérculo	1	1	1
Enverdecimiento de tubérculo	1	1	1
Podredumbre de tubérculo	1	1	2
Daño por Insectos	1	3	4
Rajadura en el tubérculo	2	3	4
Daño mecánico (cortes o heridas)	2	3	4
Corazón hueco (negro)	1	2	2
Tubérculo Cele (verde)	1	1	1

Daño por <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Tecia solanivora</i> (polilla)	1	3	4
Daño por <i>Rhizoctonia solani</i> (costra negra)	2	4	5
Daño por <i>Spongospora subterranea</i> (roña)	1	2	3
Daño por <i>Streptomyces scabies</i> (sarna)	2	3	5
Porcentaje máximo acumulado	9	16	22

Fuente: PIMA (22).

Según su diámetro, la papa puede clasificarse de la siguiente manera:

- Grande > 100 mm
- Mediana de 45 a 100 mm
- Pequeña de 25 a 44 mm

En la Ilustración 4 se observan varios aspectos que van en detrimento de la calidad de la papa en el momento de su comercialización.



Rajadura

Papa cele

Papa verde

Daño polilla

Ilustración 4. Defectos que se pueden hallar en papa

Fuente: PIMA (22).

2.5 Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

Según el destino de la cosecha, las variedades e híbridos de tomate se clasifican en tipo de mesa y tipo industrial.

Los cultivares que se han desarrollado para uso industrial, desarrollan frutos de forma alargada o de pera, biloculares, de color rojo intenso, alta viscosidad, pH menor a 4,5 y de pericarpio más grueso que los destinados al consumo en fresco. En Costa Rica se han hecho intentos para sembrar variedades industriales pero por razones económicas no ha sido posible desarrollarlas.

Las variedades o híbridos de tomate de mesa o consumo fresco son los más sembrados en el país. Producen frutos jugosos, redondos o achatados de tres o más lóbulos, la cáscara es delgada y su coloración va desde tonos rojos pálidos hasta rojo intenso. Tienen menos concentración de sólidos totales que el tipo para industria (3).

2.5.1 Manejo poscosecha

Para el consumo fresco o mercado local, los tomates se cosechan cuando están pintones. Si se deben transportar a largas distancias, se cosechan sazones, o sea, cuando todavía están verdes pero ya han alcanzado la madurez fisiológica.

Los frutos no maduros se pueden almacenar de una a tres semanas a temperaturas entre 12 y 14° C y con una humedad relativa entre 85 y 90%. Los frutos maduros se almacenan por un período de cuatro a siete días a temperaturas de 7 a 10° C y con una humedad relativa entre 90 a 98% (8).

El tomate no puede ser almacenado por períodos largos de tiempo, porque aún a temperaturas bajas los procesos de maduración continúan (3).

2.5.2 Aspectos básicos para la comercialización de tomate en el CENADA

2.5.2.1 Características mínimas de calidad

El tomate debe ser de aspecto fresco, consistente, limpio, entero, libre de humedad externa, libre daños por insectos, exentos de deformaciones severas, exento de materias extrañas y libre de pudriciones por hongos y bacterias (14).

2.5.2.2 Clasificación

Los frutos de tomate pueden clasificarse en calidades de primera, segunda y tercera según se cita a continuación:

- Primera: Los tomates deben ser de buena calidad, exentos de grietas sin cicatrizar. Se admiten ligeros defectos de forma y desarrollo, coloración, ligeros defectos epidérmicos, ligeras magulladuras. En un punto de maduración entre sazón y maduro.
- Segunda: Esta categoría comprende los que no pueden clasificarse en la categoría primera, pero presentan las características mínimas. Deben ser firmes y no presentar grietas sin cicatrizar. Se admiten los siguientes defectos siempre que mantenga sus características esenciales de calidad y presentación: defecto de forma, de desarrollo y de coloración, defectos epidérmicos o magulladuras, siempre que no dañen gravemente el fruto, grietas cicatrizadas de 3 cm de longitud máxima.
- Tercera: Comprende los que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero que corresponde a la categoría segunda. No obstante, pueden presentar grietas cicatrizadas de más de 3 cm de longitud (23).

2.5.2.3 Tolerancias

- Primera: Un 10% en número o en peso de tomates que no corresponden a las características de la categoría, pero se ajustan a las de la categoría segunda.
- Segunda: Un 15% en número o en peso de tomates que no correspondan a las características de la categoría, ni a las características mínimas, con exclusión de los productos podridos o alteraciones que los hagan impropios para el consumo.
- Tercera: Un 20% en número o en peso de tomates que no correspondan a las características de la categoría, ni a las características mínimas, con exclusión de los productos podridos o alteraciones que los hagan impropios para el consumo (23).

Según su peso el tomate puede clasificarse como:

- Primera: fruto de 180 a 265 g
- Segunda: fruto de 101 a 114 g
- Tercera: fruto de 77 g.

En la Ilustración 5 se muestran los daños más comunes que se dan en la comercialización del tomate.



Fruto deforme



Daño mecánico



Podrido



Hongos

Ilustración 5. Defectos más comunes en tomate

Fuente: PIMA (23).

2.6 Zanahoria (*Daucus carota* L.)

La zanahoria pertenece a la familia *Umbelliferae* y su nombre científico es *daucus carota*. Es originaria de Afganistán.

Las zanahorias cultivadas actualmente han sido seleccionadas para que no floreen al final del ciclo de crecimiento y es por ello que se comporta como bianual (3).

Según la forma y tamaño de la raíz, la zanahoria se agrupa según se cita a continuación:

- Grupo Chantenay: Las raíces son cortas y anchas en la parte superior y de color anaranjado fuerte. Tienen la relación xilema / floema alta, lo que las hace duras y de baja calidad.
- Grupo Danvers: Las raíces son más largas y delgadas y la relación xilema / floema es menor que en Chantenay. Se consideran de calidad intermedia.
- Grupo Nantes: las raíces son cilíndricas, con la punta obtusa, de epidermis delgada y lisa y de color anaranjado. En la madurez llega a medir entre 13 y 18 cm. Los cultivares son de muy buena calidad, tienen buen sabor y aroma.
- Grupo Emperador: Raíces semejantes al del grupo Nantes, pero más largas y puntiagudas. Son de muy buena calidad.

En Costa Rica se siembran los híbridos tipo Nantes que son más parejos y rectangulares, pueden llegar a medir entre 25 y 30 cm y entre las variedades que se pueden encontrar están Bradford F1, Bangor F1 y Mokum F1. También se siembran híbridos del tipo Chantenay que tienen raíces más cortas y son más anchas. Entre las variedades sembradas están Chantenay red cored, Chantenay royal y Chantenay long (18).

Otros cultivares utilizados se encuentran Flakker grosa, Flakker regol, Nantes duke, Feonia banta, Tahoe, Diplomat, Bicolor 9, Frantes, Nantes xwy y Chancellor (3, 6).

2.6.1 Manejo poscosecha

Se recomienda mantener el producto a una temperatura de 0° C para mantenerse en buenas condiciones por un periodo de cuatro a cinco meses y una humedad relativa de 90 a 95%, debido a que las pérdidas de humedad son rápidas. Se aconseja almacenar la zanahoria aislada de frutas y hortalizas que tengan altas tasas de producción de etileno para evitar el amargamiento a causa de la alteración en el metabolismo que produce dicho compuesto (2).

2.6.2 Aspectos básicos para la comercialización de la zanahoria en el CENADA

2.6.2.1 Características mínimas de calidad

Las zanahorias deben ser de aspecto fresco, firme, limpio, entero, no bifurcado y desprovisto de raíces secundarias exentas de materias extrañas, sin consistencia leñosa y libre de insectos y pudriciones por hongos y bacterias (24).

2.6.2.2 Clasificación

La zanahoria es clasificada según el número de defectos en:

- Primera: Las zanahorias deben ser de buena calidad, exentas de señales de plagas tanto en hojas como pecíolos. Las raíces deben ser enteras, tener buen aspecto. Se admiten ligeras deformaciones, ligeros defectos o coloración, ligeras grietas cicatrizadas.

- Segunda: Esta categoría comprende los que no pueden clasificarse en la categoría primera, pero presentan las características mínimas. Pueden presentar malformaciones y defectos de coloración, grietas cicatrizadas que no alcancen el corazón, grietas o hendiduras causadas por la manipulación del lavado (24).

2.6.2.3 Tolerancias

Existe un grado de tolerancia para clasificar la zanahoria según su calidad. Se tiene entonces que:

- Primera: Un 10% en peso de zanahorias que no corresponden a las características de la categoría, pero se ajustan a las de la categoría segunda. Se tolerará un 10 % en el peso de zanahorias rotas y/o sin punta.
- Segunda: Un 10% en peso de zanahorias que no se ajustan a las características de la categoría, ni a las características mínimas, con exclusión de los productos podridos o alteraciones que los hagan impropios para el consumo (24).

Según su peso la zanahoria puede clasificarse en:

- Primera: 243 - 404 g.
- Segunda: 114 - 242 g.

En la Ilustración 6 se muestran los principales defectos que se pueden hallar en la comercialización de zanahoria.



Deshidratada

Deformes

Podrida

Hongos

Ilustración 6. Defectos en zanahoria

Fuente: PIMA (24).

2.7 Aspectos de calidad utilizados por la empresa Fruta Internacional

La empresa Fruta Internacional utiliza sus propias normas de calidad para determinar si las características de un producto son aceptables. Con base a estas características también designa dos tipos de calidades, tomando en cuenta la presentación que será utilizada para el empaque. En el cuadro 4 se muestran las normas de calidad para los productos cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria

Cuadro 4. Normas de calidad utilizadas en la empresa Fruta Internacional S.A.

Producto	Asignación por tipo de empaque	Aspecto de calidad
Cebolla	Malla 3 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso/unidad: 220 a 300 g. ▪ Seca y cubierta de hojas ▪ Sin ningún tipo de golpes ▪ Uniformes
	Malla 1,5 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso/unidad: 180 a 220 g. ▪ Seca y cubierta de hojas ▪ Sin ningún tipo de golpes ▪ Uniforme
Chile Dulce		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Largo entre 14 y 15 cm ▪ Sin pudre ▪ Firme ▪ Sin golpes ▪ Maduración: pintón
Lechuga americana	Unidad o Two Pack	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Coloración Verde ▪ Peso mayor a 300 g en invierno y 500

		<ul style="list-style-type: none"> g en verano. ▪ Sin pudre ni quemaduras en las hojas ▪ Evitar exceso de humedad ▪ Ausencia de áfidos y babosas
Papa	Malla 3 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso/unidad: superior a 180 g ▪ Textura blanca ▪ Daño mecánico (cortes o heridas). ▪ Enverdecimiento ▪ Polilla ▪ No combinar variedades
	Malla 1,5 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso/unidad: entre 80 y 180 g ▪ Textura blanca ▪ Daño mecánico (cortes y rajaduras). ▪ Enverdecimiento ▪ Polilla ▪ No combinar variedades
Tomate	Bandeja de 2 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso/unidad: 200 a 335 g ▪ Sin daño mecánico ▪ Sin pudre ▪ Hongos ▪ Grado de madurez: pintón ▪ Consistente y firme
	Bandeja de 1 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peso/unidad: 180 a 220 g ▪ Sin daño mecánico ▪ Sin pudre ▪ Hongos ▪ Grado de madurez: pintón ▪ Consistente y firme
Zanahoria	Malla de 1 y 2,5 kg	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Color anaranjado uniforme ▪ Tamaño entre 15 y 25 cm ▪ Grosor 12 a 14 cm de diámetro ▪ Sin problemas en la punta. ▪ Sin rajaduras ▪ Rectas ▪ Sin bifurcaciones ▪ Deshidratación ▪ Pudre

Fuente: Fruta Internacional

2.8 Control de calidad

Los requisitos para que un producto o servicio sea de calidad dependen fundamentalmente del cliente y son la representación de sus necesidades y expectativas, es decir con sus "requisitos". El grado en que las características inherentes de un producto o servicio "cumplen" con unos requisitos (necesidades y expectativas) del cliente.

Si la empresa elabora productos con unas características que distan mucho con los requisitos del cliente, estará muy lejos de fabricar productos de calidad, pero si por el contrario toma como base para el diseño y fabricación del producto los requisitos del cliente, estará fabricando productos cada vez de mejor calidad y por lo tanto llamara la atención del cliente.

Los clientes se basan en la reputación pasada de la compañía respecto de la calidad de sus productos. En esta reputación influyen las fallas del producto o servicio que son muy visibles para los consumidores, así como el trato que recibe el cliente cuando informa de algún problema relacionado con la calidad del producto o servicio. La calidad percibida, la lealtad del cliente y los negocios repetidos están interrelacionados.

El control de la calidad tiene la función de verificar que un producto se fabrica con el diseño planteado, que es producto de la interpretación técnica de las necesidades del consumidor, y por lo tanto lo satisface (1).

Es el proceso seguido por una empresa para asegurarse de que sus productos o servicios cumplen con los requisitos mínimos de calidad establecidos por la propia empresa. En productos frescos, por ejemplo es la práctica de clasificar el producto y ofrecerlo para la venta, en términos de calidad que han sido definidos en forma precisa y que son constantes en el tiempo y la distancia

Así entonces el propósito del control de la calidad es lograr que los productos que no tengan una calidad satisfactoria se mantengan fuera del mercado, como también servir de guía a los productores para que satisfagan los requisitos de los consumidores facilitando las relaciones comerciales (1, 7).

2.9 La estadística en el control de calidad

La estadística se ha convertido en un método efectivo para describir con exactitud los valores de datos económicos, políticos, sociales, psicológicos, biológicos o físicos, y sirve como herramienta para relacionar y analizar dichos datos. La función de la estadística no consiste sólo en reunir y tabular los datos, sino en el proceso de interpretación de esa información. El desarrollo de la teoría de la probabilidad ha aumentado el alcance de las aplicaciones de la estadística. Muchos conjuntos de datos se pueden aproximar, con gran exactitud, utilizando determinadas distribuciones probabilísticas; los resultados de éstas se pueden utilizar para analizar datos estadísticos. La probabilidad es útil para comprobar la fiabilidad de las conclusiones estadísticas y para predecir el tipo y la cantidad de datos necesarios en un determinado estudio estadístico (12).

2.10 Muestreo estadístico

Las muestras que se obtienen de poblaciones finitas o infinitas, deben cumplir dos características fundamentales cuando se realiza un muestreo, y esta es que cada muestra tenga la misma probabilidad de ser seleccionada y con esta acción se espera que a la vez sea representativa.

Se define entonces la muestra aleatoria como la muestra cuyos elementos fueron extraídos de una población, donde todos sus componentes tienen la misma probabilidad de ser elegidos.

Por otra parte, la muestra representativa refleja las condiciones de la población. Con ello se puede afirmar que lo que ocurre con la muestra se da de manera semejante en toda la población (1).

El muestreo estadístico tiene varios objetivos:

- Seleccionar muestras de tamaño adecuado que garanticen representatividad y aleatoriedad.
- Hacer deducciones válidas y aplicables.
- Medir el grado de confianza de las conclusiones.

2.11 Tipos de muestreo

2.11.1 Muestro aleatorio simple

Se basa en la extracción de una muestra aleatoria finita o infinita. Se aplica cuando a cada unidad muestral de la población se le puede asignar un número.

Una herramienta útil para la aplicación de esta técnica la constituye la tabla de números al azar (1).

El tamaño de muestra se define con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 N \sigma^2}{Z_{\alpha/2}^2 \sigma^2 + NE^2}$$

Ecuación 1. Tamaño de muestra

Fuente: Acuña, J (1).

Donde: n = tamaño de la muestra
 $Z_{\alpha/2}$ = estadístico ligado al error α deseado
 N = tamaño de la población
 σ^2 = varianza de la población
 E = Límite deseado de error para la media o proporción estimada.
 p = proporción de la clase de muestra
 q = proporción que no pertenece a la clase de muestra.

2.11.2 Muestreo estratificado

El lote se divide en varios grupos llamados estratos y se toman muestras aleatorias de cada uno. El método resulta útil cuando existen grupos diferenciados en la población. No obstante, es necesario que en cada uno de los estratos los elementos deban poseer una gran homogeneidad con respecto al carácter que se estudia. Dicha homogeneidad aumenta la precisión de las estimaciones ya que se trabaja separadamente en cada estrato. A su vez la estratificación ayuda a reducir los errores de estimación y los costos. De no desearse aumentar la precisión se puede disminuir el tamaño de la muestra. La precisión del conjunto de muestras va a depender de la homogeneidad de los estratos (11, 12).

Este muestreo presenta las siguientes ventajas:

1. La estratificación puede producir un límite más pequeño para el error de estimación que el que se generaría por una muestra aleatoria del mismo tamaño. Este resultado es particularmente cierto si las mediciones dentro de los estratos son homogéneas.
2. El costo puede ser reducido mediante la estratificación de los elementos de la población en grupos convenientes.

3. Se pueden obtener estimaciones de parámetros poblacionales para subgrupos de la población. Los subgrupos deben ser entonces estratos identificables (12).

2.11.3 Muestreo sistemático

Es un muestreo aleatorio en el cual se eligen los elementos de la población a intervalos uniformes a partir de un listado ordenado. Se utiliza cuando el número de elementos a seleccionar en la muestra es muy grande. Simplifica el proceso de selección de la muestra. Se extiende más uniformemente sobre toda la población.

Proporciona una opción útil por las siguientes razones:

1. El muestreo sistemático es más fácil de llevar a cabo en el campo, y por lo tanto, a diferencia de las muestras aleatorias y las estratificadas, está menos expuesta a los errores de selección del investigador.
2. El muestreo sistemático puede proporcionar mayor información que la puede proporcionar el muestreo aleatorio por unidad de costo (12).

2.11.4 Muestreo por conglomerados

También es conocido como muestreo anidado o por etapas. Se divide la población en varios conglomerados de elementos (conjunto de elementos que comparten las mismas características) y se seleccionan aleatoriamente. Aquí la unidad muestral no son los individuos sino un conjunto de estos, en vez de muestrear toda la población es necesario muestrear sólo los conglomerados (7, 10).

Para explicar este tipo de muestreo se va a ser uso de unos muñecos rusos de madera fabricados de diferentes tamaños de manera tal que, dentro de la que puede

considerarse la mayor, se insertan otros que caben perfectamente una dentro de la otra hasta llegar a una muy pequeña. Supóngase que esta última es la única que conocemos inmediatamente que se ve se identifica como sería la más grande. La ventaja es que es representativa de la población y admite selección no aleatoria en la última etapa.

El muestreo por conglomerados es un diseño efectivo para obtener una cantidad específica de información al costo mínimo bajo las siguientes condiciones:

1. No se encuentra disponible o es muy costoso obtener un buen marco que liste los elementos de la población, mientras que se puede lograr fácilmente un marco por conglomeración.
2. El costo por obtener observaciones se incrementa con la distancia que separa los elementos.

2.11.5 Muestreo por conglomerados en dos etapas

En una primera etapa se selecciona una muestra aleatoria de conglomerados y posteriormente una muestra aleatoria de los elementos de cada conglomerado muestreado (1, 10).

Con respecto a sus ventajas comparte las mismas que el muestreo por conglomerado.

2.12 Análisis de datos

El análisis de datos se utiliza con el fin de tener un medio para conocer el comportamiento de una variable o atributo a través del tiempo.

Con ello se pretende que la labor del control de calidad sea preventiva y no correctiva, con lo que se logra reducir los problemas de calidad llegando a soluciones oportunas y con ello reducir costos (1).

En el análisis de datos se utilizan varias herramientas estadísticas entre ellas están la distribución normal, la distribución binomial y la distribución de Poisson.

2.12.1 Distribución normal

Se caracteriza por que una gran cantidad de datos se agrupan cerca o alrededor de un promedio y conforme se alejan del promedio, la frecuencia decrece. Esta característica le da la forma particular de una campana conocida como la Campana de Gaus (7).

Esta curva esta definida por la siguiente función:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \left(e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \right)$$

Ecuación 2. Distribución Normal

Fuente: Jurán, J (7).

Donde: $e = 2,178$
 $\Pi = 3,141$
 μ = media de la población
 σ = desviación estándar de la población

Según el valor de los parámetros μ y σ , se creó la curva normal estándar, la cual permite el cálculo de probabilidades a partir de tablas estandarizadas.

Para ello primero debe encontrarse el valor de Z utilizando la ecuación:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Ecuación 3. Valor de Z

Fuente: Jurán, J (7).

Con una tabla de distribución normal se busca el valor de Z y se obtiene N con lo que es posible estimar una probabilidad (1).

2.12.2 Distribución Binomial

En muchos casos no es práctico controlar los procesos mediante variables, por lo que es necesario entrar a catalogar el producto como bueno o malo, según cumpla o no los requerimientos de calidad propuestos (1).

Para ello la probabilidad de variable debe cumplir con cuatro condiciones:

- Se ejecutan n pruebas.
- Existe una probabilidad de éxito, que se denota p y una probabilidad de fracaso q , que es igual a $1-p$.
- Las pruebas son independientes.

- Interesan x casos del total de casos.

La función utilizada para esta distribución es:

$$b(x, n, p) = \frac{n!}{x!(n-x)!} p^x q^{n-x}$$

Ecuación 4. Distribución binomial

Fuente: Acuña, J (1).

Donde: $b(x, n, p)$. = probabilidad de tener x éxitos, en n pruebas, si la probabilidad de éxito es p .

n = número de pruebas

x = número de éxitos

p = probabilidad de éxito

q = probabilidad de fracaso

$n - x$ = número de fracasos

2.12.3 Distribución de Poisson

Se utiliza la distribución de Poisson como aproximación de experimentos binomiales donde el número de pruebas es muy alto, pero la probabilidad de éxito muy baja. Se utiliza en conteo de observaciones por cantidad de tiempo o unidad de cantidad, como el conteo de defectos por lote de producto, donde existe una cantidad igual de oportunidades de que se produzca un suceso determinado. La distribución de Poisson se puede utilizar cuando n es muy grande y p_0 es pequeña como, por ejemplo, es el caso de las muestras de calidad (7).

$$P(x) = \frac{(\lambda)^x}{x!} e^{-\lambda}$$

Ecuación 5. Distribución de Poisson

Fuente: Jurán, J (7).

Donde: x = conteo, o cantidad, de eventos.

λ = conteo promedio, o número promedio, de eventos.

2.13 Cartas de Control

Se utilizan comúnmente en los procesos de análisis y control de producción. Es un elemento gráfico simple para detectar modelos no naturales de producción en los datos resultante de procesos repetitivos. Da un criterio para detectar deficiencias en el control estadístico.

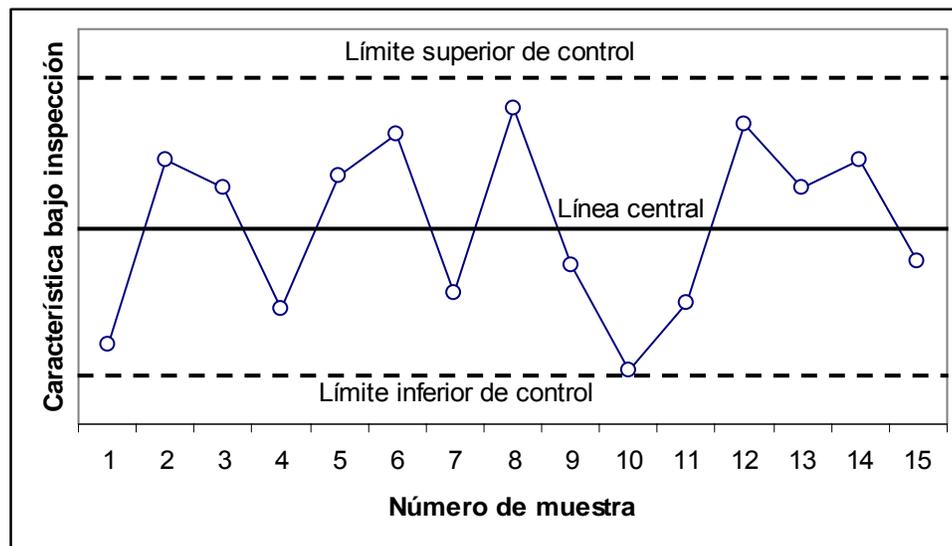


Figura 1. Aspecto general de una carta de control

Fuente: El Autor

En la figura 1 se puede ver la forma general que presenta una carta de control. Los puntos corresponden a una muestra y son representados gráficamente de manera secuencial. Los puntos son unidos por una línea, como una ayuda para la interpretación visual (9).

Las cartas de control comúnmente utilizadas y las fórmulas para determinar los límites de control correspondientes se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Suposiciones y fórmulas para las cartas de control comúnmente usadas

Carta	Distribución	Línea central	Límite superior de control LSC	Límite inferior de control LIC
\bar{X}	Normal	\bar{X}	$\bar{X} + A_2 \bar{R}$	$\bar{X} - A_2 \bar{R}$
R	Normal	\bar{R}	$D_4 \bar{R}$	$D_3 \bar{R}$
p	Binomial	\bar{p}	$\bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$	$\bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
c	Poisson	\bar{c}	$\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$	$\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

Fuente: Ostle, B (9).

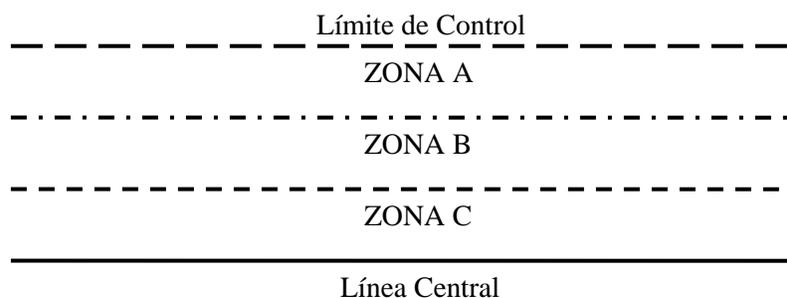


Figura 2. Zonas A, B y C usadas en el análisis de cartas de control

Fuente: Ostle, B (9)

Según se puede observar en la figura 2, se dice que el proceso está fuera de control si uno o más de los siguientes eventos ocurre:

1. Un solo punto cae fuera del límite de control.
2. Dos de tres puntos sucesivos, caen en la zona A, o más allá.
3. Cuatro de cinco puntos sucesivos, caen en la zona B, o más allá.
4. Ocho puntos sucesivos caen en la zona C, o más allá.

Algunas observaciones generales al sistema son:

- La razón principal del uso de cartas de control es la de proporcionar una señal de que alguna acción es necesaria.
- Antes de que puedan calcularse los límites de control con alguna seguridad de su confiabilidad, se deberá disponer cuando menos de 20 muestras.
- Antes de que los límites de control, calculados a partir de registros anteriores de producción, sean usados para supervisar la producción futura, el proceso deberá estar bajo control.
- Si un proceso está bajo control y un punto cae fuera de los límites de control, el supervisor apreciará que se comete un error de tipo 1.
- La carta de control no es una solución para todos los problemas de producción; solamente es una herramienta muy útil (9).

3 METODOLOGÍA Y MATERIALES

3.1 Metodología

Para la elaboración del presente trabajo, se realizó en primera instancia una recopilación de la información correspondiente a los productos agrícolas cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria contenida en la literatura escrita y documentos de Internet, en cuanto a normas de calidad se refiere.

De igual manera se recopiló información sobre los métodos estadísticos de muestreo más comunes utilizados en el control de calidad.

Se realizó visitas a la planta de maquila de vegetales de la empresa Fruta Internacional S.A., ubicada en CENADA, Barreal de Heredia con el fin de conocer el procedimiento de muestreo utilizado actualmente en el recibo de producto, conocer las principales limitaciones que se puedan presentar durante la aplicación del muestreo, el volumen de producto que entra y el número de proveedores que por lo general esperan a ser atendidos mientras se realiza el recibo del producto. Con esta información se procedió a diseñar un método de muestreo que se ajustara lo mejor posible a las necesidades, posibilidades y limitaciones que presenta la empresa.

Se tomó como referencia un sistema de muestreo que la empresa posee, pero que aún no ha implementado. Este sistema define lo siguiente:

1. Para los casos en que se use una muestra del 10% define lo siguiente:

- Menos de un 2% fuera de norma: Se acepta el producto
- De un 2,1 a un 5% fuera de norma: Se incrementa el muestreo a un 20%
- Mayor o igual a un 5,1% fuera de norma: Se rechaza el lote

2. Cuando se utiliza una muestra de un 20% se procede de la siguiente manera:

- Menos de un 5% fuera de norma: Se acepta el producto
- Mayor o igual a un 5,1% fuera de norma: Se rechaza el lote

3. Una vez determinado el tamaño de la muestra, se procede a calcular la proporción de producto que indicará si el producto es aceptado, si debe incrementarse el tamaño de muestra o si el producto debe ser rechazado. Para ello se procede de acuerdo a los cuadros 6 y 7.

Cuadro 6. Porcentajes permisibles para una muestra del 10%

Se acepta el producto	Menos de un 20% de la muestra fuera de norma	Multiplique la cantidad a muestrear por 0,2
Se incrementa el muestreo a un 20%	Entre un 20 y 50% de la muestra fuera de norma	Multiplique la cantidad a muestrear por 0,21 (límite inferior) y 0,5 (límite superior).
Se rechaza el producto	Más de un 50% de la muestra fuera de norma	Multiplique la cantidad a muestrear por 0,51

Fuente: Ing. Juan Luis Monge

Cuadro 7. Porcentajes permisibles para una muestra del 20%

Se acepta el producto	Menos de un 25% de la muestra fuera de norma	Multiplique la cantidad a muestrear por 0,24
Se rechaza el producto	Un 25% o más de la muestra fuera de norma	Multiplique la cantidad a muestrear por 0,25%

Fuente: Ing. Juan Luis Monge

Una vez teniendo una visión amplia de la situación que se presenta en la empresa y tomando en cuenta los métodos de muestreo disponibles, se procedió a diseñar una opción de muestreo que fuese fácil y rápida de aplicar además de preciso. Para comprobar su eficacia, se aplicó el mismo en el recibo de los siguientes productos: cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria. Se tomó como referencia los aspectos de calidad que la empresa tiene definidos que se muestran en el cuadro 4 página 24.

Se utilizó la distribución de Poisson la cual proporcionará la probabilidad esperada en la que se sustenta la decisión de aceptar o rechazar el producto.

La valoración del sistema de muestreo se efectuará cuantificando la proporción de material desechado.

El sistema se considerará bajo confiabilidad, si la cantidad de desperdicio no excede a la suma de las proporciones de rechazo. Por ejemplo, si para un producto se contemplan 6 aspectos de calidad aceptando un 1% de producto dañado, se esperaría un máximo de 6% de desperdicio para ese lote.

Se procedió a la comparación del sistema de muestreo propuesto con el método de muestreo que la empresa espera implementar, a través del análisis de las ventajas y desventajas de ambos, así como su costo en horas hombre de ejecución.

Se proporcionó soporte mediante herramientas informáticas para llevar el control del producto y suministrar cartas de control de la calidad de producto. Para ello se diseñó un modelo de control de la calidad utilizando la hoja electrónica.

El documento finaliza con la formulación de las conclusiones y recomendaciones del proyecto a partir de los resultados obtenidos.

3.2 Materiales

Los materiales utilizados fueron equipo de cómputo, impresora, materiales y útiles de oficina. Con estos fue posible la elaboración de las diferentes hojas de control para realizar el recibo de producto y empaque aplicando el muestreo propuesto, con lo que fue posible recabar la información necesaria y probar la veracidad del muestreo aplicado.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de la situación de la empresa

4.1.1 Normas de calidad

Las normas de calidad para la aceptación del bulbo de cebolla están establecidas por el PIMA para su comercialización en el CENADA. En el cuadro 8 se comparan estas normas con la que la empresa utiliza en el recibo de producto.

Cuadro 8. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en cebolla

Norma de calidad	PIMA	EMPRESA
Deformaciones de bulbo	✓	✓
Bulbo con hongo	✓	
Podredumbre de bulbo	✓	
Daño por Insectos	✓	
Daño mecánico	✓	✓
Quemadura de sol	✓	
Bulbo seco y cubierto de hojas		✓
Peso por unidad 180 a 300g		✓

El PIMA establece las tolerancias en porcentaje de producto que puede ser aceptado con algún defecto de calidad mientras que la empresa no los posee. Por el contrario utiliza el criterio empírico que posee el inspector de calidad para estimar cuanto aceptaría de daño en un lote.

Con respecto a su calidad referente a la dimensión del bulbo de cebolla, el PIMA define una clasificación por tamaño tomando como referencia el diámetro del bulbo mientras que la empresa utiliza rangos de peso y define dos calidades.

Para chile dulce se encontró que tanto la empresa como el reglamento del PIMA sólo comparten dos características de calidad. En el cuadro 9 se muestran las diferencias.

Cuadro 9. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en chile dulce

Normas de calidad	PIMA	EMPRESA
Firme	✓	✓
Entero	✓	
Libre de humedad externa	✓	
Apariencia fresca	✓	
Exento de materias extrañas	✓	
Libre de pudriciones por hongos y bacterias, quema de sol, heridas sin cicatrizar	✓	✓
Estar provisto de pedúnculo	✓	
Limpio	✓	

La empresa exige además que el producto no tenga ningún tipo de golpe. El pedúnculo puede traerlo o no. Su estado de maduración debe ser pintón.

La empresa define la calidad del fruto por el tamaño y no por su peso como lo establece el PIMA. El fruto debe ser mayor a 14 cm de largo.

En lechuga americana se encontró que se utilizan las mismas normas de calidad que establece el PIMA para aceptar este producto como se puede observar en el cuadro 10.

Cuadro 10. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en lechuga americana

Normas de calidad	PIMA	EMPRESA
Turgente	✓	✓
Limpia, entera	✓	✓
Libre de humedad externa	✓	✓
Exenta de materias extrañas	✓	✓
Libre de pudriciones por hongos y bacterias	✓	✓
Libre de babosas	✓	✓
Presentar aspecto fresco	✓	✓

Además de estas características la empresa define que el producto no puede venir con quemaduras en las hojas, además de aceptar producto con un peso no menor a 300 g durante en invierno y 500 g en verano.

La empresa recibe sólo lechuga de primera calidad (refiérase a la página 12).

En el caso del tubérculo de la papa se encontraron mayores diferencias entre las normas establecidas por el reglamento técnico de papa para consumo nacional y las utilizadas por la empresa. En el cuadro 11 se enumeran los aspectos de calidad utilizados.

Cuadro 11. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en papa

Normas de calidad	PIMA	EMPRESA
Brotación de tubérculo	✓	
Enverdecimiento de tubérculo	✓	✓
Podredumbre de tubérculo	✓	✓
Daño por Insectos	✓	✓
Rajadura en el tubérculo	✓	✓
Daño mecánico (cortes o heridas)		✓
Corazón hueco (negro)	✓	
Tubérculo Cele (verde)	✓	
Daño por <i>Phthorimaea operculella</i> y <i>Tecia solanivora</i> (polilla)	✓	
Daño por <i>Rhizoctonia solani</i> (costra negra)	✓	
Daño por <i>Spongospora subterranea</i> (roña)	✓	
Daño por <i>Streptomyces scabies</i> (sarna)	✓	

La empresa no utiliza una tabla con porcentajes para aceptar o rechazar un determinado número de productos con daño como lo establece el reglamento técnico del CNP, por lo que recurre en su lugar el criterio empírico.

Con respecto a la clasificación, la empresa utiliza dos rangos de peso para definir la calidad del tubérculo, mientras que el reglamento técnico establece la calidad según el diámetro del tubérculo.

En el fruto de tomate las características utilizadas por ambos entes se observan en el cuadro 12

Cuadro 12. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en tomate

Normas de calidad	PIMA	EMPRESA
Aspecto fresco	✓	
Entero	✓	✓
Libre de humedad externa	✓	
Libre daños por insectos	✓	✓
Consistente	✓	✓
Exentos de deformaciones severas	✓	
Exento de materias extrañas	✓	
Libre de pudriciones por hongos y bacterias	✓	✓
Limpio	✓	

La empresa utiliza sólo frutos de primera calidad diferenciando las calidades utilizadas según su peso definiendo dos rangos distintos. El PIMA define las calidades también por peso aunque la empresa trabaja con diferentes rangos.

Las normas de calidad utilizadas por la empresa para zanahoria las comparte con las establecidas por el PIMA. En el cuadro 13 se muestran los aspectos contemplados por ambas entidades.

Cuadro 13. Comparación de normas de calidad del PIMA y la empresa en zanahoria

Normas de calidad	PIMA	EMPRESA
Aspecto fresco	✓	✓
Firme	✓	✓
Limpio	✓	✓
Entero	✓	✓
No bifurcado y desprovisto de raíces secundarias exentas de materias extrañas	✓	✓
Sin consistencia leñosa	✓	✓
Libre de insectos y pudriciones por hongos y bacterias	✓	✓

La empresa compra solamente producto de primera calidad y hace diferencia de ésta según el largo y diámetro de la raíz. El PIMA lo define según su peso.

4.1.2 Recibo de producto

En el recibo de producto se encontró que la empresa no cuenta actualmente con un sistema de muestreo confiable. Utiliza un sistema empírico, que recurre al conocimiento técnico que posee la persona encargada, fundamentada en las características de calidad y estándares que la empresa tiene establecido para cada producto (Ver Cuadro 4 página 24).

A pesar de ello puede describirse el sistema empleado por la empresa en el recibo de producto con fundamento aleatorio. En una primera etapa se selecciona una caja al azar contenida en una tarima y en una segunda etapa se realiza la inspección de

todos los elementos contenidos en esa caja. Este método se repite cuantas veces crea necesario la persona que realiza el recibo del producto. El sistema no está fundamentado por un método estadístico determinado, por el contrario, recurre a la experiencia de la persona encargada del recibo, muchas veces realizando muestreos de casi un 50% del total del lote lo cual genera mayores tiempos de espera por parte de otros proveedores que aguardan a ser atendidos, y se aceptan lotes con producto malo debido a que no existe un mecanismo establecido que marque los límites de aceptación o rechazo.

Este problema se ve reflejado en la merma de producto durante el empaque, pudiendo llegar en algunos casos hasta un 30% según datos manejados por la empresa.

Es por ello que se considera que el sistema de muestreo propuesto será utilizado si se integra al trabajo operativo de la empresa. Por esta razón es importante detallar el flujo de la materia prima desde que ésta ingresa a la planta, como se muestra en la figura 3.

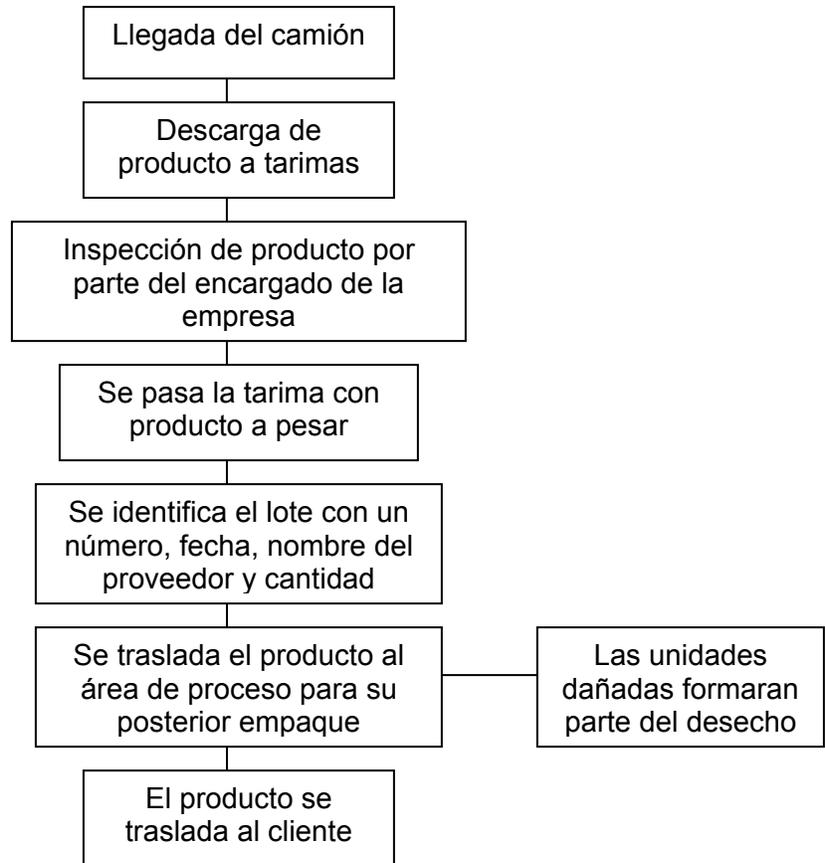


Figura 3. Diagrama de flujo de entrada de producto

Se explica a continuación cada punto del diagrama:

1. El vehículo llega a la empresa.
2. El producto es descargado en tarimas formando grupos de 7 cajas y se estiba en pilas hasta 7 niveles como máximo. En condiciones normales el proceso puede considerarse aleatorio. En situaciones dolosas el personal tratará de ocultar el producto de baja calidad en las cajas interiores, encubriéndolo a la inspección.
3. El inspector de la empresa decide que fila y que caja o cajas va a inspeccionar. Se inspecciona toda la caja y a criterio del inspector se acepta o

rechaza el lote. Al no tener definida una cantidad de elementos dañados aceptables esas decisiones provocarán debates con el proveedor.

En ausencia de fraude, no habría problema para que el sistema controle la situación. Por otra parte, el humano tiende a crear rutinas y el inspector no será una excepción. En algún momento un observador acucioso puede identificar la rutina y esconderá producto dañado.

4. Una vez aceptado el lote se procede a trasladar la tarima hacia una romana y se determina la cantidad de producto entregado cuando corresponda. De otra forma para ciertos productos se determina una cantidad específica de elementos por caja.
5. Se identifica el lote con un número, nombre de proveedor y fecha además de especificar el tipo de empaque para el cual esta designado. El mismo hace referencia a una calidad dada.
6. Durante el empaque el producto que no califica para ninguna de las dos calidades aceptadas, puede tomar varios destinos: es devuelta al proveedor, es vendida a menor precio a terceros o es vendida a granel en los puntos de venta. Las unidades dañadas formarán parte del desperdicio sin identificar la causa del mismo.
7. El producto se traslada al cliente en donde puede ser sujeto a una segunda inspección.

4.2 Propuesta de muestreo

El control estadístico del proceso deberá operar sobre los puntos 2 y 3 del recibo de la materia prima.

Por las características de la población (cajas con verduras) el muestreo que mejor se ajusta es el de conglomerado visto que las cajas con producto permiten ajustar un método de muestreo que será aplicable a cualquier producto que sea entregado de esta forma y el determinar un peso o número de unidades por lote para muestrear resulta poco práctico. Se considera que es un diseño efectivo para obtener una cantidad específica de información al menor costo.

La distribución de Poisson se utiliza como la distribución para aproximar los daños en el producto, calculada para $n = 10, 20, 30$ ó 40 unidades, con una proporción de daño $p = 0,01; 0,02$ y $0,03$; lo que permite ser utilizada en diferentes tipos de cultivo y condiciones de manejo.

En la figura 4 se muestra las etapas del muestreo propuesto.

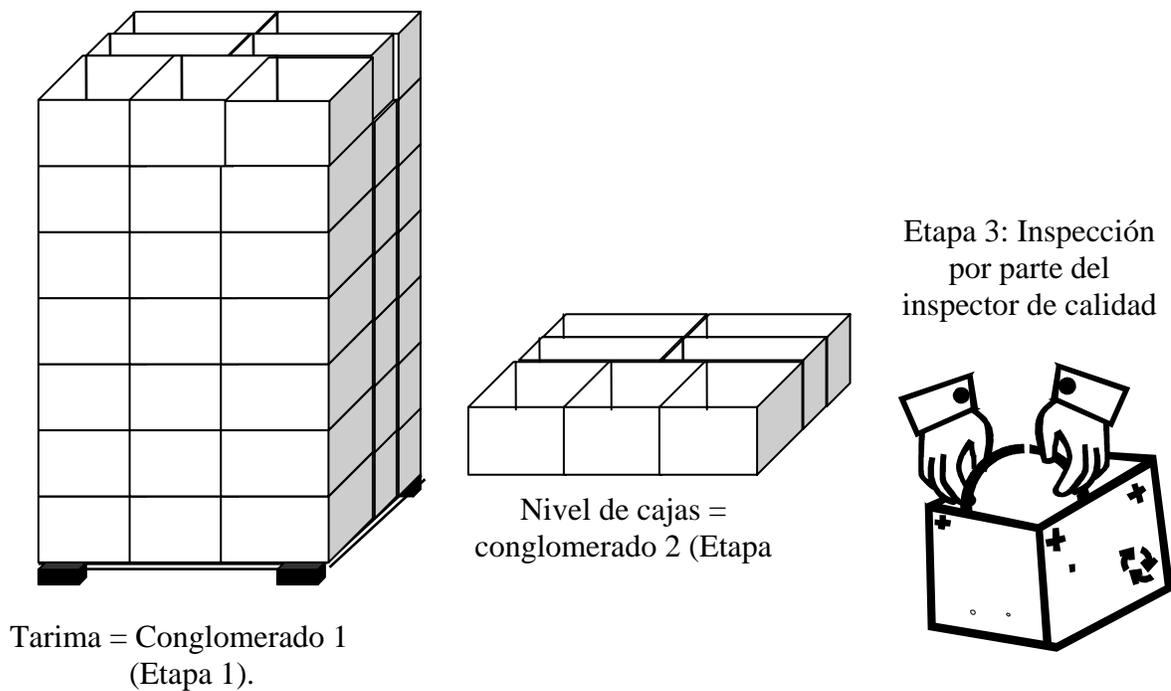


Figura 4. Etapas del muestreo

El proceso define dos etapas en el muestreo, primero la de tarima en donde cada tarima T tendrá la probabilidad $1/T$ de ser elegida.

Si a cada tarima se le da la misma probabilidad de ser elegida, el muestreo será probabilístico. En la segunda etapa del muestreo la tarima elegida estará formada por n niveles, cada uno de ellos tendrá la probabilidad $1/n$ de ser elegida al azar. Hasta este punto el proceso ha sido probabilística, pues tarima y nivel han sido seleccionados mediante un sistema que elimina toda mediación de los involucrados. Se espera que el proceso aleatorio de selección asegure una muestra representativa del lote.

Visto que el sistema es de aceptación, la persona calificada para definir la calidad del producto es el inspector de calidad. Es por esto que la tercera etapa de muestreo se deja a criterio del inspector, proporcionándole una distribución de frecuencias teórica

que limite las decisiones. De esta manera tanto el proveedor como inspector deberán sujetarse al criterio determinado por las probabilidades de Poisson para 10, 20, 30 ó 40 unidades seleccionadas según el inspector crea conveniente tomar.

El sistema de muestreo propuesto fue probado en los siguientes productos acordados con la empresa: cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria.

Seguidamente se ilustrará el sistema de muestreo propuesto con un ejemplo de papa. También se hará referencia a un sistema de muestreo que la empresa piensa implementar oportunamente. Para diferenciarlos se ha designado al muestreo propuesto como sistema de muestreo A y al de la empresa, sistema de muestreo B.

4.3 Ejemplo de Operación

4.3.1 Sistema de muestreo A

Se tiene un lote de 2 205 kg de papa distribuidas en 3 tarimas con 49 cajas cada una.

Para la recepción de producto se utiliza una hoja como la que se muestra en la figura 5. En cada formulario se calculan automáticamente los números aleatorios por medio de hoja electrónica.

Producto: PAPA

Especificación: _____ LOTE _____

Nombre del proveedor _____ Código _____

Cantidad entregada _____ kg Fecha: _____

INSPECCIÓN DE PRODUCTO

Números aleatorios

# tarima	6	4	5	4	6	3	1	3
	4	3	2	4	1	6	3	3

# nivel	1	4	2	7	5	2	5	1
	7	6	1	2	3	3	6	6

Número de muestras _____

Tamaño de muestra _____ unidades

Proporción de calidad aceptable		
1%	2%	3%

ASPECTO DE CALIDAD	muestra1	muestra2	muestra3	total
Peso unidad/ promedio 3 kg: > 180 g 1,5 kg: 80-180g				
Con Pudre, hongos no se permite				
Con Daño mecánico				
Con pollilla/ verdeo				
otras variedades				
Total defectuoso				

ACEPTADO _____ RECHAZADO _____

Observaciones: _____

COLABORADOR: _____

EMPAQUE

Fecha	Cantidad unid	Peso	Desecho	Sobrante	Hora inicio	Hora final	Colaborador

Figura 5. Hoja de control de recibo de papa

Esta hoja contiene los aspectos de calidad para cada producto en específico. Además de contener números aleatorios, recopilar información de proveedor, tamaño del lote, número de lote, procedimiento de muestreo y empaque.

Utilizando las tablas de números al azar que se encuentran en las hojas de control se selecciona tanto la tarima como el nivel. En este caso se selecciona la tarima 2 y el nivel 5 tomando como referencia la fila 1 columna 2 para ambas.

Una vez que el nivel se ha localizado este se descubre a plenitud dándole al inspector una visión amplia del producto (regularmente 7 cajas) y se le deja a su criterio elegir una que inspeccionará detenidamente.

En los primeros muestreos en donde se usaba una asignación aleatoria de la caja, el inspector se resistía a elegir una caja que mostrara producto defectuoso y evaluaba solamente la designada.

La selección no aleatoria en el último paso es una ventaja del muestreo por conglomerados. Se está conciente de que se pierde aleatoriedad pero se gana en representatividad.

El inspector selecciona una caja y decidirá tomar 10, 20, 30 ó 40 unidades.

Se procede a verificar los criterios de aceptación definidas por la empresa para la calidad de la papa. Estos son ausencia de daño mecánico, pudre, hongos, polilla, verdeo y combinación de variedades.

Las tolerancias que se van a utilizar para poder evaluar la muestra estarán dadas por la distribución de Poisson calculado mediante hoja electrónica. Debido a que se utiliza un sistema probabilística y lo que se desea es el mínimo de daño y como se está trabajando con muestras pequeñas se debe ser muy estricto en el muestreo, por lo que se designó arbitrariamente un 1% de proporción de daño. Este porcentaje se suma para cada uno de los defectos o sea que durante el empaque puede considerarse normal o dentro del control hasta un máximo de un 6% de producto dañado del total del lote.

Cuadro 14. Distribución de Poisson considerando un 1% de daño aceptable

Número de daño	Tamaño de muestra (unidades).				Detalle
	10	20	30	40	
0	9	16	22	27	Sanos
1	1	3	7	11	Con 1 tipo de daño
2	0	0	1	2	Con 2 Tipos de daño
	1	3	8	13	Total con daño

En el cuadro 14 se tiene una distribución probabilística de Poisson que ha sido calculada para un 1% de probabilidad de daño. Se proporciona varias posibilidades de número de muestras a ser seleccionadas, de esta manera la persona encargada de ejecutar el muestreo tiene la libertad de tomar 10, 20, 30 ó 40 unidades. En la figura 6 se ilustra el procedimiento de aceptación de muestra.

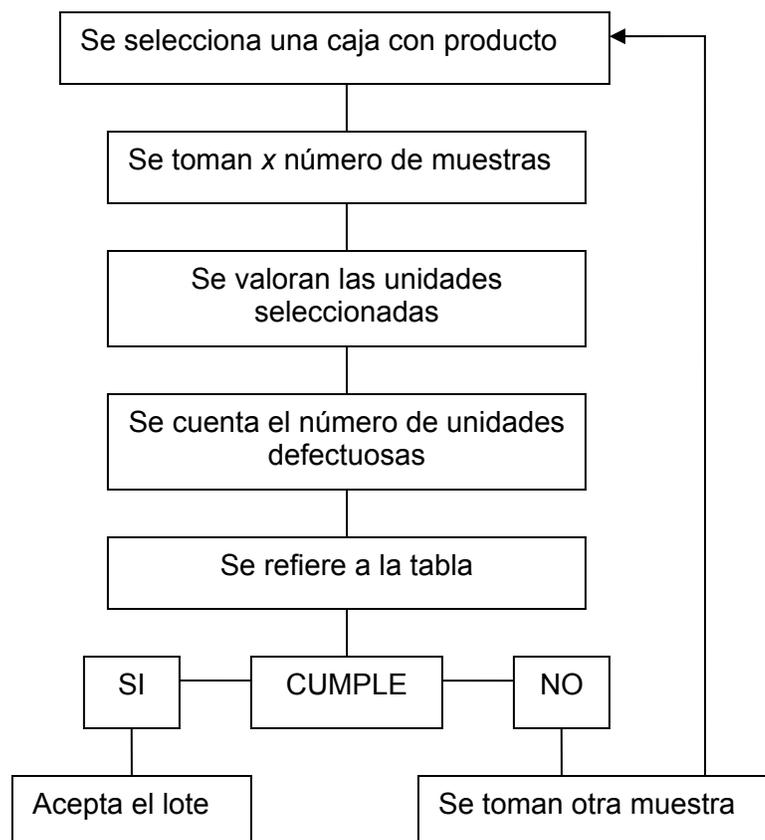


Figura 6. Diagrama del proceso de aceptación de la muestra

Tomando como referencia la distribución de Poisson del cuadro 14, y suponiendo que se seleccionaron 20 unidades de producto, se deberá verificar que en la muestra sólo haya 3 unidades defectuosas (Ver cuadro 4, página 24).

Si se cumple esta distribución, el lote se acepta. De lo contrario se procederá a realizar dos muestreos más, completando así un máximo de tres muestras del mismo tamaño y con la misma proporción de daño probable. Si los tres muestreos superan las tolerancias dadas, se procederá a rechazar el lote.

Usualmente con la primera muestra se toma una decisión y se conviene las opciones de compra que no son objeto de este estudio.

Las ventajas que presenta este muestreo son:

- La utilización de tablas de números al azar proporciona aleatoriedad al muestreo.
- Se utiliza el criterio de experto.
- Se espera que la muestra sea representativa del lote.
- Puede ser aplicado a cualquier producto que maneje la empresa, siempre que el producto venga en cajas de la empresa y se estibe en tarimas de la manera anteriormente descrita.
- Brinda documentación del proceso del muestreo.
- Al utilizar una distribución probabilística como lo es la distribución de Poisson no se requiere de registros históricos que ayuden a determinar la desviación estándar para cada producto.

Entre los inconvenientes están:

- Por ser un muestreo de muestras pequeñas tiende a ser muy estricto en sus parámetros de aceptación.

4.3.2 Sistema de muestreo B

Este muestreo utiliza una distribución normal y determina el tamaño de muestra tomando un 10 ó 20% del lote. Los porcentajes de daño permisible se encuentran en los cuadros 6 y 7 páginas 38 y 39 respectivamente.

Retomando el ejemplo de la papa en este caso el lote consta de 2 205 kg distribuidos en 147 cajas. Por tanto, si se va a muestrear un 10% se tiene que la cantidad de cajas a muestrear sería:

$$\text{Cajas a muestrear} = 147 \div 10 = 14,7 = 15 \text{ cajas}$$

La cantidad de papas contenida en las cajas equivale a 225 kg de producto. Como se está muestreando con base al 10% del total del lote, se tiene que:

- Se acepta el producto si menos de 45 kilogramos están fuera de norma.
- Se pasa a muestrear un 20% del producto si aparecen entre 47,25 y 112,15 kg fuera de norma.
- Se rechaza el producto si más de 112,15 kg están fuera de norma.

Las ventajas que presenta este muestreo son las siguientes:

- Se puede utilizar en diferentes productos, siempre que éste venga en cajas de la empresa y se estibe en tarimas de la manera anteriormente descrita.

Los principales problemas que presenta el muestreo están:

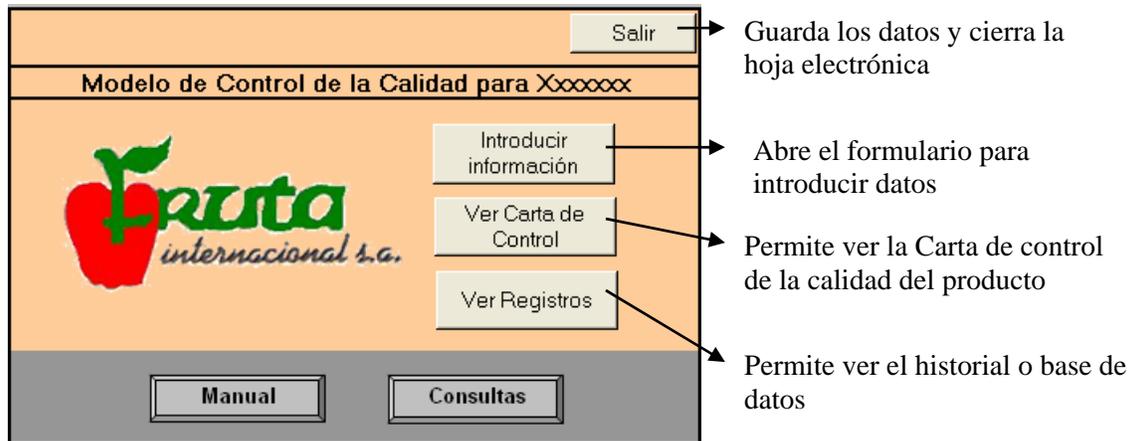
- Por no ser aleatorio no se puede determinar precisión ni confiabilidad.
- Mayor tolerancia a aceptar producto dañado.
- No brinda documentación del proceso del muestreo
- Al ser un sistema que utiliza la distribución normal, requiere de registros históricos (de los cuales carece la empresa). para generar la desviación estándar típica de cada producto y para cada tipo de daño o aspecto de calidad.

4.4 Modelo del sistema de control de la calidad

Como una herramienta complementaria al sistema de muestreo propuesto, se ha diseñado un sistema en hoja electrónica que permite llevar una base de datos de los muestreos realizados. Además de llevar una base de datos, la información puede ser desplegada de forma gráfica (carta de control) para facilitar la interpretación de datos y para que la empresa disponga de un medio que le ayude en la toma de decisiones.

La eficacia del muestreo se valorará mediante el porcentaje de producto de desecho salido de cada lote. Es importante tomar en cuenta que el exceso de desecho no siempre será causa de sesgo del muestreo, sino que existen causas indeterminadas como lo es la aceptación de producto de menor calidad bajo condiciones especiales de compra o un mal manejo dentro de la empresa. De esta información la empresa no lleva registros.

En la figura 6 se ilustra el aspecto de la base de datos.



Formulario para introducir datos

Salir

Producto: Ayuda

Proveedor:

Especificación:

Tamaño de lote:

Lote:

Fecha de recibo:

Proporción calidad acept: %

Prod. empacado:

Desecho:

Guardar Regresar al menú

Área designada para introducir la información

Carta de control de la calidad de producto

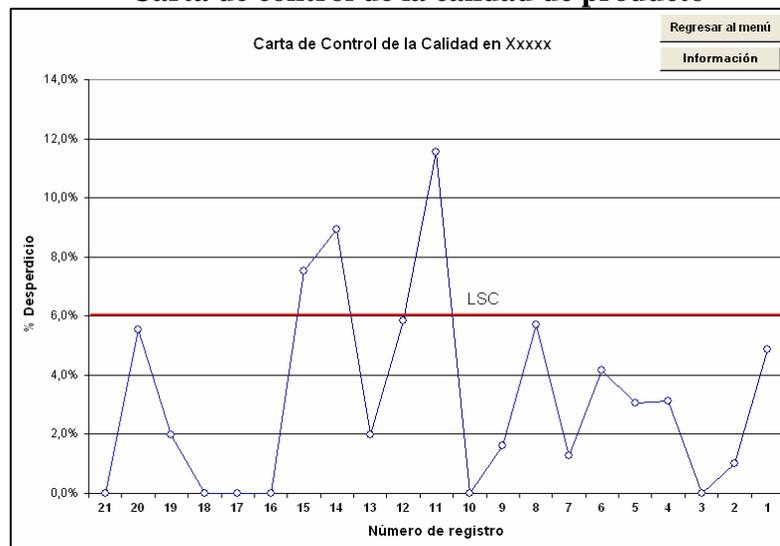


Figura 7. Descripción del formulario electrónico

En la recopilación de la información se recomienda utilizar los formularios de los Apéndices 1, 2, 3, 4, 5 y 6, que además de respaldar la información de datos obtenidos permite recopilar la información necesaria para introducirla en la base de datos propuesta. Se ha diseñado un formulario y una hoja electrónica para recopilar la información para cada producto.

El sistema consiste inicialmente en un menú principal donde se selecciona la tarea a realizar. Entre estas está: Introducir información, ver carta de control de la calidad del producto, ver la base de datos, realizar consultas vía correo electrónico y consultar el manual de uso del sistema.

En el formulario para introducir información se incluye nombre del proveedor, especificación del producto, tamaño del lote, número de lote, fecha de recibo, porcentaje de daño aceptado utilizado en el muestreo, cantidad de producto empacado y el desecho.

La carta de control se actualiza automáticamente cuando se introducen datos y toma los últimos 21 registros para generar la carta de control de la calidad del producto.

Se ha designado una línea roja que representa el límite superior de control (LSC) la cual debe ser movida de forma manual cuando se varíe este valor y que es diferente según el producto. Para estimar este valor se suman los parámetros de calidad utilizados en el recibo y se multiplican por el porcentaje de daño aceptado en el muestreo. De esta manera, si un producto contempla 5 condiciones de calidad y se utilizó un 1% de daño aceptable, el límite superior de control será de 5%

Para más detalles se puede consultar el manual de uso en el Apéndice 8.

4.4.1 Cartas de control de la calidad

La carta de control se obtiene graficando los porcentajes de producto de desecho. Cada punto corresponde a un registro del cual puede obtenerse, consultando la base de datos de la hoja electrónica, información del número de lote, nombre del proveedor, fecha de entrada, porcentaje de calidad utilizado en el muestreo, cantidad entregada, cantidad empacada, cantidad de desperdicio y cantidad sobrante. Los puntos se unen con líneas para facilitar su interpretación.

Solamente se ha definido el límite superior de control (LSC), identificada con una línea roja. El valor de esta línea corresponderá a la suma de las proporciones de daño aceptado, esto significa que si se está utilizando una distribución de Poisson con una probabilidad de daño de 1% y se valoran en el muestreo seis aspectos de calidad, entonces el límite superior de control deberá ser 6% que representará el porcentaje máximo de desperdicio de producto que se considera normal o dentro de control. Valores por debajo de esta línea se considerarán aceptables y los que la sobrepasen como fuera de control. Es en estos puntos donde hay que prestar especial atención para determinar el porqué el desfase.

En la carta de control de la calidad propuesta como parte del muestreo, solamente mide el porcentaje de desperdicio de un producto específico durante un periodo dado y no se hace un análisis de proveedores, ya que si bien existen factores que desmejoran la calidad antes de que el producto ingrese a planta, el objetivo es analizar las pérdidas que se dan únicamente durante el empaque.

Se diseñó una carta de control de la calidad para cada uno de los productos (cebolla, chile dulce, lechuga americana, papa, tomate y zanahoria).

La lechuga es un caso particular pues el producto ya viene empacado en bolsas, se realiza el muestreo y luego se traslada a los puntos de venta. De este producto no se manejan datos de daño o devolución por lo que no fue posible elaborar, al momento

de preparar este informe, una carta de control de la calidad y por tanto no se pudo valorar la eficacia del muestreo en este producto.

4.4.1.1 Carta de control de la calidad para cebolla

Para cebolla se contemplaron cuatro aspectos básicos de calidad para ser aceptado. Se utilizó una distribución de Poisson con una proporción de daño de un 1%, por lo que el límite superior de control será de 4%.

En la figura 8 se observa la carta de control para cebolla.

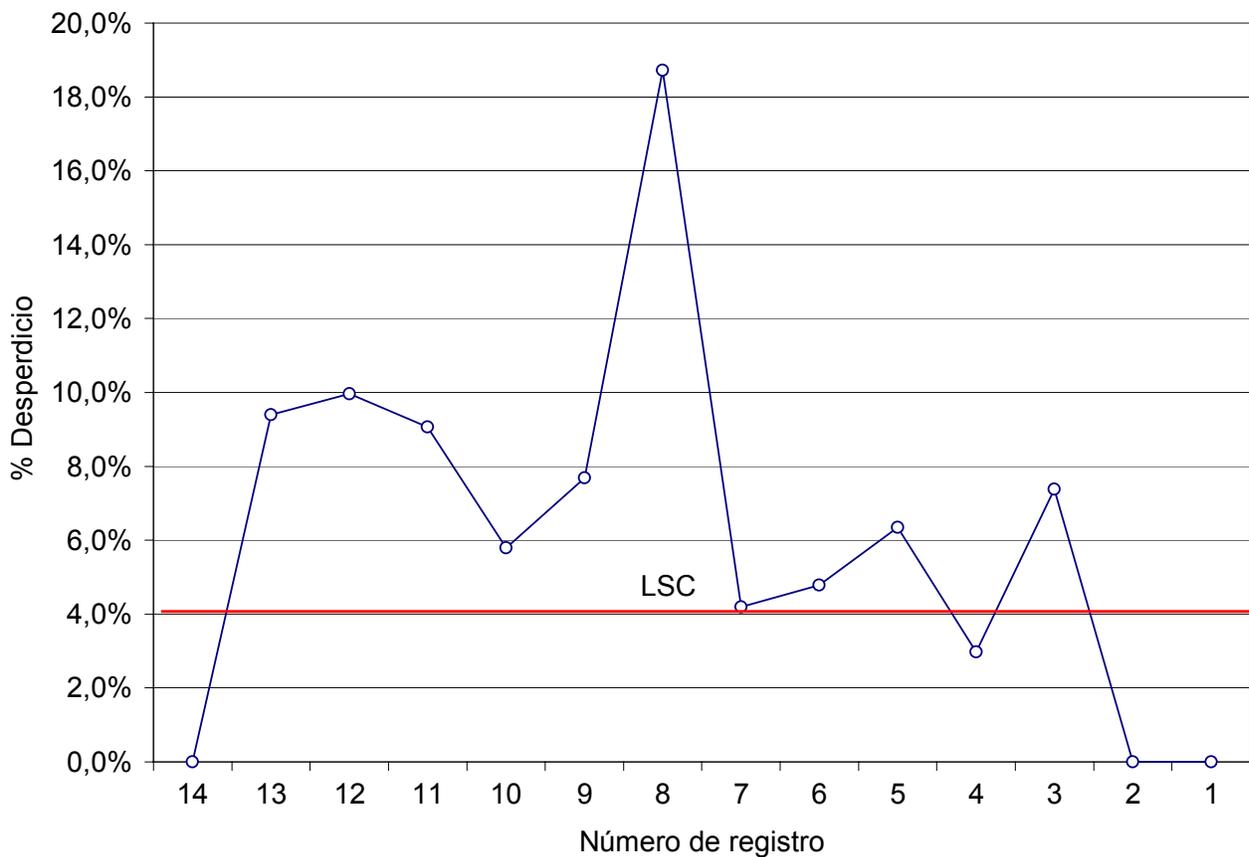


Figura 8. Carta de control de calidad para cebolla

Se observan 4 puntos (1, 2, 4 y 14) que están por debajo del límite superior de control (LSC). El resto se encuentra por encima o sea que tienen un porcentaje de desecho mayor al 4%, lo que quiere decir que estos puntos están fuera de control y se les debe prestar atención al proceso en que incurrieron esos lotes, principalmente los que superan el 8%, para conocer las causas de estos desperdicios tan altos.

En el cuadro 15 se muestra la información obtenida de los lotes a los cuales se el aplicó el muestreo.

Cuadro 15. Datos recopilados en los muestreos para cebolla

Reg	Proveedor	Tamaño de lote (kg)	Fecha de recibo	Producto empacado (kg)	Producto desecho (kg)	Sobrante (kg)	% Producto de desecho
1	14	327	15/12/2005	194,7	0	132,30	0,00%
2	17	303	14/12/2005	185,3	0	117,70	0,00%
3	17	301	14/12/2005	261	20,8	19,20	7,38%
4	14	158	13/12/2005	153,3	4,7	0,00	2,97%
5	5	408	09/12/2005	348,41	23,59	36,00	6,34%
6	5	702	07/12/2005	400,62	20,13	281,25	4,78%
7	5	302	07/12/2005	289,32	12,68	0,00	4,20%
8	14	501	06/12/2005	268,7	61,9	170,40	18,72%
9	14	344	03/12/2005	81,7	6,8	255,50	7,68%
10	5	403	25/11/2005	319,67	19,67	63,66	5,80%
11	14	404	05/11/2005	341,02	34	28,98	9,07%
12	5	593	26/10/2005	526,71	58,28	8,01	9,96%
13	5	507,5	19/10/2005	241	25	241,50	9,40%
14	5	405,5	19/10/2005	405,50	0	0,00	0,00%

En el cuadro 15 se observa que los registros que van del 3 al 13 corresponden a tres proveedores distintos y los porcentajes de desperdicio oscilan entre el 5,80 y el 18,72%. Debido a que este comportamiento no obedece exclusivamente a un solo

proveedor podría deducirse que puede deberse a factores climáticos que haya afectando a los cultivos de cebolla durante el período en que se realizaron los muestreos o a una alta demanda de producto y poca oferta de buena calidad.

El muestreo puede revelar problemas en el producto cuando es recibido en la puerta antes de ingresar a planta, sin embargo, puede darse el caso, que es muy común, de una negociación por lo que el peso de esta decisión se ve reflejado en la merma de producto y no corresponde precisamente a una falla en el muestreo. También hay problemas indeterminados como lo es el daño por frío, humedad y otros daños post recibo del producto que son problemas propios del manejo de producto dentro de la empresa los cuales se les debe dar seguimiento.

4.4.1.2 Carta de control de la calidad para chile dulce

Para el fruto del chile dulce se contemplaron cuatro aspectos de calidad. Se utilizó una distribución de Poisson con un 1% de daño probable, por tanto el LSC para la carta de control de la calidad para chile dulce es de un 4%.

En la figura 9 se encuentran graficados los porcentajes de desperdicio lo que comprende la carta de control de la calidad para el fruto de chile dulce

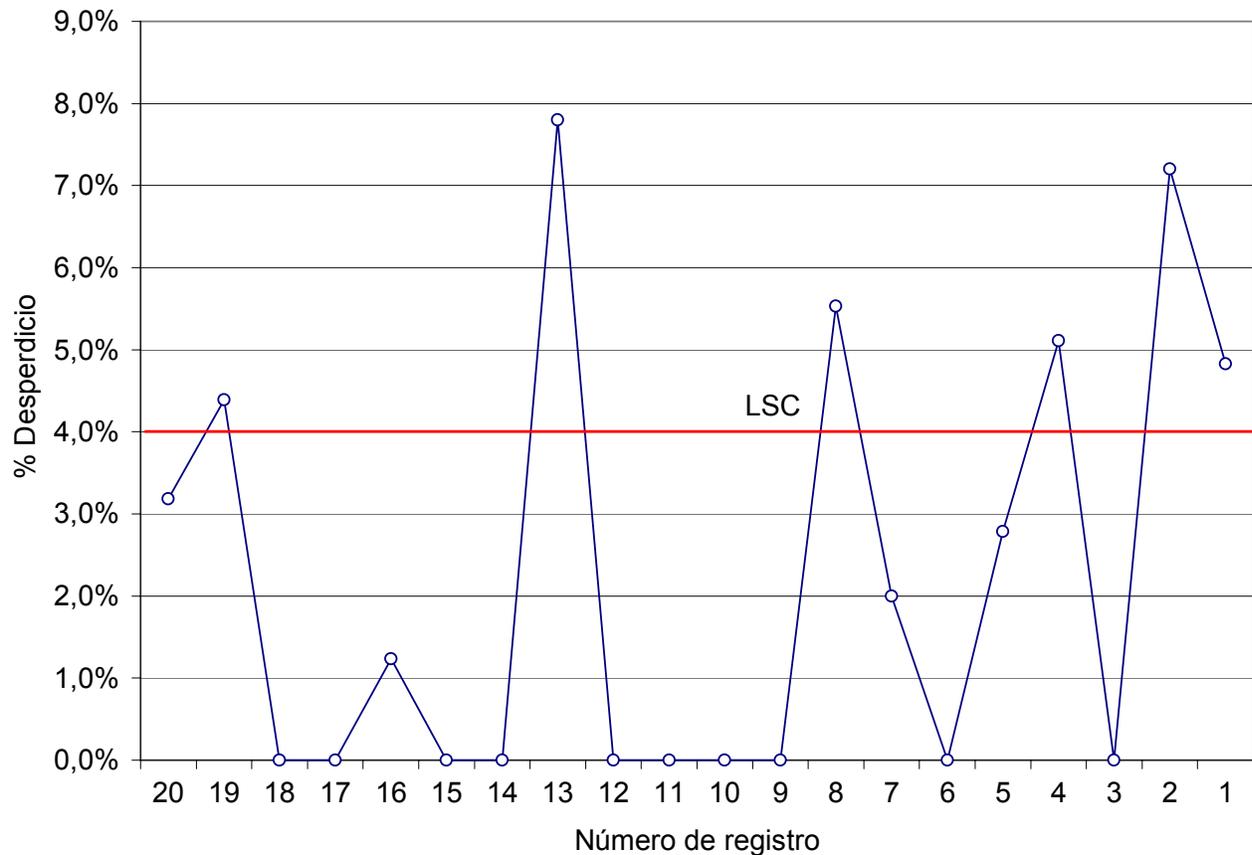


Figura 9. Carta de control de la calidad para chile dulce

En la figura 9 destacan 6 puntos (1, 2, 4, 8, 13 y 19) que sobrepasan la línea del límite superior de control (4% de desecho de producto). Sin embargo, estos puntos no superan el 9% de desecho. En varios puntos se reporta 0% de desecho lo que puede ser un indicador positivo de la calidad de producto que se recibió de ese proveedor en ese período. Esto indica que los proveedores están cumpliendo en entregar un producto acorde a lo pedido y se está recibiendo producto de calidad. Los puntos que se encuentran por arriba del LSC pueden considerarse normales aunque no se descarta la importancia de estos y es necesario investigar el porqué de estas mermas.

En el cuadro 16 se observan los datos recopilados en los muestreos.

Cuadro 16. Datos recopilados en los muestreos para el fruto de chile dulce

Reg	Proveedor	Tamaño de lote (unidades)	Fecha de recibo	Producto empacado (unidades)	Producto desecho (unidades)	Sobrante (unidades)	% Producto de desecho
1	10	300	16/12/2005	276	14	10	4,83%
2	10	500	16/12/2005	464	36	0	7,20%
3	9	400	16/12/2005	222	0	178	0,00%
4	9	500	16/12/2005	390	21	89	5,11%
5	3	1000	15/12/2005	489	14	497	2,78%
6	10	250	14/12/2005	250	0	0	0,00%
7	10	300	14/12/2005	294	6	0	2,00%
8	9	250	14/12/2005	205	12	33	5,53%
9	9	300	14/12/2005	78	0	222	0,00%
10	18	200	14/12/2005	200	0	0	0,00%
11	3	800	13/12/2005	545	0	255	0,00%
12	10	300	12/12/2005	300	0	0	0,00%
13	10	400	12/12/2005	130	11	259	7,80%
14	18	100	12/12/2005	100	0	0	0,00%
15	18	320	12/12/2005	320	0	0	0,00%
16	2	500	10/12/2005	480	6	14	1,23%
17	3	340	10/12/2005	200	0	140	0,00%
18	10	600	09/12/2005	450	0	150	0,00%
19	9	500	09/12/2005	305	14	181	4,39%
20	2	480	08/12/2005	426	14	40	3,18%

Según el cuadro 16, los proveedores 9 y 10 entregaron producto con porcentajes mayores al 4% de desecho y son los únicos que presentaron problemas en sus entregas. Cabe destacar que los porcentajes de desperdicio no llegan a superar el 7,80% lo cual no es tan alarmante aunque si de darle especial atención y un adecuado seguimiento. Los demás proveedores presentan porcentajes menores inclusive de 0% lo que indica claramente la calidad de producto que suministran.

4.4.1.3 Carta de control de la calidad para papa

Para papa se utilizó en el muestreo una distribución de Poisson con un 1% de probabilidad de daño. Se evaluaron cinco aspectos de calidad, por tanto el LSC se estima en un 5%.

En la figura 10 se tiene la carta de control de la calidad para papa

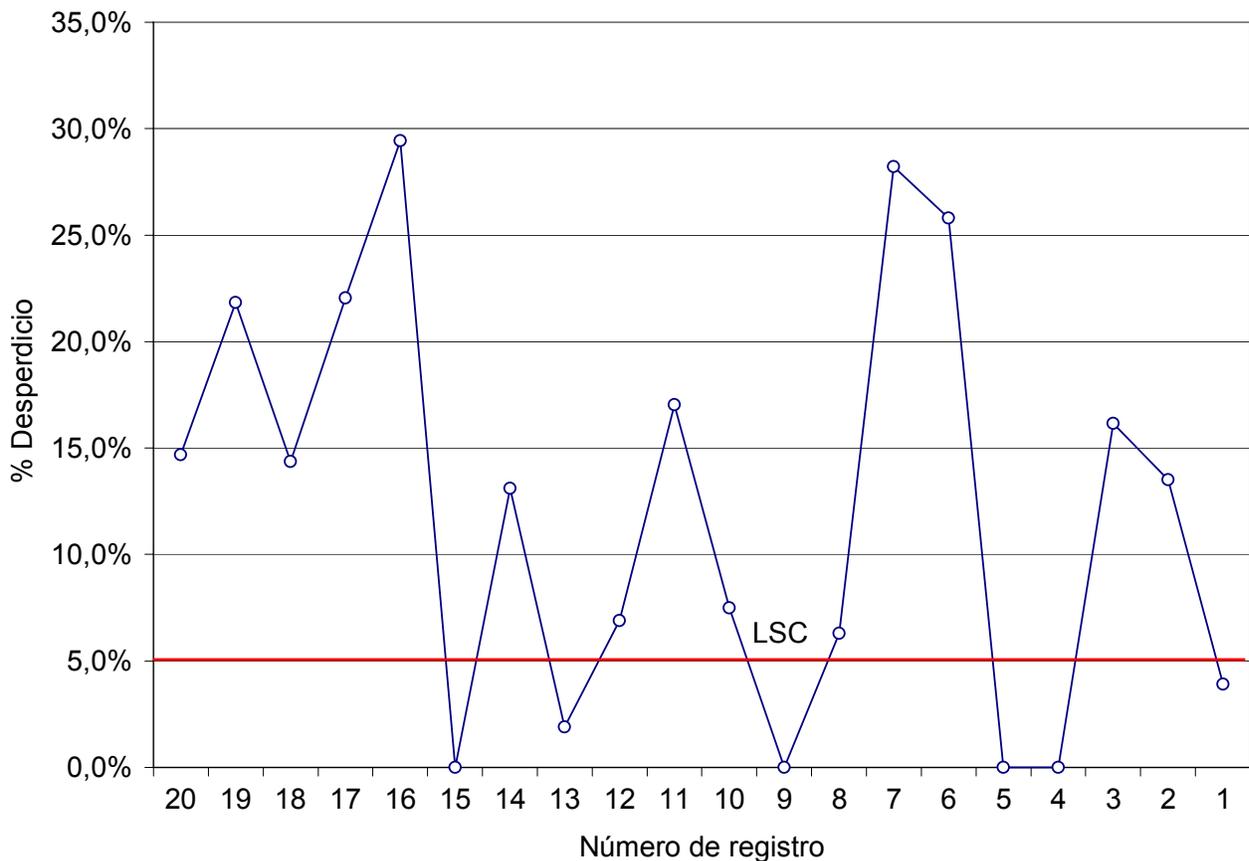


Figura 10. Carta de control de la calidad para papa

En la figura 10 se observa que la mayoría de los puntos se encuentran por encima del LSC (5%) lo que indica que el desperdicio para este producto se encuentra fuera de control y que se necesita tomar medidas lo más pronto posible.

Es importante determinar si las causas obedecen principalmente a factores climáticos, mala producción, pocos proveedores capaces de satisfacer la demanda de la empresa u otros.

Cuadro 17. Datos recopilados en los muestreos para papa.

Reg	Proveedor	Tamaño del lote (kg)	Fecha de recibo	Producto empacado (kg)	Producto desecho (kg)	Sobrante (kg)	% Producto de desecho
1	17	583,5	17/12/2005	463	18,8	101,7	3,90%
2	17	600	16/12/2005	442	69	89	13,50%
3	17	453	15/12/2005	376,47	72,5	4,03	16,15%
4	17	450,5	15/12/2005	65,3	0	385,2	0,00%
5	17	450,5	15/12/2005	190,5	0	260	0,00%
6	17	361	15/12/2005	102,1	35,5	223,4	25,80%
7	20	360	09/12/2005	139,92	55	165,08	28,22%
8	20	722	09/12/2005	615,1	41,3	65,6	6,29%
9	1	537	08/12/2005	483,2	0	53,8	0,00%
10	19	593	07/12/2005	449,6	36,4	107	7,49%
11	19	393	07/12/2005	209,12	42,92	140,96	17,03%
12	1	409	03/12/2005	380,8	28,2	0	6,89%
13	19	524	25/11/2005	513,96	10	0,04	1,91%
14	19	486	25/11/2005	420,73	63,41	1,86	13,10%
15	16	504	18/11/2005	148,1	0	355,9	0,00%
16	19	612	10/11/2005	322,4	134,5	155,1	29,44%
17	15	257	02/11/2005	174,82	49,41	32,77	22,04%
18	15	166	02/11/2005	143,81	24,14	-1,95	14,37%
19	16	409	02/11/2005	257,3	71,9	79,8	21,84%
20	15	860	26/10/2005	371,96	64	424,04	14,68%

En el cuadro 17, sin importar el proveedor, se nota que el desecho es excesivo. Una de las razones para que se dé este desecho tan alto, radica en que actualmente no hay un proveedor que suministre un producto con la calidad y cantidad requerida y debe aceptarse el lote aunque el muestreo y el criterio técnico dicten lo contrario. El factor climático también ocupa un lugar importante pues para el periodo en que se desarrollaron los muestreos, los cultivos venían arrastrando problemas de lluvia excesiva y era difícil obtener producto de buena calidad.

Debido a la necesidad que tiene la empresa de surtir a sus clientes se ha visto en la necesidad de aceptar tubérculos con calidad inferior, pues aunque el muestreo revelase una calidad de papa inferior a la solicitada, el producto igual entra a la planta de empaque.

4.4.1.4 Carta de control de la calidad para tomate

En el tomate se evalúan 5 aspectos de calidad para su aceptación. Se utilizó un 1% de probabilidad de daño para la distribución de Poisson, por tanto se tiene un 5% como LSC.

En la figura 11 se observa la grafica de control de la calidad para tomate.

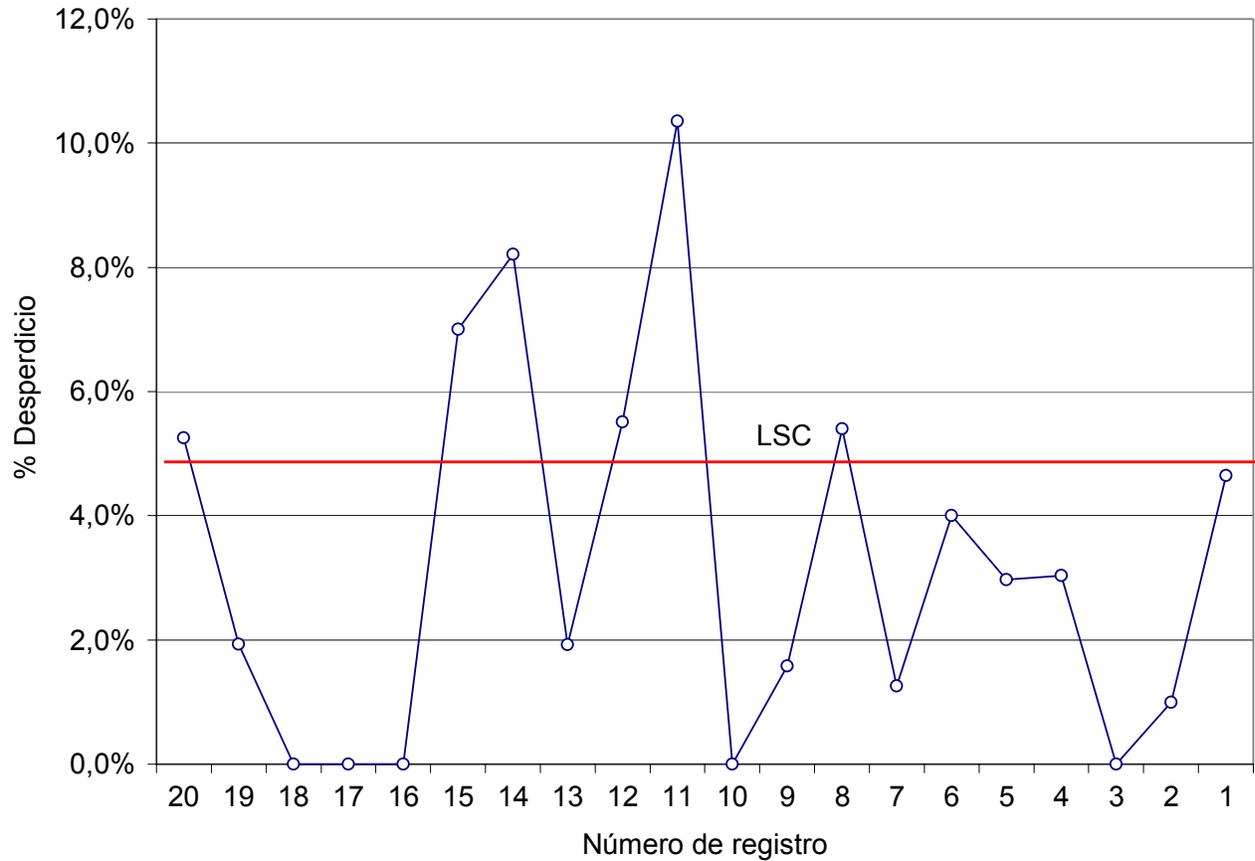


Figura 11. Carta de control de la calidad para tomate

En la figura 11 se distinguen 6 puntos que sobrepasan el límite superior de control (8, 11, 12, 14, 15 y 20), pero no superan el 11% de desecho de producto. Estos puntos fuera de control pueden deberse a mal manejo dentro de la planta, a alguna negociación por parte de la empresa para aceptar el producto en condiciones especiales o a un muestreo que no reveló la información adecuada.

En el cuadro 18 se muestra la información obtenida de los muestreos.

Cuadro 18. Datos obtenidos de los muestreos para tomate

Reg	Proveedor	Tamaño de lote (kg)	Fecha de recibo	Producto empacado (kg)	Producto desecho (kg)	Sobrante (kg)	% Producto de desecho
1	11	445	16/12/2005	374,98	18,27	51,75	4,65%
2	4	302	15/12/2005	153,73	1,55	146,72	1,00%
3	12	157	14/12/2005	125	0	32	0,00%
4	11	291	14/12/2005	153,15	4,8	133,05	3,04%
5	11	296	14/12/2005	194,57	5,96	95,47	2,97%
6	4	400	13/12/2005	350,77	14,63	34,6	4,00%
7	11	364	12/12/2005	312,96	3,98	47,06	1,26%
8	11	263	12/12/2005	182,43	10,41	70,16	5,40%
9	11	137	09/12/2005	117,45	1,89	17,66	1,58%
10	4	302	08/12/2005	243,72	0	58,28	0,00%
11	11	304	07/12/2005	258,12	29,82	16,06	10,36%
12	11	308	07/12/2005	175,85	10,26	121,89	5,51%
13	4	305	06/12/2005	229,43	4,51	71,06	1,93%
14	12	164,5	05/12/2005	150,97	13,5	0,03	8,21%
15	11	113	05/12/2005	90,73	6,83	15,44	7,00%
16	11	252	05/12/2005	158,13	0	93,87	0,00%
17	11	249	18/11/2005	238,21	0	10,79	0,00%
18	3	154	05/11/2005	133,68	0	20,32	0,00%
19	12	70	02/11/2005	67,05	1,32	1,63	0,00%
20	11	268	02/11/2005	254,47	14,12	-0,59	5,26%

Según el cuadro 18, el tomate presenta un comportamiento que se considera dentro de lo normal, pues el desecho se encuentra por debajo del 5% del LSC para la mayoría de las entregas de lotes. Se tiene que de 5 registros fuera de control 4 corresponden al proveedor número 11, pudiendo llegar como máximo hasta un 10,36% de desperdicio de tomate. Habrá que prestarle especial atención a este

proveedor para sus entregas futuras pues es el que presenta los mayores porcentajes de daño en el lote.

El resto de los registros se encuentran dentro del control por lo que se puede asegurar que el muestreo ha sido efectivo para este producto y los resultados eran los esperados.

4.4.1.5 Carta de control de la calidad para zanahoria

En zanahoria se contemplan seis características de calidad. Se utilizó un 1% de probabilidad de daño en la distribución de Poisson, por tanto el límite superior de control se estimó en un 6%.

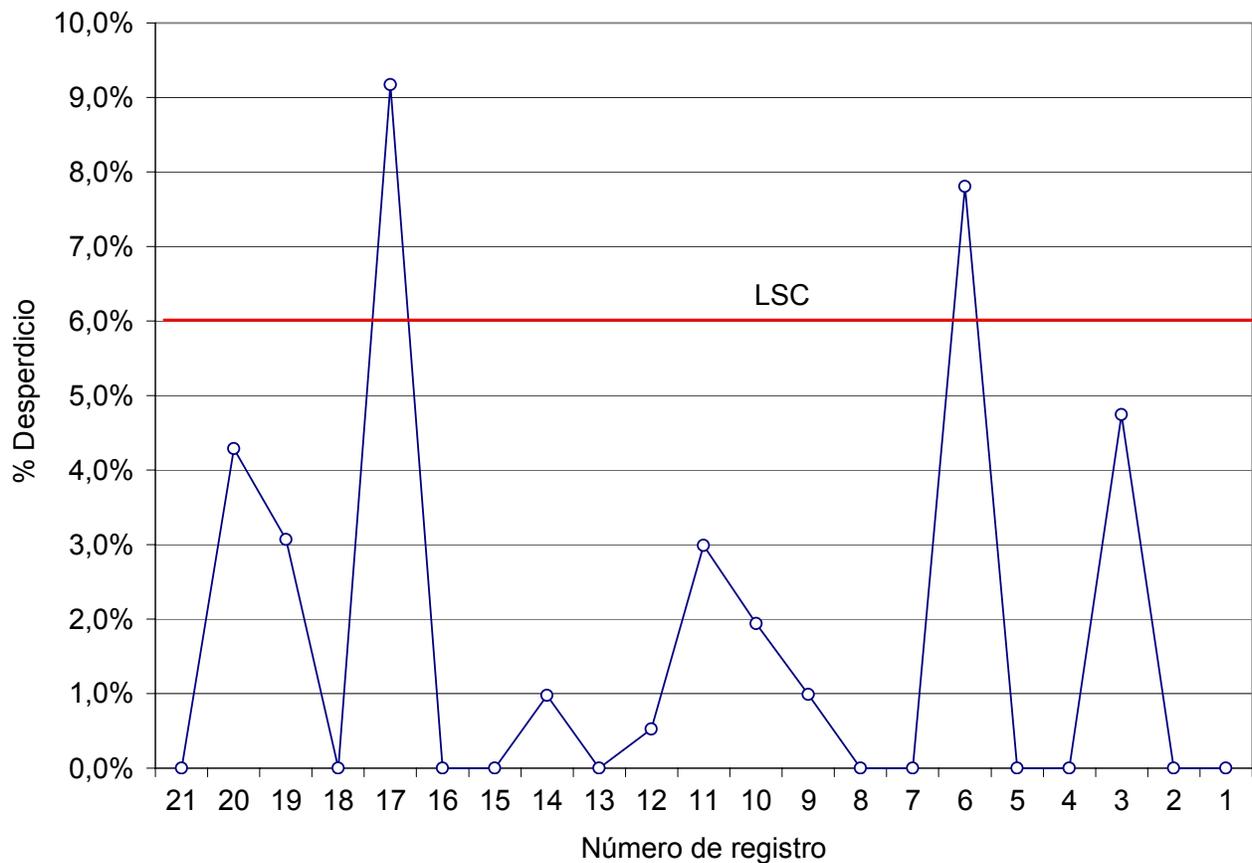


Figura 12. Carta de control de la calidad en zanahoria

En la figura 12 de la carta de control de la calidad para zanahoria se puede observar dos puntos (6 y 17) que superan la línea roja del LSC. Es importante darle seguimiento al proceso que se dio en estos casos para determinar con certeza su causa, pues como se ha mencionado anteriormente éstos pueden obedecer a producto que se negoció a menor precio por tener una inferior calidad o causas propias del manejo del producto dentro de la empresa, un sesgo del muestreo aplicado o es parte de la desviación típica que puede esperarse para este producto.

En el cuadro 19 se tienen los datos recopilados para zanahoria.

Cuadro 19. Datos recopilados en los muestreos para zanahoria

Reg	Proveedor	Tamaño de lote (kg)	Fecha de recibo	Producto empacado (kg)	Producto desecho (kg)	Sobrante (kg)	% Producto de desecho
1	15	382	19/12/2005	382	0	0	0,00%
2	15	501	19/12/2005	501	0	0	0,00%
3	5	316	19/12/2005	301	15	0	4,75%
4	5	212	19/12/2005	182,5	0	29,5	0,00%
5	1	114	17/12/2005	101	0	13	0,00%
6	1	194	17/12/2005	172,5	14,6	6,9	7,80%
7	15	250	16/12/2005	125	0	125	0,00%
8	15	254	16/12/2005	245	0	9	0,00%
9	15	218	14/12/2005	201	2	15	0,99%
10	15	257	14/12/2005	242,5	4,8	9,7	1,94%
11	1	106	13/12/2005	97,5	3	5,5	2,99%
12	15	381	12/12/2005	379	2	0	0,52%
13	15	182	12/12/2005	181,7	0	0,3	0,00%
14	1	450	12/12/2005	437,5	4,3	8,2	0,97%
15	15	216	09/12/2005	180	0	36	0,00%
16	15	220	09/12/2005	218,4	0	1,6	0,00%

17	5	169	09/12/2005	153,5	15,5	0	9,17%
18	15	109	07/12/2005	103,9	0	5,1	0,00%
19	5	172	07/12/2005	158	5	9	3,07%
20	1	105	06/12/2005	100,5	4,5	0	4,29%

Los registros que corresponden a los registros números 6 y 17 están por encima del porcentaje máximo de daño aceptado (6%) y corresponden a diferentes proveedores. Entre las explicaciones posibles están un mal manejo dentro de planta (deshidratación por frío principalmente), negociación con proveedor antes de ingresar el producto, factores climáticos o un muestreo que no reflejó adecuadamente la condición en que venía el lote.

Cabe destacar que en general la calidad del producto está acorde con lo que la empresa exige y que únicamente dos proveedores han superado el 6% máximo de desecho. El resto de los registros se mantienen por debajo del 6% por lo que el producto recibido se encuentra dentro de control.

4.5 Estimación de costos

Para la estimación de costos se tiene un aproximado por hora hombre de ¢ 897,75. Cabe mencionar que el retraso en la aplicación de un método de muestreo no sólo atrasa la entrada del producto en cuestión, sino a todos los demás proveedores que están en espera lo que genera exposición del producto provocando deterioro del mismo, contaminación, problemas con proveedores por el retraso que se les causa y retrasos en el empaque de producto.

En el Cuadro 20 se muestran los costos en tiempo de ejecución para ambos planes de muestro A y B.

Cuadro 20. Costo de aplicación sistema de muestreo A y B

	Plan de muestreo A	Plan de muestreo B	Diferencia
Tiempo aproximado de aplicación	7,5 minutos	15 minutos	50,00%
Muestreos realizados por hora	8	4	
Costo por muestreo	¢ 112,22	¢ 224,44	

Suponiendo que un día de plaza ingresen alrededor de 25 productos, el costo que se tendría con el sistema de muestreo A tomando como tiempo medio 7,50 minutos por muestreo se realizaría en un lapso aproximado de 3 horas 7 minutos con un costo aproximado de ¢2805,00; mientras que con el sistema de muestreo B se ejecutaría en el doble del tiempo por producto tomándose un tiempo total de 6 horas y 14 minutos con un costo de ¢5 610,00. Este costo no considera los retrasos en el flujo de producto.

Como se puede ver, tanto el tiempo de aplicación como el costo del sistema de muestreo A es 50% menor al B, pudiéndose completar un mayor recibo de producto por hora, lo que genera menores costos a lo largo de una jornada diaria, especialmente en días de plaza donde la afluencia de proveedores es mayor y la necesidad de aplicar un método rápido, sencillo y eficaz es ineludible, como se demostró en el párrafo anterior.

El sistema de muestreo A contempla un procedimiento versátil ya que la empresa no maneja sólo un producto y este se ajusta a cualquiera que se necesite muestrear, siempre que venga en cajas de la empresa y se estibe en tarimas como ya se ha mencionado.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La empresa actualmente realiza un muestreo que no genera la información necesaria para la toma de decisiones y en muchos casos puede generar mermas de producto hasta en un 30%.
- El sistema de muestreo por conglomerado en dos etapas con una tercera por inspección utilizando una distribución de Poisson, es el sistema de muestreo más adecuado para la empresa.
- El costo de mano de obra por hora del sistema de muestreo A es de $\text{¢}112,22$, mientras que el sistema de muestreo B tiene un costo de $\text{¢}224,44$.
- La diferencia en costo hora-hombre, tiempo de ejecución y número de muestreos realizados por hora, es de un 50% menor en A que en B
- Con el sistema de muestro A se logra realizar un mayor número de muestreos por hora en comparación con el sistema de muestreo B.
- El sistema de muestreo A es versátil pudiendo aplicarse a cualquiera de los productos manejados por la empresa a un menor costo hora-hombre.
- El sistema de muestreo A fue probado en seis productos de los cuales se obtuvieron resultados satisfactorios.
- En el caso de lechuga se aplicó el muestreo pero no fue posible generar la carta de control de la calidad.

- Con la información obtenida del muestreo es posible orientar a la empresa en cuanto a los productos y los proveedores que estén generando problemas de calidad, por lo que es posible poner en práctica medidas correctivas y preventivas que disminuyen estas fallas. Con lo anterior el proveedor estará asegurando la venta y la empresa dispondrá de producto de calidad para sus clientes.
- El sistema de muestreo propuesto es eficiente, versátil y económico siempre que se aplique estrictamente y bajo las condiciones establecidas.

5.2 Recomendaciones

- Utilizar siempre una distribución de Poisson con un 1% de daño aceptable por producto, debido a que se trabaja con muestras pequeñas.
- Actualizar las hojas de control semanalmente de manera tal que se cuente con una lista de números aleatorios diferente cada semana y asegurar así la aleatoriedad del muestreo.
- La empresa debe procurar la obtención y el seguimiento de información sobre la calidad del producto que ingresa para facilitar la toma de decisiones en el futuro.
- Es recomendable que la empresa genere reportes detallados de la calidad del producto ingresado, especificando daños así como frecuencia de los mismos, y los haga llegar a los proveedores para que estos implementen las medidas correctivas necesarias.
- Realizar cartas de control de la calidad para los proveedores.
- Realizar una evaluación de puntos críticos de control.
- Promover estudios que valoren la precisión y confiabilidad del muestreo propuesto en términos de las normas que no están consideradas dentro de los límites de control establecidos.
- Promover estudios que valoren disminuir los parámetros de calidad exigidos durante el muestreo propuesto.⁹

6 BIBLIOGRAFÍA

6.1 Literatura consultada

1. Acuña A, J. 1996. Control de calidad: un enfoque integral y estadístico. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
2. Arguedas H, W. 1992. Estimación de pérdidas en zanahoria (*Daucus carota* var *sativa* L.). en pre-cosecha, cosecha y post-cosecha, en los cantones Central y Oreamuno, de la provincia de Cartago, Tesis de Grado. Heredia, Costa Rica.
3. Bolaños, A. 2001. Introducción a la olericultura. EUNED. San José, Costa Rica.
4. Cerdas A, M^a y Montero C, M. E. 2004. Guías técnicas del manejo poscosecha de apio y lechuga para el mercado fresco. MAG. San José, Costa Rica.
5. Hansen, B. 1990. Control de calidad: Teoría y aplicaciones. Madrid. 549 p.
6. Hernández, J. 1990. Olericultura. EUNED. 139p.
7. Jurán, J.M. y Gryna, F.M. 1995. Análisis y planeación de la calidad. Tercera edición. McGraw-Hill. México.
8. Maroto, J. V. 1990. Elementos De Horticultura General. Editorial Mundi-prensa. Madrid, España.
9. Ostle, B. 1977. Estadística aplicada. Editorial LIMUSA. México, D.F.

10. Pontigo, M. 1998. El Muestreo por etapas o muestreo por conglomerados, y muestreos de razón y de regresión. ITCR.
11. Pontigo, M. 1998. El muestreo estratificado. ITCR.
12. Scheaffer, R.L. 1987. Elementos de muestreo. Grupo editorial Iberoamérica. México, D.F.

6.2 Documentos electrónicos

13. CNP. Reglamentación técnica. Características de la papa para consumo nacional
www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Normas_y_Certificación/Normas/normapapa.htm Tomado del libro: Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica.
14. Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. 1991
www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Servicio_Laboratorio/Documentos_pdf/tomatedecreto.pdf
15. El cultivo de la patata www.infoagro.com/hortalizas/patata.htm
16. Estudios de manejo poscosecha de chile dulce www.mercanet.cnp.go.cr/
17. Norma de calidad de la cebolla
www.mercanet.cnp.go.cr/Calidad/Normas_y_Certificación/Normas/normacebolla.htm

18. Oficina nacional de semillas
www.ofinase.go.cr/htm/registro_variedades_comerciales.htm
19. PIMA Manual de comercialización de hortalizas www.pima.go.cr/cebolla.ppt
20. PIMA Manual de comercialización de hortalizas
www.pima.go.cr/chiledulce.ppt
21. PIMA Manual de comercialización de hortalizas www.pima.go.cr/lechuga.ppt
22. PIMA Manual de comercialización de hortalizas www.pima.go.cr/papa.ppt
23. PIMA Manual de comercialización de hortalizas www.pima.go.cr/tomate.ppt
24. PIMA Manual de comercialización de hortalizas
www.pima.go.cr/zanahoria.ppt

6.3 Otros

25. Microsoft Corporation. 2003. Biblioteca de consulta Encarta 2004.

Apéndices

Apéndice 7. Distribución de Poisson con proporciones de 1, 2 y 3% de daño

Proporción de daño aceptable: 1,00%

Número de daño	TAMAÑO DE MUESTRA				Detalle
	10	20	30	40	
0	9	16	22	27	Sanos
1	1	3	7	11	Un tipo de daño
2	0	0	1	2	Dos tipos de daño
	1	3	8	13	Total con daño

Proporción de daño aceptable: 2,00%

Número de daño	TAMAÑO DE MUESTRA				Detalle
	10	20	30	40	
0	8	13	16	18	Sanos
°1	2	5	10	14	Un tipo de daño
2	0	1	3	6	Dos tipos de daño
	2	6	13	20	Total con daño

Proporción de daño aceptable: 3,00%

Número de daño	TAMAÑO DE MUESTRA				Detalle
	10	20	30	40	
0	7	11	12	12	Sanos
1	2	7	11	14	Un tipo de daño
2	0	2	5	9	Dos tipos de daño
	2	9	16	23	Total con daño

Apéndice 8. Manual de operación para el sistema de control de la calidad

Para iniciar el modelo de control de la calidad se debe abrir el archivo llamado “Control de calidad_*nombre del producto*”

Inicialmente verá un menú principal donde podrá seleccionar la tarea que va a realizar.

Las tareas que permite realizar el sistema son:

- Introducción de datos.
- Ver la carta de control de la calidad del producto.
- Ver los registros introducidos en la base de datos.
- Ver el manual de uso del modelo de control de la calidad.
- Realizar consultas vía correo electrónico.



Introducir Información

Para introducir la información recopilada en las hojas de control presione el botón **Introducir Información**. Esto lo llevará a un formulario para la captura de datos.

The image shows a data entry form with the following fields and controls:

- Producto:** Text input containing "XXXXXX", a "Salir" button, and an "Ayuda" button.
- Proveedor:** Text input field.
- Especificación:** Text input field.
- Tamaño de lote:** Text input field with "xx" characters to its right.
- # Lote:** Text input field.
- Fecha de recibo:** Text input field.
- Proporción calidad acept:** Text input field containing "1", a spinner control, and a "%" symbol.
- Prod. empacado:** Text input field with "xx" characters to its right.
- Desecho:** Text input field with "xx" characters to its right.

At the bottom of the form, there are two buttons: "Guardar" and "Regresar al menú".

En la casilla de proporción de calidad aceptable, por defecto tiene el valor de 1%, si se ha utilizado un valor diferente se puede cambiar utilizando el control de número ubicado a la derecha de la casilla. Los valores a seleccionar varían entre 1% como mínimo y 3% como máximo.

Una vez que haya introducido la información presione el botón **Guardar**. En este paso se registra la información en la base de datos y se limpia el formulario para continuar introduciendo datos.

Cuando haya finalizado esta tarea puede salir del modelo de control de la calidad presionando el botón **Salir** o si desea realizar otra tarea oprima el botón **Regresar al menú**.

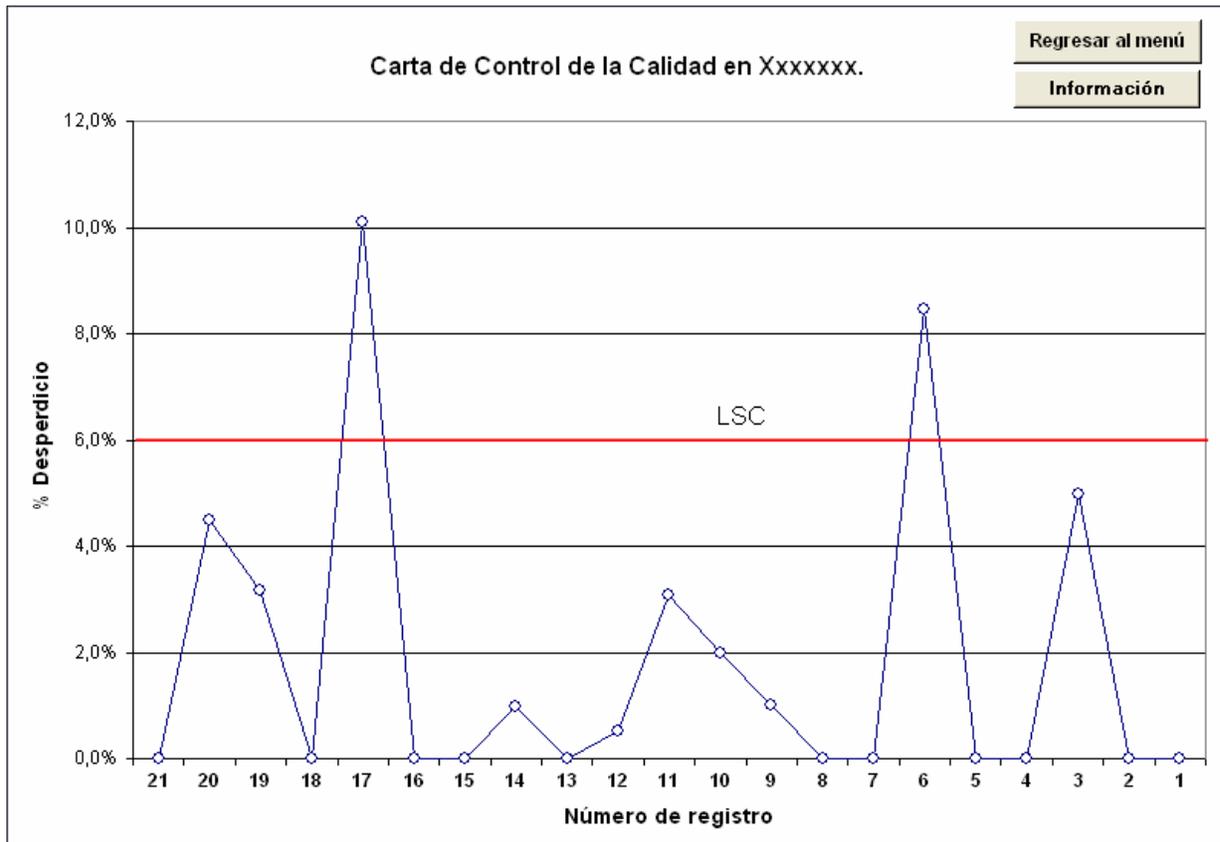
Ver Carta de Control de Producto

Se tiene la opción de ver la carta de control de la calidad del producto pulsando el botón **Ver Carta de Control** en el menú principal. La carta de control se obtiene graficando los porcentajes de desecho del producto. Se ha designado una línea roja conocida como *Límite Superior de Control (LSC)*. Esta línea supone el porcentaje máximo de desecho que se puede considerar como apropiado o dentro de control.

El LSC se estima sumando la proporción de defecto aceptada multiplicado por el número de aspectos de calidad inspeccionados. Así, por ejemplo, si se está utilizando un 1% de aceptación en daño y se están evaluando 6 características de calidad, entonces el LSC deberá ser 6%. Esta línea no está automatizada por lo que deberá ubicarse manualmente cada vez que se cambie el LSC.

Los puntos graficados que se encuentren por arriba de la línea se considerarán como fuera de control y los que se encuentren por debajo estarán dentro de control. La información con respecto a cada punto podrá consultarse en los registros de la base de datos al ubicar el respectivo número de registro.

Los puntos están graficados en orden cronológico, o sea del valor más antiguo al reciente, y se leen de izquierda a derecha. Los números de registro en el eje x se muestra en orden inverso para que la información se muestre en orden cronológico. El gráfico presenta los últimos 21 registros.



Ver Registros

En el menú principal puede acceder a la base de datos oprimiendo el botón **Ver Registros**. Aquí se pueden observar todos los registros que se hayan introducido.

Esta base de datos comprende información de nombre de proveedor, especificación de producto, tamaño del lote, número de lote, fecha de recibo, proporción de daño aceptado utilizado en el muestreo, cantidad de producto empacado (Bueno), el desecho (malo), calcula el sobrante y el porcentaje de desperdicio.

En la casilla *% máx de daño* se introduce el valor correspondiente al límite superior de control. En la columna *% desperdicio* los datos que superen este porcentaje aparecerán en rojo.

%		máx daño		6,00%		Ayuda		Regresar al menú		
Reg	Proveedor	especificación	Tamaño de lote	# Lote	Fecha	% calidad ac	Bueno	Malo	Sobrante	% desperdicio
1	COAGRI	Nicaragua	382	6467	19/12/2005	1	382	0	0	0,00%
2	COAGRI	NICARAGUA	501	6467	19/12/2005	1	501	0	0	0,00%
3	Gonzalo Poveda	Nicaragua	316	6466	19/12/2005	1	301	15	0	4,98%
4	Gonzalo Poveda	price	212	6400	19/12/2005	1	182,5	0	29,5	0,00%
5	Wagner Cerdas	malla 1 kg	114	6454	17/12/2005	1	101	0	13	0,00%
6	Wagner Cerdas	prices	194	6394	17/12/2005	1	172,5	14,6	6,9	8,46%
7	COAGRI	malla 1 kg	250	6376	16/12/2005	1	125	0	125	0,00%
8	COAGRI	price	254	6281	16/12/2005	1	245	0	9	0,00%
9	COAGRI	kilo	218	6171	14/12/2005	1	201	2	15	1,00%
10	COAGRI	prices	257	6067	14/12/2005	1	242,5	4,8	9,7	1,98%
11	Wagner Cerdas	gruesa	106	6213	13/12/2005	1	97,5	3	5,5	3,08%
12	COAGRI	Nicaragua	381	6063	12/12/2005	1	379	2	0	0,53%
13	COAGRI	prices	182	6087	12/12/2005	1	181,7	0	0,3	0,00%
14	Wagner Cerdas	Nicaragua	450	6064	12/12/2005	1	437,5	4,3	8,2	0,98%
15	COAGRI	kilo	216	5956	09/12/2005	1	180	0	36	0,00%
16	COAGRI	pices	220	5869	09/12/2005	1	218,4	0	1,6	0,00%
17	Gonzalo Poveda	prices	169	5868	09/12/2005	1	153,5	15,5	0	10,10%
18	COAGRI	prices	109	5629	07/12/2005	1	103,9	0	5,1	0,00%
19	Gonzalo Poveda	prices	172	5628	07/12/2005	1	158	5	9	3,16%
20	Wagner Cerdas	prices	105	5957	06/12/2005	1	100,5	4,5	0	4,48%
21	COAGRI	kilo	214	5940	05/12/2005	1	194	0	20	0,00%

Consultas

Si tiene consultas con respecto a este modelo de control de la calidad puede enviarme un correo electrónico pulsando el botón en el menú principal para dicho fin.

Nota: Para salir de la base de datos se recomienda que salga oprimiendo el botón **Salir** que se encuentra en el menú principal o en la hoja de captura de datos y no de la manera tradicional o que usted acostumbre.

Esto es con el fin de asegurar que la información y los cambios hechos queden debidamente registrados.