

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO PARA GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO DEL CONTENIDO NETO DECLARADO EN LOS HELADOS ACORDE A LA LEY NACIONAL DE METROLOGÍA.**

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Bra. Pineda M., Karlha V.  
Para optar al título de  
Ingeniero Químico

Caracas, 2009

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO PARA GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO DEL CONTENIDO NETO DECLARADO EN LOS HELADOS ACORDE A LA LEY NACIONAL DE METROLOGÍA.**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Johnny Vásquez

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Raiza Sánchez.

Presentado ante la ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por la Bra. Pineda M., Karlha V.  
para optar al título de  
Ingeniero Químico

Caracas, 2009

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	1
I.1. Planteamiento del Problema .....	1
I.2. Objetivo General.....	2
II.2.1 Objetivos Específicos .....	2
<b>CAPITULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	4
II.1. Definición de Helado.....	4
II.2. Componente de los Helados .....	5
II.3. Clasificación de los Helados .....	8
II.4. Proceso de Elaboración de los Helados.....	8
II.5. La Calidad y su relación con los Métodos Estadísticos .....	18
II.6. Control Estadístico de la Calidad y Control Estadístico de Procesos .....	19
II.7. Distribución Normal de los Procesos Industriales.....	20
II.7.1. Variabilidad de los Procesos Industriales.....	20
II.7.1.1. Causas de la Variabilidad .....	22
II.7.2. Análisis del Proceso mediante la Distribucion Normal.....	23
II.8. Herramientas para mejorar la Calidad.....	26
II.8.1. Histograma de Frecuencia .....	26
II.8.1.1. Pasos para la elaboración del Histograma de Frecuencia.....	27
II.8.2. Diagrama de Pareto. ....	27
II.8.3. Diagrama Causa-Efecto.....	29
II.8.3.1. Pasos para la elaboración del Diagrama Causa-Efecto .....	29
II.8.4. Cartas de Control.....	31
II.8.4.1. Diagrama X .....	32

## ÍNDICE GENERAL (Continuación)

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
II.8.4.2. Técnicas empleadas en los gráficos de control.....	34
II.8.4.3. Parámetros por variables de Promedios y Rango .....	36
II.9. Estado de Control .....	39
II.9.1. Proceso bajo Control .....	39
II.9.2. Proceso fuera de control .....	41
II.9.2.1. Análisis de una Condición fuera de Control .....	43
II.9.2.1.1. Racha .....	44
II.9.2.1.2. Cambios o Saltos de Nivel .....	45
II.9.2.1.3. Tendencia .....	45
II.9.2.1.4. Ciclos Recurrentes.....	46
II.9.2.1.5. Estratificación.....	47
II.10. Capacidad de proceso .....	47
II.11. Límites de control, límites de especificación y límites de tolerancia.....	48
II.12. Índice de Capacidad de Proceso .....	49
II.13. Índice de Capacidad Real de Proceso.....	49
II.14. Condiciones para realizar un estudio de capacidad de proceso.....	50
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>52</b>
III.1. Conocer el proceso de fabricación de helados y control de calidad en la planta de Productos EFE S.A. ....	52
III.2. Analizar la situación operacional actual de la línea de producción de helados, mediante herramientas estadísticas y gráficas de control. ....	53
III.3. Diagnosticar las causas que conllevan a incumplir la ley Nacional de Metrología en relación al contenido neto declarado en los helados.....	54
III.4. Monitorear las condiciones de operación a las que se lleva a cabo la fabricación de cada producto en estudio. ....	54

## ÍNDICE GENERAL (Continuación)

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
III.5. Identificar y proponer acciones factibles que conduzcan a mejorar el proceso de fabricación de los helados en cuanto al contenido neto declarado. ....	55
III.6. Evaluar la efectividad de las acciones ejecutadas, revisando la variación de los parámetros estudiados mediante herramientas estadísticas. ....	56
<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>57</b>
IV.1. Situación inicial de la línea de helados tipo Novelties .....	58
IV.1.1. Helado Cachorro .....	59
IV.1.2. Helado Golazo .....	61
IV.1.3. Helado Merengada .....	63
IV.1.4. Helado Piñata .....	65
IV.1.5. Helado Tinita .....	67
IV.2. Análisis de las causas de variación de peso .....	70
IV.2.1. Confirmación de las causas raíz de variación de peso de los helados .....	72
IV.2.1.1. Variación del flujo de mezcla en el helado Cachorro.....	72
IV.2.1.2. Variación del flujo de mezcla en el helado Golazo .....	73
IV.2.1.3. Variación del flujo de mezcla en el helado Merengada.....	74
IV.2.1.4. Variación del flujo de mezcla en el helado Piñata.....	76
IV.2.1.5. Variación del flujo de mezcla en el helado Tinita .....	77
IV.2.1.6. Variación del flujo de aire en el helado Cachorro .....	78
IV.2.1.7. Variación del flujo de aire en el helado Golazo .....	79
IV.2.1.8. Variación del flujo de aire en el helado Merengada.....	80
IV.2.1.9. Variación del flujo de aire en el helado Piñata.....	80
IV.2.1.10. Variación del flujo de aire en el helado Tinita .....	81
IV.2.1.11. Temperatura de Pasteurización.....	82

## ÍNDICE GENERAL (Continuación)

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
IV.2.1.12. Temperatura del helado a la salida de los congeladores y a la salida de la llenadora .....	83
IV.2.1.13. Temperatura de refrigeración de los tanques de maduración y de los bancos de hielo.....	85
IV.2.1.14. Equipos .....	86
IV.2.1.15. Pericia del Operador .....	90
IV.2.1.16. Paradas en la línea de producción de helados.....	91
IV.3. Acciones correctivas para el control de peso de los helados .....	93
IV.3.1. Implementación de ideas correctivas.....	94
IV.3.1.1. Helado Cachorro.....	94
IV.3.1.2. Helado Golazo .....	97
IV.3.1.3. Helado Merengada.....	99
IV.3.1.4. Helado Piñata.....	101
IV.3.1.5. Helado Tinita .....	103
IV.4. Plan de optimización de la capacidad del proceso.....	106
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES</b> .....	109
<b>CAPÍTULO VI. RECOMENDACIONES</b> .....	111
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	112
<b>APÉNDICES</b> .....	115
Apéndice A. Tabla de Distribución Normal .....	116
Apéndice B. Constante de las cartas de control promedio-rango .....	117
Apéndice C. Formato para la confirmación de la variación del peso de los helados .....	118
Apéndice D. Cartas de control representando las paradas en la línea de producción de helados.....	121

**ÍNDICE GENERAL (Continuación)**

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Apéndice E. Diagrama de Pareto para cada tipo de helado .....	123
Apéndice F. Formato para la implementación de acciones correctivas a las causas de variación de peso de los helados.....	125
Apéndice G. Hoja de Verificación de los estándares del proceso de llenado .....	128

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Tabla N° 1. Planilla de Condiciones de Operación. ....	55
Tabla N° 2. Estado inicial de la desviación estándar de los helados .....	58
Tabla N° 3. Porcentaje de productos fuera de especificación de todos los helados .....	70
Tabla N° 4. Temperatura de pasteurización en el proceso de elaboración de una crema .....	83
Tabla N° 5. Temperatura de la crema a la salida de los congeladores.....	84
Tabla N° 6. Temperaturas del producto terminado del helado Cachorro .....	84
Tabla N° 7. Temperaturas de refrigeración de los tanques de maduración .....	85
Tabla N° 8. Temperatura de los bancos de hielo .....	86
Tabla N° 9. Efecto de la dosificadora de cremas y mermeladas sobre el peso del helados Cachorro .....	88
Tabla N° 10. Comparación entre la media y la desviación estándar de los helados al presentarse o no paradas en la línea .....	92
Tabla N° 11. Resumen de los parámetros a modificar para mejorar el proceso .....	94
Tabla N° 12. Comparación de la situación inicial con la situación actual de los helados.....	105



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura N° 1. Estructura Físico-Química del Helado. ....	5
Figura N° 2. Sección de Elaboración de Cremas .....	8
Figura N° 3. Pasteurizador .....	10
Figura N° 4. Recorrido contra corriente de la mezcla en el pasteurizador .....	11
Figura N° 5. Distribución de los glóbulos de grasa en ambas etapas del homogenizador.....	11
Figura N° 6. Efecto de la homogenización sobre la emulsión. ....	12
Figura N° 7. Sección de Mermeladas .....	14
Figura N° 8. Congelador continuo .....	15
Figura N° 9. Esquema de la Fornarolli.....	16
Figura N° 10. Fuente de Variabilidad .....	21
Figura N° 11. Causas de la Variabilidad. ....	22
Figura N° 12. Gráfica de la Distribución Normal. ....	24
Figura N° 13. Desviación Estandar. ....	25
Figura N° 14. Histograma de Frecuencia. ....	26
Figura N° 15. Diagrama de Pareto. ....	28
Figura N° 16. Columna Principal de la Espina de Pescado.....	30
Figura N° 17. Diagrama de Causa-Efecto. ....	30
Figura N° 18. Carta de Control .....	32
Figura N° 19. Patrón Natural de Variación .....	40
Figura N° 20. Carta de control con puntos fuera de los límites de control. ....	41
Figura N° 21. Variación inestable debido a causas asignables .....	42
Figura N° 22. Patrones fuera de control. ....	43
Figura N° 23. Variación inestable debido a causas asignables. ....	44
Figura N° 24. Cambio o Salto de Nivel.....	45

## ÍNDICE DE FIGURAS (Continuación)

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura N° 25. Representación de la Tendencia. ....	46
Figura N° 26. Carta de control de un proceso cíclico .....	46
Figura N° 27. Situación inicial del helado Cachorro a través de la Carta de Control Promedio.....	59
Figura N° 28. Histograma de frecuencia del helado Cachorro en su situación inicial .....	60
Figura N° 29. Situación inicial del helado Golazo a través de la Carta de Control de Promedio .....	61
Figura N° 30. Histograma de frecuencia del helado Golazo en su situación inicial.....	62
Figura N° 31. Situación inicial del helado Merengada a través de la Carta de Control de Promedio .....	63
Figura N° 32. Histograma de frecuencia del helado Merengada en su situación inicial .....	64
Figura N° 33. Situación inicial del helado Piñata a través de la Carta de Control de Promedio .....	65
Figura N° 34. Histograma de frecuencia del helado Piñata en su situación inicial.....	66
Figura N° 35. Situación inicial del helado Tinita a través de la Carta de Control de Promedio .....	67
Figura N° 36. Histograma de frecuencia del helado Tinita en su situación inicial.....	69
Figura N° 37. Diagrama Causa-Efecto.....	71
Figura N° 38. Carta de Control del helado Cachorro variando el flujo de mezcla .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS (Continuación)

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura N° 39. Carta de Control del helado Golazo variando el flujo de mezcla .....	74
Figura N° 40. Carta de Control del helado Merengada variando el flujo de mezcla .....	75
Figura N° 41. Carta de Control del helado Piñata variando el flujo de mezcla .....	76
Figura N° 42. Carta de Control del helado Tinita variando el flujo de mezcla .....	77
Figura N° 43. Carta de Control del helado Cachorro variando el flujo de aire.....	78
Figura N° 44. Carta de Control del helado Golazo variando el flujo de aire .....	79
Figura N° 45. Carta de Control del helado Merengada variando el flujo de aire.....	80
Figura N° 46. Carta de Control del helado Piñata variando el flujo de aire.....	81
Figura N° 47. Carta de Control del helado Tinita variando el flujo de aire .....	82
Figura N° 48. Dosificadora de cremas y mermeladas .....	87
Figura N° 49. Bandeja de agregados de sólidos.....	89
Figura N° 50. Efecto de la pericia del operador sobre la variación de pesos de los helados .....	90
Figura N° 51. Efecto de las paradas en la Carta de Control del helado Piñata.....	92
Figura N° 52. Impacto de las causas confirmadas sobre la variación de peso del helado Cachorro.....	93
Figura N° 53. Carta de Control del helado Cachorro en estado bajo control.....	95
Figura N° 54. Histograma de frecuencia del helado Cachorro en estado bajo control .....	96

**ÍNDICE DE FIGURAS (Continuación)**

<b>CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
Figura N° 55. Carta de Control del helado Golazo en estado bajo control .....	97
Figura N° 56. Histograma de frecuencia del helado Golazo en estado bajo control .....	98
Figura N° 57. Carta de Control del helado Merengada en estado bajo control .....	99
Figura N° 58. Histograma de frecuencia del helado Merengada en estado bajo control .....	100
Figura N° 59. Carta de Control del helado Piñata en estado bajo control.....	101
Figura N° 60. Histograma de frecuencia del helado Piñata en estado bajo control .....	102
Figura N° 61. Carta de Control del helado Tinita en estado bajo control .....	103
Figura N° 62. Histograma de frecuencia del helado Tinita en estado bajo control .....	104



## LISTA DE ABREVIATURAS

- $\bar{X}$  : Valor promedio de cada subgrupo
- $\bar{\bar{X}}$  : Promedio Bruto
- $x_n$  : Valor de cada subgrupo
- $\bar{x}_n$  : Promedio de cada subgrupo
- $x_1$  : Valor máximo de cada subgrupo
- $x_5$  : Valor mínimo de cada subgrupo
- $n$  : Número de observaciones o tamaño de la muestra
- $R$  : Rango (adimensional)
- $\bar{R}$  : Promedio del Rango
- $k$  : Número de subgrupos
- $XS$  : Observación de mayor valor
- $XI$  : Observación de menor valor
- $s$  : Desviación Estándar
- $N_C$  : Número de Clases
- $A_C$  : Ancho de Clase
- $UCL_x$  : Límite de control superior de la gráfica de promedios
- $UCL_R$  : Límite superior de control de la gráfica de rango
- $LCL_x$  : Límite inferior de control de la gráfica de promedios
- $LCL_R$  : Límite inferior de control de la gráfica de rango
- $A_2$  : Constante de la carta de control de promedio
- $D_3$  : Constante de la carta de control de rango
- $D_4$  : Constante de la carta de control de rango

$C_p$  : Índice de Capacidad de proceso (adimensional)

$C_{p_k}$  : Índice de Capacidad Real de proceso (adimensional)

$LSE$  : Límite Superior de especificación

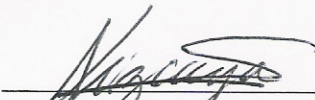
$LIE$  : Límite Inferior de Especificación.

Caracas, 08 de Mayo de 2009

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Karlha Venecia Pineda Mora, titulado:


**“Diseño de un Sistema de Control Estadístico de Procesos para garantizar el contenido neto declarado en los helados acorde a la Ley Nacional de Metrología”**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Químico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

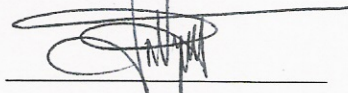
  
Prof. Armando Vizcaya

Jurado



  
Prof. Ali Lara

Jurado



Prof. Johnny Vásquez

Tutor Académico



**Pineda M., Karlha V.**  
**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO DE  
PROCESO PARA GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO DEL  
CONTENIDO NETO DECLARADO EN LOS HELADOS ACORDE A  
LA LEY NACIONAL DE METROLOGÍA.**

**Tutor Académico: Prof. Johnny Vásquez. Tutor Industrial: Ing. Raiza Sánchez**  
**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería Química.**  
**Año 2009, 128 p.**

**Palabras Claves:** Helados, Control de la Calidad, Cartas de Control, Peso.

**Resumen.** En la actualidad el Ingeniero Químico debe tener una formación integral y contar con las herramientas necesarias que lo ayuden a optimizar los procesos y lograr el mejoramiento continuo de los mismos, manteniendo los niveles requeridos de calidad. Entre las herramientas que permiten lograr un nivel óptimo de calidad se encuentra el control estadístico de la calidad; el cual, se ejecuta a través del control estadístico de procesos, que es un conjunto de herramientas que permiten la recopilación, estudio y análisis de datos, para conseguir la estabilidad mediante la reducción de la variabilidad. Una problemática que se evidencia en muchas industrias es que los procesos no se encuentran controlados, lo que origina que no se cumpla con las especificaciones del producto y que el consumidor pueda estar insatisfecho.

El proyecto presentado en este Trabajo Especial de Grado tiene por objeto elaborar un sistema de control estadístico de proceso en la línea de helados de tipo novelties, con la finalidad de lograr el control y reducir la variación de peso de los productos de dicha línea y así optimizar el proceso.

Para lograr este objetivo se realizó un muestreo que consistió en tomar 5 unidades de helados (subgrupos) cada 5 minutos. Esto se hizo 30 veces hasta alcanzar un total de 150 unidades. Todo con la finalidad de construir las gráficas de control pertinentes y evaluar la situación inicial de los productos, utilizando los parámetros establecidos por los operarios. Posteriormente, se varió uno de los parámetros en estudio (flujo de mezcla y flujo de aire) dejando el otro constante, con el fin de analizar la influencia que tenía cada variable en el proceso, utilizando el mismo plan de muestreo. Una vez observado el parámetro que influyó más en la variabilidad se procedió a cambiarlo con el propósito de controlar el proceso. Otras de las herramientas estadísticas utilizadas fueron los histogramas de frecuencias, diagramas de Pareto y diagrama causa-efecto.

El estudio realizado permitió idear cambios en los estándares o condiciones del proceso, que contribuyeron con la reducción de la variación del peso, y por ende con la reducción de los productos fuera de especificación. A pesar de la disminución de la variabilidad de los pesos de todos los helados; los cuales mostraron síntomas de control estadístico por carecer de patrones no aleatorios y puntos fuera de los límites de control. El proceso no fue capaz de cumplir con las especificaciones de diseño fijadas por Productos EFE, por presentar índices de capacidad, tanto real como potencial menores a la unidad. Para lograr la continuidad del sistema de control estadístico de peso, se recomienda realizar un análisis continuo del proceso a través de las cartas de control y llevar un registro automático de los pesos del producto terminado, con lo que se reducirá el nivel de desconfianza sobre los datos reportados en esta sección de la línea.



## **CAPÍTULO I**

### **FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACION**

En este capítulo son expuestos los fundamentos en los que se basa el proyecto, los mismos contemplan el planteamiento del problema y los objetivos, tanto general como específicos.

#### **I.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La política y compromiso de Productos EFE S.A., empresa de Alimentos Polar, es asegurar la satisfacción de clientes y consumidores, mediante la innovación y mejora continua que se reflejan en ofrecer productos, de mayor calidad en sus áreas de producción; razón por la cual es de gran importancia, tener bajo control estadístico de peso, las distintas líneas de manufactura que las conforman, para así evitar en lo posible las variaciones con respecto a las especificaciones.

Para cumplir con dicha política, la organización tiene la necesidad de poner en práctica una serie de normativas (Ley Nacional de Metrología), que establecen los planes de ejecución de muestreo; así como los métodos, criterios y valores de tolerancias, con la finalidad de evaluar la variación de peso en sus productos, para así verificar el cumplimiento de los estándares o especificaciones fijadas y analizar sus posibles mejoras; con el fin de hacerse más competitiva, frente a una sociedad que cada día resulta ser más exigente con respecto a la calidad y cantidad de los productos que consume. Sin embargo, en evaluaciones realizadas en planta, se han presentado desviaciones importantes en cuanto al peso, lo que indica que los parámetros de dependencia del proceso relacionados con la variable señalada, como lo son: flujo de aire y flujo de mezcla, entre otros, no están controlados en forma adecuada. Algunos de los productos en donde se evidencia mayormente este problema son los siguientes: Golazo, Merengada, Cachorro, Piñata y Tinita.

En vista de la situación planteada, Productos EFE S.A., propuso la realización de este Trabajo Especial de Grado, a fin de contribuir al desarrollo e implementación de un sistema de control estadístico de procesos, mediante la recolección de datos y estudio minucioso del proceso de elaboración de los productos mencionados, con la finalidad de lograr la optimización del proceso, homologar la manufactura de los productos y determinar las causas que conllevan a incumplir con las especificaciones de diseño y a su vez, con la Ley Nacional de Metrología, en cuanto al contenido neto declarado. Para dar cumplimiento con lo anteriormente expuesto se establecieron una serie de objetivos, que permitieron dar solución a la problemática planteada; estos son los siguientes:

## **I.2 OBJETIVO GENERAL:**

Elaborar un sistema de control estadístico, para garantizar el cumplimiento del contenido neto declarado en los helados acorde a la Ley Nacional de Metrología.

### ***I.2.1 Objetivos Específicos:***

1. Conocer el proceso de fabricación de helados y control de calidad en la planta de Productos EFE S.A.
2. Analizar la situación operacional actual de la línea de producción de helados, mediante herramientas estadísticas y gráficos de control para los siguientes parámetros: flujo de aire y flujo de mezcla; con la finalidad de identificar las desviaciones operacionales con respecto a los valores de dichos parámetros especificados por la empresa.
3. Diagnosticar las causas que conllevan a incumplir la Ley Nacional de Metrología, en relación al contenido neto declarado en los siguientes productos: Golazo, Merengada, Cachorro, Piñata y Tinita.

4. Monitorear las condiciones de operación, a las que se lleva a cabo la fabricación de cada producto en estudio.
  
5. Identificar y proponer acciones factibles, que conduzcan a mejorar el proceso de fabricación de los helados anteriormente mencionados en cuanto al cumplimiento de las especificaciones fijadas por el Departamento de Calidad.
  
6. Evaluar la efectividad de las acciones ejecutadas, revisando la variación de los parámetros estudiados mediante herramientas estadísticas.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

En esta sección se dan a conocer los conceptos básicos asociados a los objetivos planteados en el presente Trabajo Especial de Grado.

#### II.1. DEFINICIÓN DE HELADO

La norma COVENIN 2392:1997 define al helado como un producto alimenticio edulcorado, obtenido a partir de una emulsión de grasa y proteínas con la adición de otros ingredientes o a partir de una mezcla de agua y otros ingredientes que se someten a congelación con o sin incorporación de aire y que se almacenan distribuyen y expenden en estado de congelación o parcialmente congelados (COVENIN, 1997).

La estructura e interacción entre los componentes del helado es un complicado sistema físico-químico, debido a que es una emulsión, una espuma y una dispersión al mismo tiempo. Los glóbulos de grasa, burbujas de aire y cristales de hielo están dispersos en una solución concentrada de azúcares para formar una matriz semisólida, congelada y aireada. El objetivo principal en la elaboración de helados es lograr obtener los distintos componentes insolubles (aire, hielo y grasa) dentro de una fase acuosa en el menor tamaño y mayor número posible (Amiot, 2007). Desde el punto de vista físico-químico, es un sistema multifásico compuesto por:

➤ Fase Líquida: comprende dos subsistemas:

*Solución:* en la que se encuentran disueltos azúcar, hidrocoloides, proteínas de la leche y sales solubles en agua.

*Emulsión:* contiene los glóbulos grasos emulsificados en agua e influye considerablemente en la textura del producto final.

- Espuma: conformada esencialmente por burbujas de aire dispersas en la fase líquida. La presencia de burbujas de aire aporta cremosidad al helado y debe ser controlada para obtener un producto con el peso adecuado.
- Suspensión: constituida por cristales de hielo y lactosa, sólidos de la leche y estabilizantes dispersos en la fase líquida (Amiot, 2007).

Microscópicamente, este complejo sistema se puede visualizar como se ilustra a continuación, en la Figura N° 1:

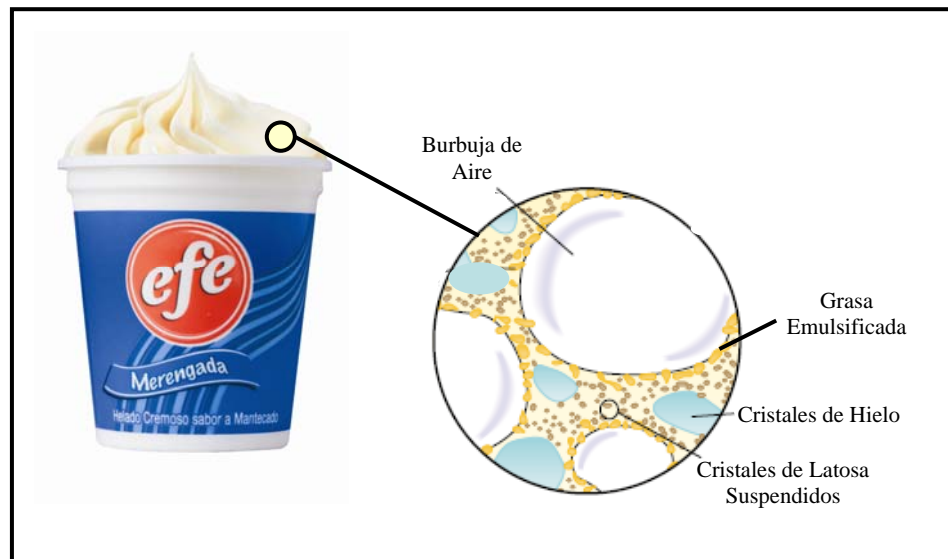


Figura N° 1. Estructura Físico- Química del Helado.

## II.2. COMPONENTES DE LOS HELADOS

Entre los numerosos ingredientes permitidos para la fabricación de helados, los más frecuentes son:

- Grasas y aceites: Las grasas y los aceites son elementos importantes ya que contribuyen a la nutrición, al sabor, a la sensación que percibe el paladar, al cuerpo y a la consistencia del producto, al mismo tiempo que contribuyen a la incorporación del aire, disminuyen la sensación de frío y hacen que sea menos obvia la textura gruesa. Estas pueden ser de origen lácteo (como es el caso de



la leche entera, crema de leche, nata, mantequilla o grasa anhidra láctea) o vegetal (a partir del coco, palma, nuez de palma o soya entre otros) (Keeney y otros, 1994). La cantidad de grasa está comprendida entre 10 y 15% (Spreer, 1991).

- **Sólidos no Grasos:** Son aquellos sólidos que permanecen después de remover la grasa y el agua de la leche (Maldonado, 2004). Estos sólidos están conformados por proteínas, lactosa y sales minerales, provenientes de la leche en polvo, el lactosuero o la leche descremada concentrada, los cuales incrementan el valor nutritivo del helado, lo endulzan y favorecen su textura, ya que contribuyen a la correcta distribución del aire en el helado durante las etapas de congelación y batido de la mezcla base, en virtud de las propiedades emulsificantes y de retención de agua que poseen las proteínas. La cantidad de sólidos no grasos debe estar comprendida entre 11 y 11,5 %, ya que la cristalización de un exceso de lactosa, por ejemplo, produce una sensación arenosa a la temperatura de congelación del producto (Spreer, 1991).
- **Azúcares:** El azúcar es añadido para ajustar el contenido de sólidos en el helado y otorgarle el dulzor que demandan los consumidores (Spreer, 1991). Este ingrediente se encuentra en una proporción de 10 a 18% en peso en la mezcla y tiene como función controlar la temperatura de fusión y de congelación, aumentar la viscosidad, determinar la proporción de agua líquida y cristales de agua, es decir el grado de rigidez y dureza que se alcanza a una determinada temperatura (Maldonado, 2004).
- **Emulsificantes:** son sustancias dotadas de radicales hidrófilos y lipófilos que se emplean para reducir la tensión superficial entre las fases continua y dispersa de la emulsión (Spreer, 1991). Los ingredientes emulsificantes son elementos claves en el desarrollo de las características de los helados, que incluyen la capacidad de ser batidos, la sequedad y la rigidez en el congelador, la cremosidad y el comportamiento de derretimiento. Al controlar la cantidad

de aglomeración, la selección adecuada de los emulsificantes puede ser útil para evitar las consecuencias negativas de una aglomeración excesiva, entre las que se cuentan una mezcla cortada, la sensación grasosa, la mala capacidad de ser batida, un cuerpo desmoronadizo y propiedades de descongelación poco deseables (Keeney y otros, 1991). Los emulsificadores no deben encontrarse en más del 6% másico y entre los más comunes están: los ésteres de glicerina, ésteres de sorbitán, ésteres azucarados, lecitina, glicina y ésteres de ácidos (COVENIN, 1997).

- Estabilizantes: son sustancias que se caracterizan por su gran capacidad de absorber agua cuando se dispersan en una fase líquida y formar un entramado que evita que las moléculas de agua se muevan libremente. Tal propiedad le confiere al producto una textura suave manteniendo dicha suavidad durante largos periodos de tiempo, mejor viscosidad, facilidad en la incorporación de aire en el batido y además reduce al mínimo el tamaño de los cristales de hielo y de lactosa en el producto fresco, elemento clave en el desarrollo de una estructura suave. La cantidad de estabilizantes utilizada debe estar comprendida entre (0,2 – 0,4) % en peso (Spreer, 1991).
- Aromatizantes: estos aditivos añaden o potencian el sabor y el aroma característico al helado, por lo que influyen en el patrón de preferencia del cliente (Arbuckle, 1986).
- Agua y Aire: Ambos desempeñan una función importante en el sistema físico – químico que representa el helado, el cual presenta un gas (aire) disperso en un líquido (agua). El agua permite la disolución de los ingredientes y define junto con la congelación, la consistencia del helado. El aire determina su textura e incrementa su viscosidad. En la elaboración de helados, el aumento en el volumen de mezcla utilizado se debe a la incorporación de aire y el porcentaje en el que este volumen aumenta durante la congelación y la agitación se denomina “overrun” (Keeney y otros, 1991).

### II.3. CLASIFICACIÓN DE LOS HELADOS:

De acuerdo a la forma de comercialización, éstos pueden clasificarse en:

- Helados Blandos: Son aquellos de consistencia suave, congelados en el sitio de expendio y suministrados al consumidor directamente de la máquina procesadora.
- Helados Duros: Son aquellos elaborados y congelados en el sitio de fabricación, almacenados y transportados o no para su posterior expendio (COVENIN, 1997).

### II.4. PROCESO DE ELABORACIÓN DE HELADOS

El proceso típico de elaboración de los helados tiene varias etapas, siendo cada una de ellas de gran importancia, ya que cada fase tiene una finalidad concreta para que el producto final sea de toda seguridad higiénica y de máxima calidad. En la Figura N° 2 se puede observar la sección de elaboración de cremas:

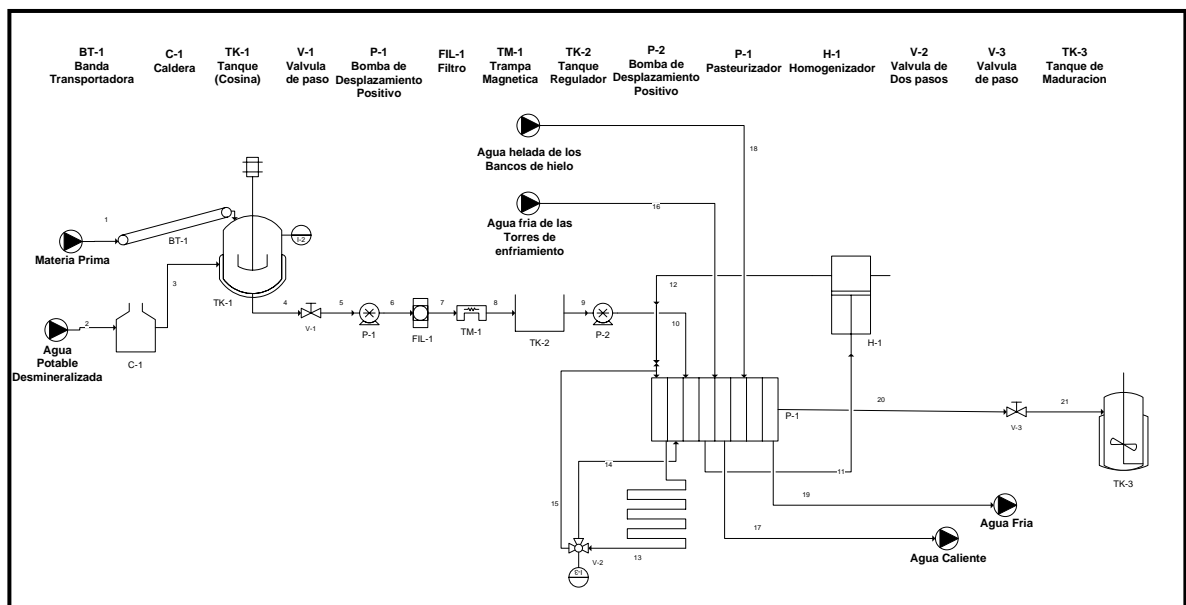


Figura N° 2. Sección de Elaboración de Cremas (Ardila, 2006).

La materia prima llega a la empresa proveniente de diferentes proveedores y es almacenada en áreas adecuadas hasta el momento de su utilización. La orden de producción es suministrada al operador, el cual según la fórmula solicita los materiales de almacén. En el momento en que el operador solicita los ingredientes al almacén el supervisor de planta toma la orden de producción y verifica que estén en buen estado y hayan sido aprobadas por calidad.

Posteriormente, los ingredientes se llevan al tanque de mezclado por medio de bandas transportadoras en un orden que se debe conservar para lograr una buena disolución de cada ingrediente. Dicho tanque está constituido por un agitador helicoidal y una doble camisa por la cual circula el vapor procedente de la caldera, el cual se encuentra a una temperatura entre 50-60°C.

El proceso de mezclado tiene por finalidad hidratar todos los ingredientes secos y lograr su mezcla con los líquidos y las grasas, formándose una suspensión de todos ellos. Durante este procedimiento, se aplica agitación y calentamiento. Primero se colocan los ingredientes líquidos en el siguiente orden: agua, leche, suero (para obtener una mejor disolución), se someten a agitación, una vez mezclados se da paso al vapor que calentará a esta solución y, antes de que alcance 50°C se le añade los ingredientes sólidos (suero en polvo, cacao, azúcar, estabilizantes, emulsificantes). Otra manera de evitar que se formen grumos en la mezcla, es mezclando los ingredientes sólidos con una parte de azúcar antes de ser añadidos en el líquido que se encuentra en agitación.

Es importante resaltar que hay una etapa de reproceso, formada por toda aquella mezcla que no sea productiva para el proceso en el que fue destinada, pero sí para una producción posterior de la misma mezcla. En la planta EFE el reproceso es conocido como rework, el mismo es recolectado en el arranque de las máquinas, durante el proceso de llenado y al final de la producción y posteriormente es enviado a la cava principal, donde se almacena hasta su utilización.

Luego, la mezcla es succionada hacia un sistema de filtros verticales. En la primera fase se retienen las partículas que no se disuelven con el mezclado, tales como: grasa, grumos y restos de otras materias. En la segunda fase pasa por discos de menor diámetro que retienen partículas de menor volumen que las anteriores. Posteriormente, la mezcla es bombeada al tanque de balance cuya función principal es regular el flujo de crema mediante el uso de un flotante. Además de esto sirve para mantener el caudal de entrada constante al pasteurizado.

Una vez que la mezcla está en el tanque de balance, se envía al sistema de pasteurización, el cual consiste en someter la mezcla a temperaturas tales que los microorganismos patógenos presentes en ella sean eliminados en un tiempo determinado por acción del calor (Timm, 1994). Luego de cumplido este tiempo, la mezcla es enfriada ligeramente para evitar la sobre-cocción. La intensidad del tratamiento térmico depende del microorganismo objetivo (Ardila, 2006), que en el caso del helado es la *Salmonella*. La pasteurización está conformada por cuatro etapas: Pre-Calentamiento, Calentamiento, Pre-Enfriamiento y Enfriamiento. Para el pre-calentamiento se emplea un intercambiador de calor de placas que trabaja en flujo cruzado. Este equipo y el recorrido que realiza el fluido en su interior pueden apreciarse en las Figuras N° 3 y 4.

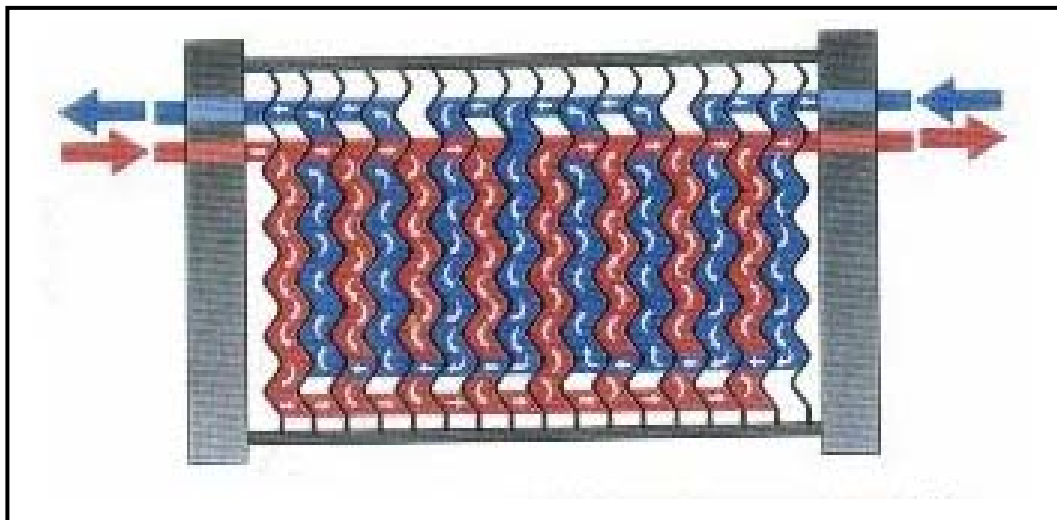


Figura N° 3. Pasteurizador (Ochoa, 2006)



Figura N° 4. Recorrido a contra corriente de la mezcla en el pasteurizador (Ochoa, 2006)

Tanto el fluido frío como caliente empleado en el equipo está constituido por agua. En esta etapa la mezcla alcanza temperaturas entre 65 y 70°C, que es la adecuada para que la mezcla entre al homogeneizador. En la Figura N° 5 puede observarse la distribución de los glóbulos de grasa de la mezcla de helados.

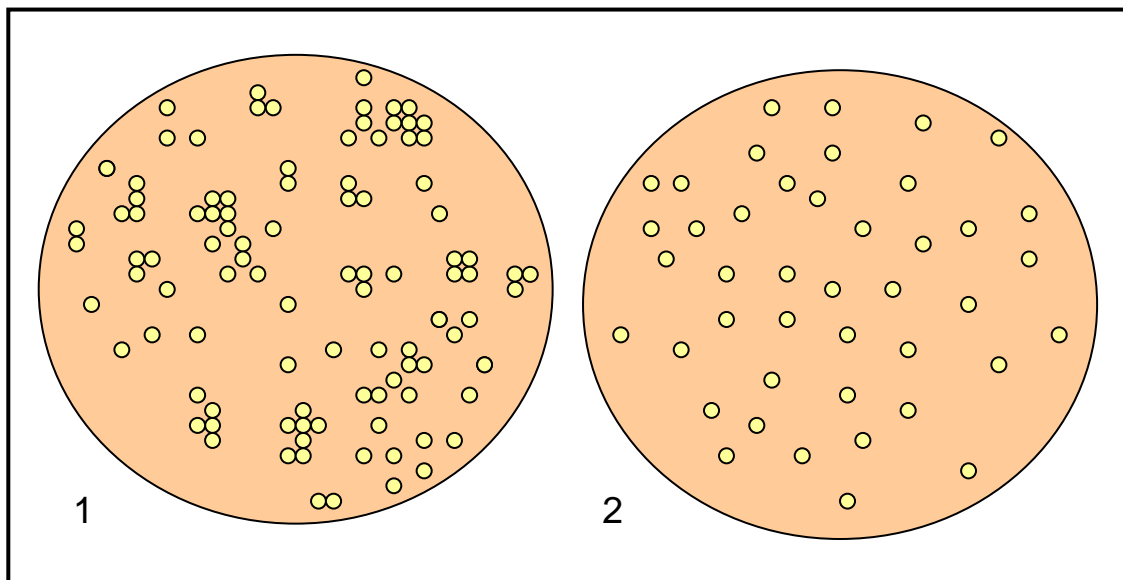
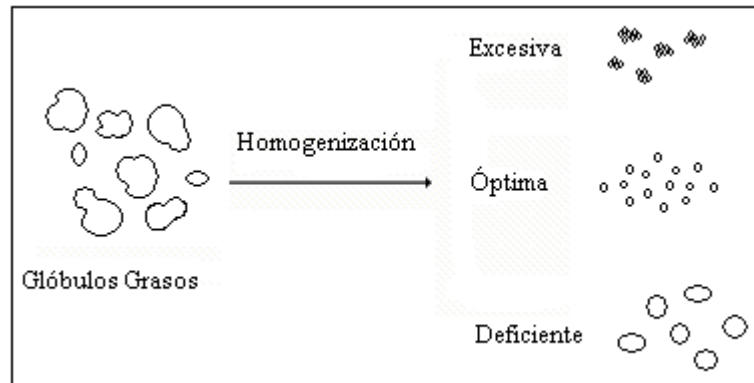


Figura N° 5. Distribución de los glóbulos de grasa en ambas etapas del homogeneizador:  
1. Después de la primera etapa. 2. Después de la segunda etapa.

La homogeneización es una técnica de reducción de tamaño de líquidos que consiste en hacer pasar la mezcla a través de orificios pequeños, logrando así un grado de distribución más elevado de la mezcla. En la elaboración de cremas, con la

homogenización se consigue disminuir el tamaño de los glóbulos grasos a menos de 1  $\mu\text{m}$  (Spreer, 1991), lo cual evita la formación de nata (por separación de la grasa) y mejora la capacidad de batido, le confiere mayor digestibilidad a la crema, favorece su apariencia, le proporciona una textura más suave y reduce el sabor grasoso.

La eficiencia de la homogenización se ve potenciada cuando no hay aire en la mezcla y la temperatura es alta 49-74°C (Desrosier, 1985), ya que a este nivel térmico se forma una micropelícula proteica que evita la aglomeración de los glóbulos de grasa (Timm, 1991). Por su parte, la presión aplicada debe ser controlada cuidadosamente para que se encuentre en un valor intermedio (1500-3000  $\text{lb-f/plg}^2$ ) (Desrosier, 1985) ya que, si bien no debe haber cúmulos de grasa en la mezcla, la aplicación de una presión excesiva puede formar aglomerados aislados de emulsión grasa-agua, los cuales también resultan indeseados. Esto se puede apreciar en la Figura N° 6:



**Figura N° 6.** Efecto de la Homogenización sobre la Emulsión (Attala, 2008)

Luego que la mezcla sale del homogeneizador entra nuevamente al intercambiador de calor y se lleva a cabo la etapa de calentamiento. Aquí la mezcla alcanza una temperatura de 80-85°C, constituyendo el período de pasteurización, donde se eliminan los microorganismos patógenos, garantizando la calidad higiénica del producto. El sistema de pasteurización continua para mezclas con componentes lácteos pueden ser realizados con varias combinaciones de tiempo y temperaturas, algunas de ellas son:

- **Pasteurización Alta, corto tiempo (HHST):** este método se hace necesario cuando la calidad microbiológica de la mezcla es relativamente baja, por lo que se requiere una alta efectividad germicida. La mezcla se somete a una temperatura entre 85 °C y 90 °C por un tiempo que puede variar entre 8 s y 15 s. La intensidad de este tratamiento genera la desnaturalización de parte de las proteínas de la leche y la inactivación de algunas enzimas, tales como la peroxidasa, pero tiene un poder germicida de 99,9% y disminuye la demanda de estabilizante.
- **Pasteurización Baja, largo tiempo (LTLT):** este procedimiento consiste en mantener la mezcla en el tanque de preparación y aplicarle calor a través de una chaqueta de calentamiento hasta que se alcance una temperatura de 62-65°C por un período de 30 min. aproximadamente. Este método ofrece un efecto germicida de tan sólo 95%, puede otorgarle a la mezcla sabor a quemado y además puede incrementar la viscosidad de la mezcla por la hidratación de proteínas y estabilizantes, lo cual se traduce en problemas de bombeo. Sin embargo, la pasteurización baja es la alternativa con la que se conserva la mayor parte de los nutrientes del alimento (Spreer, 1996).

Si la temperatura alcanzada es mayor de 80°C, la mezcla continúa y llega a la zona de precalentamiento, donde se tiene circulando mezcla en contra corriente a 65-70°C proveniente del tanque de balance y mezcla caliente a 80-83°C de la tubería de retención.

Luego de esta etapa la mezcla pasa a la zona de pre-enfriamiento del intercambiador de calor. Aquí se lleva a cabo un enfriamiento entre 35 y 40°C mediante intercambio de calor con agua proveniente de la torre de enfriamiento, cuya temperatura oscila alrededor de 20-26°C. Posterior a esta etapa la mezcla llega a la zona de enfriamiento la cual consiste en disminuir drásticamente la temperatura de la mezcla a condiciones de refrigeración, para reducir el desarrollo microbiológico e iniciar la cristalización de las grasas. El agua utilizada para este proceso proviene de los bancos de hielo 1-



3°C, alcanzando la mezcla una temperatura de 7°C aproximadamente. El tiempo de operación total es de 45 min.

Finalmente la mezcla es enviada al tanque de maduración. La maduración es un proceso en el que la mezcla reposa durante un período de 3 a 6 horas en depósitos provistos de dispositivos de agitación suave y camisas de circulación de agua helada 1,1-4,5°C, con la finalidad de mejorar las características organolépticas del helado. En esta etapa, se solidifica la grasa, las grasas cristalizan mientras que las proteínas y los estabilizantes absorben el agua, se difunden los componentes de la mezcla y se incrementa la homogeneidad de la crema. Esto permite que la mezcla permanezca uniforme evitando que la misma esté a una temperatura < 7°C. En esta etapa, se solidifica la grasa, mientras que las proteínas y los estabilizantes absorben el agua, se difunden los componentes de la mezcla y se incrementa la homogeneidad de la crema. Las mezclas con leche pueden estar almacenadas por 72 h, mientras que las mezclas para helados de agua y sorbetes 10 días por su contenido de ácido.

Por otro lado, la sección de mermeladas se muestra en la Figura N° 7:

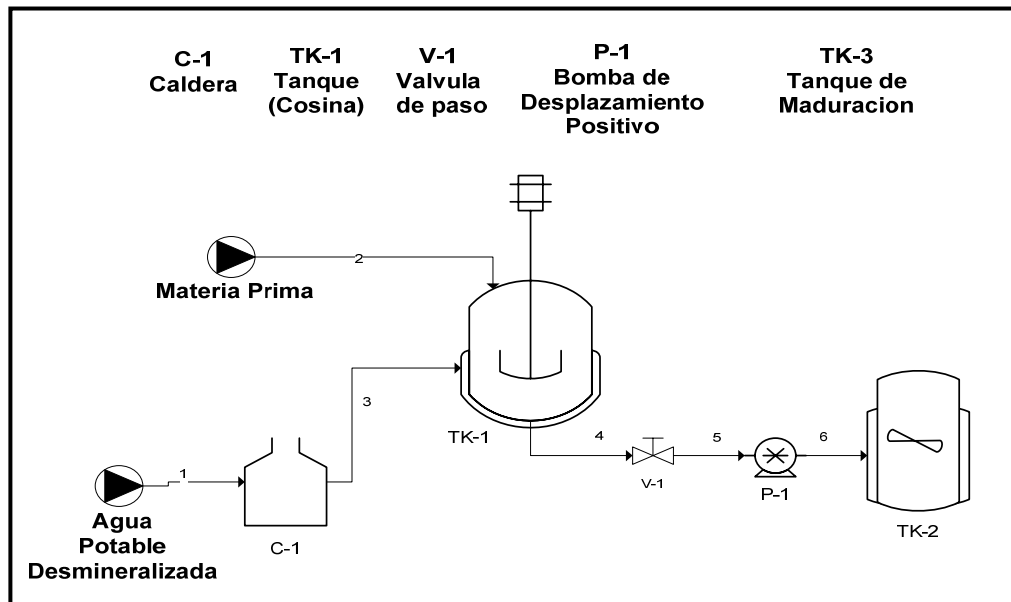


Figura N° 7. Sección de Mermeladas (Ardila,2006)

En dicha sección la materia prima, constituida por pulpa de frutas, cacao, chocolate, etc; se procesan en marmitas de doble camisa. En este caso, la pasteurización se realiza por medio de inyección de vapor a la marmita, proveniente de una caldera que contiene agua potable desmineralizada. Al culminar este proceso la mezcla se almacena en tanques rodantes de refrigeración, para luego ser incorporadas en los helados.

Una vez culminado el proceso de elaboración de mezclas, éstas se hacen pasar por una red de tuberías que las transportan hacia los congeladores continuos, en esta etapa se retira rápidamente el calor e incorpora aire por batido a la mezcla (Desrosier, 1985). Esto se hace para proporcionarle una textura más suave al producto terminado, en virtud de la formación de pequeños cristales de hielo, y darle a la crema el porcentaje de aire y la viscosidad adecuada para la fase de llenado. En la Figura N° 8, se puede observar un congelador continuo.



**Figura N° 8.** Congelador continuo (Arbuckle, 1986)

La operación consiste en agitar dicha mezcla a medida que se inyecta aire durante el paso por el cilindro mediante un tornillo sin fin, dentro del cual se encuentra ubicado un árbol giratorio, que posee a su vez unas cuchillas de acero inoxidable que evitan que la crema congelada (helado) se adhiera a las paredes del congelador. Una bomba de engranaje, es la que permite que la crema llegue al cilindro, y por ende, se inicie el

proceso de mezclado y batido. Previamente, se programa la cantidad de aire a incorporar en el proceso de batido, de acuerdo al tipo de crema y el volumen de la misma que se desee obtener (estos valores ya se encuentran predeterminados en el sistema).

La congelación de la crema viene dada por la evaporación del amoníaco líquido, en la camisa refrigeradora que rodea al cilindro del congelador. Una segunda bomba de engranajes es la encargada de transportar el helado hasta la máquina llenadora correspondiente. Las temperaturas del helado a la salida del congelador, oscilan entre  $-5$  y  $-6^{\circ}\text{C}$ . A través de un sistema de tuberías, dicha mezcla va directo a la llenadora llamada Fornaroli. La cual está destinada a la producción de helados envasados del tipo noveltis. Esta máquina posee una capacidad nominal de 10080 productos por hora y una velocidad que varía entre los 28 y 32 golpes por minuto<sup>1</sup>.

En la Figura N° 9 se presenta un dibujo esquemático del equipo, donde se pueden visualizar las áreas de operación.

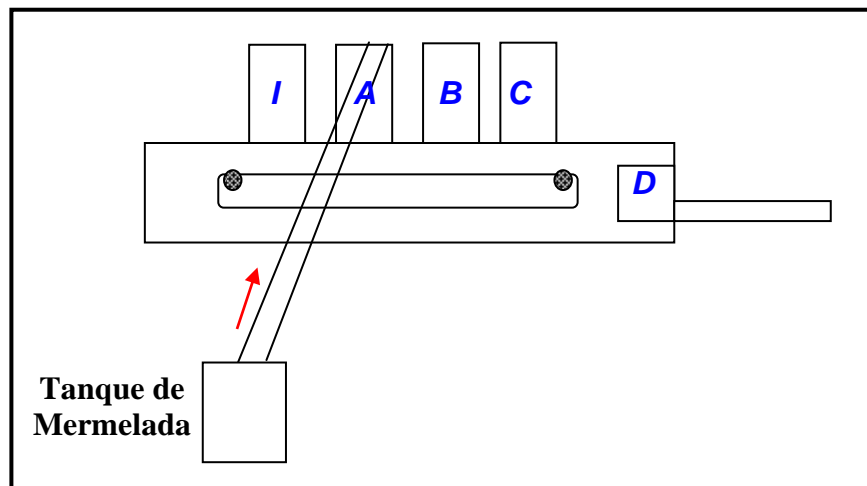


Figura N° 9. Esquema de la Fornaroli.

<sup>1</sup> Golpes por minuto: Inyección de helados en la red de picos por minuto.

Dichas áreas son las siguientes: colocación de los vasos o conos (*I*), sección de llenado (con o sin inyección de mermeladas) (*A*), dispensador de toppings (*B*), tapadora (*C*), expulsión de los helados terminados (*D*).

El funcionamiento del equipo es completamente neumático, todos los movimientos se realizan a través de un mecanismo de leva. Además, presenta un sistema de succión de aire para la colocación de los vasos, conos y tapas (áreas *I* y *C*).

El proceso de elaboración comienza cuando la crema sale del congelador continuo como helado, y se inyecta (con o sin inclusión de mermeladas) en los vasos que anteriormente fueron dispensados en una correa que traslada los productos desde la zona *I* hasta la *D*. En caso que los productos lleven agregados en el fondo de los vasos, se colocarán los mismos en la zona previa al llenado.

Después del llenado, se dispone a la colocación de los toppings, dependiendo del tipo de producto que se esté elaborando. Luego, los vasos son tapados y trasladados hacia el mesón de conteo, donde son contados y encestados, para luego ser llevados al túnel de congelación si los mismos tienen agregados, o a la cava principal si los helados son sin agregados.

Posteriormente todos los productos se organizan en paletas identificadas, para poder ser trasladadas hacia la cava en donde se almacenan por un período prudente que garantice la inocuidad de cada unidad una vez que llegue al consumidor final. Para ello es muy importante, que el proceso de elaboración de helado este controlado bajo ciertos parámetros estadísticos, que permitan ofrecer un producto de excelente calidad para los consumidores.

A continuación se hará referencia a otros tipos de conceptos significativos para el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado:

## **II.5. LA CALIDAD Y SU RELACION CON LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

La calidad de los productos y servicios, se ha vuelto hoy en día uno de los factores de decisión más importantes en la mayor parte de las empresas. Sin importar si el consumidor es un individuo, una corporación, un programa de defensa militar o una tienda de venta al por menor. Cuando el consumidor decide hacer una compra, es probable que se considere la calidad con la misma importancia que el costo y el tiempo de entrega. Por consiguiente, entender y mejorar la calidad es un factor clave que lleva al éxito de los negocios, al crecimiento y a una posición competitiva fortalecida.

Hay muchas maneras de definir calidad. El concepto de calidad que se forma la mayoría de las personas se relaciona con una o mas características deseables que debería poseer un producto o un servicio (Montgomery, 2007).

La calidad, en muchos casos denominada idoneidad de uso, está determinada por la interacción de la calidad del diseño y la calidad de conformidad. La calidad de diseño, se trata de un sistema organizado para diseñar o rediseñar productos, con dos objetivos fundamentales: el primero es asegurar que el producto va a responder a las necesidades y expectativas de los clientes, y el segundo es acortar el periodo de tiempo que va desde la concepción del producto hasta su lanzamiento (Grima, 1995). Mientras que la calidad de conformidad es la medida en que el producto se ajusta a las especificaciones requeridas por el diseño; es decir, a la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos, de manera sistemática, hasta el punto donde todas las unidades producidas son idénticas y están libres de defectos (Besterfield, 1994; Montgomery, 2007).

Para lograr la calidad de diseño y la de conformidad es necesario controlarlas. El control de la calidad es el proceso de regulación a través del cual se puede medir la calidad real, compararla con las normas y actuar sobre la diferencia (Juran, 1985). La mejora de la calidad implica que si la variabilidad de las características importantes de un producto disminuye, la calidad del producto aumenta, es decir se reducen los

desperdicios (Montgomery, 2007). Un esfuerzo exitoso para la mejora de la calidad puede eliminar mucho de este desperdicio y conducir a costos menores, mayor producción, mayor satisfacción del cliente, mayor reputación de la empresa, mayor competitividad en el mercado y, a fin de cuentas, ganancias más grandes para la compañía (Ochoa, 2005). En la actualidad, las técnicas y herramientas estadísticas aplicables a la organización, constituyen un instrumento de gran ayuda para la toma de decisiones y el mejoramiento de la calidad, ya que permite lo siguiente:

- En el diseño y desarrollo de productos, los métodos estadísticos pueden emplearse para comparar materiales, componentes o ingredientes distintos, y como ayuda para determinar las tolerancias tanto del sistema como de los componentes. Esta aplicación puede reducir de manera significativa los costos y el tiempo de desarrollo.
- El control estadístico de procesos puede utilizarse para mejorar de manera sistemática un proceso mediante la reducción de la variabilidad.
- Los métodos de diseño experimental pueden usarse para investigar mejoras en el proceso. Estas pueden llevar a mayores rendimientos y menores costos de fabricación (Montgomery, 1996).

## **II.6. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**

El control estadístico de la calidad (SQC, por sus siglas en inglés) es una rama del control de la calidad, la cual consiste en el acopio, análisis e interpretación de datos para su uso en el control de la calidad, es decir, por medio del SQC se realiza: el control estadístico de procesos (Montgomery, 1996).

Para que un producto cumpla con los requerimientos del cliente, este debe fabricarse con un proceso que sea estable o repetible. Para ser más específicos, es necesario que el proceso opere con poca variabilidad en las dimensiones, objetivos de las

características de calidad del producto (Montgomery, 2007). Es por ello que el Control Estadístico de Proceso (SPC, por sus siglas en inglés) no es más que un conjunto de técnicas que permiten medir, analizar y comprender el comportamiento de los procesos productivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos. Igualmente, permite medir el beneficio que ha sufrido el proceso después de tomadas las acciones correctivas (Fondo-norma, 2007).

El SPC, cuando se implanta exitosamente, permite que solo se actúe sobre el proceso cuando realmente es necesario, evitando comportamientos erráticos que solo conducen a un aumento de su variabilidad intrínseca; logrando con esto conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del proceso contribuyendo a reducir los costos de calidad (Grima, 1995; Montgomery, 2007).

## **II.7. DISTRIBUCIÓN NORMAL DE PROCESOS INDUSTRIALES**

### **II.7.1. La Variabilidad de los Procesos Industriales**

En cualquier proceso de producción, independientemente de lo adecuado que sea su diseño o de la atención que se preste a su mantenimiento, siempre existirá cierta cantidad de variabilidad asignable o aleatoria. Esta variabilidad aleatoria, es el defecto acumulado de muchas causas pequeñas y en esencia inevitables. En el contexto de control estadístico de calidad, a esta variabilidad aleatoria se le denomina un “sistema estable de causas fortuitas” (Montgomery, 2007). Con respecto a estas causas fortuitas o también llamadas causas aleatorias, es poco lo que se puede hacer para reducirlas, debido a que son inherentes al proceso o a la precisión de las máquinas (Arvelo, 1998). Cuando solo hay variaciones aleatorias, el proceso es lo suficientemente estable como para usar procedimientos de muestreo para predecir la calidad de la producción total o para hacer estudios de optimización del proceso; considerándose dicho proceso bajo control estadístico (Juran, 1985).

En ocasiones puede estar presente otra clase de variabilidad en la salida de un proceso llamada causas asignables o especiales. Estas se deben a la presencia de algunos

factores que perturban el proceso, y que por sí solos son capaces de explicar en gran medida la variabilidad en la calidad del producto (Arvelo, 1998; Montgomery, 2007). Esta variabilidad en las características clave de la calidad se origina de tres fuentes: maquinas ajustadas o controladas incorrectamente, errores del operador y materia prima defectuosa. En general, la variabilidad es grande cuando se le compara con la variabilidad aleatoria y suele representar un nivel inaceptable del desempeño del proceso (Montgomery, 2007). Se dice que un proceso que opera en presencia de causas asignables está fuera de control, es decir, el proceso no es lo suficientemente estable para utilizar procedimientos de muestreo con objeto de hacer predicciones (Juran, 1985). Por lo tanto, se puede decir que la variabilidad tiene un tratamiento distinto según sea el tipo de causa que la provoca. Es decir, será necesario poder atribuirle las variaciones que se van presentando a un tipo de causa u otra. Si la causa es asignable habrá que identificarla y eliminarla; sin embargo si es aleatoria, lo mejor es no tocar nada. En la Figura N° 10 se muestra un esquema en donde se representa las fuentes de la variabilidad.

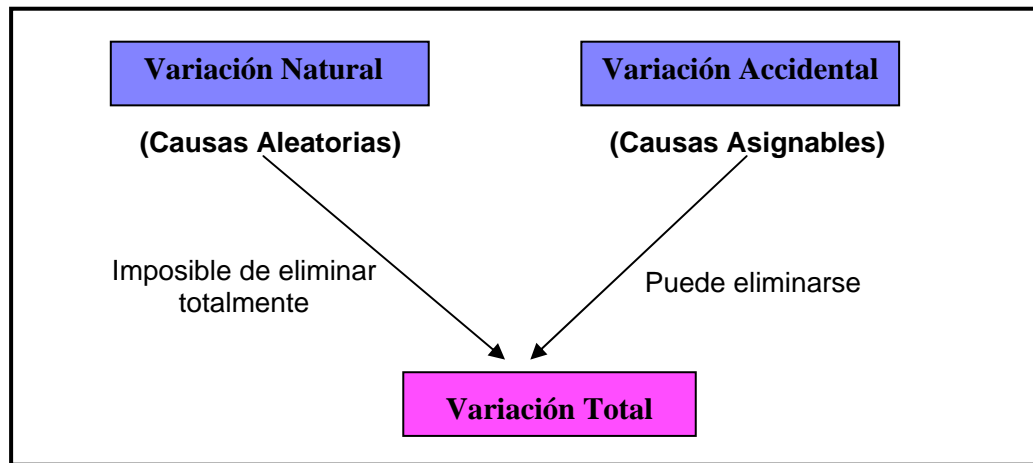


Figura N° 10. Fuentes De Variabilidad (Grima, 1995)

El Control Estadístico de Procesos, supone que si se estudia un grupo de datos y se encuentra que se ajustan a una Distribución Normal, entonces no existen causas asignables, y se dice que el proceso está bajo control estadístico debido a que es posible pronosticar con alto grado de certeza su variabilidad. Por el contrario, cuando



los datos obtenidos del proceso no se ajustan a la Distribución Normal, se dice que están actuando una o más causas especiales, y que el proceso está fuera de control (Arvelo, 1998).

### II.7.1.1 Causas de la Variabilidad

En un proceso cualquiera, ya sea administrativo o de producción, por más sencillo que sea, intervienen una cantidad considerable de variables que influyen sobre su capacidad para lograr la calidad del producto, es decir, debido a lo dinámico de los procesos, las variables son constantemente modificadas por diversos factores, lo cual tiene un efecto directo sobre la calidad del producto (Cantú, 2001); esto se refleja en la Figura N° 11:

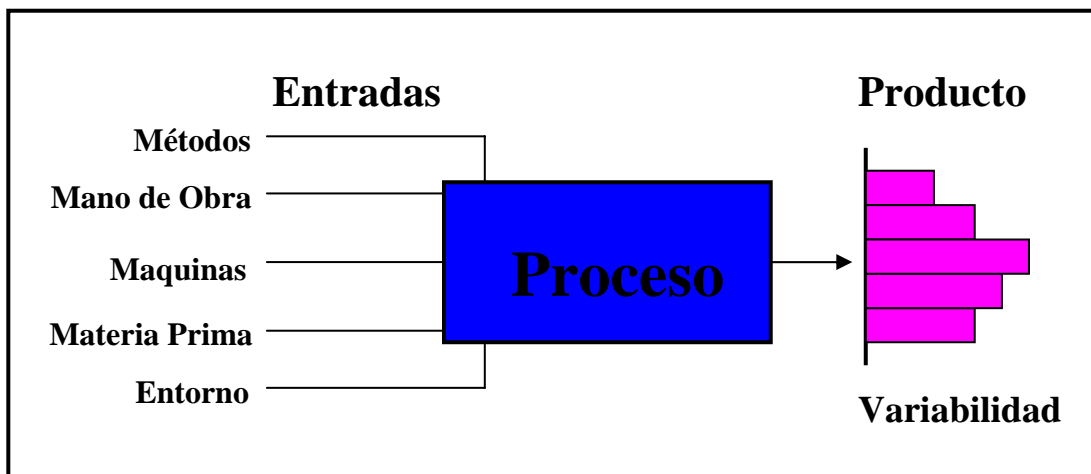


Figura N° 11. Causas de la Variabilidad (Grima, 1995)

En la práctica, existen siempre variaciones en las entradas de un proceso y, en consecuencia, existirán diferencias entre las características de las distintas unidades de producto obtenidas como salida del proceso.

Si por ejemplo, se considera el proceso de llenado de un producto en particular y de cada uno se mide su peso, el histograma de la parte de la derecha de la Figura N° 11, representará la variabilidad del peso de los distintos productos. Toda variabilidad tiene sus causas, y el hecho de que los pesos de dos productos fabricados por el

mismo proceso sean distintos, es la consecuencia de un mal equipo de inspección o la inadecuada aplicación de una norma de calidad, un conjunto materiales, entorno y operarios que intervienen en el proceso. La forma en que estas variables repercuten sobre el proceso se menciona a continuación:

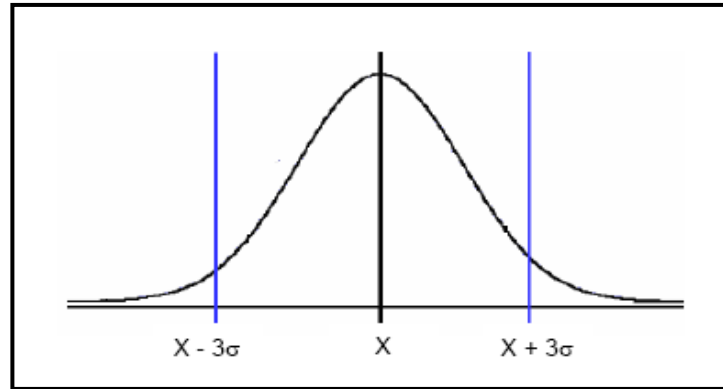
- El Equipo. Dentro de esta causa figuran el desgaste la herramientas, las vibraciones de la maquina, fluctuaciones hidráulicas y eléctricas; cuando se juntan todas estas variaciones el equipo opera dentro de cierta capacidad o precisión, distinta a la ideal.
- El Material. Es de esperar que características relacionadas con la calidad como la densidad, contribuyan a la variación total del producto final.
- El Entorno. La temperatura contribuye a las variaciones en el producto.
- El Operario. En esta causa figuran el método que emplea el operario para realizar una determinada operación. La falta de comprensión sobre las variaciones del equipo y del material debido a una falta de capacitación hará necesario efectuar continuos ajustes de maquina, con lo que la variabilidad se hace más compleja. Conforme el equipo es más automatizado la variación en el proceso disminuye (Besterfield, 1994).

### **II.7.2. Análisis del Proceso Mediante la Distribución Normal**

Cuando la variación de una característica de calidad, es causada por la suma de un gran número de errores infinitesimales independientes debido a diferentes factores, la distribución de las características de calidad se aproximan a una Distribución Normal (Hitoshi, 1992) (Ver Apéndice A).

La mayoría de las distribuciones de frecuencia presentan una “tendencia central”, es decir, una forma tal que el grueso de las observaciones se agrupan en una zona limitada por dos extremos. La distribución normal de frecuencias permite analizar el

proceso con respecto a su precisión y exactitud, ya que cuando los datos se ajustan a una distribución de este tipo (ver Figura N° 12) se caracterizan por dos parámetros: La media de la tendencia central ( $\bar{X}$ ) y la desviación estándar ( $s$ ) (Juran, 1985).



**Figura N° 12.** Grafica de la distribución Normal (Montgomery, 2007).

La media es la medida más común de una tendencia central y se define, según la ecuación (1), como la suma de las observaciones realizadas dividida entre la cantidad de observaciones correspondientes (Freud, 1990).

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (1)$$

Donde:

$\bar{X}$  : Media de la muestra

$X_i$  : Valores observados de las variables aleatorias

$n$  : Número de observaciones o tamaño de la muestra

El rango de valores de una serie de números es la diferencia entre los valores u observaciones mayor y menor, según la ecuación (2) (Freud, 1990).

$$R = X_S - X_I \quad (2)$$

Donde

R: Rango

XS: Observación de mayor valor

XI: Observación de menor valor

El otro parámetro que caracteriza a una Distribución Normal es la desviación estándar, la cual es una medida de dispersión que permite describir cómo se diseminan o dispersan los datos en torno al valor central, y se determina empleando la ecuación (3) (Besterfield, 1994).

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

Donde

s: Desviación estándar

En cuanto al significado físico de la desviación estándar se puede decir que cuando los valores de “s” son pequeños hay gran concentración de observaciones alrededor de la media y por el contrario para grandes valores de “s” hay gran dispersión de las observaciones (Fondo-norma, 2007); esto se puede observar en la Figura N° 13:

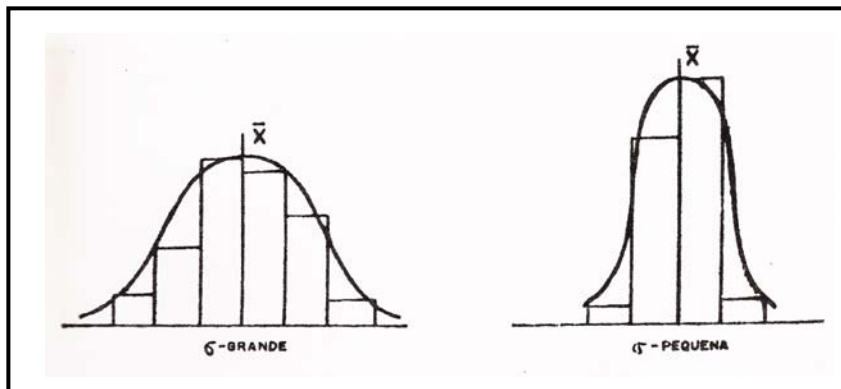


Figura N° 13. Desviaciones Estándar (Fondo-norma, 2007).

## II.8. HERRAMIENTAS PARA MEJORAR LA CALIDAD

En el área de control estadístico de procesos existen un sin fin de técnicas o herramientas útiles para elevar la calidad; siendo los histogramas de frecuencia, diagramas de Pareto, diagramas de causa – efecto y cartas de control algunas de las más empleadas.

### II.8.1. Histogramas De Frecuencia

Los histogramas, muestran la frecuencia o número de observaciones cuyo valor cae dentro de un rango predeterminado, como se muestra en la Figura N° 14 (Delgado, 1990). La forma que tome un histograma, proporciona pistas sobre la distribución de probabilidad del proceso de donde se tomó la muestra. Los histogramas proporcionan una representación visual de tres propiedades importantes: la forma de la distribución de los datos, la tendencia central en los datos, y la dispersión o variabilidad en los datos (Juran, 1985).

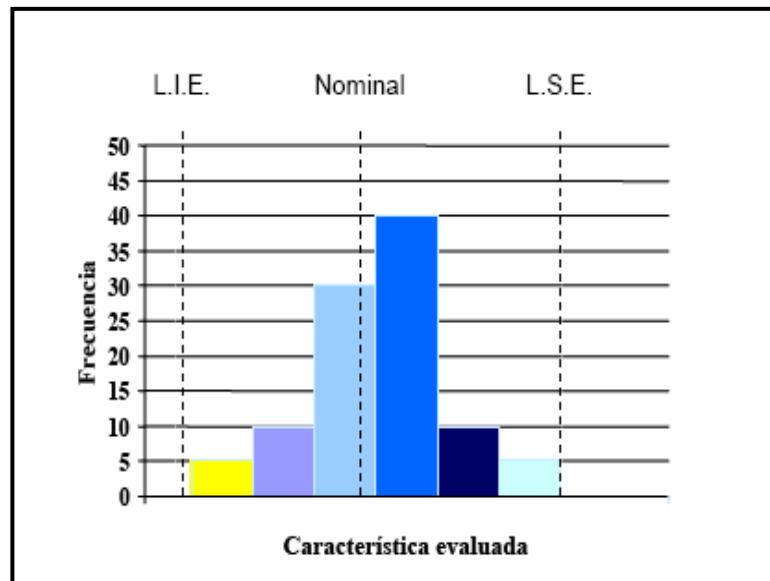


Figura N° 14. Histograma de Frecuencia (Grima, 1995)

### II.8.1.1. Pasos para la elaboración de histogramas

Los pasos a seguir para elaborar histogramas de frecuencia se enumeran a continuación:

1. Enumerar los datos “N” de la muestra.
2. Determinar el rango a través de la ecuación (2).
3. Determinar el número de clases “Nc”, a través de la ecuación (5).

$$N_c = \sqrt{N} \quad (5)$$

4. Determinar el intervalo, amplitud o ancho de clase “Ac”, de manera que el rango, el cual incluye los valores máximos y mínimos, se divida en intervalos de igual amplitud, como se muestra en la ecuación (6).

$$A_c = \frac{R}{N_c} \quad (6)$$

5. Determinar el límite inferior de la primera clase sumándole la amplitud del intervalo para obtener el límite entre la primera y segunda clase. El límite inferior de la primera clase se ubica a ½ de la unidad de medida a partir del valor mínimo observado. Luego se sigue sumando la amplitud del intervalo al valor previo para obtener los sucesivos límites.

6. Construir la tabla de frecuencias.
7. Graficar el histograma (Hitoshi, 1992).

### II.8.2 Diagrama De Pareto

La mayoría de las pérdidas (productos defectuosos) se deben a unos pocos tipos de defectos, que pueden atribuirse a un número muy pequeño de causas. El Diagrama de Pareto permite identificar dichas causas, eliminando así casi todas las pérdidas que

puedan existir en un proceso; es por ello, que este tipo de diagrama es otra de las técnicas utilizadas en programas de mejoramiento de la calidad (Hitoshi, 1992).

El Diagrama de Pareto es una gráfica de dos dimensiones como se muestra en la Figura N° 15, que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en ambos lados del diagrama: el lado izquierdo, representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas (Delgado, 1990).

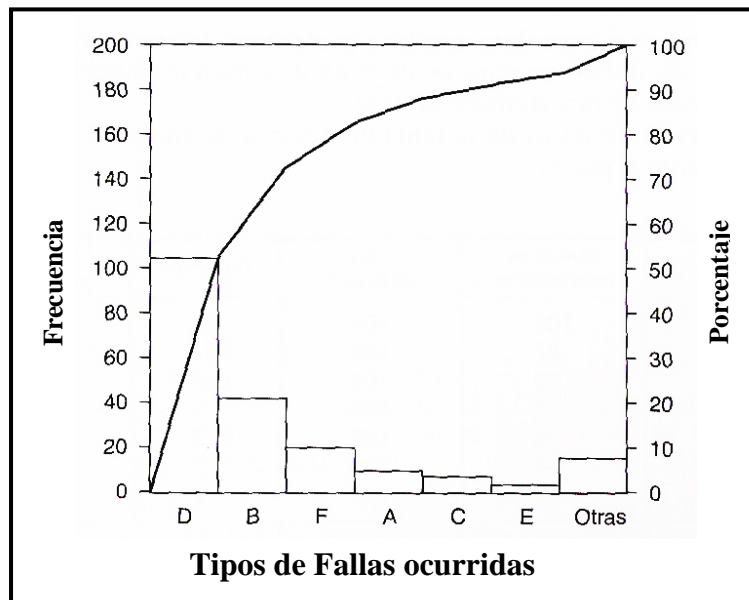


Figura N° 15. Diagrama de Pareto (Grima, 1995)

Según el principio de Pareto: “En todo fenómeno que resulta de la intervención de varias causas o factores, se encontrará que un pequeño número de ellas contribuye a la mayor parte del efecto” (Metro-norma, 2007). De aquí que el 80% de los defectos de un problema se deben solamente al 20% de las causas involucradas (Hitoshi, 1992).

### **II.8.3. Diagrama de Causa-Efecto (CE)**

El análisis de Causa-Efecto (CE), también conocido como “espina de pescado”, creado por el Dr. Kaoru Ishikawa, parte de la siguiente premisa: “Todo efecto, tuvo su causa, así como toda causa, tendrá su efecto”. Partiendo de este principio se pueden definir los diagramas de causa-efecto como una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado. Se utilizan para ordenar las ideas que resultan de un proceso de “lluvia de ideas”, al dar respuesta a alguna pregunta de partida que se plantea el grupo que realiza el análisis (Kasuga, 1995).

En un diagrama de Causa-Efecto, el efecto se encuentra situado en el lado derecho, mientras que las causas se encuentran ubicadas en el lado izquierdo. El efecto es la característica de calidad que es necesario mejorar. Las causas principales son los métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A su vez, cada causa principal se subdivide en muchas otras causas menores, según la necesidad y el caso a tratar (Besterfield, 1994).

#### ***II.8.3.1 Procedimiento de elaboración de diagramas de Causa – Efecto***

Para elaborar un diagrama de Causa – Efecto se debe seguir el siguiente procedimiento:

1. Escoger la característica de calidad.
2. Determinar las causas que puedan afectar la característica de calidad.
3. Agrupar las causas por la afinidad que tengan entre sí y elaborar un diagrama de CE, conectando aquellos elementos que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.
4. Determinar la importancia de cada factor, y señalar los que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.



5. Escribir cualquier información que pueda ser de utilidad (Hitoshi, 1992).

En la fabricación de un determinado producto la variabilidad de las características de calidad del proceso se deben a múltiples causas, las cuales se deben investigar, a fin de decidir cual va a ser la característica de calidad que se va a analizar. Luego se traza una flecha gruesa que representa el proceso y a la derecha se escribe la característica de calidad, como se observa en la Figura N° 16:

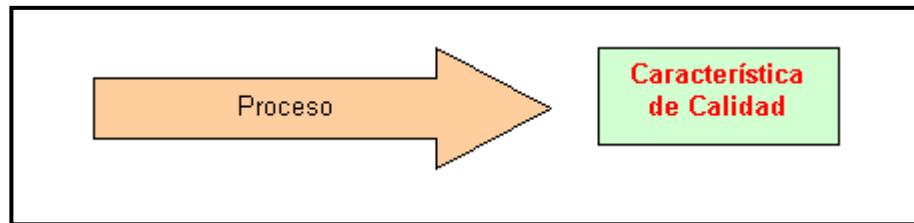


Figura N° 16. Columna Principal de la Espina de Pescado (Kasuga, 1995)

Posteriormente, se indican los factores causales más importantes y generales que puedan generar la fluctuación de la característica de calidad, trazando flechas secundarias hacia la principal. Por ejemplo: Materias Primas, Equipos, Operarios, Método de Medición, etc., como se muestra en la Figura N° 17:

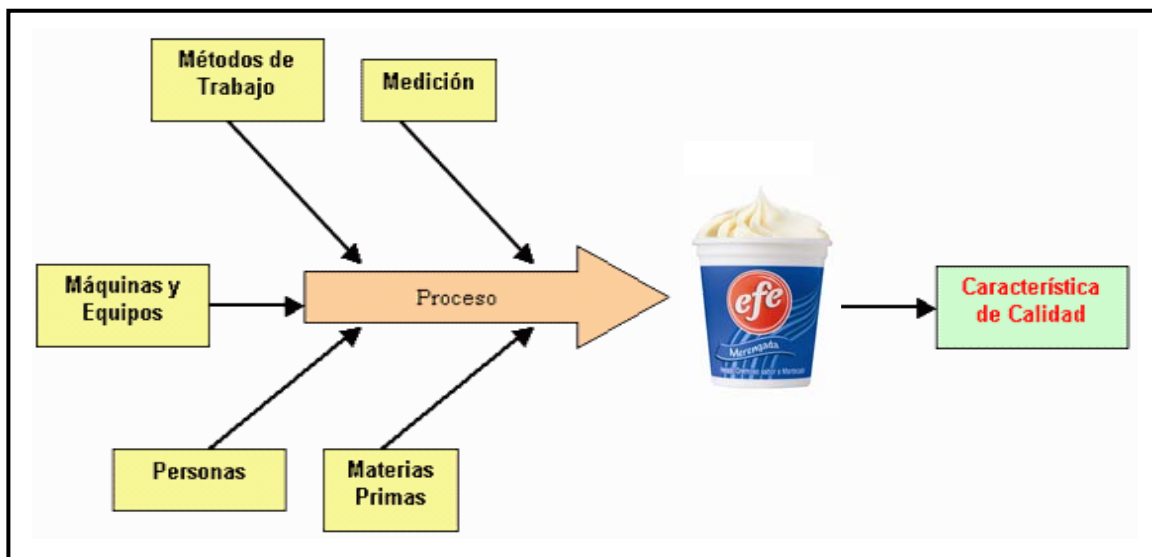


Figura N° 17. Diagrama de Causa – Efecto (Kasuga, 1995)

Cada causa principal se subdivide en muchas otras causas menores, según la necesidad y el caso a tratar, así se sigue ampliando el Diagrama de Causa-Efecto hasta que contenga todas las causas posibles de dispersión. Finalmente, se verifica que todos los factores que puedan causar dispersión hayan sido incorporados al diagrama. Las relaciones Causa-Efecto, deben quedar claramente establecidas y en ese caso, el diagrama está terminado (Kasuga, 1995).

El Diagrama Causa-Efecto es útil para: analizar las condiciones imperantes y mejorar la calidad de un producto o de un servicio, para un mejor aprovechamiento de recursos y para disminuir costos, eliminar las condiciones que causan el rechazo de un producto y las quejas de un cliente, estandarización de las operaciones en curso y de las que se proponga, educación y capacitación del personal en las áreas de toma de decisión y de acciones correctivas (Besterfield, 1994).

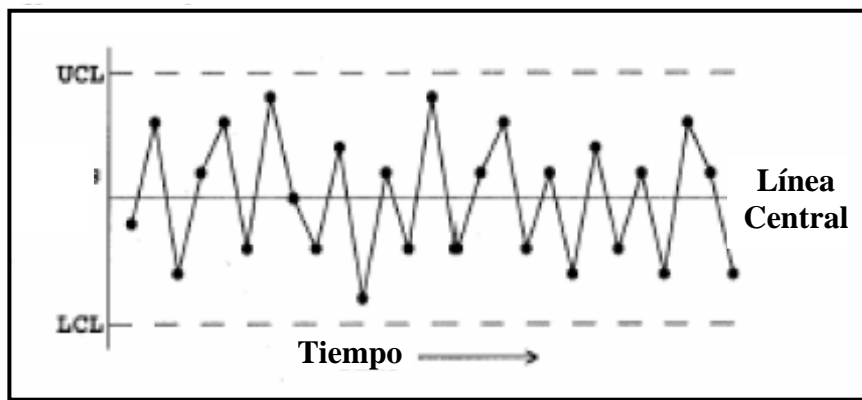
#### **II.8.4. Cartas De Control**

Un diagrama de control, es un método estadístico utilizado principalmente para el estudio y control de los procesos repetidos, es decir; es un mecanismo que sirve para detectar con anticipación si existe una alta probabilidad de que en el proceso surja una fuente de variación ajena al mismo, lo cual afectará su capacidad para cumplir con las especificaciones del producto (Cantú, 2001; Duncan, 1990). Su creador, el Dr. Walter A. Shewhart, sugiere que el diagrama de control puede servir, en primer lugar para definir la meta o el estándar de un proceso; en segundo lugar puede ser utilizado como instrumento para alcanzar dicha meta; y en tercer lugar puede servir como procedimiento para juzgar si la meta fue alcanzada. Resulta así un instrumento a utilizar en la especificación, producción e inspección, y cuando se le utiliza así reúne tres fases de la industria en un conjunto interdependiente (Duncan, 1990).

Cuando se realiza un control utilizando variables, habitualmente se hace bajo la forma de un diagrama  $\bar{X}$  para controlar el promedio del proceso o un diagrama  $R$  o uno  $\bar{s}$  para controlar la variabilidad general del proceso.

**II.8.4.1. Diagramas  $\bar{X}$**

Estos se usan para controlar y analizar un proceso en el cual la característica de calidad del producto que se está midiendo toma valores continuos, tales como longitud, peso o concentración, y esto proporciona la mayor cantidad de información sobre el proceso.  $\bar{X}$  representa un valor promedio de un subgrupo y  $R$  representa el rango del subgrupo (Duncan, 1990).



**Figura N° 18.** Carta de Control (Montgomery, 2007)

La Figura N° 18, presenta una carta de control representativa, la cual es una gráfica de una característica de calidad que ha sido medida o calculada a partir de una muestra en un tiempo determinado. A menudo las muestras se eligen en intervalos periódicos (por ejemplo, cada hora). La carta contiene una línea central (LC) que representa el valor promedio de la característica de calidad correspondiente al estado bajo control (cuando sólo se presentan causas aleatorias). Las otras dos líneas horizontales mostradas en la carta, corresponden al límite superior de control (UCL) y al límite inferior de control (LCL). Estos límites de control se eligen de tal modo que si el proceso está bajo control, casi todos los puntos se localizarán entre ellos. En tanto los puntos graficados se localicen dentro de los límites de control, se supone que el proceso está bajo control y no es necesaria ninguna acción. Sin embargo, un punto que se localice fuera de los límites de control se interpreta como evidencia que el proceso está fuera de control, y se requiere acción correctiva para encontrar la causa o

causas asignables responsables de este comportamiento. Incluso cuando todos los puntos se localizan dentro de los límites de control, si se comportarán en una manera sistemática o no aleatoria, esto podrá ser un indicio de que el proceso está fuera de control (Montgomery, 2007).

El objetivo de realizar un análisis e interpretación de las gráficas de control es identificar cuál es la variación del proceso, producida por las causas comunes y asignables, y en función de estas tomar las acciones apropiadas cuando sean requeridas por el proceso (De Lorenzo Filho, 1974).

El uso de las cartas de control es de gran utilidad en la industria y existen al menos cuatro razones que explican su popularidad:

- Las cartas de control son una técnica probada para mejorar la productividad. Un programa exitoso de carta de control reducirá los desechos y el reprocesamiento, que son los principales depredadores de la productividad en cualquier operación. Si se reducen ambos aspectos, se incrementará la productividad, se reducirán los costos y se aumentará la capacidad de producción (medida en el número de partes por hora).
- Las cartas de control son eficaces en la prevención de defectos. La carta de control ayuda a mantener bajo control el proceso, lo que es consistente con la filosofía de “hacerlo bien desde el primer momento.” Nunca será más económico separar las unidades “buenas” de las “malas”, que producirlas todas bien desde el primer momento. Si no se cuenta con un control de proceso eficaz, se estará pagando a alguien por hacer un producto disconforme.
- Las cartas de control proporcionan información de diagnóstico. Frecuentemente, el patrón de puntos de una carta de control incluirá información con valor de diagnóstico para un operador o ingeniero con

experiencia. Esta información permite la implementación de un cambio en el proceso que mejore su desempeño.

- Las cartas de control proporcionan información sobre la capacidad del proceso, para cumplir con las especificaciones. Esta información es de enorme utilidad para el diseño de los productos (Montgomery, 2007).

#### ***II.8.4.2. Técnicas empleadas en las gráficas de control***

El control estadístico del proceso, haciendo uso de las cartas de control, se pone en práctica a través de tres procedimientos: recolección de datos, control del proceso y determinación de la capacidad del proceso, para cumplir con las especificaciones buscando la menor variabilidad. El plan de recolección de datos y de control, consta básicamente de las siguientes actividades:

1. Elegir la característica que se va a controlar. Se debe asignar mayor prioridad a las características que presentan fallos en la actualidad, también se deben identificar las variables y condiciones del proceso que contribuyen a las características del producto final, pasando por las etapas de proceso hasta llegar a las características finales y determinar el punto más próximo a la iniciación del proceso de producción, en que pueden hacerse pruebas para obtener información acerca de las causas asignables, con objeto de que la carta pueda servir como dispositivo de alarma precoz para prevenir la aparición de unidades defectuosas (Juran, 1985).

2. Determinar qué tipo de gráfica de control se va a usar. Las gráficas de control pueden ser de dos tipos: para control de atributos y para control de variables. En el caso de gráficas de control de atributos existen cuatro tipos: las  $p$  o de fracción defectuosa, la  $np$  para el número de unidades defectuosas, la  $c$  para el número de defectos totales que tiene una pieza, y la  $u$  para la fracción de defectos totales. Estas dos últimas son para casos en que la especificación de un producto indica que cada pieza o unidad no puede tener más de cierta cantidad de defectos; por ejemplo, en un

piso cerámico no pueden haber más de dos defectos de apariencia por unidad. (Delgado, 1990).

3. Escoger el subgrupo racional, el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo. Los datos representados cronológicamente en una carta de control, han de corresponder a grupos de unidades de un producto denominado subgrupo racional. Hay dos maneras de escoger las muestras del subgrupo: La primera forma consiste en escoger muestras del subgrupo tomando aquel producto que se obtiene en un momento de tiempo definido, o lo más próximo a este momento. El segundo método consiste en seleccionar un producto obtenido durante un lapso determinado, considerado como representativo del producto en sí (Besterfield, 1994).

Es importante observar que las muestras en un diagrama de control, deben representar unos subgrupos de control que sean tan homogéneos como resulte posible (Duncan, 1990). Por homogéneo se entiende que las piezas, por ejemplo de un lote sean lo más parecidas posibles: misma máquina, mismo operador, o mismo molde (Besterfield, 1994).

En el caso de gráficas por variables, el tamaño de la muestra de cada subgrupo varía de dos a veinte piezas, pero el más común es cinco. Se debe seleccionar un tamaño de muestra tal que permita la mínima oportunidad de variación de una muestra a otra. (Delgado, 1990). El tamaño del subgrupo decide la amplitud de las líneas límite, y por ello decidirá la máxima variación que puede ocurrir (Juran, 1985).

Una muestra mayor dará lugar a que los límites de un diagrama de control estén más cercanos a la línea de control del diagrama. Esto sucede porque las desviaciones estándar de tales estadísticas como  $\bar{X}$  y R, varían inversamente con  $\sqrt{n}$ . De aquí que cuanto mayor sea n, menor será la desviación estándar, y más cerca se encontraran los límites 3 sigmas ó 0,001, de probabilidad, a la línea central del diagrama. Sin embargo, se debe considerar también la frecuencia de muestreo. Por supuesto, muestras grandes tomadas a intervalos breves darán la mejor protección contra los

cambios en el proceso, pero esto puede resultar costoso (Duncan, 1990). El problema general es el de la asignación del esfuerzo de muestreo. Esto es, tomar muestras pequeñas en intervalos cortos o muestras más grandes en intervalos más pequeños. La tendencia actual en la industria favorece la toma de muestras pequeñas con mayor frecuencia, en particular en procesos de manufactura de gran volumen, o donde pueden presentarse muchos tipos de causas asignables (Montgomery, 1996).

4. Recolección de datos. Después de haber realizado los pasos anteriores se puede iniciar con la recolección de los datos. Es necesario reunir un mínimo de veinticinco subgrupos de datos, ya que una cantidad menor no ofrecería la cantidad necesaria de datos que permita el cálculo exacto de los límites de control; y una cantidad mayor demoraría la obtención de la gráfica de control (Besterfield, 1990).

#### **II.8.4.3. Parámetros de las cartas de control de promedio ( $\bar{X}$ ) y de rango ( $R$ )**

Los parámetros que definen las cartas o gráficas de control corresponden a las líneas centrales y límites de control superior e inferior. Estas se obtienen utilizando las siguientes ecuaciones:

1. El cálculo del promedio  $\bar{X}$  para cada subgrupo, se observa en la ecuación (7):

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \quad (7)$$

Donde

$x_n$  : Valor de cada subgrupo

$n$  : Tamaño de cada subgrupo

2. En la ecuación (8) se muestra la forma de calcular el promedio bruto  $\bar{\bar{X}}$

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \dots + \bar{x}_k}{k} \quad (8)$$

Donde

$\bar{x}_n$  : Promedio de cada subgrupo

$k$  : Número total de subgrupo

3. Para calcular el rango para cada subgrupo, se utiliza la ecuación (9)

$$R = x_1 - x_5 \quad (9)$$

Donde

$x_1$  : Valor máximo de cada subgrupo

$x_5$  : Valor mínimo en un subgrupo

4. El cálculo del promedio del Rango se realiza a través de la ecuación (10)

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_k}{k} \quad (10)$$

$\bar{R}$  debe calcularse con dos cifras decimales más que aquellas de los datos originales (el mismo número de decimales de  $\bar{\bar{X}}$ ).

5. Cálculo de los límites de Control. Los límites de control superior e inferior permiten juzgar el grado de variación del proceso; para determinar dichos límites se recurre a ecuaciones estadísticas definidas por una serie de constantes o factores que dependen del tamaño del subgrupo (Ver Apéndice B) (Montgomery, 1996). Las ecuaciones siguientes permiten calcular los límites de control de las cartas de promedio y de rango:



El límite de control superior de la gráfica de promedios se calcula a través de la ecuación (11)

$$UCL_x = \bar{x} + A_2 \cdot \bar{R} \quad (11)$$

Donde

$UCL_x$  : Límite de control superior de la gráfica de promedios

$A_2$  : Constante de la carta de control de promedio (Ver anexo 2)

El límite de control inferior de la gráfica de promedios, se calcula a través de la ecuación (12)

$$LCL_x = \bar{x} - A_2 \cdot \bar{R} \quad (12)$$

Donde

$LCL_x$  : Límite de control inferior de la gráfica de promedios

El límite de control superior de la gráfica de rangos, se calcula a través de la ecuación (13)

$$UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} \quad (13)$$

Donde

$UCL_R$  : Límite superior de control de la gráfica de rangos

$D_4$  : Constante de la carta de control de rangos (Ver anexo 2).

El límite de control inferior de la gráfica de rangos, se calcula a través de la ecuación (14).

$$LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} \quad (14)$$

Donde

$LCL_R$  : Límite inferior de control de la gráfica de rangos

$D_3$  : Constante de la carta de control de rangos (Ver Apéndice B).

## II.9. ESTADO DE CONTROL

### II.9.1 Proceso Bajo Control

Cuando el control está basado en variables, es conveniente tomar en cuenta que todos los métodos de producción están expuestos a diversas influencias y perturbaciones, por lo cual dos artículos de una misma línea de producción nunca serán iguales, es decir, siempre existe una variabilidad básica de las características de calidad, debido a diversas propiedades del proceso de producción, tales como, las máquinas, los materiales, operarios, etc; que constituyen o forman un sistema de causas de variación (Fondo-norma, 2007).

Una vez eliminadas las causas atribuibles del proceso, al grado en el que los puntos graficados permanecen dentro de los límites de control, se dice que el proceso está en estado de control. Esto se puede observar en la Figura N° 19:

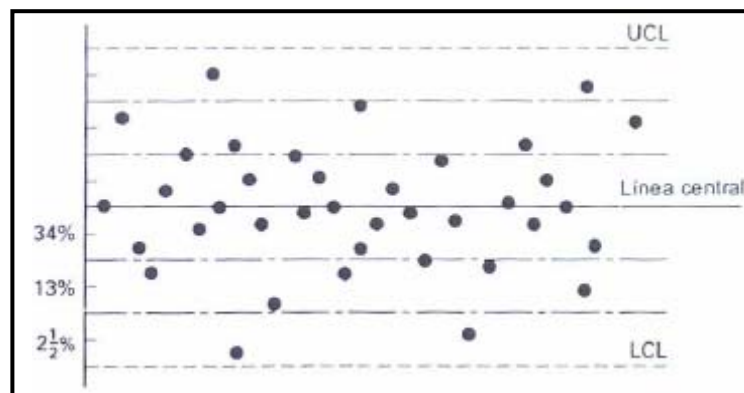


Figura N° 19. Patrón Natural de Variación (Besterfield, 1994)

En este patrón natural de variación se distingue lo siguiente:

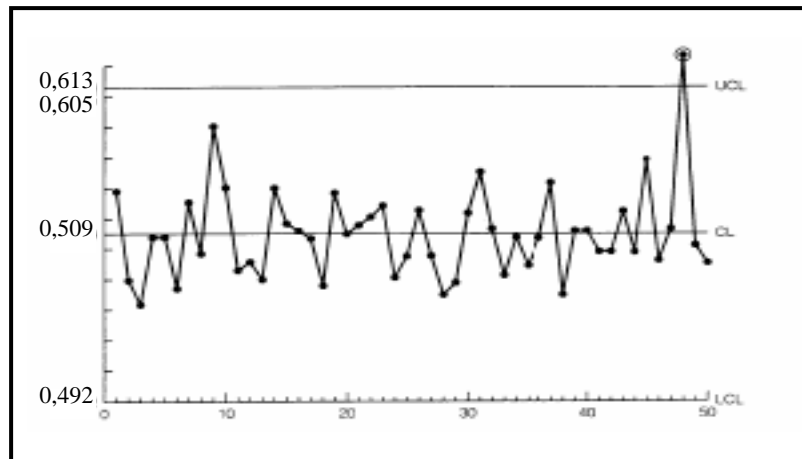
- El 34% de los puntos graficados están dentro de una banda imaginaria de ancho de una desviación estándar a ambos lados de la línea central.
- Aproximadamente 13,5% de los puntos graficados se encuentran dentro de una banda imaginaria situada entre una a dos veces la desviación estándar a ambos lados de la línea central.
- Aproximadamente 2,5% de los puntos graficados se ubican dentro de una banda imaginaria entre dos y tres veces la desviación estándar a ambos lados de la línea central.

Si un proceso está bajo control, hay ciertas ventajas prácticas que acrecentarán el interés por parte del productor y del consumidor. Dichas ventajas son las siguientes: cada una de las unidades del producto serán uniformes, ya que habrá menos variación; se necesitarán menos muestras para evaluar la calidad; se conocerá la capacidad o alcance del proceso, lo cual permitirá adoptar decisiones confiables relativas a las especificaciones del producto; el porcentaje de producto comprendido dentro de un determinado par de valores se puede predecir con el más alto grado de seguridad; y por último, permitirá al consumidor el uso de los datos del productor y, con ello, someter a prueba solo unos cuantos subgrupos para así verificar los valores informados por el producto.

### **II.9.2. Proceso Fuera De Control**

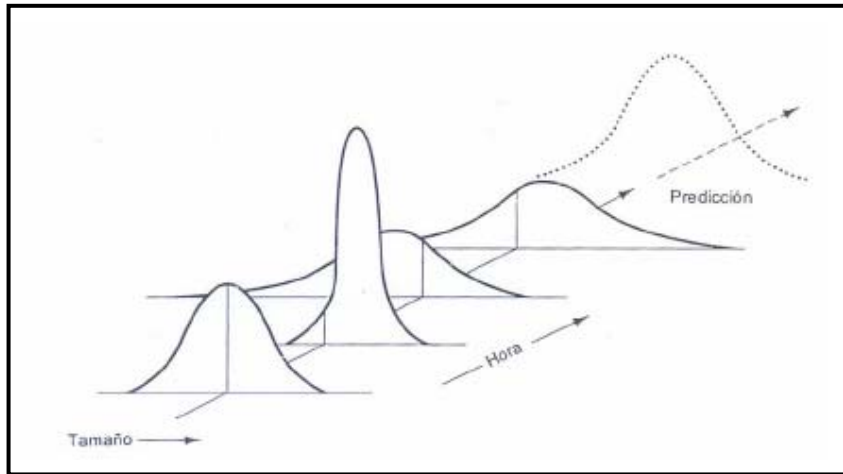
Una carta de control, puede indicar una condición fuera de control cuando uno o más puntos se localizan fuera de los límites de control, o bien cuando los puntos graficados presentan algún patrón de comportamiento no aleatorio en apariencia. En este caso la gráfica de control para variables, indica cómo se presenta esta anomalía mediante un cambio de la tendencia central o de la dispersión (Ver Figura N° 20) (Fondo-norma; Montgomery, 2007). Un cambio en la tendencia

central, muestra un hecho que afecta a todas las piezas fabricadas, lo cual puede ser debido desgaste de la herramienta, descentrado de la maquina, fatiga del operador, etc. Un cambio de la dispersión indica que el proceso ha variado debido a causas pequeñas como: falta de atención por parte de operarios, fluctuaciones en la corriente eléctrica, etc. Puede también significar, un brusco desplazamiento del proceso, que ocurriese dentro de la partida de la cual se tomase al sub-grupo. En este último caso tanto el promedio, como el rango, pueden estar fuera de especificaciones (Fondo-norma, 2007).



**Figura N° 20.** Carta de control con puntos fuera de los límites de control (Montgomery, 2008)

Un proceso fuera de control no presenta un comportamiento natural, por lo que es inestable, lo cual impide predecir su comportamiento en el futuro. La Figura N° 21 ilustra el efecto a lo largo del tiempo de las causas de variación asignables (Besterfield, 1994).



**Figura N° 21.** Variación inestable debida a causas asignables (Besterfield, 1994)

Juran sugiere un conjunto de reglas o pruebas de decisión para detectar patrones no aleatorios en las cartas de control, las cuales se visualizan en la Figura N° 22; para ejecutar dichas pruebas es necesario dividir la carta de control en seis bandas de ancho igual a una desviación estándar e identificarlas con las letra A, B y C, desde los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI). Cuando se detecta alguno de los patrones enumerados en la Figura N° 22 es necesario tomar alguna acción para corregir el problema, ya que el proceso está fuera de control (Juran, 1990).

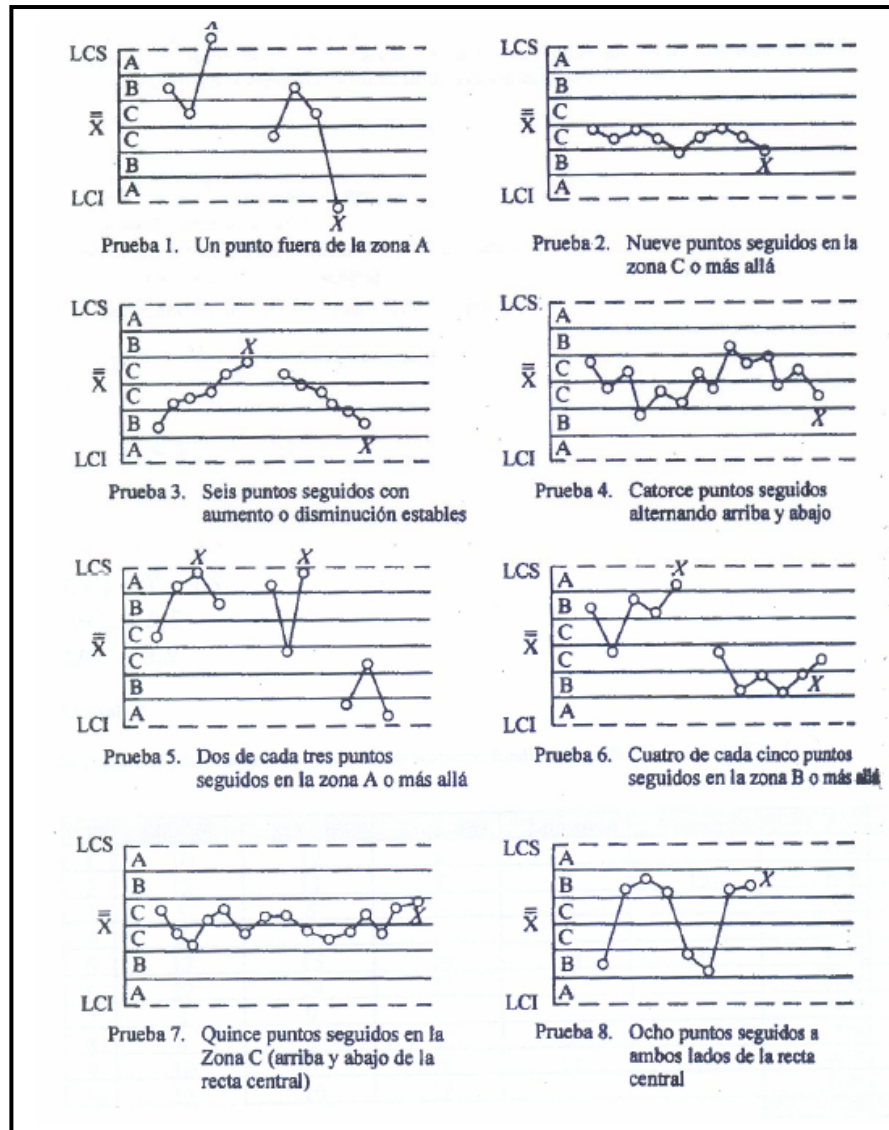


Figura N° 22. Patrones Fuera de Control (Juran, 1985)

### II.9.2.1. Análisis de una Condición Fuera de Control

Se ha señalado que una carta de control, puede indicar una condición fuera de control, aun cuando ningún punto particular se localice fuera de los límites de control, cuando el patrón de los puntos graficados muestra un comportamiento no aleatorio o sistemático. En muchos casos, el patrón de los puntos graficados proporciona información de diagnóstico útil sobre el proceso, y esta información puede usarse

para realizar modificaciones que reduzcan la variabilidad. Además, estos patrones ocurren con mucha frecuencia, y su eliminación es crucial para poner el proceso bajo control (Montgomery, 2007).

En esta sección se discuten brevemente algunos de los patrones más comunes que aparecen en las cartas  $\bar{x}$ , y se indican algunas de las características del proceso que puedan producir estos patrones (Montgomery, 2007).

### II.9.2.1.1 Racha

La racha es el estado en el cual los puntos ocurren continuamente en un lado de la línea central y el número de puntos se llama longitud de la racha (ver Figura N° 23). Una longitud de 7 puntos en la racha se considera anormal. También se consideran anormales los siguientes casos:

- Al menos 10 de 11 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.
- Al menos 12 de 14 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central.
- Al menos 16 de 20 puntos consecutivos ocurren en un mismo lado de la línea central (Hitoshi, 1992).

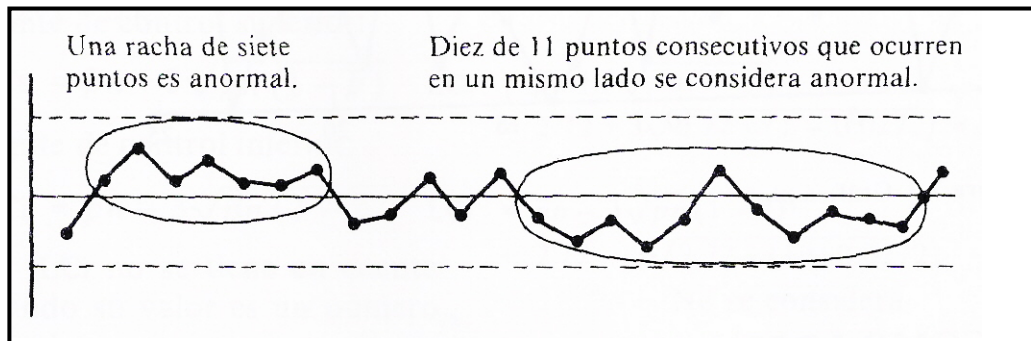
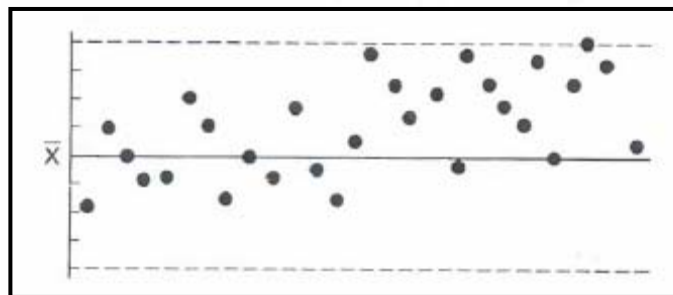


Figura N° 23. Variación inestable debida a causas asignables (Hitoshi, 1992)

**II.9.2.1.2. Cambio o salto de nivel**

Este patrón se refiere a un cambio repentino de nivel en la gráfica X, en la gráfica R o en ambas. En la Figura N° 24 se ejemplifica un cambio de nivel en una gráfica de promedios; es probable que el cambio en el promedio del proceso se deba a: una modificación intencional de la configuración del proceso, un operario nuevo o sin experiencia, una materia prima distinta, un cambio en el método o los estándares de inspección o por un cambio en la habilidad, atención o motivación de los operadores. Por otra parte en la gráfica de rangos, un cambio repentino en el alcance del proceso o la variabilidad se puede deber a la falta de experiencia del operario y una mayor variación en el material de entrada (Besterfield, 1994; Montgomery, 2007).



**Figura N° 24.** Cambio o Salto de Nivel (Hitoshi, 1992)

**II.9.2.1.3. Tendencia**

Se dice que hay una tendencia, cuando los puntos forman una curva continua ascendente o descendente (Hitoshi, 1992). Para identificar una serie es necesario, observar en la carta de control cualquiera de estas dos situaciones: cuando siete o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio; o cuando siete o más intervalos consecutivos se presentan con valores graficados creciente o decreciente (ver Figura N° 25) (Grant, 1981).



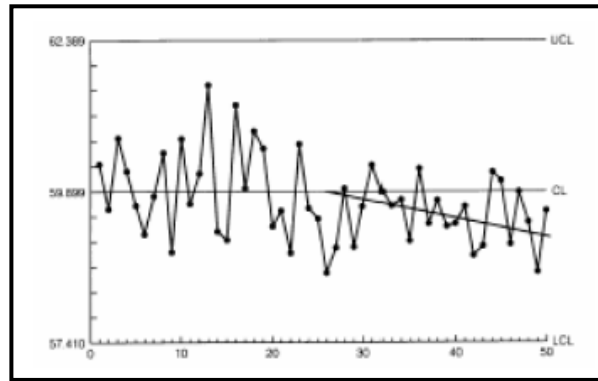


Figura N° 25. Representación de la Tendencia (Hitoshi, 1992)

Las tendencias suelen deberse a desgaste o deterioro gradual de alguna herramienta o de algún otro componente crítico del proceso, también puede ser resultado de causas humanas o influencias estacionales, como la temperatura (Montgomery, 2007).

#### II.9.2.1.4. Ciclos recurrentes

En los ciclos los puntos se agrupan de una forma determinada (especie de picos), en un intervalo determinado repitiéndose con relativa frecuencia a lo largo del tiempo (ver Figura N° 26) (Xena, 2005).

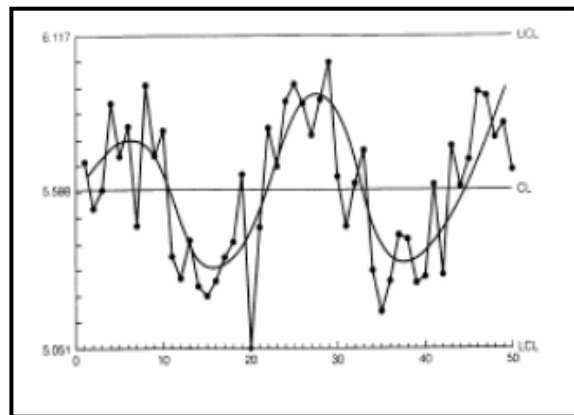


Figura N° 26. Carta de control de un proceso cíclico (Montgomery, 2007)

Este patrón en la carta de  $\bar{x}$  puede resultar debido a cambios ambientales como la temperatura (arranque en mañanas frías), fatiga del operador y, rotación regular de

operadores y/o equipos (Montgomery, 2007). En una carta de rangos los ciclos periódicos no son tan comunes como en las de promedio, algunos de los factores que afectan a dicha gráfica se deben a la fatiga del operador y efecto de las pausas laborales hechas en la mañana, mediodía y la tarde.

#### ***II.9.2.1.5. Estratificación***

Es la tendencia de los puntos a agruparse artificialmente alrededor de la línea central. Una causa potencial de la estratificación, es la colocación incorrecta de los límites de control. Este patrón también puede presentarse cuando en el proceso de muestreo se colectan una o más unidades de varias distribuciones fundamentales diferentes dentro de cada subgrupo.

### **II.10. CAPACIDAD DEL PROCESO**

Todos los procesos tienen una capacidad intrínseca de comportamiento. Esa capacidad se puede evaluar por medio del análisis y recolección de datos. La evaluación resultante de la capacidad, se convierte en una ayuda valiosa durante la planificación de la calidad y durante la posterior ejecución de las operaciones (Juran, 1990).

Las técnicas estadísticas pueden ser útiles en el ciclo de un producto, incluyendo las actividades de desarrollo previas a la manufactura, para cuantificar la variación del proceso, respecto a los requerimientos o especificaciones del producto y para ayudar al personal de desarrollo y manufactura a eliminar o reducir en gran medida esta variabilidad. A esta actividad general se le llama análisis de capacidad de proceso.

La capacidad del proceso se refiere a la uniformidad del mismo. Evidentemente, la variabilidad del proceso es una medida de la uniformidad de la salida. Hay dos formas de conceptualizar esta variabilidad: En primer lugar la variabilidad natural o inherente en un tiempo especificado; es decir, la variabilidad instantánea y, en segundo lugar la variabilidad con el tiempo.

En el análisis de capacidad del proceso por lo general se miden los parámetros funcionales del producto, no el proceso en sí. Cuando se puede observar directamente el proceso y se puede controlar y monitorear la actividad de recolección de datos, se dice que existe un verdadero estudio de capacidad del proceso. Sin embargo, cuando se cuenta solo con unidades muestrales del producto y no se cuenta con ninguna observación directa del proceso, entonces al estudio se le denomina caracterización del producto (Montgomery, 2007).

### **II.11. LÍMITES DE CONTROL, LÍMITES DE LAS ESPECIFICACIONES Y LÍMITES DE LA TOLERANCIA NATURAL**

Es importante destacar que no existe ninguna conexión o relación entre los límites de control de las cartas  $\bar{x}$  y  $R$  y los límites de la especificación del proceso. Los límites de control están regidos por la variabilidad natural del proceso (medida por la desviación estándar), es decir, por los límites de tolerancia natural del proceso. Estos límites de control se hacen para proporcionar un juicio sobre si el proceso está en el estado de control o no. Por otra parte, los límites de especificaciones son la variación permisible de las dimensiones de una parte y, por lo tanto, son valores individuales; esto quiere decir, que los límites de especificación proporcionan un juicio sobre si cada producto es defectuoso o no. Es necesario conocer la variabilidad inherente del proceso cuando se establecen las especificaciones, tomando en cuenta que no existe ninguna relación matemática o estadística entre los límites de control y los límites de las especificaciones (Hitoshi, 1992; Montgomery, 2007).

Los límites de control, el alcance del proceso, la distribución de promedios y la distribución de los valores individuales son todos interdependientes. Están determinados por el proceso, en tanto que las especificaciones tienen una ubicación opcional. Las gráficas de control no pueden determinar si el proceso satisface las especificaciones (Montgomery, 1996).

## II.12. ÍNDICE DE CAPACIDAD DEL PROCESO

El índice de capacidad del proceso ( $C_p$ ), es una medida de la habilidad del proceso para fabricar productos que cumplan con las especificaciones; otra manera de definirlo, es que este parámetro muestra la habilidad potencial que tiene el proceso para cumplir con las especificaciones del diseño. La estabilidad o control estadístico del proceso también es esencial para la interpretación correcta de cualquier índice de capacidad. Es por esto que es de suma importancia, que el proceso este bajo control, ya que si esto no sucede, y se calcula dicho índice los parámetros que se pudiesen obtener serían inestables. Por tanto, se perderían los aspectos predictivos del índice de capacidad de proceso con respecto al desempeño del proceso (Fondo-norma; Montgomery, 2007).

Entonces el índice de Capacidad de Proceso queda definido como sigue en la ecuación (15):

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6.\sigma} \quad (15)$$

Donde

$C_p$  : Índice de capacidad (adimensional)

$LSE$  : Límite superior de especificación (adimensional)

$LIE$  : Límite inferior de especificación (adimensional)

La mayoría de las compañías han establecido un índice de calidad de 1,33 como estándar o norma para clasificar al proceso analizado como capaz (Montgomery, 2007).

## II.13. INDICE DE CAPACIDAD REAL DEL PROCESO

El índice de capacidad de proceso no toma en consideración donde se localiza la media del proceso respecto de las especificaciones. El  $C_p$  simplemente mide la

extensión de las especificaciones en comparación con la dispersión seis sigmas del proceso. Esta situación puede reflejarse con mayor precisión definiendo un nuevo índice de capacidad que tome en consideración el centrado del proceso, este nuevo parámetro está definido como  $Cp_k$ , y muestra la habilidad real que tiene el proceso (Fondo-norma; Montgomery, 2007), esto se ve reflejado en la ecuación (16):

$$Cp_k = \min \left[ \frac{LCL - X}{3\sigma}, \frac{X - UCL}{3\sigma} \right] \quad (16)$$

Donde

$Cp_k$ : Índice de capacidad real del proceso (adimensional)

*mín*: Valor mínimo.

En general, si  $Cp = Cp_k$ , el proceso está centrado en el punto medio de las especificaciones y cuando  $Cp < Cp_k$  el proceso está descentrado. La magnitud de  $Cp_k$  respecto de  $Cp$  es una medida directa de que tan apartado del centro está operando el proceso (Montgomery, 2007).

#### **II.14. CONDICIONES PARA REALIZAR UN ESTUDIO DE CAPACIDAD DE PROCESO**

Para realizar un estudio de capacidad del proceso es necesario que se cumplan los siguientes supuestos:

- Es conveniente que el proceso esté bajo control estadístico, es decir, sin la influencia de fuerzas externas o cambios repentinos. Si el proceso está fuera de control la media y/o la desviación estándar del proceso no son estables y, en consecuencia, su variabilidad será mayor que la natural, en este caso no es favorable hacer un estudio de capacidad.

- Recolección suficiente de datos para minimizar el error de muestreo para los índices de capacidad.
- Los datos se deben recolectar durante un período largo de tiempo para asegurar que las condiciones del proceso presentes, sean representativas de las condiciones actuales y futuras (Juran, 1990).

Si el proceso está fuera de control, se deben descartar los datos, tratar de eliminar la causa que provoca la condición fuera de control , repetir el estudio de capacidad de proceso y aceptar el cálculo como una buena aproximación de la capacidad del proceso, siempre y cuando la desviación sea pequeña (Grima, 1995).

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

Para lograr alcanzar los objetivos planteados en este Trabajo Especial de Grado se procedió con la siguiente metodología:

*III.1. Conocer el proceso de fabricación de helados y control de calidad en la planta de Productos EFE S.A.*

Se realizaron recorridos por las diferentes áreas de planta. En primera instancia se hizo una inspección por el área de control de calidad, con la finalidad de conocer las actividades concernientes a dicha área, tales son: materia prima, análisis fisicoquímicos y microbiología; y en segundo lugar, se hicieron inspecciones en la Sala de Cremas, Sala de Mermeladas y Sala de Producción, a fin de conocer los equipos que las conforman, sus funciones, la manera en la que operan y las etapas que desempeñan en la fabricación de los helados; todo esto con el apoyo de supervisores, operarios, ayudantes de producción y auxiliares de mantenimiento.

Para ampliar el conocimiento obtenido en planta, se recopiló información tanto a nivel bibliográfico como a nivel industrial; para este último caso se revisó la información concerniente al proceso de fabricación de helados; así como también los manuales de los equipos, a fin de comprender el proceso y funcionamiento de la maquinaria empleada en el mismo. De igual manera, se examinó la Ley Nacional de Metrología (artículos 83,95, entre otros), con la finalidad de conocer la legislación pertinente a este estudio.

Los datos obtenidos de la empresa se procesaron mediante base de datos, hojas de cálculo y gráficos.

Estas acciones permitieron adquirir información preliminar, que resultó indispensable para tener una visión general del funcionamiento de la planta y de la interrelación entre los factores que intervienen en las distintas etapas del proceso de elaboración de helados.

En la bibliografía se revisaron los conceptos estadísticos relacionados con este Trabajo Especial de Grado: (a) capacidad del proceso, (b) índice de capacidad real, (c) control estadístico de la calidad, (d) control estadístico de procesos, (e) cartas de control, (f) histogramas de frecuencia, (g) diagramas de Pareto, y (h) diagramas de causa – efecto. Adicionalmente, se justificó, empleando los textos de referencia, la aplicación de los métodos estadísticos como técnicas para mejorar e inclusive alcanzar la calidad.

*III.2. Analizar la situación operacional actual de la línea de producción de helados, mediante herramientas estadísticas y gráficos de control para los siguientes parámetros: flujo de aire y flujo de mezcla, con la finalidad de identificar las desviaciones operacionales con respecto a los valores de dichos parámetros especificados por la empresa.*

Se realizó un plan de muestreo de los productos estudiados, considerando las condiciones bajo las cuales se lleva a cabo el proceso de elaboración de helados, para así conocer su estado actual.

Este plan de muestreo se efectuó de la siguiente manera: se tomaron aleatoriamente 5 muestras de helados (subgrupos) provenientes de cada uno de los picos que posee la máquina; cada 3 ó 5 minutos, hasta recolectar 30 subgrupos; dando un total de 150 unidades recolectadas. Luego se le realizaron a las muestras tomadas, mediciones de peso. Dichos peso se registraron en un formato de Excel donde se tienen todas las especificaciones concernientes a cada tipo de helado. Posteriormente, esta información se transfirió al programa estadístico empleado, llamado Stat Graphics; el



cual permitió obtener las cartas de control del proceso, específicamente el diagrama de control de medias e histogramas de frecuencia.

*III.3. Diagnosticar las causas que conllevan a incumplir la Ley Nacional de Metrología en relación al contenido neto declarado en los siguientes productos: Golazo, Piñata, Merengada, Cachorro y Tinita.*

A partir del diagnóstico de la situación actual se identificaron los puntos críticos o deficiencias que conllevaron a incumplir el correcto llenado de los helados.

A través de una tormenta de ideas, se identificaron las posibles causas del problema, clasificándolas en un diagrama de Causa- Efecto, conocido también con el nombre de “espina de pescado”, y luego se confirmaron las causas que tenían mayor influencia sobre el proceso mediante la variación de sus características, es decir, se tomaron muestras de peso de los distintos productos variando las características de las fuentes del problema, para así observar el efecto que ejercían sobre el peso del helado. Algunas de estas causas no pudieron ser medibles (atributos), y por ende, su confirmación se realizó visualmente.

En este paso se empleó la tabla de confirmación de causas de Juran, la cual permitió llevar un registro sobre las causas confirmadas y los resultados obtenidos (afecta o no el problema).

*III.4. Monitorear las condiciones de operación a las que se lleva a cabo la fabricación de cada producto en estudio.*

Se realizó un seguimiento a las condiciones de operación (flujo de aire y flujo de mezcla), con la finalidad de reconocer cual de los dos parámetros tenía un mayor efecto sobre el peso de los helados. El registro se ejecutó mediante el uso de un formato, para lograr una mejor observación del proceso.

El formato propuesto se presentó bajo el siguiente esquema:

**Tabla N° 1.** Planilla de Condiciones de Operación

Producto	Parámetro	Situación inicial	Variación flujo mezcla	Variación flujo aire	Observaciones
Cachorro	Flujo aire (L/h)				
	Flujo mezcla (L/h)				
Golazo	Flujo aire (L/h)				
	Flujo mezcla (L/h)				
Merengada	Flujo aire (L/h)				
	Flujo mezcla (L/h)				
Piñata	Flujo aire (L/h)				
	Flujo mezcla (L/h)				
Tinita	Flujo aire (L/h)				
	Flujo mezcla (L/h)				

Al observarse la variable que tuvo mayor influencia para cada tipo de helado, se le proporcionaron las respectivas indicaciones al operador a cargo, para que manipulasen las condiciones de operación del congelador continuo o de la llenadora.

*III.5. Identificar y proponer acciones factibles que conduzcan a mejorar el proceso de fabricación de los helados anteriormente mencionados en cuanto al cumplimiento de las especificaciones fijadas por el Departamento de Calidad.*

Se determinaron las acciones sistemáticas que aseguraron el cumplimiento de las condiciones de operación preestablecidas para cada producto. Dichas soluciones (contramedidas) se originaron en una sesión de “lluvia de ideas”, con el fin de garantizar el buen funcionamiento del proceso y resguardar los lineamientos establecidos por el Departamento de Control de Calidad.

Dichas alternativas se implementaron en orden, de acuerdo a los resultados obtenidos en el Diagrama de Pareto, con el cual se determinó el impacto de la causa problema. Esto quiere decir, que aquellas causas que representaron un alto porcentaje, son las primeras que se tomaron en cuenta para solventarse.

Se realizó un cronograma, producto del diagrama de Pareto, y según este, se ejecutaron las acciones correctivas necesarias. Dicho cronograma se organizó en una tabla indicando: la causa confirmada, persona responsable, período de implementación y el resultado obtenido.

*III.6. Evaluar la efectividad de las acciones ejecutadas, revisando la variación de los parámetros estudiados mediante herramientas estadísticas.*

A medida que se ejecutaron las acciones correctivas, se verificó los avances obtenidos (disminución o desaparición del problema), mediante la recolección nuevamente de los datos con respecto a la nueva situación. En este paso se emplearon los gráficos o cartas de control e histogramas de frecuencia, se determinó la capacidad del proceso (real y potencial) y se realizó una comparación de los resultados, con los obtenidos en el primer análisis de la situación inicial.

Una vez validada la información, se implementaron los procedimientos como parte de la estrategia operacional de la empresa.



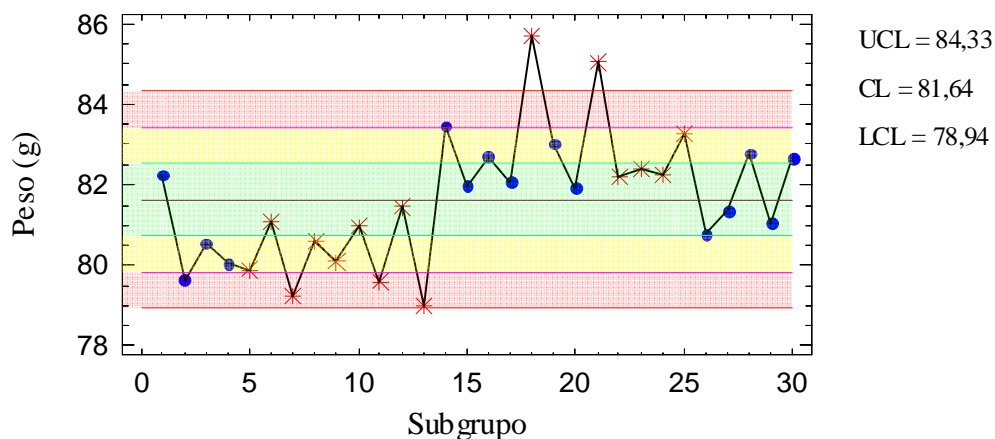
## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos en este Trabajo Especial de Grado, con su respectiva interpretación o análisis.

Con la finalidad de facilitar el entendimiento del lector, se ha considerado conveniente incluir a manera referencial y a través de un ejemplo, el significado de la codificación de colores y la simbología utilizada en las gráficas de la situación inicial del proceso que se van a analizar posteriormente.

Carta de Control



#### Codificación de Colores

- Zona A
- Zona B
- Zona C

#### Simbología

UCL= Límite Superior de Control (g)

CL= Límite Central (g)

LCL= Límite Inferior de Control (g)

#### IV.1. SITUACIÓN INICIAL DE LA LÍNEA DE HELADOS TIPO NOVELTIS.

La situación inicial del proceso de elaboración de helados que permite obtener el producto terminado, fue analizada empleando un tamaño de muestra de 150 helados, con los cuales se conformaron subgrupos de cinco unidades; dichas muestras se recolectaron cada tres minutos, para luego ser pesadas en su fase de muestreo preliminar, presentando un amplio rango de desviación estándar, el cual va desde 2,78 g a 5,40 g, como se observa en la Tabla N° 2.

Tabla N°2. Estado inicial de la desviación estándar de los helados

PRODUCTO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR ( $\sigma \pm 0,01g$ )
Cachorro	5,40
Golazo	4,70
Merengada	3,64
Piñata	3,46
Tinita	2,78

El análisis de la situación inicial permite caracterizar al proceso con una alta variabilidad o con gran dispersión de las observaciones realizadas, debido a las desviaciones estándar que presenta cada producto.

Adicionalmente, las cartas de control de los distintos helados que se observarán más adelante, identifican al proceso como fuera de control, debido a la presencia de patrones no aleatorios, y puntos que sobrepasan los límites de control; por lo que no se presentará un estudio de capacidad en esta etapa, ya que la variabilidad del proceso es mayor a la natural y tanto la media como la desviación estándar no son estables, es decir, el comportamiento del proceso no es predecible en el tiempo (Juran,1990).

En Productos EFE, S.A., con frecuencia ocurren en los procesos de producción, causas asignables, al azar, que ocasionan un estado fuera de control en el que una proporción mayor de la salida del proceso no cumple con los requerimientos de especificación. A continuación, se analizan las cartas de control e histogramas de frecuencias de la situación inicial de los helados mencionados anteriormente, los cuales constituyen productos de gran variabilidad en el área de proceso de fabricación.

#### IV.1.1 Helado Cachorro

La Figura N° 27 representa la carta de control del helado Cachorro en la primera etapa del proyecto desarrollado en Productos EFE, S.A. Los parámetros iniciales utilizados fueron los siguientes: flujo de aire: 425 L/h; flujo de mezcla: 500 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 45 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1,2 bar. Los límites de especificación superior e inferior para este helado son 78,29 g y 70,83 g, respectivamente.

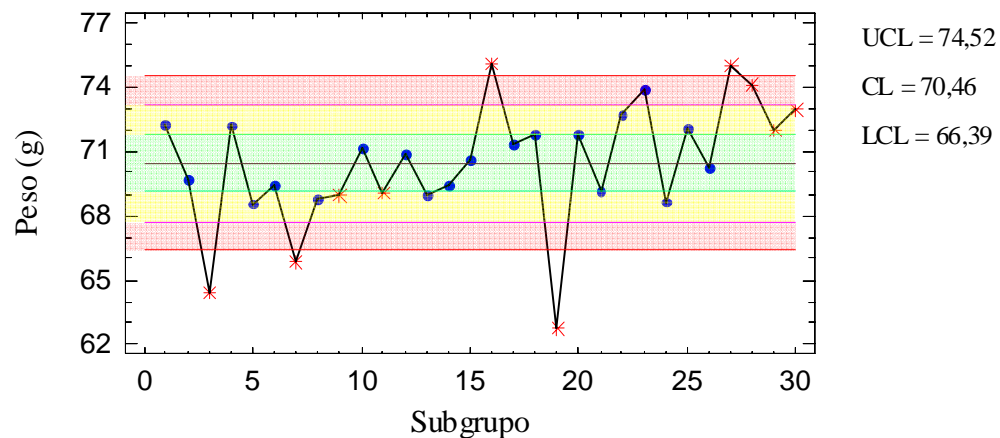


Figura N° 27. Situación inicial del helado Cachorro a través de la carta de control promedio

Como se puede observar en la Figura N° 27, los límites de control inferior y superior del proceso en su estado inicial son 66,39 g y 74,52 g, por lo que se puede decir que el proceso se encuentra desplazado hacia abajo, lo que implica que el peso de los

productos es inferior al indicado en especificaciones, llegando a incumplir con el contenido declarado. Además al dividir la carta en las tres zonas (A, B y C) establecidas para detectar patrones no aleatorios en las cartas de control, 5 de los 30 puntos graficados se encuentran fuera de la zona A, o dicho en otras palabras, fuera de los límites de especificación, lo que concuerda con la Prueba I de los Patrones de Juran. También se puede evidenciar 8 puntos seguidos a ambos lados de la recta central (Prueba VIII, Patrones de Juran), a lo largo de todos los puntos graficados. Por otra parte, se evidencia una tendencia ascendente a lo largo de la carta, lo que demuestra una vez más el estado de descontrol del proceso del helado Cachorro.

En esta etapa del proyecto el histograma de frecuencia del helado Cachorro (Ver Figura N° 28), muestra un amplio porcentaje de productos fuera de especificación de 52,67%, correspondiendo el 51,33% a helados cuyo peso se encuentra por debajo del límite inferior de especificación y el 1,33% a helados cuyo peso se encuentra por encima del límite superior de especificación.

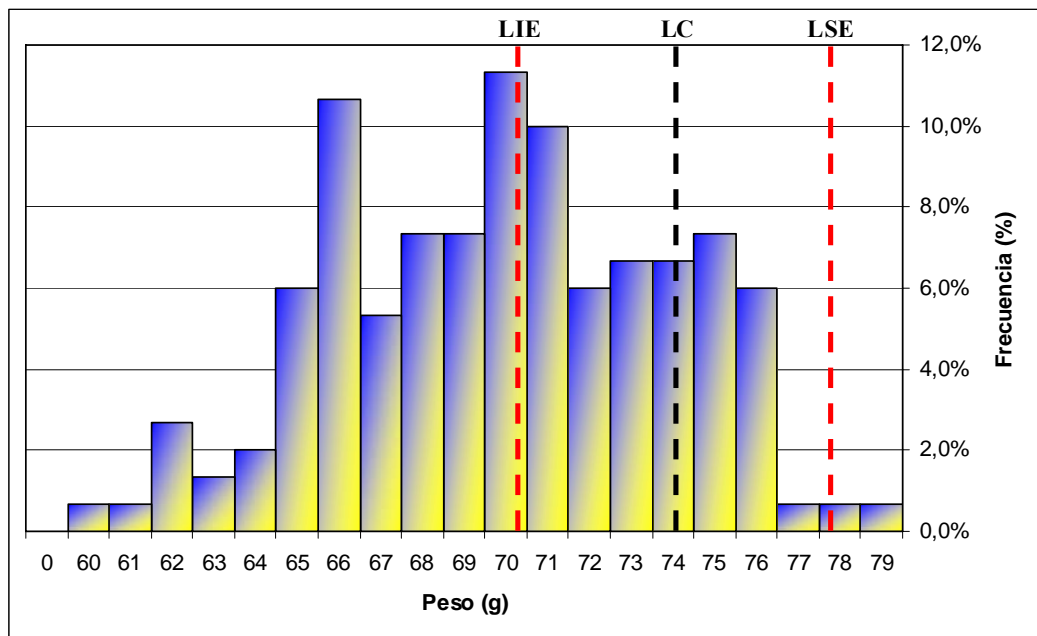


Figura N° 28. Histograma de frecuencia del helado Cachorro en su situación inicial



En el histograma de la Figura N° 28, se observa que el proceso se encuentra desplazado hacia la izquierda, con una media inferior al límite inferior de especificación (70,46 g), concordando con los datos proyectados en la carta de control mostrada en la Figura N° 27, justificando que el mayor porcentaje de helados Cachorro se encuentra por debajo del rango de especificación (tolerancia) de peso.

#### IV.1.2 Helado Golazo

La carta de control determinada en la etapa inicial para el helado Golazo, se puede apreciar en la Figura N° 29. Los parámetros empleados para el estudio de esta situación fueron los siguientes: flujo de aire: 650 L/h; flujo de mezcla: 530 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40%; temperatura de amoníaco: -18°C y presión de amoníaco: 1bar. Los límites de especificación inferior y superior para este helado son 77,68 g y 85,86 g, respectivamente.

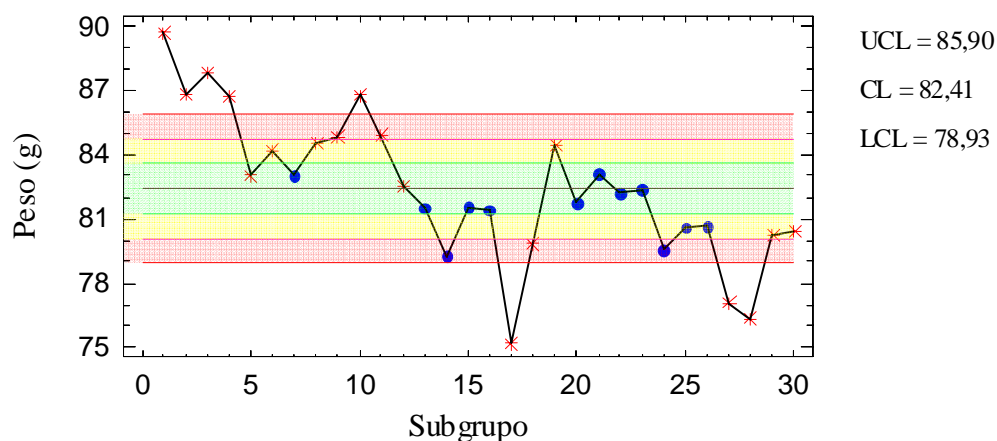


Figura N° 29. Situación inicial del helado Golazo a través de la carta de control promedio

Comparando los límites mencionados anteriormente con los límites de control, los cuales se pueden observar en la Figura N° 29, se puede deducir que el proceso se encuentra desplazado hacia arriba, por lo que el peso de los productos es superior al indicado en especificaciones, originando pérdidas en la materia prima utilizada, ya

que está es mayor a la requerida. Por otra lado, la situación encontrada corresponde a un estado fuera de control debido a la presencia de puntos que rebasan los límites de control, como lo determina la Prueba I de los Patrones de Juran (Juran, 1990). Adicionalmente, se pueden apreciar dos rachas, una al comienzo y la otra al final de la carta de control, y una tendencia general descendente, otro indicativo importante de que el proceso se encuentra fuera de control.

En la Figura N° 30 se presenta la distribución del muestreo de los pesos de dicho helado en su situación inicial, por medio de un histograma de frecuencias.

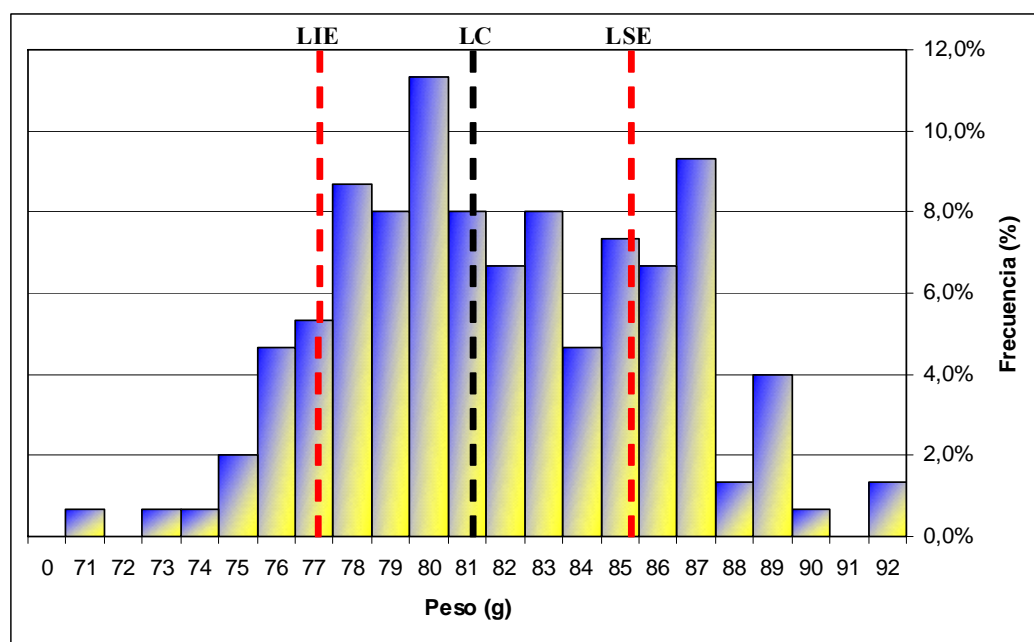


Figura N° 30. Histograma de frecuencia del helado Golazo en su situación inicial

En el histograma representado en la Figura N° 30, se aprecia que el promedio de los pesos (82,41g) se encuentra entre los límites superior e inferior de las especificaciones (líneas punteadas), sin embargo el mismo es mayor que el valor nominal (81,77 g) por lo que la distribución normal del proceso se encuentra descentrada y desplazada hacia la derecha, generando un alto porcentaje de productos altos en peso (25,33%) en relación a lo especificado (77,68 g – 85,86 g). Es

importante destacar también, la presencia de un pequeño porcentaje de productos bajos en peso (12%); que no cumplen tampoco con las especificaciones de producción. Por las razones antes expuestas, los pesos del helado Golazo se caracterizan por ser poco exactos e imprecisos.

#### IV.1.3. Helado Merengada

En la Figura N° 31 se presenta la carta de control de medias, producto del muestreo preliminar del helado Merengada.

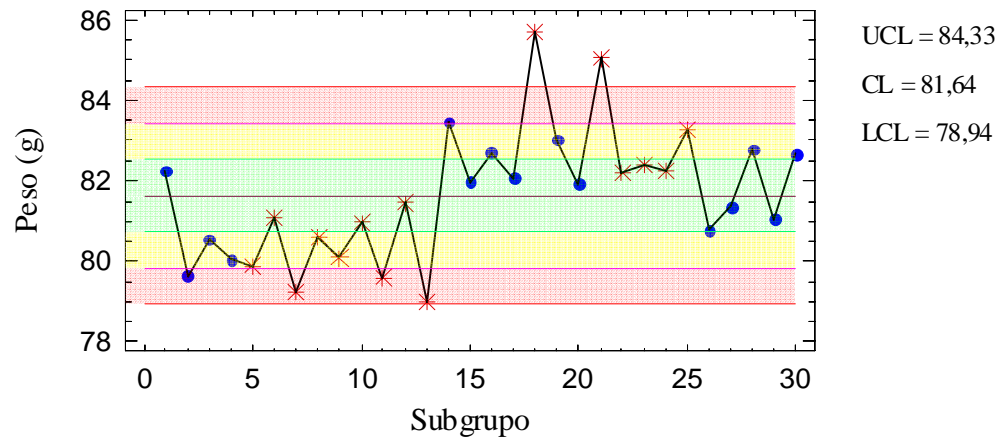


Figura N° 31. Situación inicial del helado Merengada a través de la carta de control promedio

Los parámetros de esta prueba fueron los siguientes: flujo de aire: 795 L/h; flujo de mezcla: 650 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -20°C y presión de amoníaco: 0,8 bar. Los límites de especificación inferior y superior para este helado son 79,86 g y 88,26 respectivamente. Comparando estos límites con los de control (Ver Figura N° 31), se encuentra que al igual que el helado Cachorro la gráfica esta desplazada hacia abajo, no cumpliendo así con el contenido neto en los productos terminados. Por otro lado, los pesos de dicho helado no presentan un comportamiento natural, es decir, su

comportamiento es inestable, por encontrarse fuera de control como se observa en la Figura N° 31.

La evidencia o señal más clara que presenta la carta de control anterior, de que el proceso se encuentra fuera de control estadístico, corresponde a que se visualizan tres de las pruebas establecidas por Juran que representan patrones no aleatorios, es decir, al dividir la carta de control de medias en las tres zonas (A, B y C), como se ha venido realizando con anterioridad; dos puntos caen fuera del límite de control superior (Prueba I, Patrones de Juran), dos de cada tres puntos seguidos caen en la zona A o más allá (Prueba V, Patrones de Juran); esto se observa a partir del subgrupo 11, y por último a partir del subgrupo 2, cuatro de cada cinco puntos seguidos caen en la zona B o más allá (Prueba VI, Patrones de Juran) (Juran 1985). Por otro lado, en la Figura N° 31 se observa dos rachas de longitud doce; y a partir del subgrupo 13, se observa el inicio de un cambio o salto repentino de nivel; lo cual corresponde con dos de los patrones tipificados como patrones fuera de control.

En la Figura N° 32 se presenta la distribución del muestreo de los pesos concernientes a la situación inicial del helado Merengada, por medio de un histograma de frecuencias.

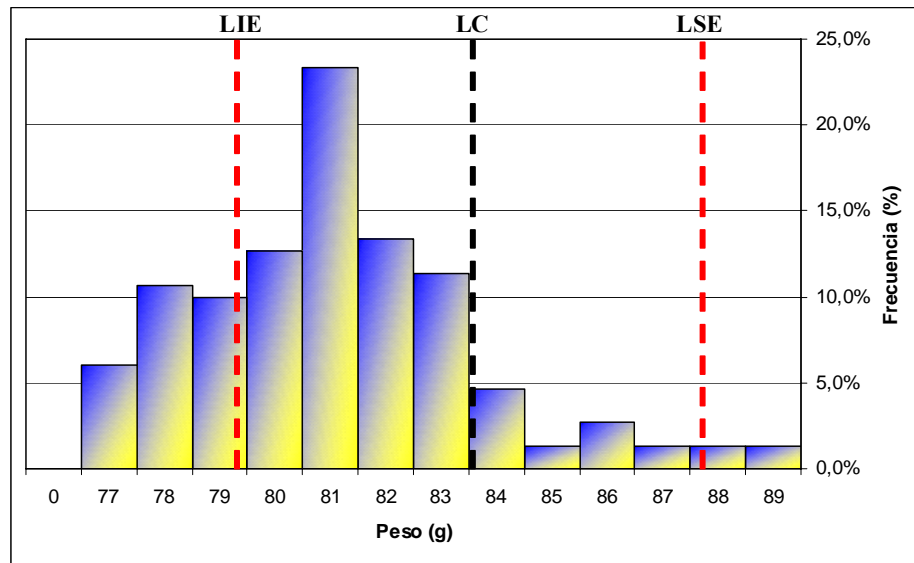


Figura N° 32. Histograma de frecuencia del helado Merengada en su situación inicial

En la Figura N° 32 se puede visualizar que existe un 28% de productos fuera de especificación. Adicionalmente se observa que el proceso se encuentra desplazado hacia la izquierda, ya que el promedio de los pesos (81,64g), a pesar de encontrarse entre los límites superior e inferior de especificaciones (líneas punteadas), es menor al valor nominal (84,06g); generando un 25,33% de helados bajos en peso, en relación a lo especificado (79,86-88,26)g. Es importante destacar, que el histograma de frecuencias es una manera de corroborar más fácilmente el comportamiento observado en la gráfica de control.

#### IV.1.4. Helado Piñata

La carta de control del helado Piñata, representada en la Figura N° 33, se encuentra a las siguientes condiciones: flujo de aire: 400 L/h; flujo de mezcla: 640 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 29%; temperatura de amoníaco: -18°C y presión de amoníaco: 1 bar.

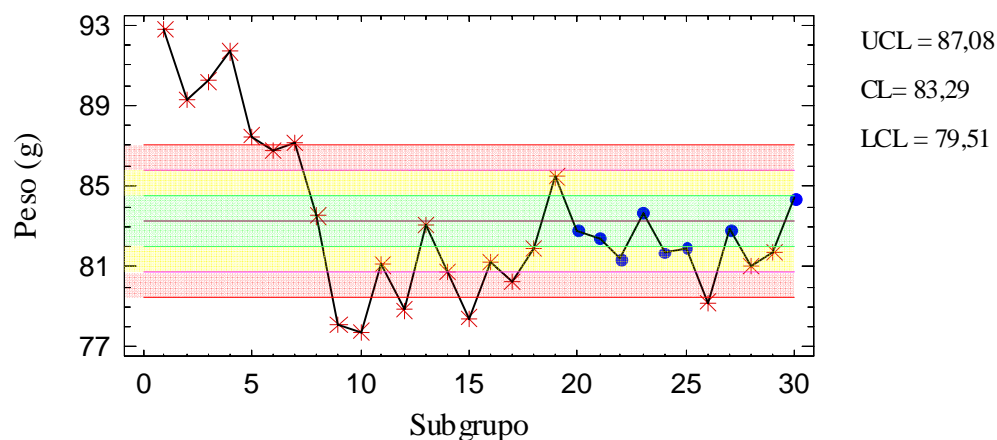


Figura N° 33. Situación inicial del helado Piñata a través de la carta de control promedio

El muestreo representado en la Figura N° 33 permite identificar la situación como fuera de control, ya que el comportamiento de los pesos de este producto es inestable por presentarse subgrupos fuera de los límites de control determinados. Por otro lado,

comparando los valores de los límites de especificación (80,67-89,17)g, con los valores arrojados por la carta de control (79,51-87,08)g, se puede notar que el proceso se encuentra desplazado hacia abajo, al igual que helado Cachorro y Merengada; lo que indica que los mismos no están cumpliendo con el contenido neto declarado. Además de los subgrupos que sobrepasan los límites de control superior e inferior representada en la Figura N° 33, se nota una sucesión de puntos (a partir del subgrupo 10) que indican el inicio de una serie o tendencia ascendente, además se observa la presencia de dos rachas consecutivas al inicio del proceso la cual corresponde con uno de los patrones tipificados como patrones fuera de control.

En el Histograma (Figura N° 34) se puede visualizar más fácilmente la distribución de la probabilidad del proceso de donde se tomó la muestra. Para este caso, el helado Piñata tiene un 44% de productos fuera de especificación, de los cuales los productos que se encuentran por encima de especificación representan un 12,67%, mientras que los productos que se encuentran por debajo de especificación representan un 31,33%.

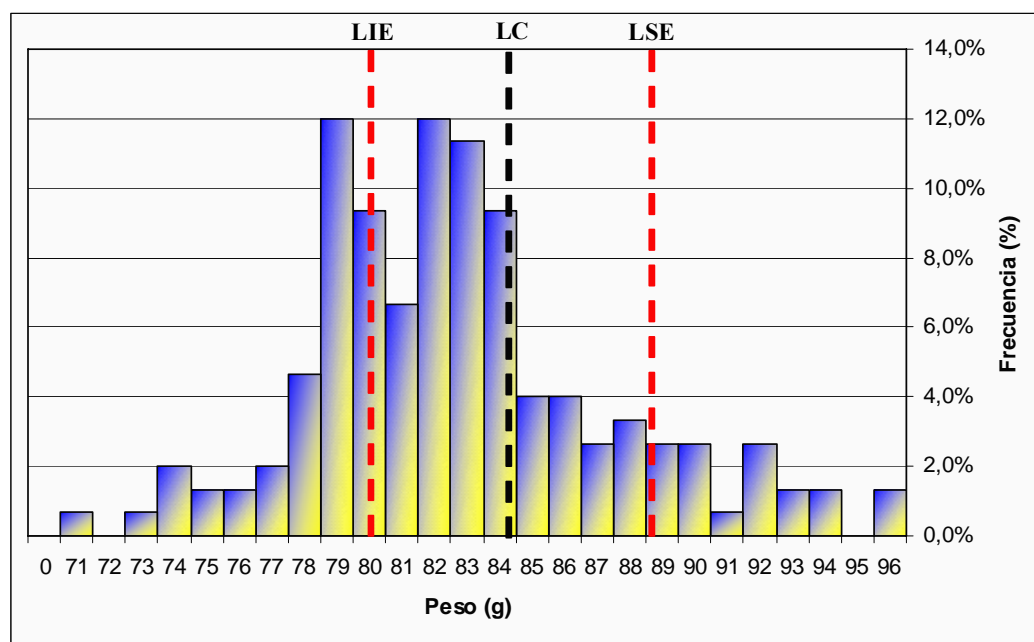


Figura N° 34. Histograma de frecuencia del helado Piñata en su situación inicial

Por otro lado, se puede observar una amplia dispersión de los pesos producto de las deficiencias que conforman la etapa de llenado. Adicionalmente se observa que el proceso se encuentra desplazado hacia la izquierda, con un mayor porcentaje de productos por debajo de su peso como se ha señalado con anterioridad; lo que trae como consecuencia que el proceso se encuentre descentrado, ya que a pesar que el promedio de los pesos (83,92g) se encuentran entre los límites superior e inferior de especificación (líneas punteadas), el mismo es menor al valor nominal (84,92g), coincidiendo con los datos proyectados en la carta de control analizada anteriormente (Ver Figura N° 33).

#### IV.1.5. Helado Tinita Mantecado

Los parámetros de estudio en la situación inicial del helado Tinita (Ver Figura N° 35) fueron los siguientes: flujo de de aire: 450 L/h; flujo de mezcla: 525 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40%; temperatura de amoníaco: -17 °C y presión de amoníaco: 1,2 bar.

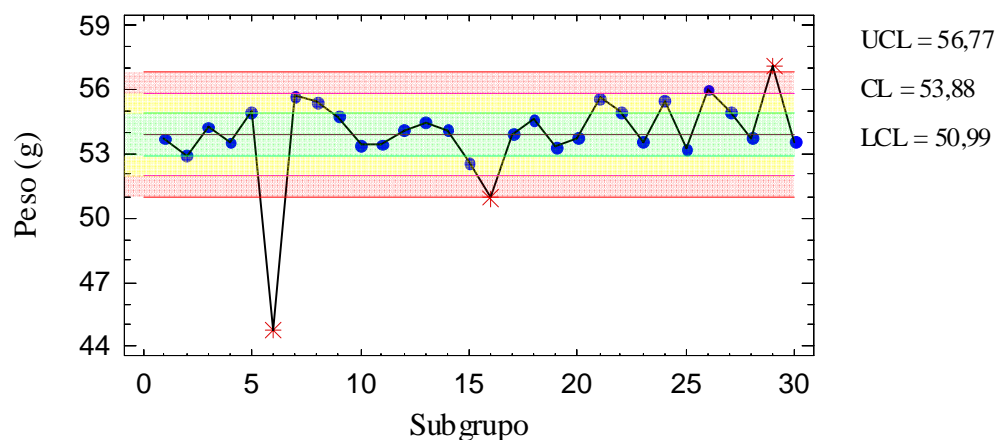


Figura N° 35. Situación inicial del helado Tinita Mantecado a través de la carta de control promedio

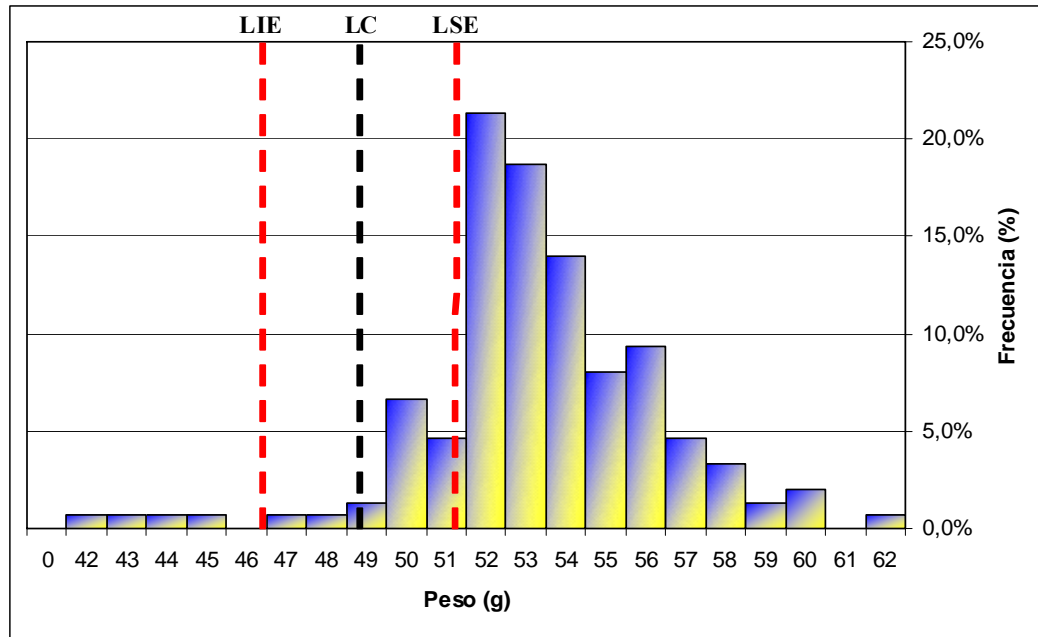
Con respecto al último producto a estudiar en su situación inicial, el helado Tinita, al igual que el helado Golazo, presenta un desplazamiento hacia arriba, lo que indica que existe una pérdida de materia prima en el proceso. Esto se evidencia al comparar

los límites de control que muestra la Figura N° 35 (50,99-56,77)g, con los límites de especificación del producto (46,9-51,9)g.

Al analizar el comportamiento del proceso se puede observar puntos fuera de los límites de control lo que demuestra que el proceso está descontrolado estadísticamente, hay que destacar que uno de esos puntos que se encuentra fuera del límite de control inferior con una caída repentina, es debido a una parada momentánea del equipo, por presentarse ciertos fallos en el proceso. Adicionalmente, al dividir la carta de control de medias en las tres zonas (A, B y C), como se ha venido realizando con anterioridad; quince puntos seguidos caen en la zona C, por arriba y por debajo de la recta central (Prueba VII, Patrones de Juran), y también se puede observar ocho puntos seguidos a ambos lados de la recta central (Prueba VIII, Patrones de Juran). También se puede observar una leve tendencia ascendente al final de la carta, la cual corresponde como uno de los patrones tipificados como patrones fuera de control.

Adicionalmente la tendencia al aumento del peso de la muestra genera puntos por encima del límite superior de control (56,77 g), lo cual se manifiesta en el histograma de frecuencias en un alto porcentaje de productos por encima del rango de especificación, y a la obtención de una media (53,88 g) mayor al límite superior de especificación, como se visualiza en la Figura N° 36.





**Figura N° 36.** Histograma de Frecuencia del helado Tinita Mantecado en su Situación Inicial

En el histograma de la Figura N° 36, los productos fuera de especificación representan un porcentaje bastante alto (87,33%), dentro del cual los productos que están por encima del límite de especificación representan un 84,67%, coincidiendo con lo obtenido en la carta de control. Este alto porcentaje, es producto de un proceso con muchas fallas, y por ende no controlado; lo que trae como consecuencia, que exista una gran pérdida de materia prima en el proceso, lo que se traduce en mayores gastos.

En la Tabla N° 3 se puede visualizar un resumen de los porcentajes que tienen cada uno de los helados fuera de especificación.

Tabla N°3. Porcentaje de productos fuera de especificación de todos los helados

Producto	Porcentaje por arriba de la especificación (%)	Porcentaje por debajo de la especificación (%)
Cachorro	1,33	51,33
Golazo	25,33	12
Merengada	2,67	25,33
Piñata	12,67	31,33
Tinita	84,67	2,67

De acuerdo al estudio realizado de la situación inicial de cada uno de los helados, estos presentan un descontrol bastante alto, como se ve reflejado en cada una de las cartas de control analizadas anteriormente; y esto se traduce en la existencia de un gran porcentaje de productos fuera de especificación (Ver Tabla N° 3), es decir, todos aquellos que no cumplen con los parámetros de calidad especificados por Productos EFE, S.A.. Es por esto, que no es posible determinar los índices de capacidad tanto potencial como real en esta etapa, ya que para realizar este tipo de estudio de capacidad el proceso debe estar bajo control estadístico, situación que no se presenta en este caso.

Por las razones anteriormente expuestas, se puede discernir que existe una serie de desviaciones operacionales con respecto a los valores de los parámetros utilizados para la elaboración de los helados que afectan la variación de peso del producto terminado.

## IV.2. ANÁLISIS DE LAS CAUSAS DE VARIACIÓN DE PESO

La confirmación de las causas, según lo expuesto en la sesión de lluvia de ideas se llevó a cabo en base a un consenso desarrollado con el jefe de producción y

supervisores de la línea de llenado de los helados, en el cual se les dio prioridad a las fuentes de variación vinculadas con la maquinaria (Ver Apéndice C).

En la siguiente Figura N° 37 se muestra el diagrama Causa – Efecto (CE), en el cual se exponen las causas de la variación de peso de cada uno de los tipos de helados que están en estudio.

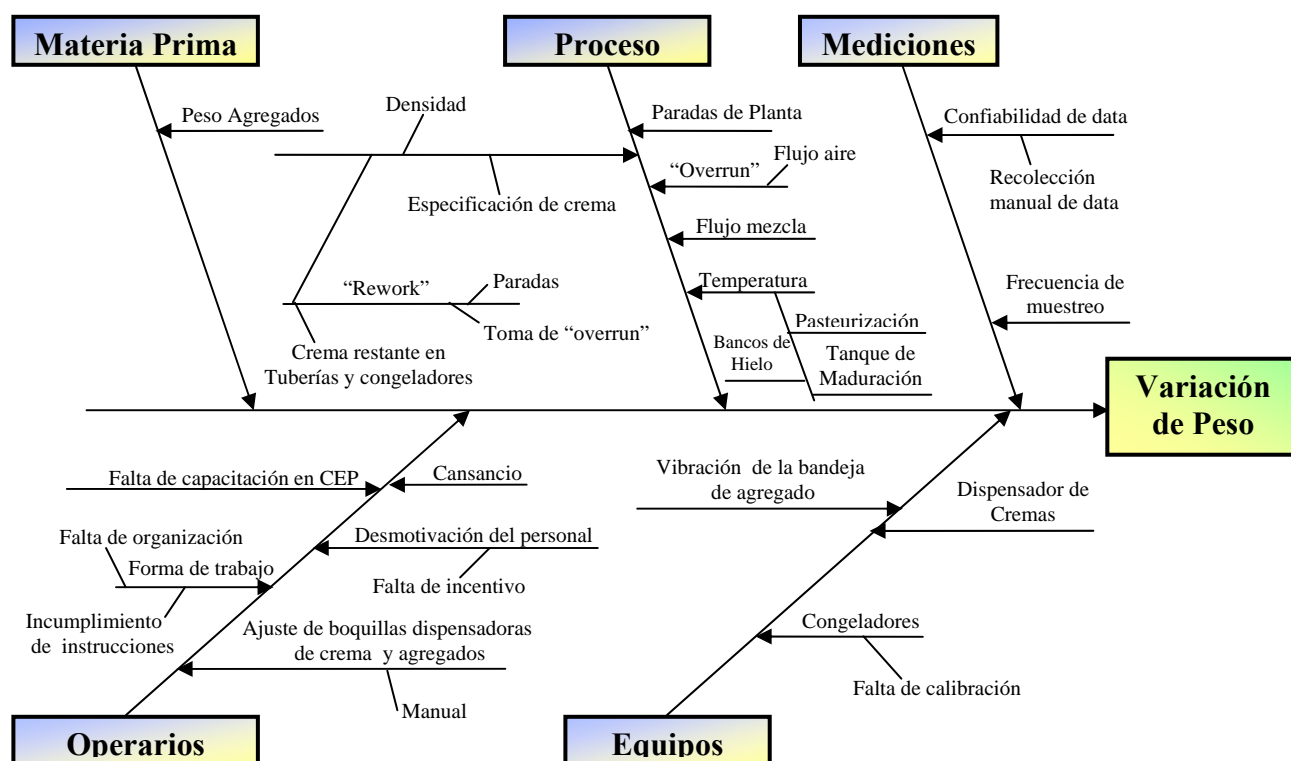


Figura N° 37. Diagrama Causa-Efecto

Las causas que se estudiaron fueron las referentes al proceso, que tienen mayor influencia sobre los helados, como lo son el flujo de mezcla y flujo de aire. Por otra parte se estudió la temperatura del helado a la salida del congelador, la cual depende de la temperatura de refrigeración de los tanques de maduración y ésta a su vez de la

temperatura de los bancos de hielo. Igualmente, es importante conocer si la etapa de pasteurización se está realizando en las condiciones de temperaturas correctas para descartar problemas en cuanto al proceso de preparación de las mezclas. También se tiene que tomar en cuenta algunos fallos a nivel de los equipos y los operarios.

En conclusión, la variación de peso de los helados es debida a un sin número de causas (Ver Figura N° 37), que van desde la falta de congeladores provistos de un sistema automatizado, hasta la falta de metodología de operación, o bien, falta de capacitación en CEP y la pericia del operador del equipo.

#### **IV.2.1. Confirmación de las Causas Raíz de la Variación de Peso de los Helados**

En base al análisis realizado en las cartas de control correspondientes a la situación inicial en la que el operador no perturba el sistema, se considera que el efecto de las causas sobre el peso de todos los productos es repetible, es decir, las causas enumeradas afectan la variación de peso en todos los helados. A continuación se muestran los resultados arrojados al variar cada parámetro (flujo de aire y flujo de mezcla) y el comportamiento que adopta el proceso.

##### ***IV.2.1.1. Variación del Flujo de Mezcla en el Helado Cachorro***

En la Figura N° 38 se muestra la carta de control del helado Cachorro variando el flujo de mezcla con respecto al estudio de su situación inicial. En este caso, se aumentó el flujo de mezcla de 500 L/h a 640 L/h. Los parámetros de estudio para esta prueba fueron los siguientes: flujo de aire: 425 L/h; flujo de mezcla: 640 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 45 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1,2 bar.

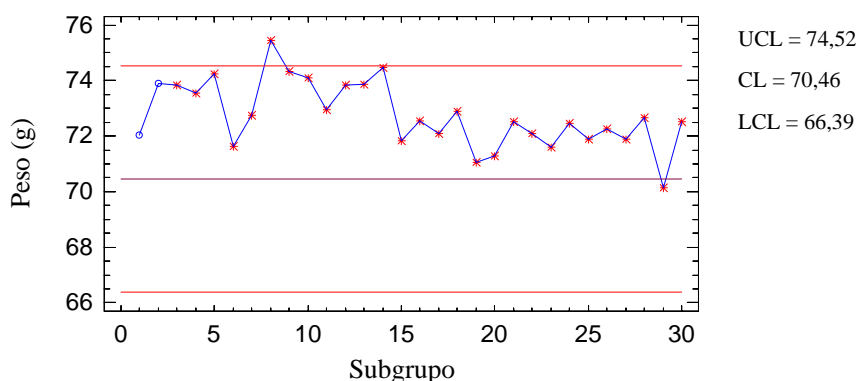


Figura N° 38. Carta de Control del helado Cachorro variando Flujo de Mezcla

Como se puede observar, el proceso no posee un comportamiento aleatorio, mostrando una ligera secuencia descendente al final de la carta y un punto fuera de los límites de control. Adicionalmente, se puede notar que la carta de control está completamente desplazada hacia arriba, lo que trae como consecuencia, la obtención de helados más pesados, lo que se traduce en pérdida de producto. En esta prueba, el aumento de flujo de mezcla tenía por finalidad tratar de llevar la situación inicial del helado Cachorro a cumplir con las especificaciones de producción, lo cual no se logró para este caso, lo que quiere decir, que este tipo de helado es sensible a la manipulación de dicho parámetro, comparándolo con su situación inicial.

#### IV.2.1.2. Variación del Flujo de Mezcla en el Helado Golazo

En la Figura N° 39 se muestra la carta de control del helado Golazo variando el flujo de mezcla con respecto al estudio de su situación inicial. En este caso, se disminuyó de 530 L/h a 500 L/h.

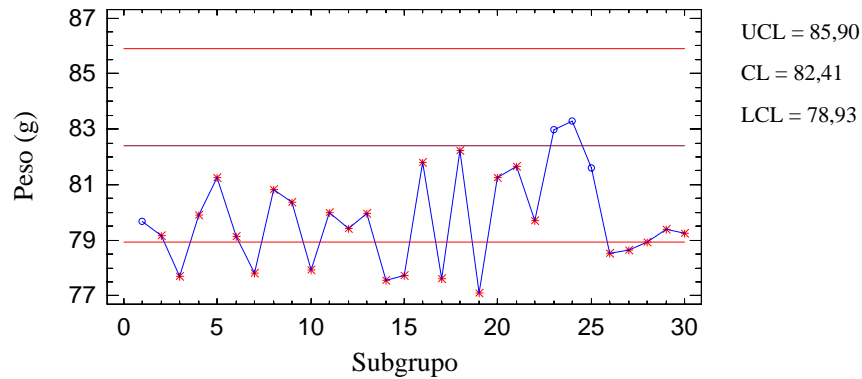


Figura N° 39. Carta de Control del helado Golazo variando Flujo de Mezcla

Los parámetros utilizados en esta prueba fueron los siguientes: flujo de aire: 650 L/h; flujo de mezcla: 500 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1 bar. Con la disminución realizada del flujo de mezcla, el proceso se desplazó hacia abajo, con respecto a su situación inicial; dando como resultado helados más livianos, es decir, que no cumplen con los parámetros especificados, además, en la Figura N° 39 se puede observar la presencia de una gran cantidad de puntos que sobrepasan el límite de control inferior de la carta de medias, evidenciándose un estado fuera de control. También, se puede visualizar que la mayoría de los puntos se encuentran por debajo de la línea central, notándose un cambio de nivel a partir del subgrupo 15, lo cual indica que el proceso está fuera de control. Con esta prueba se puede concluir que variando el parámetro de flujo de mezcla el proceso se ve afectado ya que se produce un descontrol estadístico del proceso.

#### IV.2.1.3. Variación del Flujo de Mezcla en el Helado Merengada

En la Figura N° 40 se representa la carta de control del helado Merengada variando el flujo de mezcla con respecto al estudio de su situación inicial, es decir, se realizó un

aumento del flujo de mezcla de 650 a 715 L/h. Los parámetros restantes que se utilizaron en esta prueba fueron los siguientes: flujo de aire: 795 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -20 °C y presión de amoníaco: 0,8 bar.

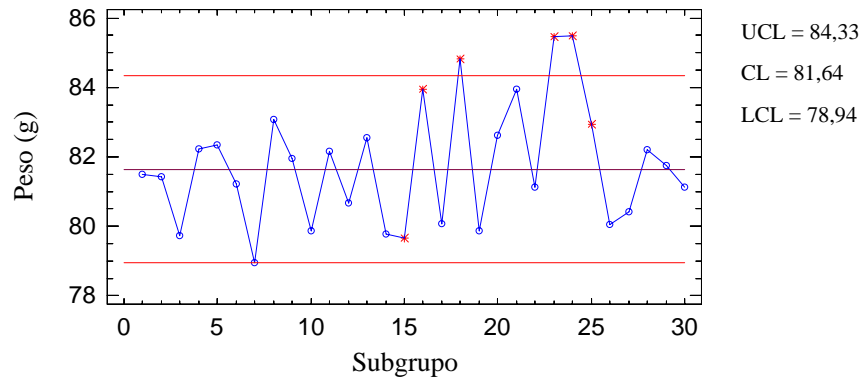
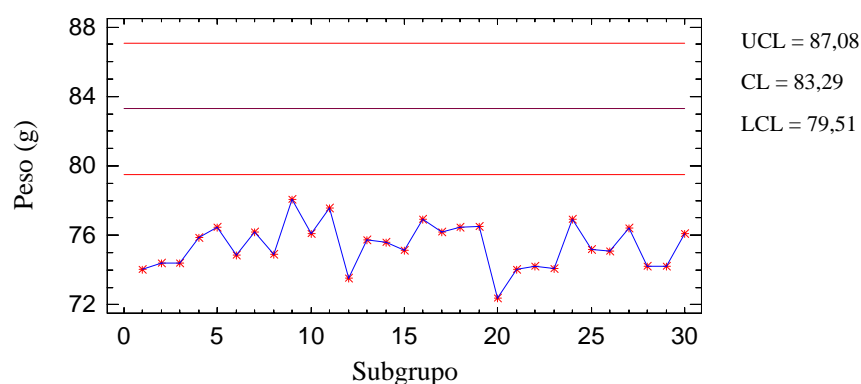


Figura N° 40. Carta de Control del helado Merengada variando Flujo de Mezcla

Con la nueva condición de operación establecida no se observó ningún cambio de nivel, como en su situación inicial. Al aumentar el flujo de mezcla los helados adquirieron mayor peso, como era de esperarse. Los puntos de la Figura N° 40 son más aleatorios en contraste con los puntos de la carta de control de la situación inicial (Ver Figura N° 31), sin embargo, se hallan puntos fuera de los límites de control y una tendencia ascendente, también se identifica un comportamiento igual al descrito en la Prueba VII de Juran, que menciona que si ocho puntos seguidos se encuentran alrededor de la línea central se considera el proceso fuera de control (Jurán, 1990). No obstante, en líneas generales, comparando este proceso con su situación inicial, el mismo se ve influenciado positivamente con el cambio de este parámetro en estudio.

**IV.2.1.4. Variación del Flujo de Mezcla en el Helado Piñata.**

En la Figura N° 41 se muestra la carta de control del helado piñata variando el flujo de mezcla con respecto al estudio de su situación inicial. Los parámetros que se emplearon en esta prueba fueron los siguientes: flujo de mezcla: 545 L/h, flujo de aire: 400 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 29 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1 bar.



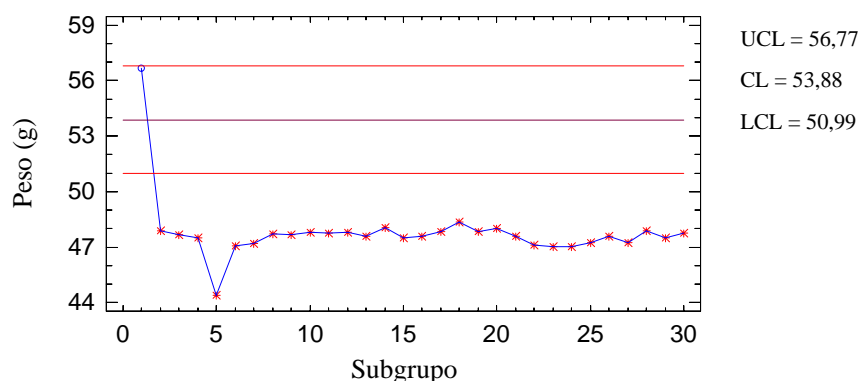
**Figura N° 41.** Carta de Control del helado Piñata variando Flujo de Mezcla

Para este caso, la disminución del flujo de mezcla de 640 L/h a 545 L/h ocasionó un cambio drástico en el proceso, que trajo como consecuencia una disminución radical de todos los pesos del producto como se observa en la Figura N° 41, ya que los mismos están ubicados por debajo del límite de control inferior no cumpliendo con las especificaciones. Esto hace que el proceso esté fuera de control. Sin embargo, se puede observar que los puntos son aleatorios y sin ninguna tendencia, lo que lleva a suponer que si se hubiese escogido un flujo de mezcla un poco menor al de la situación inicial, el proceso se acercaría a una situación de control estadístico, debido al comportamiento medianamente estable que se observa en la Figura N° 41



**IV.2.1.5. Variación del Flujo de Mezcla en el Helado Tinita.**

En la Figura N° 42 se muestra la carta de control del helado Tinita variando el flujo de mezcla con respecto al estudio de su situación inicial. Esto quiere decir que como el proceso anteriormente se encontraba desplazado hacia arriba, entre otras cosas; ocasionando pérdida de la materia prima, se decidió disminuir el flujo de mezcla para tratar de nivelar el proceso. Por tal razón, después de haber realizado varias pruebas, los parámetros seleccionados fueron los siguientes: flujo de mezcla: 450 l/h, flujo de aire: 450 l/h, viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -17 °C y presión de amoníaco: 1,2 bar.



**Figura N° 42.** Carta de Control del helado Tinita Mantecado variando Flujo de Mezcla

Al igual que en el helado Piñata, el disminuir el flujo de mezcla ocasiona una pérdida radical de los pesos de los helados, a tal punto, que se sitúan por debajo del límite inferior de control, por lo que no se encuentran bajo especificaciones y el proceso se considera totalmente fuera de control. Por otra parte, se observa un comportamiento casi lineal, contrario a lo que se evidencia en un proceso controlado, el cual debería presentar un cierto grado de variabilidad aleatoria.

En definitiva, este cambio de flujo afecta negativamente al control del proceso. Adicionalmente, el helado con estos parámetros no posee las características organolépticas correspondientes y no cumple con las especificaciones generales del producto ya que presenta un alto *overrun*.

#### IV.2.1.6. Variación del Flujo de Aire en el Helado Cachorro

En la Figura N° 43, se muestra el resultado de la prueba de variación de flujo de aire en el helado Cachorro. En este caso, se disminuyó el flujo de aire con respecto a la situación inicial. Los parámetros que se utilizaron fueron los siguientes: flujo de aire: 380 L/h; flujo de mezcla: 500 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 45 %; temperatura de amoníaco: -18°C y presión de amoníaco: 1,2 bar.

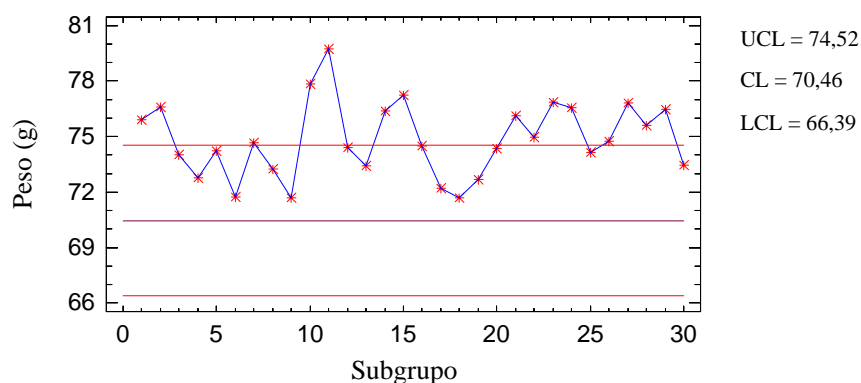
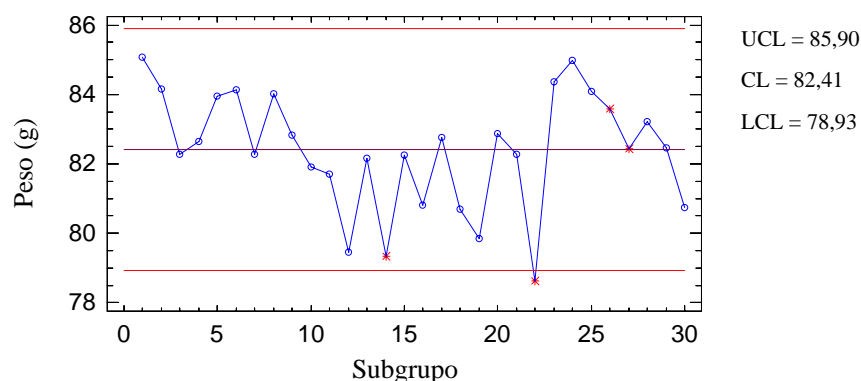


Figura N° 43. Carta de Control del helado Cachorro variando Flujo de Aire

Este proceso se ve afectado por la disminución de flujo de aire, ya que en la carta de control se puede observar la presencia de varios puntos fuera de los límites de control. Además, todos los puntos se encuentran muy por encima de la línea central, logrando así la obtención de productos muy pesados, de acuerdo a los límites de control establecido por las cartas, es decir, con la disminución de este parámetro se empeoró la situación inicial, por ende el proceso está completamente descontrolado.

**IV.2.1.7. Variación del Flujo de Aire en el Helado Golazo**

En la Figura N° 44, se muestra la carta de control resultante de variar el flujo de aire en el helado Golazo. En este caso, se disminuyó dicho flujo con respecto a la situación inicial. Los parámetros de estudio fueron los siguientes: flujo de aire: 600 L/h; flujo de mezcla: 530 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1 bar.



**Figura N° 44.** Carta de Control del helado Golazo variando Flujo de Aire

En este caso, la disminución del flujo de aire también afecta el control del proceso, lo cual se puede comprobar en la Figura N° 44, en la cual se observa un comportamiento no aleatorio o sistemático, con un punto fuera de los límites de control, un cambio de nivel y dos rachas, lo que declara al proceso como fuera de control. Sin embargo, comparando dicha gráfica, con la Figura N° 39, se visualiza que al variar el flujo de mezcla el proceso se ve afectado negativamente más que al variar el flujo de aire, por lo que este valor es el que se va a modificar posteriormente.

#### IV.2.1.8. Variación del Flujo de Aire en el Helado Merengada

En la Figura N° 45 se muestra el resultado de la prueba de variación de flujo de aire en el helado Merengada. En este caso, se disminuyó el flujo de aire con respecto a la situación inicial. Los parámetros de estudio fueron los siguientes: flujo de aire: 700 L/h; flujo de mezcla: 650 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -20 °C y presión de amoníaco: 0,8 bar.

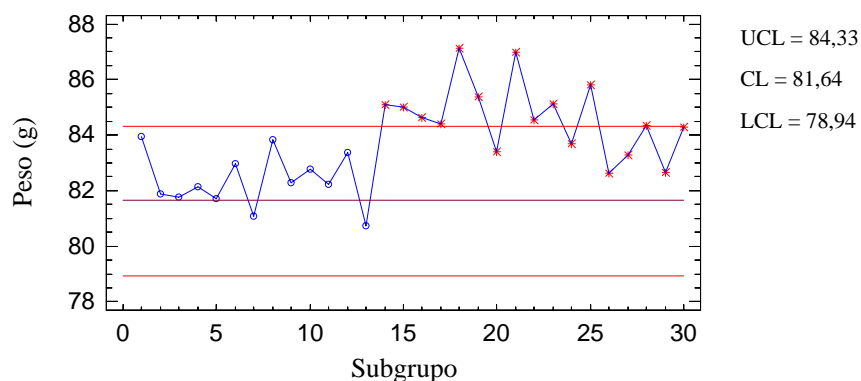


Figura N° 45. Carta de Control del helado Merengada variando Flujo de Aire

La variación del flujo de aire afecta negativamente el control del proceso de Merengada, ya que como se observar en la figura N° 45 se encuentran diez puntos fuera de los límites de control, además el cambio de nivel existente en la situación inicial permanecen en el tiempo con la variación del parámetro y la gran mayoría de los puntos se ubican por encima de la línea central del proceso, lo que indica que el proceso está descontrolado estadísticamente.

#### IV.2.1.9. Variación del Flujo de Aire en el Helado Piñata

En la figura N° 46 se muestra el resultado de la prueba de variación de flujo de aire en el helado Piñata. En este caso, se disminuyó el flujo de aire con respecto a la situación inicial. Los parámetros de estudio fueron los siguientes: flujo de aire: 300

L/h; flujo de mezcla: 640 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 37 %; temperatura de amoníaco: -18,5 °C y presión de amoníaco: 1 bar.

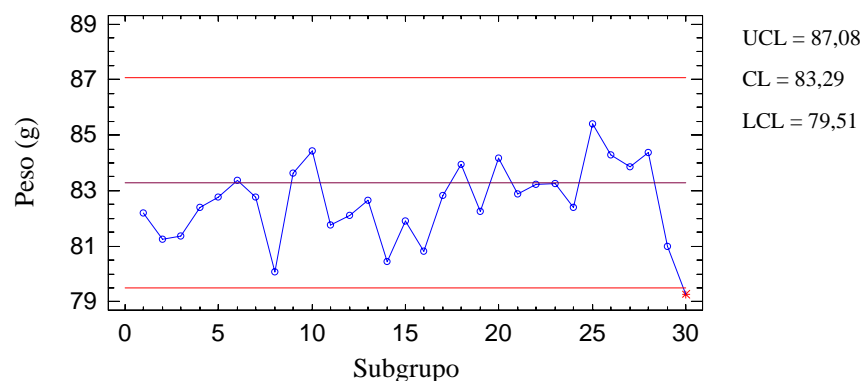


Figura N° 46. Carta de Control del helado Piñata variando Flujo de Aire

En la figura N° 46, se puede observar que el 99% de los puntos están dentro de los límites de control, sin embargo se visualiza que con la disminución realizada del flujo de aire, no se logró un comportamiento aleatorio de los pesos. Además, existe una racha ubicada aproximadamente a la mitad de la gráfica y una tendencia ascendente a lo largo de todos los puntos, y a pesar que la variación de este parámetro no surtió un efecto negativo sobre el proceso, se puede decir que con las condiciones existentes, el mismo se encuentra fuera de control.

#### IV.2.1.10. Variación del Flujo de Aire en el Helado Tinita.

En la Figura N° 47 se muestra el resultado de la prueba de variación de flujo de aire en el helado Tinita. En este caso, basándonos en los análisis anteriormente realizados se disminuyó el flujo de aire con respecto a la situación inicial, ya que la manipulación del flujo de mezcla resultó ser bastante sensible. Los parámetros de estudio fueron los siguientes: flujo de aire: 380 L/h; flujo de mezcla: 525 L/h;

viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -17 °C y presión de amoníaco: 1,2 bar.

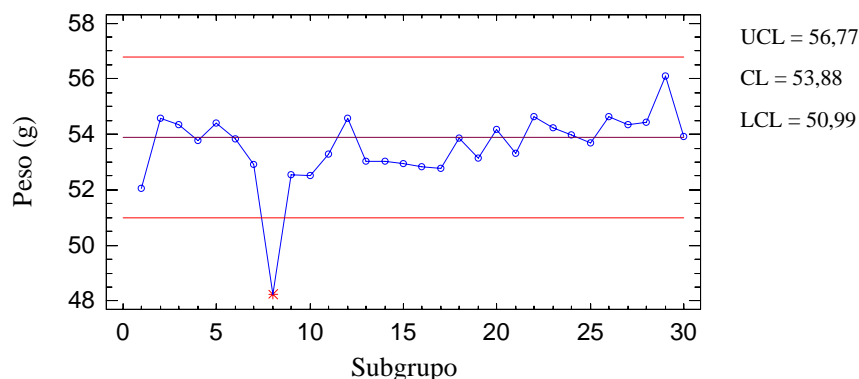


Figura N° 47. Carta de Control del helado Tinita Mantecado variando Flujo de Aire

Al realizar la variación de esta variable, se puede notar que su efecto no es tan radical como lo es el parámetro de flujo de mezcla, ya que a pesar que aun sigue en descontrol presentando una tendencia ascendente a nivel de todo el proceso y una tendencia descendente a mitad de la gráfica, cada uno de los subgrupos se mantiene de cierta forma dentro de los límites de control del proceso, lo que quiere decir que es necesario enfocarse más que todo en el flujo de mezcla para tratar de lograr el control estadístico.

#### IV.2.1.11. Temperatura de pasteurización

La temperatura de pasteurización debe estar entre 80-85°C aproximadamente, es por ello que se realizó un estudio de comportamiento de esta temperatura durante el período de pasteurización, con la finalidad de verificar si en dicha etapa se estaban cumpliendo los parámetros indicados, de manera que no afectara las propiedades tanto físicas como químicas de las cremas, y esto a su vez influenciara en los pesos

del producto final. En la tabla N° 4 se presentan los resultados de algunas de las temperaturas registradas en el proceso de elaboración de una crema.

**Tabla N° 4.** Temperaturas de pasteurización en el proceso de elaboración de una crema

Muestra	Temperatura de pasteurización (°C)
1	81
2	82
3	81
4	82
5	83

En la tabla N° 4 se puede ver reflejado el cumplimiento de los valores de tolerancia de las temperaturas de pasteurización, ya que las mismas son controladas mediante un sistema de control, de tal manera que esta causa queda descartada, ya que no afecta el proceso de preparación.

#### ***IV.2.1.12. Temperatura del helado a la salida de los congeladores y a la salida de la llenadora***

En lo referente a la temperatura del helado es importante que se encuentre muy cercana a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ya que a una temperatura mayor la gran cantidad de agua contenida en el mismo no estaría congelada por lo que se favorecería la formación de cristales de hielo al entrar en la cava principal donde la temperatura es mucho menor. En la Tabla N° 5 se registran las temperaturas a la salida de los congeladores, las cuales se tomaban cada hora, por una purga o salida que poseen los mismos y esto se hacía a través de un termómetro digital. Se observó que las temperaturas no llegan a  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  pero no se desvía mucho de este valor, por lo que se puede considerar que el proceso no se ve afectado en gran medida por esta temperatura.

**Tabla N° 5.** Temperatura de la crema a la salida de los congeladores

Muestra	Temperatura salida del congelador (°C)
1	-4,5
2	-4,4
3	-4,5
4	-4,4
5	-4,3

Posteriormente se presenta el estudio de la temperatura del producto terminado del helado Cachorro en la Tabla N° 6. Se realizó sólo para un tipo de crema, porque lo que se quiere es examinar si hay pérdidas de calor en las tuberías transportadoras de la crema del congelador al equipo llenador, por lo que es igual para todos los helados.

**Tabla N° 6.** Temperaturas del producto terminado del helado Cachorro

Muestra	Temperatura producto terminado helado Cachorro (°C)
1	-4,2
2	-4,1
3	-4,2
4	-4,2
5	-4,1

Comparando la Tabla N° 5 con la Tabla N° 6 se puede observar que no existen diferencias significativas entre las temperaturas, por lo que se concluye que no hay pérdidas de calor en la tubería. La temperatura de la crema tiene que llegar a los congeladores aproximadamente a 5 °C de manera que el delta de temperatura sea de  $\pm 10$  °C.



**IV.2.1.13. Temperatura de refrigeración de los tanques de maduración y de los bancos de hielo**

La temperatura óptima a la que se encuentra la mezcla en los tanques de maduración es entre 5 y 7 °C, aproximadamente. En la Tabla N° 7 se presentan algunas muestras estudiadas con el fin de verificar que estén en el rango permitido.

**Tabla N° 7.** Temperaturas de refrigeración de los tanques de maduración

Muestras	Temperatura tanques de maduración (°C)
1	4,6
2	6
3	4,5
4	5
5	4,8

Los valores obtenidos en esta experiencia demuestran que se está trabajando con temperaturas óptimas de refrigeración. Éstas se mantienen mediante las chaquetas de enfriamiento que poseen los tanques de maduración, cuyo fluido es el agua proveniente de los bancos de hielo.

Con el fin de comprobar si dichos bancos de hielo se encontraban a una temperatura apta (cerca a 0 °C) se realizó un muestreo, el cual consistió en efectuar por varias semanas mediciones de temperaturas, con la finalidad de verificar si se cumplía con los parámetros establecidos, esto se puede observar en la Tabla N° 8:

**Tabla N° 8.** Temperatura de los bancos de hielo

Muestra	Temperatura bancos de hielo (°C)
1	0,4
2	0,4
3	0,4
4	0,4
5	0,4

Esta temperatura registrada en los bancos de hielo se encuentra en condiciones óptimas para ser empleada en las chaquetas de enfriamiento de los tanques de maduración, por lo que esta causa queda descartada, ya que no ocasiona problemas al proceso mientras se cumpla con las temperaturas indicadas.

#### ***IV.2.1.14. Equipos***

Se inspeccionaron las posibles causas provenientes de los equipos que afectan la variación del peso de los productos. Algunas se realizaron de manera visual y otras cuantitativamente.

##### ***➤ Dispensadora de Cremas y Mermeladas***

La confirmación de esta causa fue realizada de manera visual y cuantitativa, es decir, se revisó el conjunto de mangueras conectadas a cada uno de los dispensadores de cremas, y se midió el efecto, en cuanto a la diferencia de pesos existente en los productos terminados, de acuerdo a las especificaciones.

Este equipo se ajusta manualmente, sin tener control del peso que va hacia cada una de las dispensadoras, y por ende, que se dosifica a cada uno de los helados,

lo que aumenta la variabilidad del peso dichos productos. En la Figura N° 48, se puede observar la estructura del equipo.



**Figura N° 48.** Dosificadora de Cremas y Mermeladas

Al medir el efecto que tiene esta causa en la variación de pesos, específicamente del helado Cachorro, que es uno de los que contienen agregados, se pudo notar que al emplear un tamaño de muestra de 30 helados, no se estaban cumpliendo con las especificaciones de tolerancias establecidas. En la Tabla N° 9 se muestran los resultados de esta prueba:

Tabla N° 9. Efecto de la Dosificadora de Cremas y Mermeladas sobre el peso del helado Cachorro

Muestra	Pesos	Muestra	Pesos
1	68,6	16	69,3
2	69,4	17	70,8
3	72,1	18	66,2
4	66,2	19	61,1
5	66,2	20	69,3
6	73,6	21	67,2
7	66,4	22	66,4
8	66	23	60,6
9	69,8	24	68
10	71,2	25	71,2
11	68,9	26	66,2
12	74,3	27	62,5
13	66,1	28	65,9
14	75,6	29	70,6
15	60,6	30	62,5
Promedio de Pesos = 67,8			

La disminución de pesos presenta una diferencia faltante hasta de 10 g, tomando el peso más bajo que se encuentra en la tabla y comparándolo con el límite inferior de especificación que está establecido (70,83 g). Esta variación es producto, como se dijo anteriormente, de la falta de precisión que existe al agregar las mermeladas ya que el sistema empleado es rudimentario y presenta muchas fallas.

➤ **Congelador y Bandeja**

La confirmación de esta causa por no ser medible se realizó visualmente, es decir se inspeccionaron durante varias semanas los congeladores del proceso; los cuales por ser analógicos, el ajuste de sus parámetros no son exactos, siendo el operario el encargado de colocarlos de manera manual, supervisando si las características organolépticas del helado están correctas y calculando el *overrun*.

Además, los congeladores presentan una notable descalibración, impidiendo que se coloquen los valores establecidos como especificación (flujo de mezcla y flujo de aire).

Por otra parte, los congeladores no presentan un flujo constante ya que no hay presencia de una bomba que lleve la mezcla desde los tanques de maduración hasta el congelador de manera constante, sino que se realiza por gravedad. Esto influye en las variaciones de peso debido a las caídas o aumentos de flujos de mezcla y esto trae como consecuencia que no se dosifica la misma cantidad de crema en cada uno de los picos.

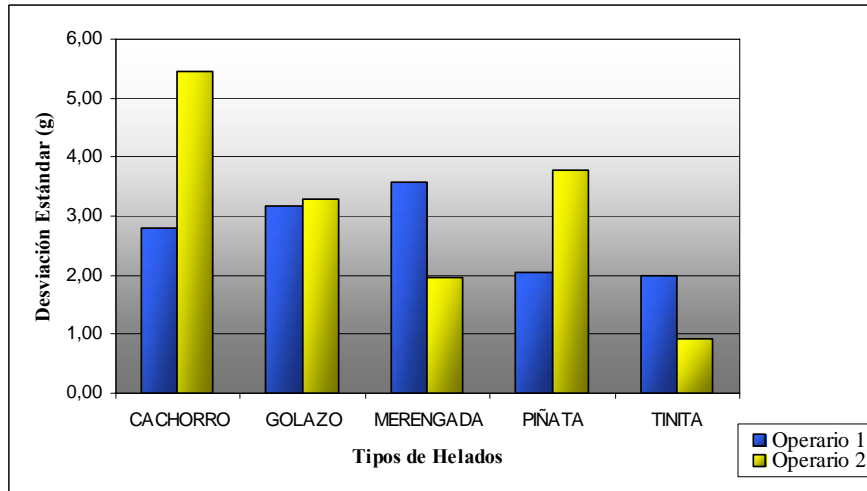
Otra falla observada en el equipo, es la correspondiente a la vibración de la bandeja de agregados sólidos (lluvia de chocolate en este caso) (Ver Figura N° 49). Este ajuste también se realiza manualmente, de manera que no se tiene un valor específico para la dosificación exacta del agregado para cada pico, por lo que el peso de los helados se ve afectado.



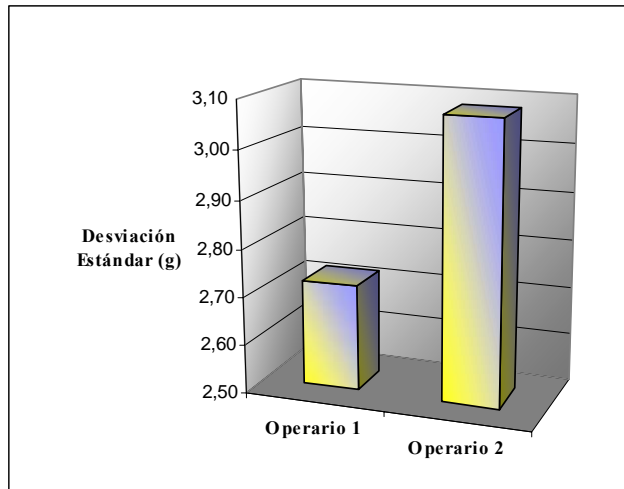
**Figura N° 49.** Bandeja de Agregados de Sólidos

**IV.2.1.15. Pericia del Operador**

El efecto sobre la variación de peso debido al operador se determinó mediante la comparación de los datos arrojados en el muestreo por operadores distintos; estos resultados son mostrados en la Figura N° 50:



(a) Desviación por Tipo de Helado



(b) Desviación promedio de la Línea

**Figura N° 50.** Efecto de la pericia del operador sobre la variación de pesos de los helados.

En la Figura N° 50 (a) se refleja el efecto de los dos operadores sobre los diferentes productos de la línea, mientras que en la (b) se presenta la desviación promedio de la línea según el operador que se encontraba laborando.

En ambas figuras, se nota que cada operador ejerce un efecto distinto en la magnitud de la desviación estándar de los productos, por lo que la pericia de cada uno y el nivel de conocimiento que posean del proceso afectan la variación de peso en los helados, ya que son las personas que están directamente involucradas con el proceso. Otro factor adicional de variabilidad es el cansancio que puedan presentar los mismos al final del día de trabajo e incluso al final de la semana y los distintos turnos laborales. Por otra parte, los operadores no tienen ningún conocimiento acerca del control estadístico de un proceso, hecho que afecta en gran medida el ajuste de las especificaciones y el conocimiento de las variables que afectan dicho proceso.

#### **IV.2.1.16 Paradas en la línea de producción de helados.**

Las paradas en la línea de producción de helados constituyen otra de las causas enumeradas en la sesión de lluvia de ideas. La confirmación de dicha causa se basó en el muestreo de productos cuando había paradas en la línea.

Al ocurrir una parada en la línea de producción de los helados en estudio, los pesos de los productos experimentaron variación, la cual se puede evidenciar por un aumento o disminución de su valor, con respecto al de la muestra tomada en su situación inicial. Esto se puede corroborar a través de la Figura N° 51, la cual muestra la carta de control, del helado Piñata, en la que se resalta una caída brusca del peso del producto de 87 g a 73 g, en la gráfica de medias; además es posible notar una alta variabilidad, a nivel general. Las cartas de control de los helados restantes se encuentran en el Apéndice D.

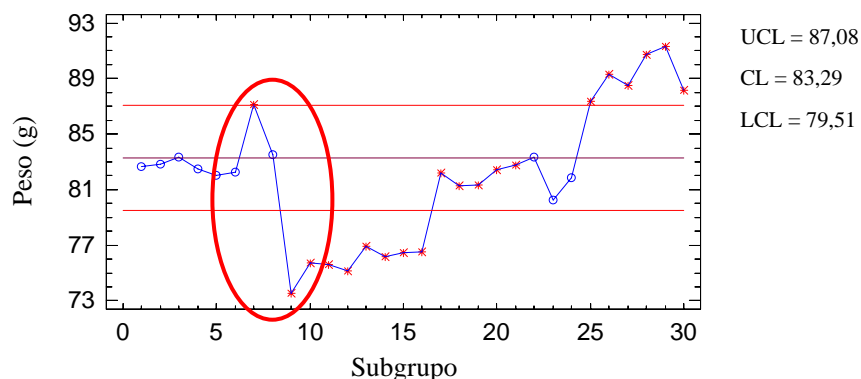


Figura N° 51. Efecto de las paradas en la carta de control del helado Piñata

Adicionalmente al comparar los resultados reportados en el análisis de muestras de los helados con y sin paradas, se nota que tanto la media como la desviación estándar del peso se ven afectadas al realizar paradas, es decir al haber paradas en la línea, la desviación estándar es mayor y la media de los pesos de los diferentes productos se encuentran más alejadas del valor nominal, como se puede observar en la Tabla N° 10.

Tabla N° 10. Comparación entre la media y la desviación estándar de los helados al presentarse o no paradas en la línea

Tipo de Helado	Peso Nominal (N ± 0,01 g)	Con Parada		Sin Parada	
		Media (X ± 0.01 g)	Desviación Estándar (S ± 0.01 g)	Media (X ± 0.01 g)	Desviación Estándar (S ± 0.01 g)
Cachorro	74,56	70,46	4,03	71,19	3,96
Golazo	81,77	82,40	5,18	82,41	4,14
Merengada	84,06	81,24	3,04	81,64	2,51
Piñata	84,92	82,1	5,12	83,29	4,69
Tinita	49,41	53,88	3,23	50,5	2,97



### IV.3. ACCIONES CORRECTIVAS PARA EL CONTROL DE PESO DE LOS HELADOS

La semana 20 se inicia con la implementación de las ideas contramedidas generadas para las causas de variación de peso de los helados (ver Apéndice F), según el diagrama de Pareto. Para este caso se muestra el Diagrama de Pareto del helado Cachorro (Ver Figura N° 52), ya que todos tienen el mismo principio, que es el identificar el impacto de las causas confirmadas que mayor peso tienen sobre el proceso (Ver Apéndice E).

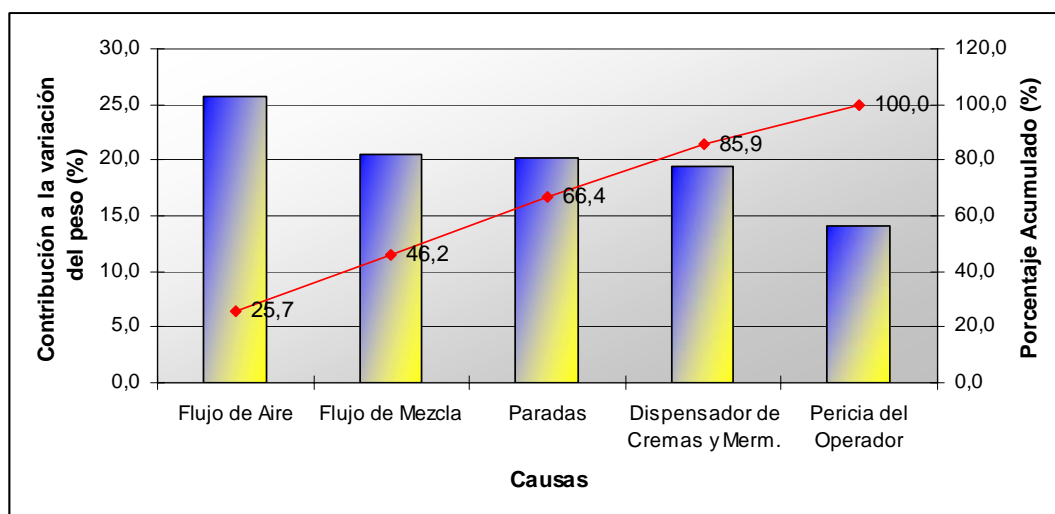


Figura N° 52. Impacto de las causas confirmadas sobre la variación del peso del helado Cachorro

La Figura N° 52 muestra que el flujo de aire es la causa que tiene mayor influencia en el descontrol del proceso del helado cachorro, con un porcentaje de desviación en cuanto al peso de 25,7%, lo que quiere decir que en esta variable hay que enfocarse en la implementación de ideas correctivas; seguidos por el flujo de mezcla, paradas del dispensador de cremas y por último la pericia del operador. Es importante destacar que para cada uno de los helados, el cambio cuantitativo que la empresa permitió realizar en el proceso, fue la variación de los parámetros de los congeladores.

**Tabla N° 11.** Resumen de los parámetros a modificar para mejorar el proceso

Producto	Parámetro	Situación inicial	Variación flujo mezcla	Variación flujo aire	Observaciones
Cachorro	Flujo aire (L/h)	425	500	<b>380</b>	Variable a modificar: Fa
	Flujo mezcla (L/h)	500	<b>640</b>	425	
Golazo	Flujo aire (L/h)	650	530	<b>600</b>	Variable a modificar: Fm
	Flujo mezcla (L/h)	530	<b>500</b>	650	
Merengada	Flujo aire (L/h)	795	650	<b>700</b>	Variable a modificar: Fa
	Flujo mezcla (L/h)	650	<b>715</b>	795	
Piñata	Flujo aire (L/h)	400	640	<b>300</b>	Variable a modificar: Fm
	Flujo mezcla (L/h)	640	<b>545</b>	400	
Tinita	Flujo aire (L/h)	450	525	<b>380</b>	Variable a modificar: Fm
	Flujo mezcla (L/h)	525	<b>450</b>	450	

En la tabla N° 11 se indica cual es el parámetro que tiene mayor influencia sobre cada helado, según los análisis anteriormente realizados y los Diagramas de Pareto expuestos en el Apéndice E. También se presentan los valores que tienen los parámetros (flujo de aire, flujo de mezcla) en su situación inicial y los valores luego de haber realizado las primeras modificaciones, esto con el objeto de conocer cuál de los dos parámetros afectan mayormente al proceso, y así poder realizar las modificaciones convenientes para lograr el control del proceso.

### IV.3.1 Implementación de Ideas Correctivas

#### IV.3.1.1 Helado Cachorro

Luego de haber realizado los ajustes en los dos parámetros más importantes que afectan a los helados como lo son flujo de aire y flujo de mezcla, se pudo observar

que la variación del flujo de aire es la que tiene una mayor influencia en el helado Cachorro, ya que al disminuir notablemente este parámetro el proceso se descontrola por completo; es por esto que al realizar varias pruebas en base a las mostradas con anterioridad, se pudo llegar a la conclusión que los parámetros que lograban el mejor estado de control estadísticos fueron los siguientes: flujo de aire: 410 L/h; flujo de mezcla: 500 L/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 45 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1,2 bar.

En la Figura N° 53 se muestra la carta de control del helado Cachorro utilizando los parámetros recomendados. Se observa que con el flujo de aire establecido el proceso presenta estabilidad y disminución de variabilidad, evidenciándose un comportamiento aleatorio sin ningún patrón que indique estado fuera de control, por lo que se puede decir que se llegó a un control estadístico de procesos.

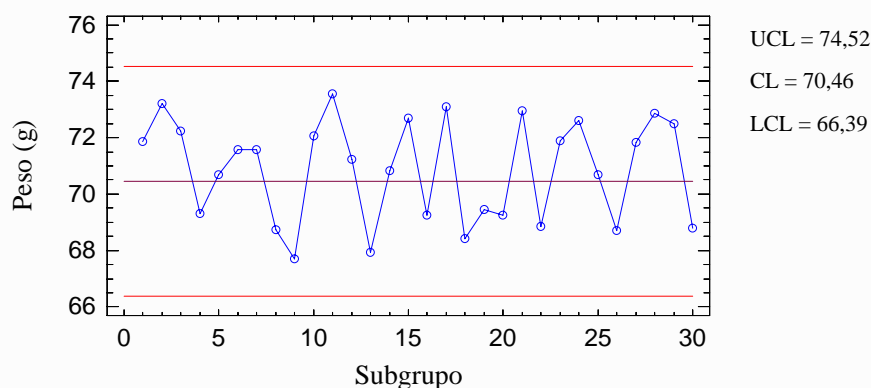


Figura N° 53. Carta de Control del helado Cachorro en estado bajo control

Posteriormente para tener una mejor representación visual de la información anteriormente expuesta, se muestra en la Figura N° 54 el histograma de frecuencia que permite determinar el porcentaje de productos fuera de especificación.

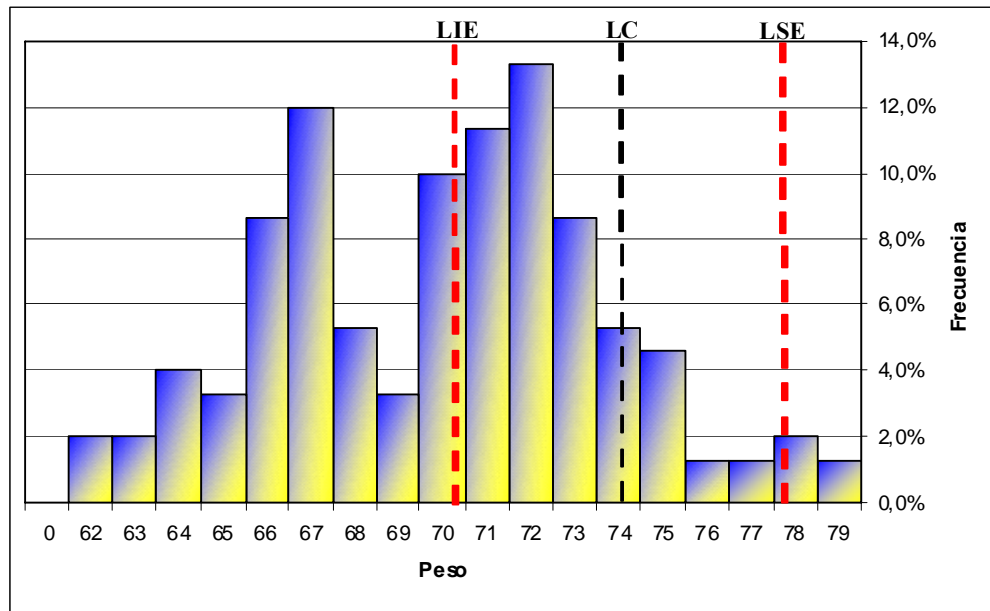


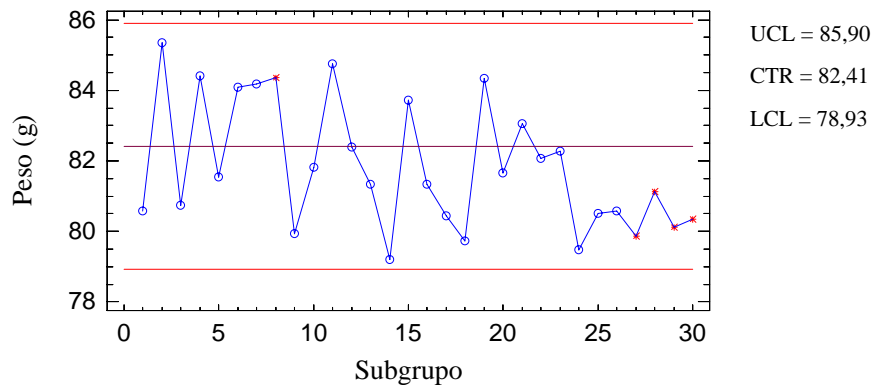
Figura N° 54. Histograma de Frecuencia del helado Cachorro en estado bajo control

Comparando el proceso con su situación inicial, el cual presentaba un 51,33% de productos por debajo de especificación, con los nuevos parámetros se logró un proceso estable y con menor variabilidad, aunque siga existiendo un desplazamiento hacia la izquierda con respecto a las especificaciones, presentando un 46 % de productos que se encuentran por debajo del límite inferior de especificación, lo que indica que a pesar que el proceso mejoró notablemente, según lo establecido existe un porcentaje de productos que aun se encuentran con déficit de peso.

Adicionalmente, se calculó el índice de capacidad del proceso, tanto real (Cpk) como potencial (Cp). Los valores obtenidos fueron  $Cpk= 0,4042$  y  $Cp=0,0052$  respectivamente. Estos parámetros indican que el proceso no cumple con las especificaciones estipuladas o tolerancia (70,83 – 78,29 g), sin embargo, esto no quiere decir que el proceso no esté en control, ya que un proceso que está en control no necesariamente cumple con las especificaciones. Igualmente, se puede decir que el proceso no se encuentra centrado ya que el Cp y el Cpk no son iguales.

**IV.3.1.2. Helado Golazo**

De acuerdo a los análisis realizados con anterioridad, en el helado golazo se pudo observar los efectos ocasionados al variar el flujo de aire y el flujo de mezcla; lo que trajo como resultado que el parámetro a modificar debía ser el flujo de mezcla, ya que fue el que ocasionó un mayor efecto sobre el proceso, desplazando los pesos hacia la parte inferior de la gráfica (Ver Figura 39), y por ende, haciendo a los helados más livianos. Por todo esto, se realizaron varias pruebas, buscando los parámetros que mejor se adaptaran al proceso para lograr un control estadístico. En la Figura N° 55 se muestra la carta de control del helado Golazo. Los parámetros recomendados y utilizados son los siguientes: flujo de aire: 650 l/h; flujo de mezcla: 520 l/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1 bar.



**Figura N° 55.** Carta de Control del helado Golazo en estado bajo control

En la Figura N° 55 se evidencia una racha en los últimos siete puntos (subgrupos) al final de la carta y cinco puntos en rojo a lo largo de toda la representación, que indica que están ocurriendo ciertos fallos, sin embargo, esto no quiere decir que no haya una mejora notable, ya que hay que tomar en cuenta que así el proceso esté bajo control siempre existirá cierta variabilidad básica de las características de calidad, debido a las diversas propiedades del proceso de producción. Adicionalmente se puede

observar un proceso uniforme, cuyos puntos están dentro de los límites de control y sus pesos están dentro de los parámetros establecidos. Para certificar la gran mejora del proceso, se presenta el histograma de la Figura N° 56 correspondiente a esta situación:

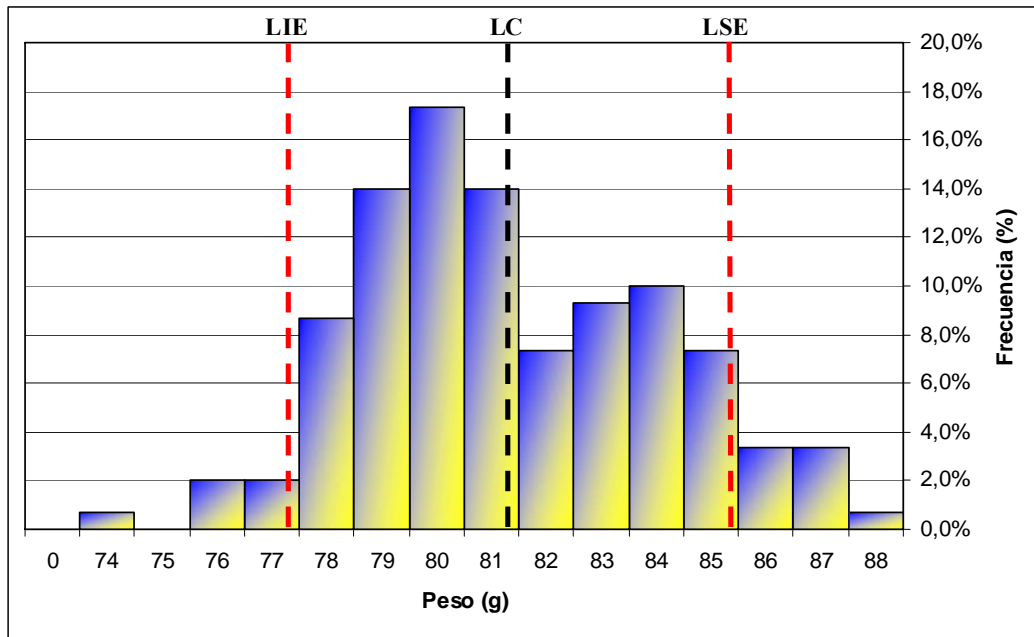


Figura N° 56. Histograma de frecuencia del helado Golazo en estado bajo control

En este caso, se puede observar que la mayoría de los productos se encuentran dentro de los límites de especificación, lo que muestra que se está cumpliendo con la Ley Nacional de Metrología en cuanto al contenido neto de los helados. Porcentualmente los productos fuera de especificación representan un 12,67%, lo que indica que el proceso mejoró sustancialmente. Esto se puede observar en el índice de capacidad Cp y Cpk, los cuales dan como resultado 0,99 y 0,98, respectivamente, demostrando que se acercan a la unidad en donde el proceso se considera controlado y capaz de producir productos bajo especificaciones. Además, ambos valores tanto del Cp como del Cpk son aproximadamente iguales, lo que quiere decir que el proceso está centrado.

### IV.3.1.3. Helado Merengada

En la Figura N° 57 se muestra la carta de control del helado Merengada, luego de haber realizado los cambios necesarios de cada uno de sus parámetros, estos son los siguientes: flujo de aire: 780 l/h; flujo de mezcla: 650 l/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 41 %, temperatura de amoníaco: -20 °C y presión de amoníaco: 0,8 bar.

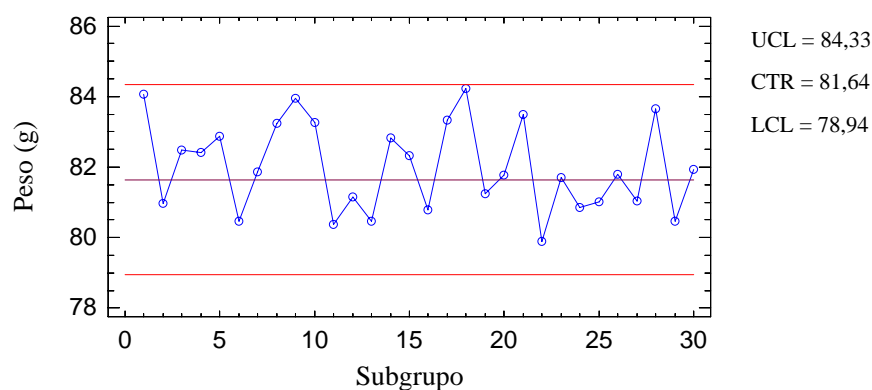


Figura N° 57. Carta de Control del helado Merengada en estado bajo control

Con los nuevos parámetros seleccionados, la variabilidad de las características del helado Merengada disminuyen notablemente, ya que la gráfica presenta un comportamiento aleatorio (Ver Figura N° 57), lo que implica que la calidad del producto está aumentando, ya que se está cumpliendo en gran medida con la variable peso estipulada dentro de las especificaciones de producción de Productos EFE, S.A.

Para visualizar mejor el análisis expuesto anteriormente, se puede observar el histograma de la Figura N° 58 que muestra los productos fuera de especificación, los cuales permiten comparar el proceso con la situación inicial.

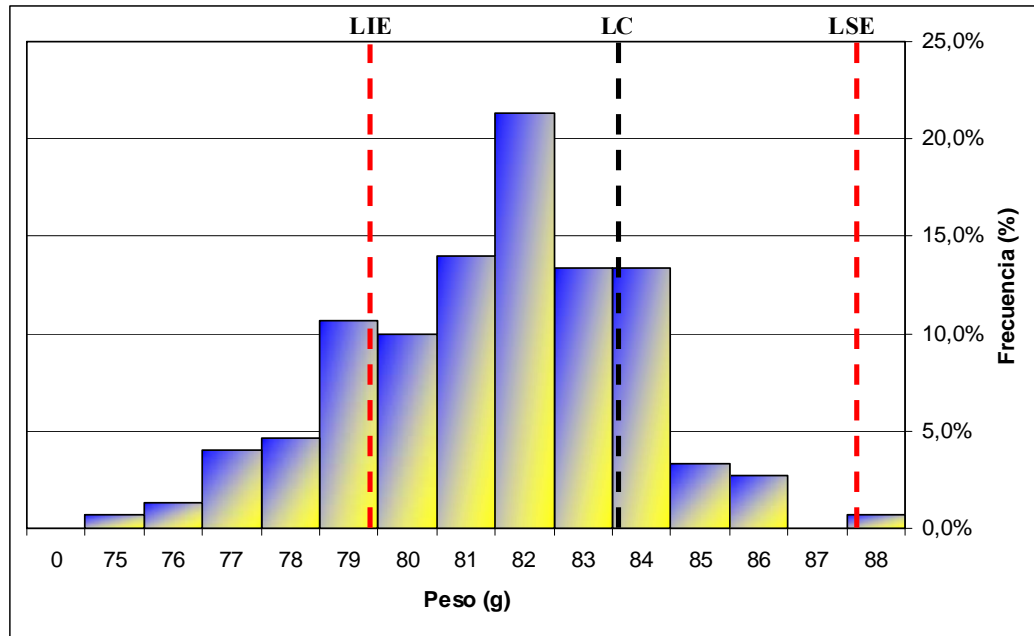


Figura N° 58. Histograma de frecuencia del helado Merengada en estado bajo control

La Figura N° 58 muestra el histograma del helado Merengada después de haber controlado estadísticamente el proceso. En dicho histograma, se aprecia que aún con el proceso controlado la gráfica está un poco desplazada hacia la derecha, lo que indica que existe cierta cantidad de productos que no cumplen con las especificaciones. Sin embargo, comparando el proceso con su situación inicial hubo una notable mejora, ya que en un principio los productos fuera de especificación representaban un 28%, mientras que con los nuevos parámetros establecidos se redujo ese número a un 12%. Hay que tener en cuenta que dentro del proceso siempre va a existir cierta variabilidad que muchas veces son inevitables, debido a que son inherentes al proceso o a la precisión de las máquinas, lo importante es tratar de reducir al máximo los patrones que indican que el proceso está descontrolado e ir haciendo un seguimiento con el tiempo para tratar de optimizarlo.

Por otra parte se tiene un Cp de 0,77 y un Cpk de 0,36. Estos valores no llegan a la unidad, sin embargo uno de ellos está cerca, lo que indica que los valores están



cercanos a la media muestral. No obstante, el valor del Cpk demuestra que el proceso no cumple del todo con las especificaciones de producción. Por otra parte, la distancia que existe entre los mismos revela que el proceso no está centrado.

#### IV.3.1.4 Helado Piñata

En la Figura N° 59 se muestra la carta de control para el helado Piñata, luego de haber realizado los cambios necesarios de cada uno de sus parámetros. En vista de esto, los parámetros que se recomiendan utilizar son los siguientes: flujo de aire: 400 l/h; flujo de mezcla: 670 l/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 29 %; temperatura de amoníaco: -18 °C y presión de amoníaco: 1 bar.

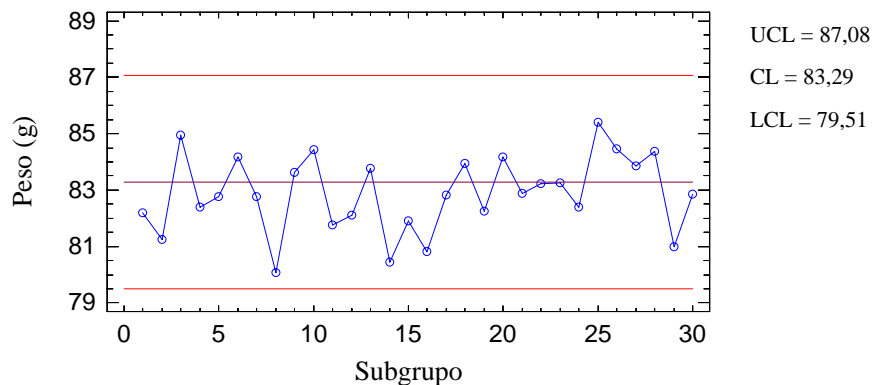


Figura N° 59. Carta de Control del helado Piñata en estado bajo control

La situación de control mejoró sustancialmente con respecto a las pruebas realizadas con anterioridad, se eliminaron las rachas, la tendencia ascendente y los puntos fuera de los límites de control, presentes en la situación inicial. Aunado a esto, no se observó ningún patrón que indique que el proceso está fuera de control, es decir el proceso solo presenta causas naturales de variación (Ver Figura N° 59). Por otro lado, es importante destacar que para lograr el control de un proceso es necesario que el seguimiento sea continuo, para evitar la presencia de causas asignables que puedan

descontrolarlo, y más aún con este tipo de helado que por llevar agregados (chicle), que a pesar que son analizados previamente, no todos sus pesos son iguales y esto trae como consecuencia que el control de los pesos del helado sea mucho más sensibles a variaciones.

La Figura N° 60 muestra el histograma correspondiente a esta fase del estudio. Se observa que a pesar de que el proceso se encuentra un poco desplazado hacia la izquierda, hay una gran mejoría ya que los productos fuera de especificación representan un 14,7 % en comparación con la situación inicial, cuyos productos fuera de especificación daban un total de 44 %, lo que quiere decir que se logró disminuir la variabilidad en el proceso haciéndolo mucho más estable.

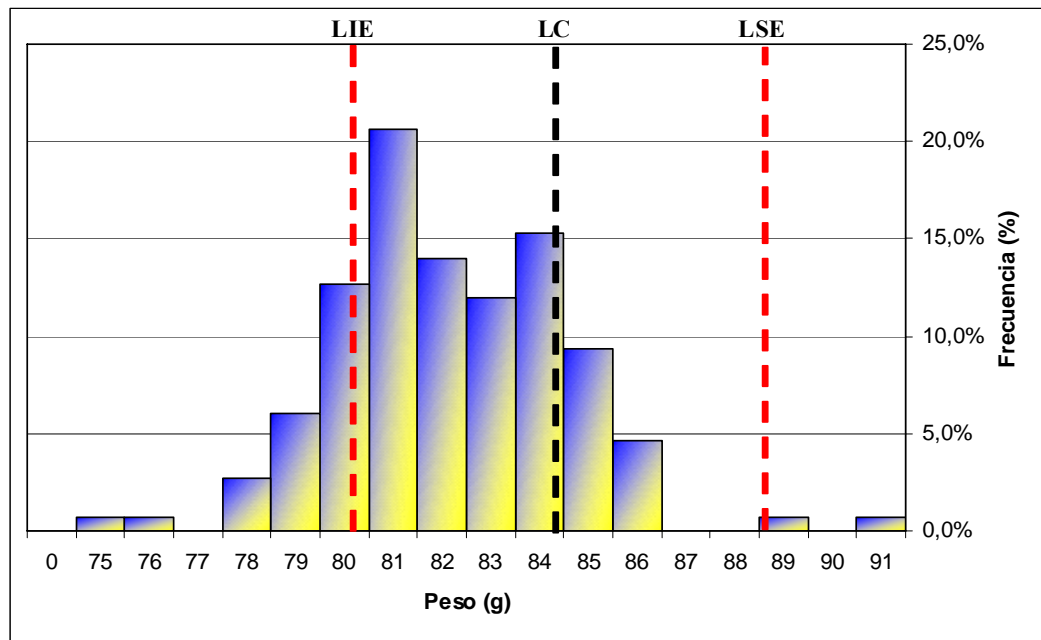


Figura N° 60. Histograma de frecuencia del helado Piñata en estado bajo control

Por otra parte, el Cp resultó ser 0,70, mientras que el Cpk 0,37. Al Cp acercarse a la unidad significa que el proceso está más controlado, y que los pesos están cercanos a la media muestral, a pesar que no se está cumpliendo del todo con las especificaciones de diseño. También, se puede observar que el Cp y Cpk son distintos, es decir esto indica que el proceso no se encuentra centrado con respecto a las especificaciones, por eso la aparición de un pequeño porcentaje de productos por debajo del límite inferior.

#### IV.3.1.5. Helado Tinita Mantecado

En base a los análisis anteriormente realizados del helado Tinita, en la Figura N° 61 se muestra la carta de control de su situación actual. Los parámetros de estudio que se recomiendan son los siguientes: flujo de aire: 450 l/h; flujo de mezcla: 500 l/h; viscosidad (equivalente a la potencia del motor del congelador): 40 %; temperatura de amoníaco: -17 °C y presión de amoníaco: 1,2 bar.

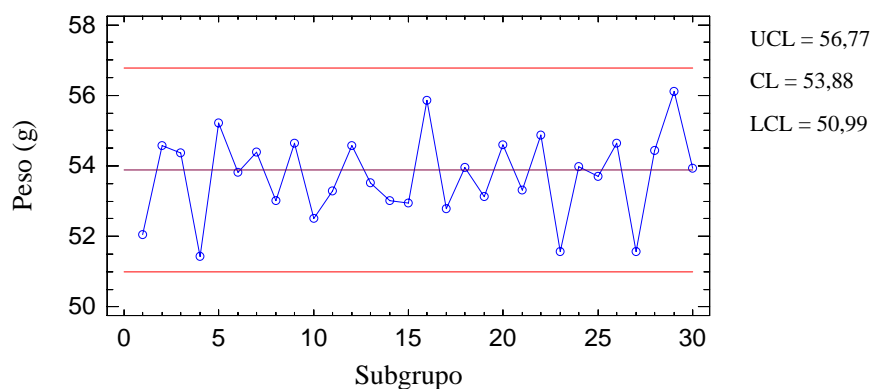


Figura N° 61. Carta de Control del helado Tinita Mantecado en estado bajo control

Como se puede observar el proceso mejoró notablemente con estos parámetros, se eliminaron los puntos fuera de los límites de control y las tendencias existentes. Se nota, un comportamiento medianamente aleatorio con pesos fluctuantes, que se pueden visualizar mejor en el Histograma de Frecuencia de la Figura N° 62:

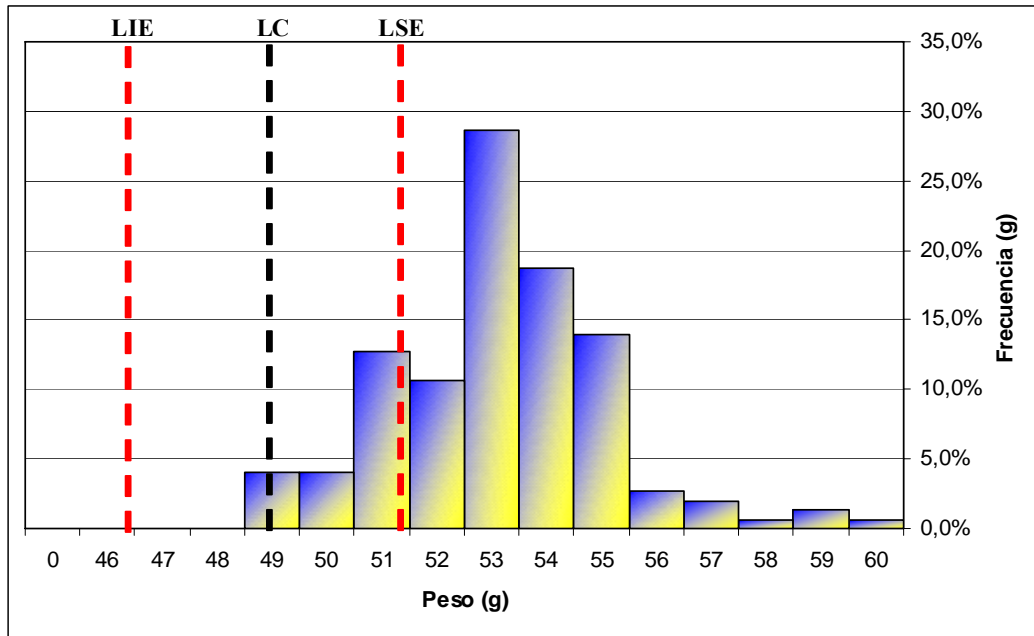


Figura N° 62. Histograma de frecuencia del helado Tinita Mantecado en estado bajo control

Como se puede observar el proceso sigue desplazado hacia la derecha, lo que significa que los helados están por encima de las especificaciones. Por otra parte, se observa que el porcentaje de productos fuera del rango de las tolerancias representa un 84%. De igual manera, los valores del Cp y del Cpk fueron 0,52 y -0,38, respectivamente. Esto quiere decir, que el proceso al mantenerse en control y dando un margen tan alto de productos fuera de especificación, es necesario el ajuste de los límites de especificación del producto, aparte de la gran diferencia que existe entre el Cp y el Cpk, queda comprobado que no es tan acorde a la realidad, ya que por un lado, el proceso está dentro de los límites de control, mientras que por el otro lado los pesos no cumplen con los límites de especificación de diseño preestablecidos.

A continuación se podrá apreciar en la Tabla N° 12, una comparación entre los productos fuera de especificación en la situación inicial y luego de haber aplicado las acciones correctivas para cada tipo de helados:



IV.3.2 Comparación de la Situación Inicial con la Situación Actual de los Helados

Tabla N° 12. Porcentaje de Productos Fuera de Especificación

TIPO DE HELADO	SITUACIÓN INICIAL			SITUACIÓN ACTUAL		
	Porcentaje Arriba de la Especificación (%)	Porcentaje Abajo de la Especificación (%)	Porcentaje Fuera de Especificación (%)	Porcentaje Arriba de la Especificación (%)	Porcentaje Abajo de la Especificación (%)	Porcentaje Fuera de Especificación (%)
<b>Cachorro</b>	1,33	51,33	52,67	3,33	46	49,33
<b>Golazo</b>	25,33	12	37,33	8,67	4	12,67
<b>Merengada</b>	2,67	25,33	28	0	16	16
<b>Piñata</b>	12,67	31,33	44	1,33	13,33	14,66
<b>Tinita</b>	84,67	2,67	87,33	84	0	84

La obtención del porcentaje de los helados fuera de especificación mostrada en la Tabla N° 12, fue realizada según los histogramas de frecuencias mostrados en los análisis anteriores.

Para el caso de la situación actual, los productos fuera de especificación para los helados Cachorro, Merengada y Piñata, se encuentran conformados mayormente por productos cuyos pesos están por debajo del límite de especificación, mientras que los helados Golazo y Tinita se encuentran conformado por productos cuyos pesos están por encima de los límites de especificación. Estos porcentajes de productos que no se encuentran en los estándares, se debe a la variabilidad que todavía existe en el proceso con respecto a lo especificado, es decir con respecto a los límites de especificación fijados por Productos EFE, S.A., además se puede notar que al observar los diversos histogramas la media del proceso se encuentra descentrada con respecto a las especificaciones, ya sea porque ésta rebasa o se encuentra por debajo de el límite de especificación o porque se encuentra entre ellos y no coincide con el valor nominal. Sin embargo, en dicha tabla se puede observar que en la totalidad de los helados luego de haber sido aplicado CEP, hubo una gran mejoría en cuanto a los productos que se encontraban fuera de especificación.

#### **IV.4. PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL PROCESO**

El desarrollo del plan de optimización de la capacidad del proceso consta de dos etapas mencionadas a continuación:

1. Estandarización y mantenimiento de la nueva situación.
2. Acciones a seguir según el estado del proceso.

Para mantener el control de la nueva situación, es necesario estandarizar el nuevo método de operación, es decir, la nueva forma de trabajo. El método de trabajo incluye frecuencia de muestreo de los helados, número de muestras a tomar y condiciones de operación de los parámetros de los congeladores (flujo de aire y flujo de mezcla).

La herramienta que ayudará a ejercer el control de la nueva situación hasta que se convierta en la manera normal de hacer las cosas, es una sencilla hoja de verificación (Ver Apéndice G) en la cual se pedirá indicar el producto, hora, temperatura de pasteurización, temperatura del helado a la salida del congelador, flujo de aire, flujo de mezcla, overrum y el inicio y el fin de cada parada que se produzca en el proceso.

Una vez estandarizada la situación se procederá a ejecutar el plan en sí, las acciones que en dicho plan se realicen dependen de la situación en la que se encuentre el proceso, como se expone a continuación:

1. Si el proceso está fuera de control
  - 1.1. Acciones inmediatas para eliminar causas especiales.
  - 1.2. Ejecutar un proyecto de mejora para lograr el control del proceso. Este proyecto de mejora debe estar conformado por un análisis de causas.
  - 1.3. Aplicación del programa Stat Graphics, empleando subgrupos de 5 unidades de helados, para un total de 30 muestras.
  - 1.4. Propuestas e implementación de acciones correctivas.
  
2. Si los índices de capacidad del proceso, tanto real como potencial son menores a uno, es decir si el proceso presenta una alta variación
  - 2.1. Acciones inmediatas para reducir la variación.
  - 2.2. Monitoreo frecuente (cada 3 minutos).



3. Si los índices de capacidad real y potencial son mayores a uno pero menores a 1,33
  - 3.1. Mejoras al proceso a corto plazo.
  - 3.2. Monitoreo con menor frecuencia que procesos con capacidad menor a uno (cada 10 minutos).
  - 3.3. Revisión de las especificaciones.
  
4. Si los índices de capacidad real y potencial son mayores a 1,33.
  - 4.1 Mejoras al proceso a largo plazo.
  - 4.2. Elevar el nivel de capacidad del proceso, tanto real como potencial.
  - 4.3. Monitoreo esporádico.
  - 4.4. Revisión de las especificaciones.

La revisión de las especificaciones debe realizarse conforme a lo establecido por el Departamento de Control de Calidad y Desarrollo de Productos EFE, el cual hace referencia al contenido neto y tolerancias establecidas en los helados.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES**

1. La implementación del sistema de control estadístico de procesos, en la línea de helados tipo novelties de Productos EFE, S.A., permitió disminuir la variabilidad en el peso de los mismos.
2. Los porcentajes de productos dentro de especificación para los helados en la situación actual son los siguientes: helado Cachorro 50,67%, helado Golazo 87,33%, helado Merengada 84%, helado Piñata 85,34 y helado Tinita 16%, presentando una notable mejora, con la implementación del sistema de control estadístico.
3. La variación del flujo de mezcla afecta a los helados Golazo, Piñata y Tinita, mientras que la variación del flujo de aire afecta a los helados Cachorro y Merengada.
4. La temperatura de pasteurización, la temperatura a la salida del congelador, la de refrigeración de los tanques de maduración y la de los bancos de hielo, son parámetros controlados.
5. La dispensadora de cremas y mermeladas por ser ajustada manualmente, y no tener un control de la cantidad de helado que va hacia cada uno de los picos, aumenta la variabilidad de los pesos, especialmente para los helados Cachorro y Golazo, presentando una disminución de los mismos aproximadamente de 10 g.

6. Los congeladores presentan una notable descalibración, impidiendo que se coloquen los parámetros establecidos como especificación (flujo de aire, flujo de mezcla, viscosidad).
7. Los congeladores no presentan un flujo constante ya que no hay presencia de una bomba que lleve la mezcla desde los tanques de maduración hasta el congelador, sino que se realiza por gravedad. Esto influye en las variaciones de peso debido a las caídas o aumentos de flujos de mezcla.
8. Los estudios de capacidad del proceso obtenidos afirman que los helados Cachorro, Merengada, Piñata y Tinita, no son capaces de cumplir con las especificaciones y el proceso no está centrado con respecto a las mismas, mientras que el helado Golazo si puede cumplir con especificaciones y presenta un proceso centrado. Esto indica que las especificaciones de los helados Cachorro, Merengada, Piñata y Tinita deben ser ajustados.
9. El desarrollo del proyecto depende de la colaboración de los trabajadores.

## **CAPITULO VI**

### **RECOMENDACIONES**

1. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que conforman la línea de helados en Productos EFE, S.A.
2. Colocar bombas para transportar constantemente la crema desde los tanques de maduración hasta los congeladores.
3. Ajustar las dispensadoras de mermeladas y de cremas, con el fin de que dosifiquen igual en todos los picos de la llenadora.
4. Ajustar los límites de especificación que existen actualmente para cada uno de los helados.
5. Involucrar a los operadores que conforman las distintas etapas de la línea para el desarrollo del proyecto, preparándolos sobre la implementación e importancia de un sistema de control estadístico de procesos.
6. Llevar un registro automático de los datos en el área de llenado, lo cual disminuirá el grado de incertidumbre y desconfianza sobre la misma.
7. Realizar un estudio de factibilidad económica que permita determinar la posibilidad de aplicar el sistema de control estadístico en la línea de llenado de los helados tipo Novelties.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Amiot, J. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Leche*. Zaragoza, España: Acribia. 520 p.

Arbuckle, W. (1986). "Ice Cream", 4<sup>a</sup> ed. New York: AVI. 483 p.

Ardila, D. y Salvo, A. (2006). *Elaboración de Instructivos de Operación para reducir las perdidas en una fabrica de Helados*. Trabajo Especial de Grado I. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Arvelo, A. (1998). *La Capacidad de los Procesos Industriales*. Caracas: Universidad Católica Andrés Bello.

Besterfield, D. (1994). *Control de Calidad*, 4<sup>ta</sup> edición. México: Prentice Hall Hispanoamericana. 340 p.

Cantú, H. (2001). *Desarrollo de una cultura de calidad*, 2<sup>da</sup> ed. México: McGraw – Hill. 155 p

De Lorencio Filho, R. (1974). *Control Estadístico de la Calidad*. México: Parafino. 250 p.

Delgado, H. (1990). *Desarrollo de una Cultura de Calidad*. México: McGraw – Hill. 450 p.

Desrosier, N. W. (1985). *Elementos de Tecnología de Alimentos*, 3<sup>a</sup> ed.: AVI. 483 p.

Duncan, A. (1990). *Control de la Calidad y Producción Industrial*. Tomo II, 3<sup>era</sup> ed. México: Alfaomega. 544 p.

Fondonorma. (2007). Curso de Control Estadístico de Procesos (CEP). Preparado especialmente para: Productos Efe, S.A. Caracas: Navarro, Silvia. 145 p.

Freud, J. (1990). Estadística Matemática con Aplicaciones, 4<sup>ta</sup> ed. México: Prentice Hall Hispanoamericana. 350 p.

Grant, E. (1981). Control estadístico de calidad, 4<sup>ta</sup> ed. México: Compañía editorial continental, S.A. 650 p.

Grima, P y Martorell, J. (1995). Técnicas para la Gestión de la Calidad. España: Ediciones Díaz De Santos, S.A. 350 p.

Hitoshi, K. (1992). Herramientas básicas para el mejoramiento de la calidad. Bogotá: Grupo Editorial Norma. 350 p.

James, P. (1997). Gestión de la calidad total. Un texto introductorio. Madrid: Editorial Prentice Hall. 460 p.

Juran, J.M. (1990). Juran y la Planificación de la calidad. Madrid: Ediciones Díaz De Santos, S.A. 388 p.

Juran, J.M. (1985). Manual para la Gestión de la Calidad. México: McGraw – Hill. 1350 p.

Kasuga, H. (1995). Círculos de la Calidad, la nueva dimensión organizacional, 7<sup>ma</sup> ed. México: Editorial Grad, S.A. 195 p.

Penn State (1994) “Ice Cream Short Course”. The Pennsylvania State University: Keeney, A. y Kilara, M. 60 p.

Montgomery, D. (1996). Probabilidad y estadísticas aplicadas a la ingeniería”. México: McGraw Hill Interamericana. 650 p.

Montgomery, D. (2007). Control estadístico de la calidad, 3<sup>era</sup> ed. México: Limusa Wiley. 719 p.

Metro-norma. (2005). Curso de Herramientas Básicas para el Control Estadístico de Procesos. Caracas: Eunice, Martínez. 100 p.  
Helados y Mezclas para Helados. COVENIN 2392, 1997.

Ochoa, N. (2006). Implantación Del Sistema Haccp En La Línea De Helados Familiares Sin Agregados. Informe de Pasantía. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas.

Ochoa, Y. (2005). Diseño e Implementación de un Sistema de Control Estadístico de Proceso para la Variable Peso en la Línea de Pan de Bimbo de Venezuela. Trabajo Especial de Grado. Universidad Central de Venezuela, Caracas.

Spreer, E (1991). Lactología Industrial, 2<sup>a</sup> ed. Zaragoza: Acribia. 617 p.

Timm, F. (1991). Fabricación de Helados. Zaragoza: Acribia.

Xena Asociados Consultores, A.C. (2005). Control estadístico de procesos. Caracas: Xena Puig Helios.





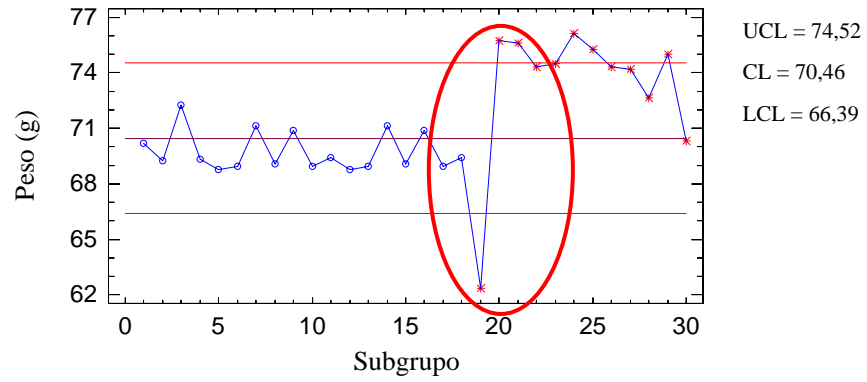


**Apéndice B. Constantes de las cartas de control de promedio – rango  
( $\bar{X} - R$ )(Juran, 1985)**

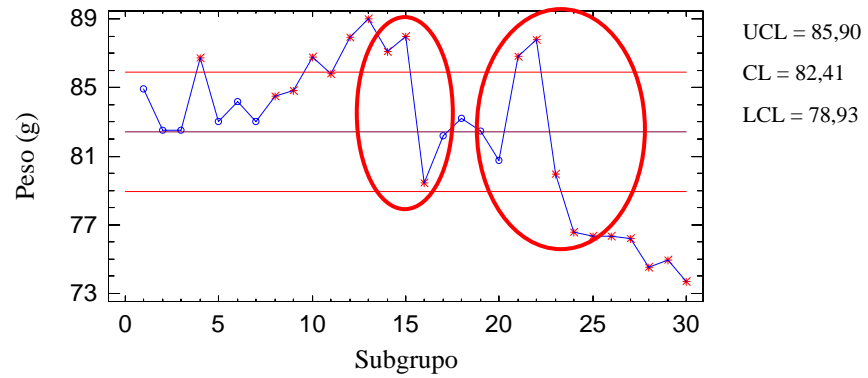
Tamaño de la Muestra	$A_2$	$E_2$	$D_3$	$D_4$	$d_2$
2	1,88	2,66	0	3,27	1,128
3	1,02	1,77	0	2,57	1,693
4	0,73	1,46	0	2,28	2,059
5	0,58	1,29	0	2,11	2,326
6	0,48	1,28	0	2	2,534
7	0,42	1,11	0,08	1,92	2,704
8	0,37	1,05	0,14	1,86	2,847

**Apéndice D. Cartas de Control representando las Paradas en la Línea de Producción de Helados**

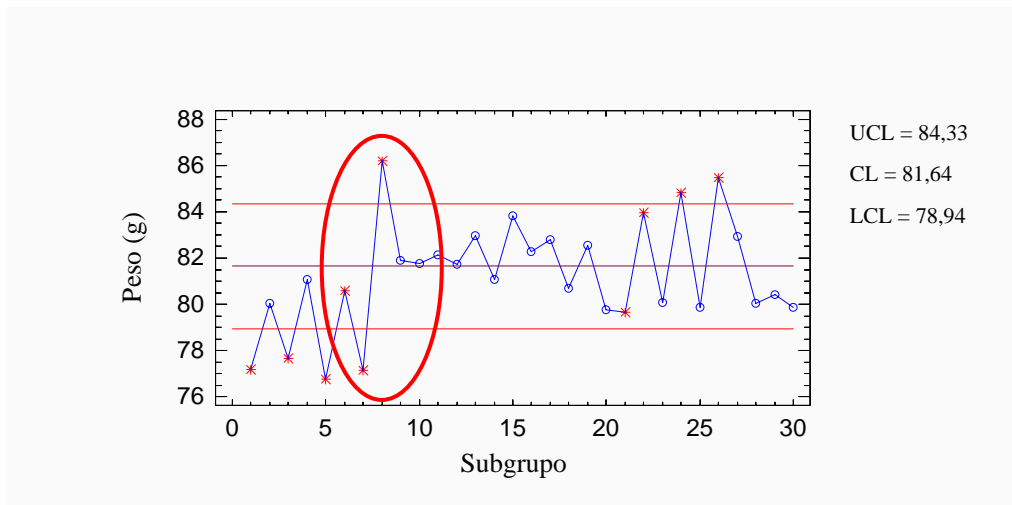
(a) Helado Cachorro



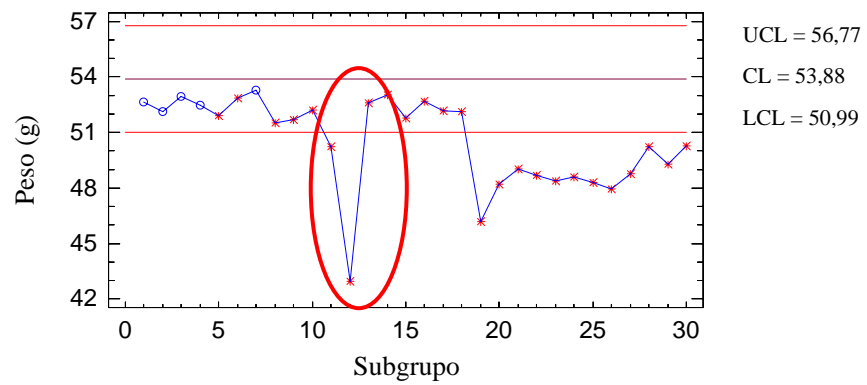
(b) Helado Golazo



(c) Helado Merengada



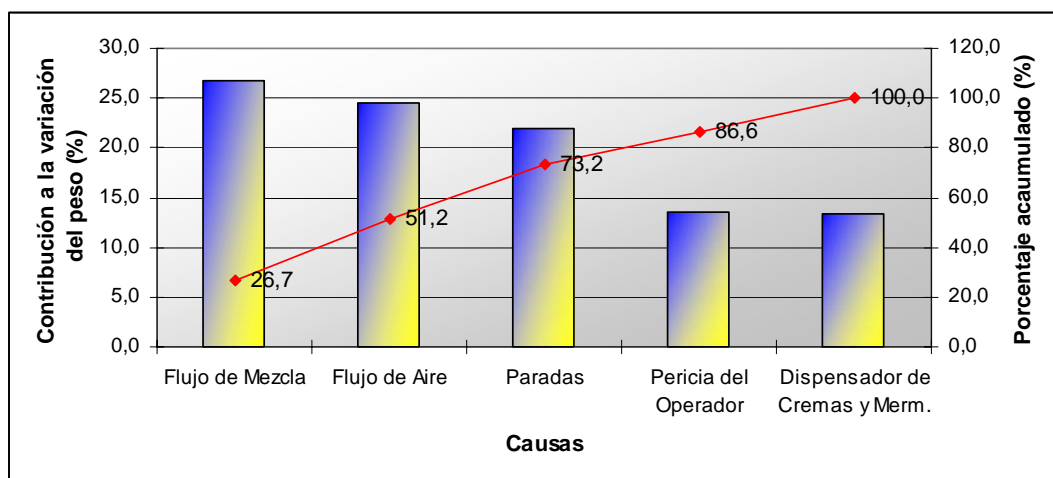
(d) Helado Tinita



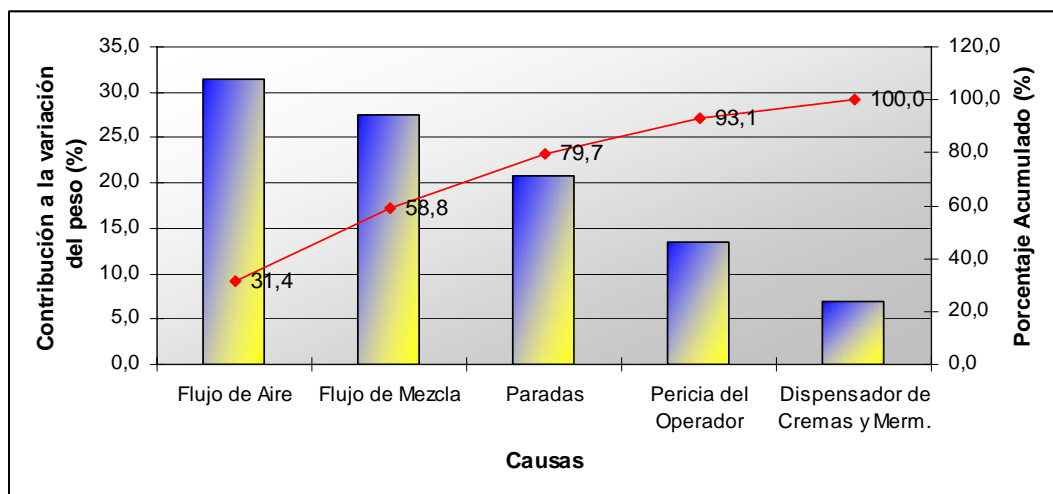
# ***APÉNDICES***

**Apéndice E. Diagrama de Pareto para cada tipo de helado.**

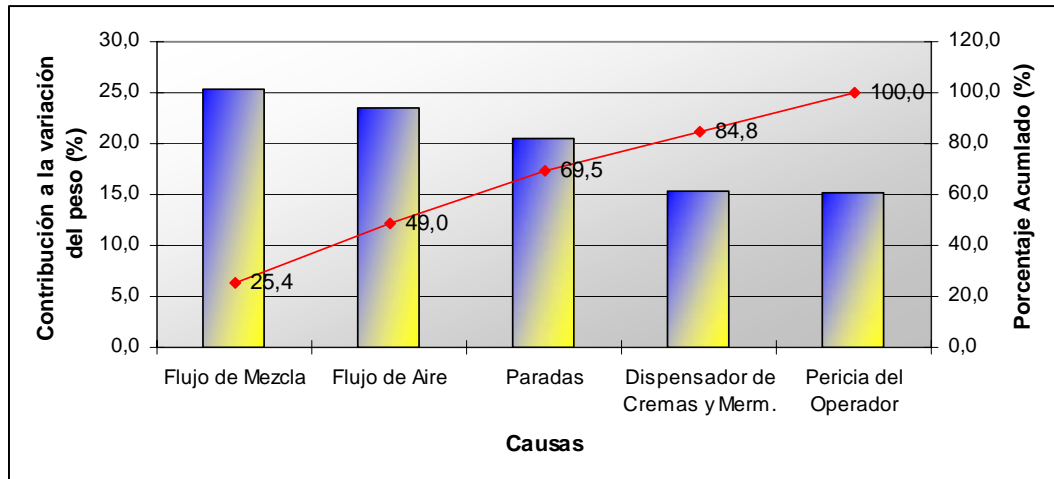
(a) Impacto de las causas confirmadas sobre la variación del peso del helado Golazo.



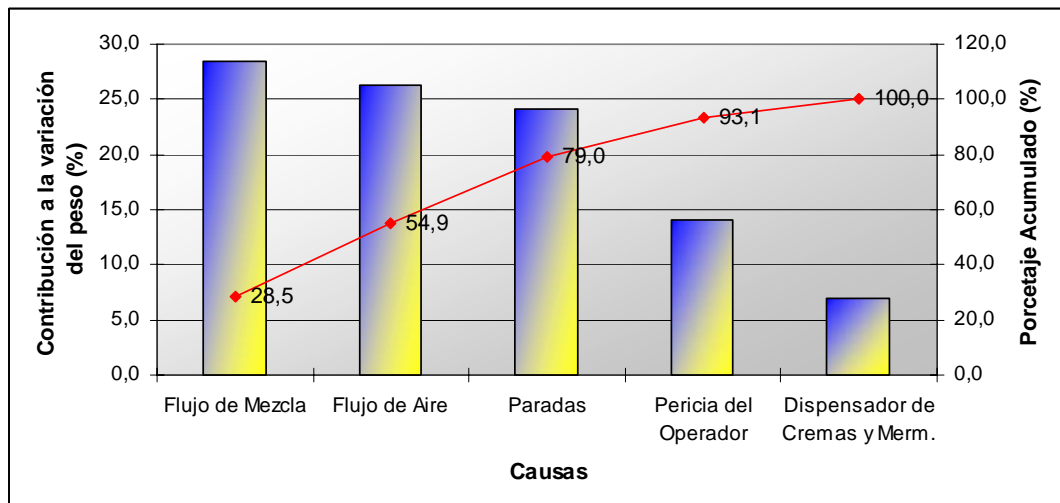
(b) Impacto de las causas confirmadas sobre la variación del peso del helado Merengada.



(c) Impacto de las causas confirmadas sobre la variación del peso del helado Piñata.



(d) Impacto de las causas confirmadas sobre la variación del peso del helado Tinita.



# ***APÉNDICES***





**Apéndice C. Formato para la confirmación de las causas de la variación del peso de los helados.**

Departamento Calidad Total		Área Producción	Responsable del proyecto Raiza Sánchez	Equipo de Trabajo Raiza Sánchez, Oswaldo Sperandio, Karlha Pineda	Fecha
N°	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS
1	Variación del flujo de mezcla en los helados	Toma de muestras de helados cada 3 minutos, durante el proceso de producción.	Karlha Pineda	05/05/08 al 18/08/08	Para los helados Tinita, Piñata y Golazo la variación del flujo de mezcla tiene un mayor efecto sobre la variabilidad de los pesos, trayendo como consecuencia que no se cumplan con los límites de especificación estipulados por Productos EFE, S.A., y por ende un descontrol estadístico del proceso.
2	Variación del flujo de aire en los helados	Toma de muestras de helados cada 3 minutos, durante el proceso de producción.	Karlha Pineda	05/05/08 al 18/08/08	Para los helados Cachorro y Merengada la variación del flujo de aire tiene un mayor efecto sobre la variabilidad de los pesos, trayendo como consecuencia que no se cumplan con los límites de especificación estipulados por Productos EFE, S.A., y por ende un descontrol estadístico del proceso.

Departamento Calidad Total		Área Producción	Responsable del proyecto Raiza Sánchez	Equipo de Trabajo Raiza Sánchez, Oswaldo Sperandio, Karlha Pineda	Fecha
Nº	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS
3	Ajuste manual en los dispensadores de cremas y mermeladas	Verificación visual y cuantitativa, midiendo el efecto en cuanto a la diferencia de pesos existentes.	Karlha Pineda	19/05/08 al 02/06/08	El dispensador al ajustarse manualmente, sin tener control de la cantidad de crema y mermelada que va hacia cada uno de los picos, genera una alta variabilidad en los pesos de los helados, hasta de 10 g por debajo del límite inferior de especificación.
4	Falta de calibración en los congeladores	Verificación visual del funcionamiento del congelador en la etapa de llenado de los helados	Karlha Pineda	19/05/08 al 02/06/08	Los congeladores presentan una notable descalibración, impidiendo que se coloquen los valores establecidos como especificación, lo cual trae consigo que los operadores ajusten los parámetros de forma manual, afectando los pesos y en ocasiones las propiedades organolépticas de los helados.

Departamento Calidad Total		Área Producción	Responsable del proyecto Raiza Sánchez	Equipo de Trabajo Raiza Sánchez, Oswaldo Sperandio, Karlha Pineda	Fecha
N°	CAUSA SELECCIONADA	MÉTODO DE CONFIRMACIÓN	PERSONA RESPONSABLE DE CONFIRMAR	FECHA DE CONFIRMACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS
5	Paradas en la línea de producción de helados	Comparación de muestreo con y sin paradas	Karlha Pineda	02/06/08 al 18/08/08	Tanto la media como la desviación estándar del peso se afectan al realizar paradas, ya que la desviación estándar aumenta y la media se aleja mucho más de las especificaciones.
6	Pericia de los operadores	Comparación de los datos arrojados en el muestreo de los operadores	Karlha Pineda	05/05/08 al 18/08/08	La pericia del operador afecta la variación de peso en la producción de los helados. Cada operador ejerce un efecto distinto en la desviación estándar de los pesos de los productos, siendo estos las personas con mayor influencia en la calidad de los productos que se obtienen.

**Apéndice F. Formato para la implementación de acciones correctivas a las causas de variación de peso de los helados.**

(a) Acciones Correctivas Cuantificables

(b) Acciones Correctivas Futuras (Cualitativas)

Departamento Calidad Total		Área Producción	Responsable del proyecto Raiza Sánchez	Equipo de Trabajo Raiza Sánchez, Oswaldo Sperandio, Karlha Pineda	Fecha
N°	CAUSA CONFIRMADA	ACCIÓN CORRECTIVA	¿QUIÉN IMPLANTA?	PERIODO DE IMPLANTACIÓN	RESULTADOS OBTENIDOS
1	Variación del flujo de mezcla en los helados.	Establecer dicho parámetro de operación en la etapa de llenado para los helados afectados por el mismo.	Karlha Pineda	25/08/08 al 06/10/08	A partir de la semana 20 los helados Golazo, Piñata y Tinita, se producen bajo el parámetro de flujo de mezcla indicado, el cual trajo consigo una mejoría en el proceso en cuanto a la variación de pesos, ya que se redujo el porcentaje de productos fuera de especificación en un 25% aproximadamente.
2	Variación del flujo de aire en los helados.	Establecer dicho parámetro de operación en la etapa de llenado para los helados afectados por el mismo.	Karlha Pineda	25/08/08 al 06/10/08	A partir de la semana 20 los helados Cachorro y Merengada, se producen bajo el parámetro de flujo de aire indicado, el cual trajo consigo una mejoría en el proceso en cuanto a la variación de pesos, ya que se redujo el porcentaje de productos fuera de especificación en un 15 % aproximadamente.

Departamento Calidad Total		Área Producción	Responsable del proyecto Raiza Sánchez	Equipo de Trabajo Raiza Sánchez, Oswaldo Sperandio, Karlha Pineda
N°	CAUSA CONFIRMADA	ACCIÓN CORRECTIVA		¿QUIÉN IMPLANTA?
1	<b>Ajuste manual en los dispensadores de cremas y mermeladas</b>	Ajustar el Dispensador de cremas y mermeladas, con la finalidad que dosifiquen la misma cantidad de helados para todos los picos, y así bajar el % de variación de pesos.		Departamento de Mantenimiento
2	<b>Falta de calibración en los congeladores</b>	Calibrar los congeladores semanalmente, con la finalidad que las condiciones de operación del mismo se puedan mantener constantes en cada etapa de producción.		Departamento de Mantenimiento

Departamento Calidad Total		Área Producción	Responsable del proyecto Raiza Sánchez	Equipo de Trabajo Raiza Sánchez, Oswaldo Sperandio, Karlha Pineda
Nº	CAUSA CONFIRMADA	ACCIÓN CORRECTIVA		¿QUIÉN IMPLANTA?
3	Falta de flujo constante en los congeladores	Colocar una bomba que lleve la mezcla desde los tanques de maduración hacia los congeladores, para evitar al final la variabilidad en los pesos de los helados		Departamento de Desarrollo y Calidad
4	Pericia de los operadores	Establecer las condiciones de operación de los congeladores ya calibrados.		Departamento de calidad
5	Falta de seguimiento por los supervisores	Capacitar a los supervisores de planta y al personal de aseguramiento de la calidad a la utilización del programa estadístico Stat Graphics.		Departamento de calidad
6	Desmotivación de los trabajadores	Generar un plan o programa de capacitación y motivación destinado al personal que opera en planta.		Departamento de calidad
7	Falta de conocimiento en el CEP	Capacitar al personal que labora en la línea en los conceptos básicos de CEP.		Departamento de calidad
8	Falta de metodología en el muestreo	Capacitar al personal que opera en planta, sobre la forma de recolectar las muestras, es decir, indicarle la cantidad a pesar y cada cuanto tiempo se debe hacer.		Departamento de calidad

**Apéndice G. Hoja de Verificación de los estándares del proceso de llenado**

HORA	TIPO DE HELADO	TEMPERATURA DE PASTEURIZACIÓN (°C)	FLUJO DE MEZCLA (l/h)	FLUJO DE AIRE (l/h)	OVERRUM (%)	PARADAS	
						Inicio	Fin



