



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO EN LA
OPERACION DE ENVASADO DE UNA BEBIDA
EN POLVO.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
MARTHA VICTORIA DIAZ CALVO

ASESORA: LIC. ADRIANA LLORENTE ROUSQUETS

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodriguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.B. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:
Aplicación de Control Estadístico en la upración de envasado
de una bebida en polvo.

que presenta la pasante Martha Victoria Díaz Galvo
con número de cuenta: 3754230-1 para obtener el TITULO de:
Ingeniera en Alimentos.

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlan Izcalli, Edo. de Mex., a 5 de Noviembre de 1996

PRESIDENTE	<u>Dr. Jaime Keller Torres</u>	<u>[Signature]</u>
VOCAL	<u>Dr. Sara E. Valdés Martínez</u>	<u>[Signature]</u>
SECRETARIO	<u>Lic. Adrían Florentino Bouquet</u>	<u>[Signature]</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>M. en C. Eleno Vargas Ugaldé</u>	<u>[Signature]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Lic. Rosalva Beltrán Pérez</u>	<u>[Signature]</u>

AGRADECIMIENTOS

Agradezco antes que nada a Dios el darme la oportunidad de ver realizada una de mis metas más importantes.

A mis padres, que entre muchas cosas me dieron la oportunidad de tener una profesión, me enseñaron a trabajar para cumplir con cada objetivo propuesto, y que me han dejado la herencia más grande que existe, éste es el resultado de su esfuerzo.

A ti mi pequeño(a) que aunque todavía no te conozco, eres mi razón de ser mejor cada día, espero que algún día te sientas orgulloso(a) de mí como yo lo estoy de ti aún sin conocerte.

A Mario, espero que consideres éste logro como tuyo propio, gracias por compartir tu vida conmigo.

A mis hermanos José Antonio y Ana Isabel que forman parte de mi vida me han apoyado siempre y con quienes espero seguir compartiendo muchos momentos como éste.

Agradezco de manera muy especial a dos personas que en el ámbito profesional han sido modelos a seguir, personas a quienes admiro y respeto: el Ing. Fermin Ruiz Leal y el Ing. Juan Antonio Rubio.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por formarme académicamente, a mis profesores y muy especialmente a la LNCA Adriana Llorente Bousquets por su tiempo y dedicación en la dirección del presente trabajo, de igual manera agradezco a los profesores que integraron el jurado cuyas observaciones fueron parte fundamental para el desarrollo del mismo.

A la empresa Gomas y Coloides, S.A. de C.V. que ha sido mi escuela profesional, gracias por la oportunidad que me brindo y por el apoyo para la realización de el presente trabajo.

A todos mis familiares, amigos y compañeros de escuela que me apoyaron en la realización de éste objetivo.

INDICE

	PAGINA
RESUMEN	3
OBJETIVOS.....	4
I.- GENERALIDADES.....	5
1.1. Desarrollo de la Filosofía de Calidad y su historia en el mundo.....	6
1.2. Definiciones de Calidad, Aseguramiento de Calidad y Control Estadístico de Proceso.....	8
1.3. Descripción del Diseño de un Programa de Garantía de Calidad.....	8
1.3.1. Organización.....	9
1.3.2. Plan de Control de Calidad.....	9
1.3.3. Buenas Prácticas de Manufactura.....	10
1.3.4. Desarrollo de Proveedores.....	10
1.3.5. Análisis de Riesgos Identificación y Control de Puntos Críticos.....	10
1.3.6. Control Estadístico de Proceso.....	10
1.3.7. Auditorías de Calidad.....	11
1.4. Importancia del sistema de Control Estadístico en el Programa de Garantía de Calidad.....	11
1.5. Herramientas para la aplicación de Control Estadístico de Proceso.....	13
1.5.1. Histograma de frecuencia.....	13
1.5.2. Gráficos de control.....	17
1.5.3. Planes de muestreo para aceptación.....	24
1.5.4. Diagrama causa-efecto.....	30
1.5.5. Diagrama de Pareto.....	30
1.5.6. Diagrama de tendencia.....	31
1.6. Descripción del producto "Bebida en polvo".....	32
1.6.1. Definición fisicoquímica.....	32
1.6.2. Principales ingredientes.....	34
1.6.3. Composición proximal.....	36
1.7. Proceso de elaboración de una bebida en polvo.....	37
1.7.1. Descripción del proceso de manufactura de una bebida en polvo.....	37
- Recepción de Materiales	
- Operación de mezclado	
- Envasado como operación a controlar	
- Operación de termosellado	
- Empaque	
- Almacenamiento	

-Comercialización

II.- METODOLOGÍA	45
2.1. Cuadro metodológico.....	47
2.2. Diagrama de bloques del proceso.....	48
2.3. Procedimientos para la utilización de las herramientas estadísticas en la operación de envasado.....	50
2.3.1. Métodos de inspección de las características de calidad durante la operación de envasado.....	50
2.3.2. Elaboración del Plan de muestreo, cálculo de tamaño de lote, y momentos de muestreo.....	52
2.3.3. Elaboración de la Hoja de registro de variables y atributos.....	53
2.3.4. Validación de los aparatos de medición.....	53
2.3.5. Procedimientos para la construcción de:.....	54
- Histograma de Frecuencia	
- Gráfico de control	
- Diagrama de Pareto	
- Gráfica de Tendencia	
- Diagrama Causa - Efecto	
III.- ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58
3.1. Validación de los aparatos de medición.....	59
3.2. Interpretación de los resultados obtenidos durante la semana 1 a 9 por medio de la construcción de:.....	61
- Histograma de Frecuencia	
- Gráfico de control	
- Diagrama de Pareto	
- Diagrama de Tendencia	
- Diagrama de Dispersión de puntos	
- Diagrama Causa - Efecto	
3.3. Discusión de resultados de la operación de envasado durante las semanas 1 a 9.....	80
3.3.1. Consideraciones a la operación de envasado durante las semanas 1 a 9.....	80
3.4. Interpretación de resultados de la operación de envasado durante las semanas 11 a 19.....	82
3.4.1. Consideraciones a la operación de envasado durante las semanas 11 a 19.....	101
3.5. Plan de muestreo para aceptación.....	102

3.5.1. Clasificación de los atributos en críticos, mayores y menores.....	102
3.5.2. Curvas de operación.....	103
3.6. Estimación de la pérdida económica durante el estudio por defectos en el envasado debido a: Reprocesos, Desperdicios y Correcciones.....	105
IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
v.- BIBLIOGRAFIA.....	115
ANEXO I.....	120

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Figura	Nombre	Página
Figura #1	Evolución de las actividades de Control de Calidad a través del tiempo	7
Figura #2	Sistema de Aseguramiento de la calidad en la Industria	9
Figura #3	Costos de calidad	12
Figura #4	Distribución de frecuencias con forma de curva asimétrica a la derecha	14
Figura #5	Distribución de frecuencias con forma de curva asimétrica a la izquierda	14
Figura #6	Distribución de frecuencias en forma de "J"	14
Figura #7	Distribución de frecuencias con dos modas	14
Figura #8	Curva de inspección 100%	14
Figura #9	Distribución de frecuencias con valores fuera de especificación	14
Figura #10	Comportamiento de datos en forma de comoda	20
Figura #11	Comportamiento de datos en forma de tendencia	20
Figura #12	Adhesión de los datos a los límites de control	20
Figura #13	Adhesión de los datos a la línea central	20
Figura #14	Habilidad de proceso mayor a 1.00	23
Figura #15	Habilidad del proceso igual a 1.00	23
Figura #16	Habilidad del proceso menor a 1.00	23
Figura #17	Diagrama de causa-efecto	30
Figura #18	Diagrama de Pareto	31
Figura #19	Gráfica de tendencia de defectos	31
Figura #20	Figura de la mezcladora Ribbon - Blender	39
Figura #21	Figura de la máquina envasadora "Clockner Bartlett"	43
Figura #22	Figura del túnel de calentamiento y Selladora en "L"	44
Figura #23	Figura del sobre de bebida en polvo	49
Figura #24	Histograma de frecuencias semana 1	62
Figura #25	Histograma de frecuencias semana 2	62
Figura #26	Histograma de frecuencias semana 3	62
Figura #27	Histograma de frecuencias semana 4	63
Figura #28	Histograma de frecuencias semana 5	63
Figura #29	Histograma de frecuencias semana 6	63
Figura #30	Histograma de frecuencias semana 7	64
Figura #31	Histograma de frecuencias semana 8	64
Figura #32	Histograma de frecuencias semana 9	64
Figura #33	Gráfico de medias semana 1	65
Figura #34	Gráfico de desviaciones estandar semana 1	65
Figura #35	Gráfico de medias semana 2	66
Figura #36	Gráfico de desviaciones estandar semana 2	66
Figura #37	Gráfico de medias semana 3	67
Figura #38	Gráfico de desviaciones estandar semana 3	67
Figura #39	Gráfico de medias semana 4	68
Figura #40	Gráfico de desviaciones estandar semana 4	68
Figura #41	Gráfico de medias semana 5	69
Figura #42	Gráfico de desviaciones estandar semana 5	69
Figura #43	Gráfico de medias semana 6	70
Figura #44	Gráfico de desviaciones estandar semana 6	70
Figura #45	Gráfico de medias semana 7	71
Figura #46	Gráfico de desviaciones estandar semana 7	71
Figura #47	Gráfico de medias semana 8	72
Figura #48	Gráfico de desviaciones estandar semana 8	72

Figura #49	Gráfico de medias semana 9	73
Figura #50	Gráfico de desviaciones estandar semana 9	73
Figura #51	Gráfico de fracción defectiva semana 1	74
Figura #52	Gráfico de fracción defectiva semana 2	74
Figura #53	Gráfico de fracción defectiva semana 3	74
Figura #54	Gráfico de fracción defectiva semana 4	75
Figura #55	Gráfico de fracción defectiva semana 5	75
Figura #56	Gráfico de fracción defectiva semana 6	75
Figura #57	Gráfico de fracción defectiva semana 7	76
Figura #58	Gráfico de fracción defectiva semana 8	76
Figura #59	Gráfico de fracción defectiva semana 9	76
Figura #60	Gráfico de tendencia de ampa durante las semanas 1 a 9	77
Figura #61	Gráfico de tendencia de chumoni durante las semanas 1 a 9	77
Figura #62	Gráfico de tendencia de pastaña durante las semanas 1 a 9	77
Figura #63	Gráfico de tendencia de sobre matizado durante las semanas 1 a 9	78
Figura #64	Gráfico de tendencia de fuga durante las semanas 1 a 9	78
Figura #65	Gráfico de tendencia de sobre seco durante las semanas 1 a 9	78
Figura #66	Diagrama de pareto de atributos durante las semanas 1 a 9	79
Figura #67	Diagrama de pescado sobre el control estadístico de las operación de envasado	81
Figura #68	Histograma de frecuencias semana 11	83
Figura #69	Histograma de frecuencias semana 12	83
Figura #70	Histograma de frecuencias semana 13	83
Figura #71	Histograma de frecuencias semana 14	84
Figura #72	Histograma de frecuencias semana 15	84
Figura #73	Histograma de frecuencias semana 16	85
Figura #74	Histograma de frecuencias semana 17	85
Figura #75	Histograma de frecuencias semana 18	85
Figura #76	Histograma de frecuencias semana 19	85
Figura #77	Gráfico de medias semana 11	86
Figura #78	Gráfico de desviaciones estandar semana 11	86
Figura #79	Gráfico de medias semana 12	87
Figura #80	Gráfico de desviaciones estandar semana 12	87
Figura #81	Gráfico de medias semana 13	88
Figura #82	Gráfico de desviaciones estandar semana 13	88
Figura #83	Gráfico de medias semana 14	89
Figura #84	Gráfico de desviaciones estandar semana 14	89
Figura #85	Gráfico de medias semana 15	90
Figura #86	Gráfico de desviaciones estandar semana 15	90
Figura #87	Gráfico de medias semana 16	91
Figura #88	Gráfico de desviaciones estandar semana 16	91
Figura #89	Gráfico de medias semana 17	92
Figura #90	Gráfico de desviaciones estandar semana 17	92
Figura #91	Gráfico de medias semana 18	93
Figura #92	Gráfico de desviaciones estandar semana 18	93
Figura #93	Gráfico de medias semana 19	94
Figura #94	Gráfico de desviaciones estandar semana 19	94
Figura #95	Gráfico de fracción defectiva semana 11	95
Figura #96	Gráfico de fracción defectiva semana 12	95
Figura #97	Gráfico de fracción defectiva semana 13	95
Figura #98	Gráfico de fracción defectiva semana 14	96
Figura #99	Gráfico de fracción defectiva semana 15	96
Figura #100	Gráfico de fracción defectiva semana 16	96

Figura #101	Gráfico de fracción defectiva semana 17	97
Figura #102	Gráfico de fracción defectiva semana 18	97
Figura #103	Gráfico de fracción defectiva semana 19	97
Figura #104	Gráfico de tendencia de pestaña en el sello durante las semanas 11 a 19	98
Figura #105	Gráfico de tendencia de arruga durante las semanas 11 a 19	98
Figura #106	Gráfico de tendencia de sobre sucio durante las semanas 11 a 19	98
Figura #107	Gráfico de tendencia de sobre maltratado durante las semanas 11 a 19	99
Figura #108	Gráfico de tendencia de chimenea durante las semanas 11 a 19	99
Figura #109	Gráfico de tendencia de fuga durante las semanas 11 a 19	99
Figura #110	Diagrama de Pareto de atributos durante las semanas 11 a 19	100
Figura #111	Curva de Operación para plan de muestreo simple n=100	105
Cuadro	Nombre	Página
Cuadro #1	Especificaciones fisicoquímicas de azúcar	34
Cuadro #2	Especificaciones fisicoquímicas de ácido cítrico	34
Cuadro #3	Especificaciones fisicoquímicas de color rojo # 40	35
Cuadro #4	Especificaciones fisicoquímicas de sabor artificial	35
Cuadro #5	Especificaciones de antihumectante	36
Cuadro #6	Especificaciones de material de empaque	40
Cuadro #7	Clasificación de las características de calidad durante la operación de envasado en la máquina Bartlett	41
Cuadro #8	Especificaciones de la máquina envasadora Klockner Bartlett	42
Cuadro #9	Dimensiones de la máquina envasadora Klockner Bartlett	42
Cuadro #10	Especificaciones del conjunto de termosellado	43
Cuadro #11	Definición de las características de calidad	51
Cuadro #12	Lecturas de exactitud de la balanza	59
Cuadro #13	Resultados del análisis de varianzas exactitud	59
Cuadro #14	Lecturas de linealidad	60
Cuadro #15	Resultados de análisis de varianzas de regresión lineal a diferente peso	60
Cuadro #16	Lecturas de repetibilidad y reproducibilidad	61
Cuadro #17	Resultados de análisis de bloques aleatorios para repetibilidad y reproducibilidad	61
Cuadro #18	Clasificación de atributos encontrados durante la operación de envasado	102
Cuadro #19	Probabilidad de aceptación para un plan de muestreo simple n=200	104
Cuadro #20	Costo fórmula de la bebida en polvo	106
Cuadro #21	Costo material de empaque de bebida en polvo	106
Cuadro #22	Costo total de bebida en polvo	107
Cuadro #23	Costo por peso de más por sobre de bebida en polvo	107
Cuadro #24	Costo de material de empaque destruido por hora de operación de envasado de bebida en polvo	108
Cuadro #25	Costos fijos y de conversión por hora de operación de envasado de bebida en polvo	109
Cuadro #26	Estimación de la pérdida económica por defectos encontrados durante la operación de envasado de bebida en polvo Base de cálculo una hora	109

ABREVIATURAS

a.c.	Antes de Cristo
ASTM	American Society for Testing and Materials
ASME	American Society of Mechanical Engineers
b	Protección por el nivel de calidad aceptable
c	No. de malconformados
C.C	Control de Calidad
CEC	Control Estadístico de Calidad
CEP	Control Estadístico de Proceso
Cp	Índice de Habilidad del proceso
Cpk	Índice de Habilidad hacia el límite inferior
Cpk	Índice de Habilidad Real del Proceso
Cps	Índice de Habilidad hacia el límite superior
FOMOCO	Ford Motor Company
ITESM	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
K	Medida escalada de la variación del promedio
LIC	Límite Inferior de control
Licr	Límite inferior de control de rangos
LIE	Límite Inferior de Especificación
LSC	Límite superior de control
Lscr	Límite superior de control de rangos
LSE	Límite Superior de Especificación
LPCF	Límite Promedio de la Calidad Final
MCF	Media de la Calidad Final
ME	Especificación nominal
Mil Std	Militar Standard
N	Tamaño del lote
n	Tamaño de la muestra
NCA	Nivel de Calidad Aceptable
NCI	Nivel de Calidad Inaceptable
NCL	Nivel de Calidad Limitante
NCR	Nivel de Calidad Rechazable
NOM	Norma Oficial Mexicana
N	Número de datos
p	Fración de unidades defectuosas
PCF	Promedio de la Calidad Final
QFD	Quality Function Deployment
R	Rango promedio
r	Número mínimo de defectos para considerar un lote rechazado
SCFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
TPDL	Tolerancia de Porcentaje Defectuoso en el Lote
X	Media de Medias
Z	Porcentaje de defectos

RESUMEN

El Control Estadístico de Proceso se presenta como una parte del Sistema de Garantía de Calidad de cualquier empresa, éste control estadístico es aplicable a operaciones, procesos, materia prima, material de empaque, prestación de bienes y servicios, etc., en el presente trabajo se llevó a cabo la aplicación del control estadístico en la operación de envasado como parte del proceso de elaboración de una bebida en polvo, para cumplir con lo anterior, se presenta en los primeros capítulos, los fundamentos de los procesos estadísticos y las generalidades sobre el producto, el proceso, los ingredientes, el equipo utilizado, identificando la operación a controlar, justificando su elección desde el punto de vista operativo y económico, así mismo se estableció mediante los antecedentes, y la metodología, los fundamentos del control estadístico y la forma en que se realizó dicho control. Una vez identificada la operación de envasado en máquina Klockner Bartell, como punto a controlar, se estableció el plan de muestreo, tamaño y momentos de muestreo para la recolección de datos que posteriormente fueron analizados mediante el uso de las siete herramientas básicas del control estadístico: Hoja de control, Histograma de frecuencias, Gráficos de control, Diagrama de tendencias, Diagrama de dispersión de puntos, Diagrama de pescado y Diagrama de Pareto. El estudio se realizó en dos etapas, la primera fue denominada "preliminar" y correspondió a 9 semanas, en las que se recolectaron los datos que fueron analizados y discutidos por los departamentos involucrados, sugiriéndose ciertas modificaciones al proceso de control estadístico, lo cual dio lugar a la segunda etapa del estudio denominada "Operación de envasado modificado", la cual estuvo constituida por otras nueve semanas, sobre las que se aplicaron los cambios correspondientes. En esta segunda etapa se realizaron los análisis estadísticos de la misma manera que en la etapa preliminar y se compararon los resultados en una primera fase, desde el punto de vista de control estadístico, concluyendo que con las consideraciones realizadas a la primera etapa, la operación se encontraba bajo control estadístico reduciéndose la variabilidad y contribuyendo así a la mejora de la calidad del producto. También se realizó una comparación económica de los resultados mediante la estimación de los costos de la "no calidad", tanto en la etapa preliminar como en la etapa de la operación de envasado modificado. Por último se hacen ciertas recomendaciones, para la aplicación de la metodología a otro tipo de operaciones y procesos o para la continuación de este.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

ANALIZAR LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN LA OPERACIÓN DE ENVASADO EN MÁQUINA BARTELT DE UNA BEBIDA EN POLVO CONSIDERANDO EL COSTO-BENEFICIO DE SU INSTRUMENTACIÓN.

OBJETIVOS PARTICULARES:

- 1.- Sugerir el plan de muestreo, los momentos de su aplicación y forma de registro, en el control de calidad de la operación de envasado.
- 2.- Aplicar las herramientas estadísticas (histograma de frecuencia, gráfico de control, diagramas de pareto, diagrama de dispersión de datos, diagrama de tendencia, y diagrama causa efecto) en el análisis de los datos obtenidos.
- 3.- Realizar el plan de muestreo, categorizando los defectos en calidad del producto en polvo en críticos, mayores y menores, así como los criterios de aceptación-rechazo y el nivel de calidad aceptable elaborando la curva de operación.
- 4.- Realizar el análisis de la pérdida de calidad y financiera del producto como consecuencia de un proceso fuera de Control.

CAPITULO 1
GENERALIDADES

1.1. DESARROLLO DE LA FILOSOFÍA DE LA CALIDAD Y SU HISTORIA EN EL MUNDO.

En el año (3000 a.c.) se uniformaban pesos y medidas, como una preocupación de la gente por verificar que los materiales que obtenían fueran de buena calidad, que cumplieran con sus expectativas. En estos casos, los comerciantes, mercaderes y principalmente los consumidores eran los inspectores de calidad, los cuales también formaban parte del proceso de elaboración del producto.¹

Con la Revolución Industrial, se realizó la división del trabajo y con la formación de industrias un gran número de personas participaban en la elaboración de productos, posteriormente aparecieron los Capataces, los que eran responsables junto con los obreros, de la calidad de los productos que elaboraban.²

A principios de 1900 en Europa surge el concepto del supervisor de Control de Calidad, ya que en las fábricas modernas, muchos hombres agrupados desempeñaban tareas similares que eran supervisados por una persona, quien asumía la responsabilidad por la calidad del trabajo. Llamada supervisor. Con la Primera Guerra Mundial y debido a la urgencia de la producción de armamento y otros productos se hizo necesario un supervisor de tiempo completo y se inicio el control de calidad por inspección involucrando la estadística.³

El Control de Calidad Estadístico empezó con Shewart de The Bell Telephone Laboratories, quien realizo primeramente la "Carta de Control". De la misma compañía, otros dos hombres importantes fueron Dodge y Roming quienes tomaron la iniciativa para el desarrollo de la aplicación de la "Teoría estadística de muestreo de inspección". Estas tres personas junto con la American Society for Testing and Materials (ASTM) y The American Society of Mechanical Engineers (ASME) popularizaron el nuevo método estadístico en los Estados Unidos a principios de los años 30's.

Con el inicio de la Segunda Guerra Mundial, se adoptaron en los servicios de la armada sus propios procedimientos de muestreo, y posteriormente se solicito el apoyo de los ingenieros de "The Bell Telephone Lab" quienes crearon en 1943 las "Tablas de Muestreo" para este proposito.⁴

En Inglaterra, la aplicación del Control Estadístico de Calidad (CEC) también tuvo un rápido desarrollo, después de la visita de Shewart a Londres, en 1932, Pearson realizo estudios sobre la aplicación de la Estadística en la industria. Lo que resulto muy valioso para la adopción de las primeras "Normas Británicas 600".⁵

Después de la Guerra aparecieron personajes importantes en la Historia de la Calidad como Kaoru Ishikawa que fue el primer presidente de la Unión de Científicos e Ingenieros Japoneses, que junto con Shigeru Mizuno y Tsutsuchi Asaka, desarrollaron y dirigieron el control de calidad en Japon, incluyendo el nacimiento de los "Círculos de Calidad".⁶

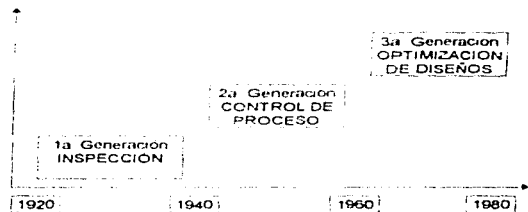
En 1948 Deming realizo trabajos importantes en Japon durante sus constantes visitas, resultando este un pueblo apto para adoptar sus teorías y métodos, así como su filosofía de "Mejora continua", todo esto ayudo a la reconstrucción de Japon, devastado por la Guerra.

En los años 50's y 60's personajes como Armand V. Feigenbaum figuraron por sus aportaciones sobre los principios básicos de calidad, además se hicieron muchas publicaciones sobre el tema, durante esta época, Joseph M. Juran también realizo trabajos dando conferencias en Japon para dar inicio a otra era del control de calidad en este país, dirigido a los aspectos de organización en la administración.^{7, 22}

Debido a la evolución y el desarrollo de la Industria en los años 70's se inician los primeros Sistemas de Control y Aseguramiento Total de Calidad, y en los 80's se pasa gradualmente de la función de policía a la de detective de la calidad, así que ya no se verificaba solamente los errores o defectos de los productos sino que se investigaba las causas de estos para así eliminarlas.^{8, 27}

En la Figura No. 1 se establece la evolución de la calidad a través de la historia, la cual resume los diferentes pasos que se han dado en este aspecto en forma cronológica.

FIGURA # 1
EVOLUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CONTROL DE CALIDAD A TRAVÉS DEL TIEMPO



FUENTE: "QFD" Quality Function Deployment Centro de Calidad (ITESM, México 1991)

En México se tienen informes que en los 80's principalmente en la rama automotriz y maquiladora, se siguieron dos modelos principalmente, la consultoría externa y la autogeneración de cambio de mentalidad y estrategia.

Posteriormente se crearon algunos Centros de Calidad como el del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) fundado en 1982 para dar servicio a la industria y realizar investigaciones acerca de este tema. En los últimos años también se ha venido trabajando en la "Teoría de la Reingeniería de la Calidad", adoptada en forma más común por la comunidad de los Estados Unidos.²²

Actualmente se cuenta con algunas organizaciones para promover los Sistemas Administrativos de Calidad entre los que se destacan:

- Asociación de ex-becarios México-Japón
- Fundación Mexicana para la Calidad Total A.C.
- Consejo de Calidad Metropolitano A.C.²¹

Es necesario crear más organizaciones orientadas a el Control de Calidad para el apoyo a la industria en este sentido y que esta misma realice inversiones en el ramo de Calidad para que pueda competir con las otras empresas y además goce de los beneficios de los procesos bajo control.

En la actualidad, pocas personas pueden vivir de sus propias labores, cada uno forma parte de una cadena, todos somos clientes y consumidores a la vez y dependemos de los materiales que cada quien se encarga de elaborar y/o distribuir.

"Calidad" en terminos simples puede significar: pureza, limpieza, frescura, valor nutricional, consistencia, honestidad, en fin, es el conjunto de atributos que busca el consumidor en un bien o en un servicio.²¹

1.2 DEFINICIONES DE CALIDAD, ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO.

Se considera muy importante el conocer los conceptos básicos de Calidad, Aseguramiento de la Calidad, Lotes y Muestreos, para lo que se recopilaron varios conceptos:

Calidad.

Es la combinación de atributos o características, del producto (llámese bien o servicio), que cumple con las especificaciones y tolerancias del diseño y por consecuencia con las expectativas del cliente o consumidor, y por lo tanto es también un indicador de su aptitud para el uso.^{17,25,33}

Aseguramiento de la calidad, ó Garantía de calidad.

Garantía de Calidad es la organización, manejo, supervisión y coordinación de actividades que tienen como fin primordial el mantener, regular y salvaguardar la calidad y la seguridad de los productos, bienes o servicios, garantizando que el consumidor reciba un producto que cubra satisfactoriamente sus necesidades, protegiendo a su vez el buen nombre, las franquicias y marcas de la corporación. Este departamento está presente en todas las actividades de la empresa, vigilando y colaborando con todos para lograr juntos las metas propuestas.^{17,25,34}

Control de Calidad.

Es la actividad técnica y administrativa mediante la cual se miden la característica de calidad en un producto, se comparan con requisitos y se toman acciones correctivas apropiadas cuando existe diferencia entre el funcionamiento real y el estándar. Esta actividad la realiza un departamento con gente comprometida y capacitada para tomar decisiones, en base a las evaluaciones constantes al producto.^{22,31}

Aseguramiento estadístico de la calidad.

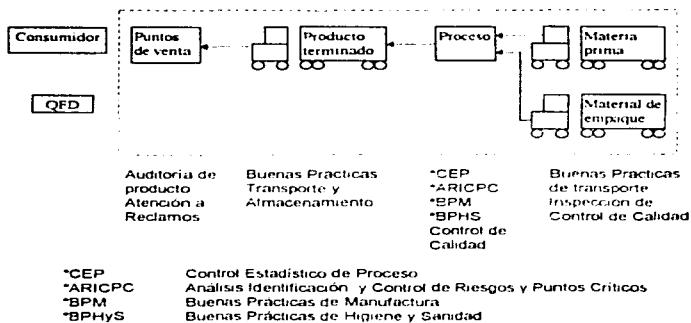
Es el uso de las herramientas matemáticas con el fin de coleccionar, organizar, e interpretar datos numéricos para regular las características o atributos de algo.²²

1.3 DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE UN PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD.

Como ya se ha mencionado con anterioridad, es necesario que las empresas cuenten con un programa que les garantice que sus productos están saliendo al mercado con un nivel de calidad especificado. Para cumplir con esto, el Departamento de Garantía de Calidad tiene sus políticas. Tiene la responsabilidad de la organización del departamento, ventilar y hacer cumplir las especificaciones, por medio de los métodos de análisis proporcionados por el departamento de investigación y desarrollo, revisar los asuntos legales protegiendo a la empresa y al consumidor garantizando la seguridad del producto, con el apoyo de todos los departamentos.

En la figura No 2 se muestra el Sistema de Aseguramiento de la Calidad típico de la Industria Alimentaria.

FIGURA #2
SISTEMA DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS



FUENTE: Castillo B. Curso "Control Estadístico de Proceso en la Industria Alimentaria"
ATAM, Abril de 1984, México.

En la figura se muestran las diferentes herramientas de control que se tienen en la elaboración y manejo de un producto, esto indica que el Aseguramiento de la Calidad, se debe presentar en cada etapa a través de los planes de control manuales, auditorías. Los programas de Aseguramiento de la Calidad cuentan básicamente con las siguientes partes: ³²⁹⁻³⁴

1.3.1 Organización

Como primer paso, se debe contar con una organización dentro y fuera del Departamento de Garantía de Calidad, para que así a cada parte le corresponda una función en especial y no todo lo tenga que realizar el mismo, ya que este no puede ser Juez y parte a la vez, en dicha organización se especifica perfectamente las funciones, responsabilidades y obligaciones de cada departamento, es práctica común que el departamento de Garantía de Calidad sea quien asigne las funciones y tareas a realizar y verifique su buen cumplimiento.

1.3.2 Plan de Control de Calidad

El departamento de Control de Calidad es parte fundamental dentro del Programa y debe contar con un Plan que abarque:

- Control de Materia Prima y Material de empaque (Planes de muestreo, criterios de Aceptación - Rechazo, métodos de Análisis, etc.)
- Control de Producto Terminado (planes de muestreo, criterios de aceptación rechazo, métodos de análisis)
- Planes de Control estadístico dentro del proceso
- Planes de Control para control de plagas y roedores.

Así puede continuar la lista interminable de planes ya que control de calidad debe verificar la calidad desde la recepción de los materiales, hasta el uso final por el consumidor.

El Plan de Control de Calidad debe estar apoyado por manuales y especificaciones, para que éste departamento sea el que lleve a cabo o supervise estos mecanismos.

1.3.3 Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las Buenas Prácticas de Manufactura son una serie de normas y lineamientos, a seguir por todo el personal con el fin de evitar el poner en riesgo la calidad del producto y del mismo personal, se deben observar desde la recepción de los materiales, el proceso hasta su embarque, para ponerse en práctica, es necesario plantear primero el programa de BPM, el cual incluye una etapa de capacitación continua con el fin de no imponer dicha filosofía, sino explicar las razones de la misma, para esto, es necesario contar con el manual correspondiente, normas de higiene y sanidad para todo el personal y equipo además se debe incluir los programas de control de plagas y roedores, así como los programas de verificación de la calidad microbiológica del producto terminado.^{3,22,23,24}

1.3.4 Desarrollo de Proveedores

El Programa de Desarrollo de Proveedores, consta de una serie de lineamientos y planes de evaluación constante a cada uno de ellos, funciona bajo acuerdo entre el cliente y el proveedor de mejora continua de esta forma se plantea un programa, en donde se da una cierta calificación, evaluando las características de la entrega del bien o servicio, es decir, se puede calificar el tiempo de entrega, el cumplimiento de las especificaciones convenidas, faltas a los contratos, precios, servicio, record de rechazos, resultados de auditorías, etc., para establecer este tipo de programas, es necesario acordar con los proveedores, sobre las características y sistemas de evaluación, esto quiere decir que alrta de dicho programa también existe un compromiso como empresa de cumplir con el apoyo necesario a dichos proveedores, para respaldar el programa se deben elaborar los manuales correspondientes, Periódicamente se dará a conocer la calificación obtenida y la posible certificación de proveedores, de esta forma se tiene un control de los materiales y se reducen los problemas de calidad en el producto.^{3,22}

1.3.5 Análisis de Riesgos Identificación y Control de Puntos Críticos (ARICPC)

El Análisis de Riesgos, como su nombre lo indica, es un sistema que se utiliza para identificar los puntos críticos dentro de un proceso, considerando que un punto crítico es aquel en que el producto tiene riesgo de contaminación, dicha contaminación puede ser microbiológica o también con materiales extraños, que ponen en riesgo la salud de quien los consume. El ARICPC es considerado como una filosofía, ya que, no solo se constituye por técnicas sino por una forma de pensar y de actuar dentro del proceso. Para cumplir con el sistema de ARICPC se debe analizar el proceso y una vez identificados los puntos críticos, controlarlos, estableciendo las BPM, y concientizando al personal sobre la importancia de su función y del control en dicho punto.^{25, 26}

1.3.6 Control Estadístico de Proceso (CEP)

La aplicación de las matemáticas en la recolección, tratamiento e interpretación de datos, permite, analizar por medio de números, gráficos, cuadros, tablas, etc., los problemas, que se dan durante la elaboración de un producto, es común que, desde la recepción hasta el embarque se realicen inspecciones, y evaluaciones de los atributos del producto, sin embargo, el trasladarlas a las gráficas, cuadros y realizar tratamientos estadísticos, es fundamental para la toma de decisiones.

Para establecer el CEP, se debe identificar en cada etapa del proceso, los puntos de muestreo, el tamaño de las muestras, los momentos de muestreo, la recolección de los datos, la elaboración de las hojas de registro, el tratamiento de los datos y elaboración de gráficos, tablas,

el análisis de los resultados y así tomar las decisiones dando categorías a los defectos encontrados y calificar cada etapa para esto se debe instrumentar los mecanismos tanto de capacitación del personal como los procedimientos a seguir.

El CEP se puede aplicar a materias primas, procesos, funcionamiento dentro de la oficina etc. por lo que constituye una herramienta fundamental dentro del Programa de Garantía de Calidad.^{7,22,23}

1.3.7 Auditorías de la calidad

Las Auditorías serán la forma de corroborar que todos los implicados en el proceso llevan a cabo los lineamientos del Programa de Garantía de Calidad, estas se realizan a todos los departamentos a los proveedores y se da una calificación, cada Departamento tiene su función específica a desempeñar por lo tanto las evaluaciones serán específicas para cada departamento. Es necesario que Garantía de Calidad no realice dobles funciones para que no actúe como juez y parte.^{7,22,23}

1.4 IMPORTANCIA DEL SISTEMA DE CONTROL ESTADÍSTICO EN EL PROGRAMA DE GARANTÍA DE CALIDAD.

Control estadístico de proceso:

Se entiende por Control Estadístico de Proceso a la aplicación de las herramientas estadísticas matemáticas para la reducción de la variabilidad.²³

El Control Estadístico de Proceso (CEP) forma parte de la filosofía del Control Total de la Calidad la cual se basa en el mejoramiento constante del proceso a fin de prever que no se elaboren productos defectuosos disminuyendo la variabilidad del mismo.

El estudio constante de la variación es también extenso, ya que existe en toda la cadena de producción, desde que se recibe la materia prima del proveedor hasta que se embarca como producto terminado. La variación comúnmente se estudia en:^{10,45}

- Los lotes de producto
- Los lotes de materia prima
- Los equipos para el proceso
- Los diferentes lotes de un mismo artículo
- Las características críticas de calidad y sus estándares
- Las fabricaciones piloto en artículos de nuevo diseño

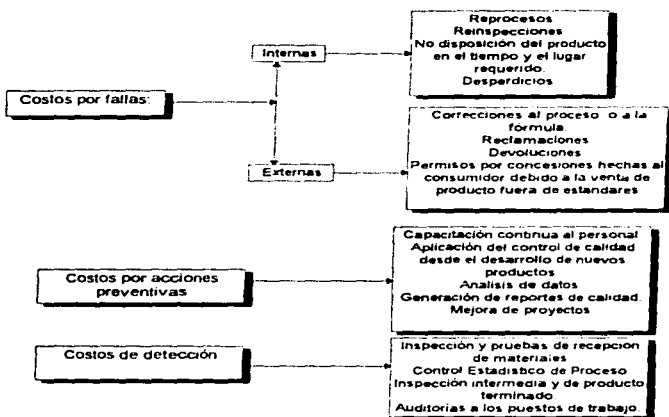
Con el Control Estadístico de Proceso no se trata de suprimir la variabilidad, sino de reducirla, a fin de que el producto sea de calidad y que esta sea constante con una consecuente reducción en los costos.

La variabilidad debe mantenerse en determinados límites que sean favorables desde el punto de vista económico y de Calidad, esta es la característica de "Estabilidad de la Variación" y la "Habilitación" que consiste en la reducción constante de la variación.³

La mejora constante de la calidad se da por la reducción en la variación de las características del producto, estableciendo estándares y revisando que estos sean cumplidos sin excepción, aunado a la reducción en la variabilidad se busca una disminución en la pérdida económica, esta se evalúa mediante el cálculo de la reducción de algunos de los llamados Costos de la Calidad.

La clasificación clásica de los Costos de la Calidad es:

FIGURA #3
COSTOS DE CALIDAD



Fuente: Feigenbaum A.V. "Control Total de la Calidad", (1984) C.E.C.S.A.

Esto quiere decir que existen tres tipos de egresos en una compañía atribuibles principalmente a la Calidad, se definen así por que están asociados con el proceso de elaboración, muestreo, reparación o la prevención de defectos.²² En la figura No. 3 se observa los principales costos clasificados de acuerdo con su origen, en primer lugar, los costos por fallas internas incluyen sólo aquellos en que el problema ha sido detectado durante el proceso de elaboración, a diferencia de los costos por fallas externas, estos abarcan a aquellos que no son detectados dentro del proceso y que al tener problemas de calidad en el producto, y ser detectados en el mercado, provoca gastos de devoluciones, reclamaciones, etc. también se observan los costos que se derivan de acciones preventivas, las cuales se llevan a cabo como su nombre lo dice para prevenir los defectos durante el proceso y además brindar una protección al producto y reducir las probabilidades de encontrar defectos del mismo en el mercado. Por último los costos denominados de detección son los que resultan de aplicar acciones de inspección a lo largo de todo el proceso y también brindar protección al producto, este costo generalmente acompaña al preventivo ya que es necesario conocer los problemas que aquejan cualquier parte del proceso para crear después un programa preventivo.²²

La tendencia de las empresas para disminuir sus costos de calidad es, convertirlos de costos por fallas a costos preventivos, sin embargo para llegar a ello se debe seguir un camino, el cual debe incluir primero un buen control de sus procesos, es decir si se mantiene bajo control un proceso, poco a poco se eliminarán los costos por fallas internas primeramente y después al asegurar la calidad de la producción los costos por fallas externas irán desapareciendo, de ahí la importancia de implementar un control estadístico en los puntos críticos.

El CEP es una forma de explicar con "Hechos" y números, las pérdidas económicas que se tienen por no cuidar la calidad, es decir la utilización, evaluación y análisis de los datos, para la pauta para tomar decisiones sobre la compra de equipo, la optimización del proceso, etc.

Si ya se cuenta con algún tipo de Control Estadístico de Proceso, es necesario también preguntarse si dichos controles son los adecuados, si las especificaciones están funcionando bien o si es necesario realizar análisis constantes de cada parte del proceso.

El CEP constituye una herramienta básica para el cambio, este dará las armas necesarias para justificar cambios y mejoras durante el proceso.

1.5 HERRAMIENTAS PARA LA APLICACION DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO.

Para la completa comprensión del CEP, es indispensable el conocimiento de sus herramientas, su conducción, objetividad y claridad en la forma de trabajo ayudan a separar las opiniones de la lógica en datos, están son:

Histograma.

Grafica de control.

Planes de muestreo de aceptación.

Diagrama de Pareto.

Diagrama de causa y efecto.

Diagrama de tendencia.

Diagrama de dispersión.

Existen muchas opiniones sobre el uso en conjunto de estas herramientas, hay quienes prefieren utilizar unas en lugar de otras y quienes prefieren emplearlas todas, esto dependerá del proceso en particular y de la información que de ellas se aproveche, sin embargo para hacer uso de ellas es indispensable conocer el proceso a estudiar y establecer un seguimiento de los hechos manteniendo registros sobre su calidad, para así analizar todo lo que los datos puedan decir.¹²

1.5.1. Histograma de frecuencias

Como ya se ha explicado, las variaciones siempre existirán en los procesos de manufactura, y la industria así lo ha reconocido, por lo tanto se han incluido dentro de los procesos el empleo de herramientas estadísticas para identificar con mayor facilidad cuando se tiene una variación que sobrepasa las tolerancias. El histograma de frecuencias es una de las herramientas más importantes para el CEP definido como:

La tabulación o registro por marcas del número de veces que se presenta una cierta medición de la característica de calidad, dentro de la muestra de un producto que se está examinando.

La tabulación se puede presentar colocando sobre el eje vertical la frecuencia de ocurrencia de las observaciones, y sobre el eje horizontal, los valores de la característica de la calidad observada (pulgadas, gramos, dureza, etc.) En esta forma recibe el nombre de Curva de Frecuencias.¹³

Al construir un Histograma de Frecuencias para la mayoría de los procesos se pone de manifiesto que la variación de piezas fabricadas es inevitable. El histograma proporciona las bases para comprobar el principio de que siempre existirá dicha variación, así como el apoyo para establecer su naturaleza dependiendo de la forma que toma, esta no podrá conocerse por el

examen de dos o tres piezas únicamente, sino por más muestras tomadas aleatoriamente, esta distribución generalmente toma la forma de una campana, y se conoce como "La curva normal".

Es muy común que en la industria, al construir la curva de frecuencias, esta no siga un comportamiento de "curva normal", pero esto no quiere decir que representa una "mala" calidad, la bondad de la coincidencia en la forma de las distribuciones de frecuencias industriales, atañe generalmente al aspecto económico. Las formas más comunes de curva "no normal" son:

a) **Curva asimétrica:** Las lecturas decrecen más rápidamente hacia cero de un lado de la cresta que hacia el otro. La distribución puede ser asimétrica a la izquierda o a la derecha; la asimetría puede ser resultado de la acción de uno o varios factores vigentes, y se estima que estos son factores fundamentalmente del proceso (Ver figura 4 y 5).

b) **Curva en forma de J y bimodal:** Esta curva es extremadamente asimétrica, en la cual, un límite es cero y en otro extremo se obtiene un número elevado de lecturas. Los lotes de fabricación similar, pero que provienen de dos orígenes diferentes, pueden mezclarse a veces, en estos casos resulta una forma parecida a la de la figura 7.

c) **Curva de inspección 100%:** Cuando la variación en algunos productos resulta más amplia que las especificaciones establecidas se le sujeta a una inspección 100% con lo cual difícilmente algún valor se sale de especificaciones. (Fig. 8).

En cambio, cuando el producto durante el transporte como ejemplo, sufre ligeros cambios o los equipos de medición entre el vendedor y el comprador presenta variaciones, puede presentar la distribución de la figura 9.



Hacia la izquierda

Fig. 4



Hacia la derecha

Fig. 5



Fig. 6

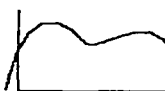


Fig. 7



Fig. 8



Fig. 9

Las mediciones algebraicas de tendencia central como la media y la desviación estándar se aplican a todas las distribuciones de frecuencia aunque estas no sigan una curva normal, la importancia radica en la forma de interpretar el grado de similitud, también existen procedimientos para aproximar la distribución a la normalidad como el "Teorema del Límite Central", sin embargo, es útil recordar que en la mayoría de los problemas de control estadístico de proceso es mejor que el histograma vaya acompañado por las otras herramientas de control.

Las formulas algebraicas que se calculan para las distribuciones de frecuencia son

Media.- Medida de tendencia central que se obtiene dividiendo la suma de los valores observados en una serie, entre el número de lecturas

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

\bar{X} = Valor medio de la serie

$\sum X$ = Sumatoria de las mediciones

n = Número de lecturas practicadas

Cuando la serie consta de muchas lecturas se pueden agrupar en celdas y calcular el promedio por celda (o subgrupo) a la media de todas las medias de las celdas formadas se le denomina **gran media**, simbólicamente es

$$\bar{X} = (X_1 + X_2 + \dots + X_r) + r$$

\bar{X} = Gran media

X_1, X_2, X_r = Mediciones de r muestras del mismo tamaño

r = Tamaño de la celda

Para r muestras de tamaño $n_1 + n_2 + \dots n_r$

$$\bar{X} = (n_1 X_1 + n_2 X_2 + \dots + n_r X_r) + N$$

$N = n_1 + n_2 + \dots + n_r$

Mediana.- Es el valor que divide una serie en igual número de lecturas a cada lado de ésta cuando las lecturas estén arregladas en un orden creciente de magnitudes.

Desviación estándar.- Normalmente se utiliza la desviación estándar como medida de dispersión, pero generalmente se calcula para muestras obtenidas de lotes o de un flujo de producción representado por una serie de celdas o subgrupos, en estos casos se le denomina **desviación estándar de la muestra** y se calcula extrayendo la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las diferencias de cada lectura de una serie a la media de ésta dividido entre el número de lecturas menos una.

Desviación Estándar = $S = \sqrt{\left(\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}\right)}$

A la desviación estándar de la muestra también se le conoce como σ' el símbolo prima se usa para designar a los parámetros estimados de una población, como su nombre lo indica estima el valor de determinado parámetro de la población desconocida a partir de una o varias muestras extraídas de ella así el valor de la desviación estándar de la población se puede obtener a partir de la desviación estándar de la muestra

$$\sigma' = S / c_4$$

El valor de c_n es una constante que se encuentra en el anexo 1 tabla III, y es calculada partiendo de la teoría de que las desviaciones estándar de cualquier tamaño, tomadas de una población normal, seguirán una distribución que puede predicirse matemáticamente por medio de dicha constante.

Amplitud o rango.— Es la diferencia que existe entre el mayor y el menor de los valores obtenidos en una serie.

$$\text{Rango} = X_2 - X_1$$

El cálculo del rango es mucho más sencillo que la desviación estándar, por lo que el primero se ha usado ampliamente sin embargo tiene sus desventajas con respecto a S , la principal es que su precisión disminuye a medida que aumenta el tamaño de la muestra, ya que su sensibilidad para identificar cambios en la dispersión se va perdiendo al dejar de incluir lecturas fuera de lo normal, esto no sucede con la desviación estándar, porque incluye todas las lecturas, por lo tanto la amplitud sólo se podrá utilizar con tamaño de muestra pequeños, se recomienda máximo 15 lecturas por subgrupo, en cambio la desviación estándar se utiliza para cualquier tamaño de muestra.

Tamaño de muestra y su relación con la distribución de frecuencias.

El tamaño de la muestra a tomar para realizar todos los cálculos anteriormente descritos, tiene una importancia enorme con respecto a la distribución de frecuencia, es lógico pensar que a mayor tamaño de la muestra la separación entre las medias y las desviaciones estándares de los subgrupos será menor y viceversa, por lo tanto es conveniente para fines estadísticos contar con una muestra grande, sin embargo el aspecto económico indica que entre menor tamaño de muestra será menor pérdida de dinero.

Por otra parte, si de una población se toman al azar muchas muestras de un tamaño n , los valores de sus medias formarán una distribución de frecuencias, la cual poseerá su propia media, y sus medidas de dispersión, también es importante hacer notar que al aumentar el tamaño del lote, la media de la muestra tiende a acercarse más a la media de la población, la teoría estadística resume esas ideas en los siguientes términos, la desviación estándar de las medias es

$$\sigma_s = \sigma / \sqrt{n}$$

σ = Desviación estándar del lote

n = Tamaño de la muestra

las desviaciones estándares tienen a su vez su propia desviación estándar, y esta se calcula por medio de:

$$\sigma_s = \sigma \sqrt{1 - (c_n)^2}$$

El cálculo de $\sqrt{1 - (c_n)^2}$ se puede resumir como c_n . También existe otra relación entre las desviaciones estándares de la muestra y de la población

$$\sigma_s = \sigma / \sqrt{2n}$$

Para calcular el tamaño de muestra, se toman en cuenta las formulas anteriores estableciendo la magnitud de la desviación estándar de las medias de las muestras para el problema en especial.

Existe una relación muy importante entre la desviación estándar y la curva normal, cuando se calcula la desviación estándar de una distribución normal de frecuencias, el 68.27% de todas las lecturas de la distribución quedan dentro de una zona entre más y menos una desviación estándar (sigma σ) a partir de la media, el 94.45 % de todas las lecturas de la distribución quedan dentro de una zona entre más y menos dos sigmas a partir de la media, el 99.73% de todas las lecturas de la distribución concurren en la zona comprendida entre más y menos tres desviaciones estándar a partir de la media, por lo tanto es posible deducir otra propiedad adicional.

El total de la variación que para usos prácticos se pueda esperar de esa distribución es igual a 3σ correspondiente al valor algebraico de la distancia entre las paralelas trazadas para los límites del proceso.¹⁰

1.5.2. Gráficos de control

Las gráficas de control son otra herramienta de las ya mencionadas que va ligada con la teoría de la distribución normal

El indicador fue Shewart. Existen diversas técnicas para el establecimiento de límites de especificaciones. En algunas ocasiones, estos límites se determinan cuidadosamente por medio de pruebas, otras veces se han fijado en forma arbitraria, y la mayoría de las veces se basan en experiencias anteriores con los materiales y los procesos. éstos últimos son los llamados Límites de Especificación.

La gente que está en contacto diariamente con el proceso y que convive con la variación entre piezas reconoce entre dos tipos:

1.- **Variaciones normales.**- El total de la desviación que el obrero ya conoce que se debe presentar.

2.- **Variaciones anormales.**- Desviación mayor a la que el obrero ya está acostumbrado a tratar y para lo que se requiera una corrección

Por lo tanto el personal ya concibe los "límites" de variación normal, esta filosofía ya va incluida en las gráficas de control bajo la forma de los "límites de control".⁸

Las Gráficas de Control son definidas como un método gráfico para evaluar si un proceso esta o no en un "estado de control estadístico".⁹ En sus formas más usuales es una comparación gráfica cronológica (hora a hora, día a día) de las características de calidad reales del producto, parte u otra unidad, con límites que reflejan la capacidad de producir, de acuerdo con las características de calidad requeridas. Este tipo de gráficos contienen una línea central o media, una línea superior que marca el límite superior de control (LSC) y una inferior que marca el límite inferior de control (LIC)

La grafica establece la comparación de la variación de las piezas con su fabricación actual, con los límites de control que hayan establecido.

Cuando se han calculado estos límites y se consideran aceptables para implantarse en la fabricación, las graficas de control comienzan a desarrollar su misión principal auxiliando en el Control de la Calidad de la materia prima, lotes o el proceso

Tipos de graficas de control.

De acuerdo con los dos tipos de datos que existen en la industria, existen dos tipos de graficas:

Graficas para mediciones o por "variables" (Graficas de media, desv. estándar y de rangos)

Graficas para datos de atributos (Graficas de fracción defectuosa u porcentaje defectuoso, o grafica de p)

Graficas de control por variables.- Es la representación grafica de la variación de características medibles del proceso, para construirse se toman muestras seleccionadas a intervalos definidos durante el periodo de producción, se agrupan en las ya nombradas celdas o subgrupos y se calculan las medidas de tendencia central y de dispersión de cada una de ellas, los valores que se obtengan, se van inscribiendo en graficas separadas (una para la medida de tendencia central y la otra para la medida de dispersión) Para cada una se calculan los respectivos límites de control.

Existen muchas formas en que se puede tabular los datos a incluir en los graficos de control, incluso se puede incluir la parte del histograma de frecuencias, a esta herramienta se le llama "Hoja de registro de datos" y debe contener básicamente:

-Fecha

-Hora en que se realiza el muestreo

-Nombre del Analista o Inspector

-Nombre de la empresa

-Nombre del proceso o semiproceso

-Turno

-Observaciones.

Estas hojas sirven principalmente para registrar los datos que serán analizados posteriormente.

Para calcular los límites de proceso, se toman los límites 3σ ya que en estos valores la mayor parte de las distribuciones de frecuencias tienden a la normalidad, estos límites son tomando en consideración los valores de tendencia central y de dispersión de las muestras tomadas del mismo lote.

Como medidas de tendencia central se emplean principalmente la media, y en algunos casos la mediana, ésta última tiene sus desventajas ya que aunque es mucho más fácil de calcular, está sujeta a mayor variación estadística que la media.

Como medida de dispersión se utiliza el rango o la desviación estándar, por lo que ya se mencionó anteriormente, se empleará el rango cuando el tamaño de la celda sea menor a 15 mediciones y la desviación estándar se puede utilizar para cualquier tamaño de celda.

Para calcular los límites de control cuando se emplea el rango, se utilizan las siguientes fórmulas:

Medias:

$$\text{Límite inferior de control} = \bar{X} - 3\sigma_{\bar{X}}$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$\text{Límite superior de control} = \bar{X} + 3\sigma_{\bar{X}}$$

Rangos:

$$\text{Límite inferior de control} = \bar{R} - 3\sigma_R$$

$$\text{Línea central} = \bar{R}$$

$$\text{Límite superior de control} = \bar{R} + 3\sigma_R$$

Cuando se usa el valor de la desviación estándar como medida de dispersión:

Medias:

$$\text{Límite inferior de control} = \bar{X} - 3\sigma_{\bar{X}}$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$\text{Límite superior de control} = \bar{X} + 3\sigma_{\bar{X}}$$

Desviaciones estándar:

$$\text{Límite inferior de control} = \bar{\sigma} - 3\sigma_{\sigma}$$

$$\text{Línea central} = \bar{\sigma}$$

$$\text{Límite superior de control} = \bar{\sigma} + 3\sigma_{\sigma}$$

$\sigma_{\bar{X}}$ = Desviación estándar de las medias de las muestras

σ_{σ} = Desviación estándar de las desviaciones estándar de las muestras

Donde \bar{R} = Rango promedio

$\bar{\sigma}$ = Promedio de las desviaciones estándar

σ_R = Desviación estándar de los rangos de las muestras

FUENTE: Feigenbaum A.V., "Control Total de la Calidad", Ed. C.E.C.S.A.

Como ya se explicó anteriormente, los límites de control se calculan considerando los valores de las medidas de dispersión y de tendencia central de las muestras, y estos dependen

del tamaño de la celda o subgrupo, por lo tanto se crearon algunas constantes que se sustituyen en las fórmulas y así no se tiene que calcular para cada subgrupo las medidas correspondientes.

Las constantes $A_1, A_2, B_1, B_2, D_1, D_2$ se encuentran en el anexo 1 tabla III y las formulas se convierten en:

Cuando se usan rangos:

Medias:

$$\text{Límite inferior de control} = \bar{X} - A_2 R$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$\text{Límite superior de control} = \bar{X} + A_2 R$$

Rangos:

$$\text{Límite inferior de control} = D_3 R$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$\text{Límite superior de control} = D_4 R$$

Cuando se usa la desviación estándar como medida de dispersión:

Medias:

$$\text{Límite inferior de control} = \bar{X} - A_3 \bar{\sigma}$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$\text{Límite superior de control} = \bar{X} + A_3 \bar{\sigma}$$

Desviaciones estandares

$$\text{Límite inferior de control} = B_3 \bar{\sigma}$$

$$\text{Línea central} = \bar{X}$$

$$\text{Límite superior de control} = B_4 \bar{\sigma}$$

Donde \bar{R} = promedio de los rangos del subgrupo de tamaño " n " y $\bar{\sigma}$ = promedio de las desviaciones estandar de los subgrupos

FUENTE: Feigenbaum A.V. "Control Total de la Calidad" Ed. C.E.C.S.A.

Una vez que se construyen las graficas, se interpreta la información en ellas, se identifican los puntos que estén fuera de los límites como puntos fuera de control, cabe esperar que la distribución de los puntos sea de tipo normal y que, como máximo 27 de cada 10 000 mediciones individuales estén afuera de los límites de control, los puntos siguen un comportamiento aleatorio, en los casos en que el proceso está fuera de control se siguen comportamientos anormales que son principalmente:

Comida: Se llama comida a la forma que adquieren los puntos cuando estos forman un grupo bien sea por arriba o por abajo de la línea central. Se llama longitud de la comida al número de puntos que están arriba o abajo de la línea central. Si la longitud de la comida es de 7 o más puntos se juzga el proceso como anormal, esto se puede deber a desajustes de la maquinana combinado con la distracción del operador (Ver fig. 10)

Tendencias.-Se dice que se da una tendencia, cuando los puntos van en secuencia ascendente o descendente. No existe un criterio para decidir si la tendencia es anormal o no pero si dicha tendencia continúa, los puntos caerán fuera de los límites de control o asumirán la forma de una comoda (Fig 11)

Adhesión a la línea central.- Si los puntos se concentran en el centro, se juzga al proceso como anormal esto es por que al tener un comportamiento aleatorio no se puede esperar que se encuentren muy cerca al promedio. Para decidir si hay adhesión a la línea central, hay que dividir el espacio comprendido entre la línea central y los límites en cuatro partes y observar si los puntos caen en las dos partes más cercanas a la línea central, se puede decir que hay adhesión (Fig 12)

Adhesión de los puntos a los límites de control. Para identificar este tipo de tendencia, es necesario, primero, dividir el espacio comprendido entre la línea central y las líneas de control en tres partes iguales. Si dos de tres puntos consecutivos caen dentro del tercio cercano a las líneas límites, se considera que el proceso es anormal, es necesario que los puntos se encuentren aleatoriamente distribuidos (Fig 13)

Figura 10 Corrida

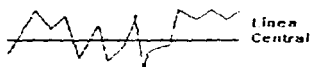


Figura 11 Tendencia

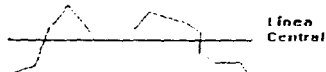


Figura 12 Adhesión a la línea central

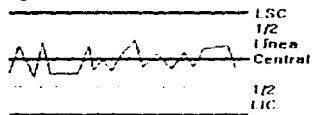
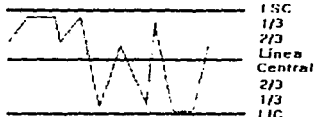


Figura 13 Adhesión a los límites



FUENTE: Castillo Benjamin Curso "Control Estadístico de Proceso en la Industria Alimentaria" IATAM, Abril 1994

Gráficas de Control por atributos.- Por atributos se entiende las características de calidad que no pueden ser medidas con una escala numérica, pues se trata de características cuya existencia se juzga a través de un criterio más o menos subjetivo.³

Para poder llevar a cabo la clasificación de las características de calidad por atributos se requiere:

- De un criterio
- De una prueba
- De una decisión

El criterio se establece de acuerdo con las especificaciones. La prueba consiste en la operación que se realiza para averiguar la existencia o no, del criterio establecido.

En las operaciones en que el grado de subjetividad de criterio es muy acentuado, tienen mucha importancia la intuición y la experiencia de quien aplica el criterio. La decisión determina que dictamen (pasa / no pasa) debe darse al producto, indicando simplemente como dentro de límites o fuera de límites. Frecuentemente los datos de la inspección se representan por el valor de su fracción o el porcentaje que no cumple los requisitos. La fracción defectuosa (expresada por una cifra decimal) es el valor que se obtiene al dividir el número de unidades que presentan defectos, entre el número total de unidades inspeccionadas. Los datos en porcentaje y fracción pueden ser analizados y obtener de ellos sus valores de tendencia central y dispersión como para las lecturas por variables. Esto se debe a que la distribución que caracteriza a estos eventos es la binomial y para muestras grandes se aproxima a la distribución normal.³

Lo que se ha llamado como una unidad que no cumple con los requisitos, normalmente se expresa en los siguientes términos:

Unidad malconformada - es aquella que tiene al menos una diferencia con su característica de calidad y que no cumple con la especificación.

Unidad defectuosa - es la unidad que presenta una separación entre su característica de calidad y el requisito de uso esperado, es decir que presenta imperfecciones que hacen que no cumpla con los requisitos de uso predichos, esta característica está ligada con la insatisfacción del cliente.³

Cualquiera de los dos términos son usados y depende mucho de la empresa o la situación bajo la cual se desea construir una gráfica por atributos.

Gráfica p de porcentaje de defectos -

Se denomina "p" a la fracción o porcentaje de unidades defectuosas o malconformadas encontradas en una muestra de n unidades, el valor medio de p está dado por:

$$\bar{p} = \frac{\sum c}{\sum n} \cdot 100$$

c = número de defectos por muestra

La desviación estándar es:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\bar{p}(100 - \bar{p})}{n}}$$

Los límites de control igual que en las gráficas de control por variables representan el valor 3σ para p:

$$\text{Límites de control} = \bar{p} \pm 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(100 - \bar{p})}{n}}$$

Dependiendo del proceso a evaluar se puede tener un tamaño de muestra constante o variable, es decir, se toman muestras a intervalos periódicos de igual tamaño, algunos procesos no permiten que se tome siempre muestra de igual tamaño, por ejemplo cuando la producción no se realiza siempre al mismo ritmo y hay ocasiones en que se produce en gran cantidad y otras en que no hay producción, en estos casos se utiliza una inspección al 100%, separando las unidades malas de las buenas, si la variación de los tamaños de muestra no es mayor del 20%, se puede emplear un tamaño medio de muestra y utilizar después las fórmulas. Si la variación es mayor, se pueden emplear otras fórmulas en que se utilice el promedio del tamaño de las muestras y se incluyen tanto los valores mínimos como los máximos de defectos encontrados para los cálculos de los límites de control.³

Gráficas np.-

Algunas veces se prefiere usar el número de unidades defectuosas (np) en lugar de la fracción (p), la interpretación, los procedimientos y los cálculos son muy semejantes a la de fracción p, solo se multiplican los límites de control y la línea central por el tamaño de muestra n.

$$\text{Límites de control} = np \pm 3\sqrt{np(1-p)}$$

np = Fracción defectiva media por el tamaño de muestra, número promedio defectivo o malconformado

Gráficas de control por número de defectos o malconformados c y u.-

Algunas veces la cantidad producida es muy pequeña, algunas otras se inspeccionan piezas muy grandes que a su vez incluyen piezas de menor tamaño como tornillos, tuercas, varillas, etc., para estos casos, el sistema de porcentaje defectivo no funciona por lo tanto existen gráficos que emplean la cantidad de defectos por unidad de fabricación.

La cuenta de defectos de una clasificación en una unidad de producto de tamaño constante en inspecciones sucesivas se llama c, a partir de estos se calculan sus correspondientes límites de control y su gráfica consta de una línea media correspondiente al promedio de defectos o malconformados, los límites de control y los valores de c.

$$\text{Límites de control} = c \pm 3\sqrt{c}$$

c = promedio de defectos para n unidades de producto

La cuenta promedio de defectos de una clasificación dada observada en una muestra de n unidades de carácter o tamaño constante en inspecciones sucesivas, se le conoce como u, donde $u = c/n$, y los valores de u se grafican en la gráfica denominada "u", con sus correspondientes límites de control y su línea promedio.

$$\text{Límites de control} = u \pm 3\sqrt{\frac{u}{n}}$$

u = u/k para k valores de u

Clasificación de los defectos.-

La mayoría de las gráficas de control por atributos consideran todas las causas de rechazo como igualmente malas o graves sin embargo esto trae graves consecuencias ya sea en el proceso para el control interno o sobre la estimación de la calidad del producto respecto al empleo posterior.

Por ejemplo, cuando se acumulan todos los tipos de rechazo en una gráfica de porcentaje un punto fuera de control puede ser inquietante en forma innecesaria pudiendo ser motivado por una causa menor o también se puede sentir satisfecha la gerencia por observar un punto dentro de control, pero que incluye tres o cuatro defectos muy costosos, por lo anterior se han definido las siguientes categorías de defectos.

Característica crítica.- es aquella que amenaza con pérdida de vida o propiedad, o hace el producto no funcional fuera de límites prescritos.

Característica mayor.- es aquella que ocasiona que el producto falle al cumplir su función operada si esta fuera de los límites prescritos.

Característica menor.- es aquella que ocasiona que el producto no cumpla totalmente su función operada si esta fuera de los límites prescritos.

De acuerdo con las categorías de los defectos se clasifican aquellos encontrados durante la inspección. Más adelante se presenta una tabla con los defectos clasificados para el producto que se está estudiando.

Habilidad del proceso.-

En general, el concepto de habilidad significa comparar la distribución del proceso con las tolerancias, para ver si estas últimas pueden ser satisfechas consistentemente y con una misma probabilidad.

El análisis de la habilidad del proceso sólo puede iniciarse cuando las causas especiales han sido identificadas, analizadas, removidas y prevenidas de recurrir, esto es, sólo después de que el proceso haya sido llevado a control estadístico.

La habilidad es una característica medible del proceso en operación, y posee un carácter dinámico, gráficamente se presenta como un intervalo de longitud igual a seis desviaciones estándar de la variable (con distribución normal), por otra parte, la tolerancia del proceso se refiere a una petición por parte del cliente o del diseñador, acerca de una determinada característica de calidad del producto.

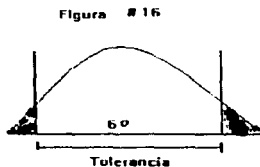
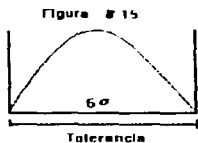
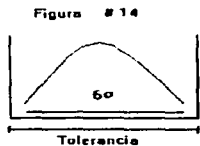
Una de las medidas de la habilidad del proceso más comunes en términos de los límites de especificación es el Índice de habilidad del proceso o C_p . La ecuación (1) define el C_p donde LSE y LIE, son los límites de especificación superior e inferior, respectivamente y σ es la desviación estándar (o un estimado) para la característica de calidad dada:

$C_p = \text{Índice de habilidad} = \text{Tolerancia} / \text{Habilidad del proceso}$

$$C_p = (LSE - LIE) / 6\sigma \quad (1)$$

Los valores grandes de C_p indican que la habilidad del proceso para satisfacer los límites especificados es mejor. Para lograr esto se pueden tener límites de especificación amplios o que la dispersión del proceso sea pequeña, así el cociente es grande.

$$C_p = \text{Tolerancia} / 6\sigma = (LSE - LIE) / 6\sigma$$



FUENTE: Castillo B., López E. curso "Control Estadístico de Proceso en la Industria Alimentaria" (1994)

En la figura 15, se observa que un valor de $C_p = 1.0$ indica que la dispersión natural del proceso iguala justamente la anchura de los límites de la especificación, o sea que la tolerancia del proceso es tal que permite la cabida de una sola distribución, cualquier cambio en la media resultará en producto fuera del límite de especificación en la dirección del cambio.

Valores de C_p menores que la unidad indican una situación en la que la variabilidad es mayor que la tolerancia del proceso, de modo que una fracción de la salida del proceso, falla en satisfacer las especificaciones. Las partes disconformes corresponden a las colas (regiones sombreadas figura 16) de la curva normal.

Para facilitar la mejora del proceso, es recomendable utilizar uno o más índices de habilidad. Los japoneses utilizan varios pero existen dos que han sido los más utilizados en occidente, el C_p y el C_{pk} . El C_p es denominado como el índice de habilidad potencial del proceso, esto es porque no toma en cuenta lo centrado del mismo, y el resultado del cálculo da simplemente la comparación entre dos intervalos, el de las especificaciones y el de la dispersión; por esto se ha propuesto el índice de habilidad real del proceso o C_{pk} , que es definido por

$$C_{pk} = Z_{min}/3 \\ C_{pk} = C_p(1-K)$$

Donde K es una medida escalada de que tanto varía el promedio del proceso del valor nominal de especificación

$$K = 1/2 \frac{LSE + LIE - 2\bar{X}}{LSE - LIE}$$

\bar{X} es un estimado del promedio actual del proceso. Si la media del proceso está centrada, entonces la habilidad potencial es igual que la habilidad real, $C_p = C_{pk}$, si el proceso no está centrado, su índice de habilidad será menor que el de un proceso centrado y con la misma dispersión.

De esta manera, el índice de habilidad real puede determinarse como una función del índice de habilidad potencial del proceso.

Así se puede obtener la habilidad del proceso a partir del histograma de frecuencias, de las gráficas de control de atributos o variables.

Otros índices de habilidad del proceso son el C_{ps} y el C_{pi} , los cuales representan una medida relativa de que tanto el límite superior para el caso del C_{ps} o el límite inferior para el C_{pi} , exceden a la media.

$$C_{ps} = (LSE - \bar{X})/3\sigma$$

$$C_{pi} = (\bar{X} - LIE)/3\sigma$$

Los índices relativos a los límites de especificación C_{ps} y C_{pi} están relacionados

$$C_{ps} = 2 C_p - C_{pi}$$

Por lo tanto, solo una de las medidas es suficiente cuando se desea mantener un registro dinámico del rendimiento actual del proceso relativo a los límites de especificación.^{8,40}

1.5.3. Planes de muestreo para aceptación

Una muestra se define como "una porción que se toma para evidenciar la calidad del conjunto". Por lo tanto, las muestras y los métodos seguidos para el muestreo, son la parte fundamental estadística empleada en el Control de Calidad (Ref. Diccionario Webster).

La muestra es definida según la Norma Oficial Mexicana para productos envasados, contenido neto, tolerancias y métodos de verificación (NOM-002-SCFI-1993) como una o más unidades del producto tomadas de un lote o partida.

El muestreo de aceptación es la inspección de muestras en la que se toma la decisión de aceptar o no un producto o servicio, el plan de muestreo determina el tamaño de muestra a ser utilizado y el criterio asociado de la aceptación o el rechazo.

Los planes de muestreo de aceptación se crearon para satisfacer la necesidad de contar con un procedimiento mediante el cual se inspecciona un lote ya no al 100% sino a través de una muestra y de acuerdo con las características encontradas se tome una decisión de aceptarlo o no.

Las tablas de muestreo vienen a satisfacer dichas necesidades adaptándose a cada proceso en especial, estas incluyen los procedimientos de aceptación en los que el tamaño de lote, muestra y criterio de aceptación se relacionan.

Para que sea efectivo debe representar tanto la calidad del lote muestreado y la cantidad de riesgo que proporciona, es decir, que probabilidad existe de que el lote aprobado tenga un porcentaje defectuoso y de que categoría.

Uno de las clasificaciones más empleadas de los planes de muestreo es el que clasifica a las características de calidad por atributos (pasado/pasado y por variables (mediciones).¹⁷

El procedimiento general para el establecimiento de las tablas estadísticas de muestreo, se expresa como debe servir en principio para determinar cual es la probabilidad de aceptación de los lotes que contengan diferentes porcentajes de defectos, todo lo anterior para un tamaño (N) del lote, del cual se toma una muestra de tamaño (n) y que contenga (c) o menos defectos.

Otro aspecto a considerar es el de elegir por las características del proceso el tipo de muestreo a realizar, sencillo, doble o múltiple.

Muestreo sencillo, doble y múltiple

Muestreo sencillo. Es la aceptación o rechazo de un lote de acuerdo con las unidades de una muestra tomada de ese lote. En este caso se toma una muestra aleatoria de n unidades, se tiene un número de aceptación c , si existen c o menos defectos, el lote se aprueba, y si no ocurre así, se rechaza.

Muestreo doble. El procedimiento es el mismo que en el muestreo simple, se selecciona una muestra de n unidades del lote, y se toma la decisión de rechazar o aprobar si el total de defectos encontrados es mayor o menor a c . Antes de rechazar, se selecciona una segunda muestra y se combina la información de ambas para aceptar o rechazar el lote.

Muestreo múltiple. Es la extensión del muestreo doble, y se necesita de más de dos muestras para decidir sobre la aceptación o el rechazo.

Curva de operación OC.

La relación entre el porcentaje de defectos en los lotes inspeccionados y la probabilidad de aceptación se denomina características de operación OC, para una condición particular de muestreo. Cada combinación entre el tamaño del lote, el número de aceptación, el tamaño de dicha muestra, tiene una característica de operación diferente, cuyo valor se presenta gráficamente por una curva. La protección que genera un plan de muestreo, se juzga por las curvas de operación asociadas con esta. La pendiente de la curva es el indicador del poder del plan de muestreo para discriminar entre la calidad aceptable y la inaceptable, a mayor número de muestra, la pendiente es mayor, y a mayor número de aceptación (c) la curva se mueve a la derecha.

Para cualquier fracción defectuosa p en un lote recibido, la curva OC muestra la probabilidad p_a de que el lote sea aceptado por el plan de muestreo.

Dodge y Romig referidos en Grant (1987) distinguen entre los tipos de curvas OC las del tipo A y del tipo B. Las primeras dan las probabilidades de aceptación de diversas fracciones defectuosas en función de la calidad del lote cuando es finito, por lo tanto se deberían calcular mediante probabilidades hipergeométricas, sin embargo la distribución binomial y la de Poisson dan buenas aproximaciones, en principio también son discontinuas sin embargo se trazan como continuas.

Las gráficas del tipo B dan las probabilidades de aceptación de un lote como función de la calidad del producto, están calculadas como si el tamaño del lote fuera infinito, por lo que la distribución binomial es exacta, la de Poisson suele dar buenas aproximaciones, y se consideran correctamente como continuas.¹⁴

Planes de muestreo para lotes por atributos

En muchas industrias donde se emplean los Planes Estadísticos de Control se utilizan con éxito los planes que se mencionaron a continuación:

1.- Tablas de Dodge Roming

H.F. Dodge y H.G. Roming desarrollaron un conjunto de tablas de inspección para lote por atributos, en estas se presentan dos tipos de planes de muestreo, planes para la protección del porcentaje defectuoso tolerable por lote (PDTL), y planes que proporcionan un límite de la calidad media de salida (LCMS). El primero se refiere muchas veces, sobre otros orientados, hacia el Nivel de Calidad Aceptable (NCA) como el MIL STD-105D para componentes y partes críticos, esto es por que los NCA aunque sean muy pequeños, incluyen un gran número de partes defectuosas, por lo que se brinda mayor protección con el PDTL, aun cuando el rechazo medio del proceso sea bajo. Los planes LCMS se diseñaron para minimizar la inspección total media para un LCMS dado y una media del proceso especificada, así los planes de Dodge - Roming son muy útiles para inspección en la fábrica de productos semiterminados.^{15,16}

2.- Militar - Standard - 105D (MIL Std 105)

El plan de muestreo conocido como Norma Militar Standard 105D es una colección de esquemas de muestreo, en esta se incluyen los tres tipos de muestreo, el sencillo doble y múltiple, para cada uno se incluye una inspección normal, estricta y reducida, se establece una inspección normal al principio del proceso de inspección, después una estricta cuando se ha deteriorado el historial de calidad del proveedor, y la reducida cuando el reciente historial de la calidad del proveedor ha sido muy bueno.

La característica principal de este plan es el NCA. Cuando se emplea la norma para planes de porcentajes defectuosos, los NCA varían de 0.1% a 10%. Para planes de defectos por unidad, hay unos diez NCA adicionales, que crecen rápidamente hasta 1000 defectos por 100 unidades. Normalmente el NCA se especifica por contrato, o por la autoridad responsable del muestreo, también es posible distinguir entre tres tipos de defectos, y asignar diferentes NCA, ya que la norma distingue entre defectos críticos, mayores y menores, se común escoger en NCA de 1% para mayores y 2.5% para menores, no aceptando defectos críticos.

El tamaño de la muestra se determina mediante el tamaño del lote y la selección de un nivel de inspección, existen tres niveles, el nivel I, y puede utilizarse cuando se requiere de mayor nivel de inspección que el II, y es posible utilizarlo cuando se necesita menos discriminación. El nivel III requiere casi el doble de inspección que el nivel II, y puede utilizarse cuando se requiere de mayor nivel discriminatorio. También existen cuatro niveles especiales de inspección S-1, S-2, S-3, y S-4. Los niveles especiales de inspección utilizan muestras muy pequeñas, y el riesgo de muestreo grande se tolera.^{16,17}

El procedimiento para el uso de la tabla MIL STD 105D, se resume

a.- Si no se conoce el tamaño del lote, éste se calcula, una vez conocido el dato se conoce el tamaño de muestra designado por un código literal, el cual se encuentra en la tabla Y del anexo 1, y que corresponde a un nivel de inspección I, II y III, el nivel de inspección determina la relación entre el tamaño de lote y el tamaño de muestra, es común utilizar el nivel de inspección I, al inicio del estudio cuando se requiere de menor confiabilidad, cuando se requiera de mayor confiabilidad se utilizará el II o el III, en la misma tabla aparecen los niveles especiales de inspección, S-1, S-2, S-3 y S-4, que se emplean cuando las muestras que se requieren son relativamente pequeñas, cuando las pruebas son destructivas, o cuando es prácticamente muy difícil obtener muestras de tamaños mayores.

b.- Conociendo el código literal, se determina el tamaño de muestra en la tabla II del anexo 1 especificando el tipo de muestreo a utilizar, sencillo, doble o múltiple y la inspección, normal, rigurosa o reducida, normalmente al iniciar un estudio se emplea la inspección normal a menos que alguna persona autorizada especifique lo contrario, o que haya un cambio de procedimientos debido al estudio del proceso, operación o historial de un proveedor de normal a rigurosa, de rigurosa a normal o de normal a reducida.

c.- Para obtener el programa de muestreo se utiliza el NCA definido como el máximo porcentaje de unidades defectuosas o el número máximo de defectos por cien unidades, los valores de los NCA puede ser estipulado por alguna autoridad responsable o bien se establecen a partir de las curvas de operación correspondientes, el plan de muestreo se establece a partir de las tablas II, III y IV, las que incluyen los tres tipos de muestreo, sencillo, doble y múltiple.

d.- Para determinar la aceptabilidad de un lote, con base en la inspección del porcentaje de unidades defectuosas, se elige la tabla adecuada y con el NCA se procede a inspeccionar la primera muestra para un plan de muestreo simple, si el número de defectos encontrados es igual o menor al número de aceptaciones, el lote es aceptado, si es mayor, será rechazado, el número de aceptación se obtiene de la intersección entre la línea vertical correspondiente al tamaño de muestra y la línea horizontal correspondiente al NCA.⁴⁶

3.- Planes secuenciales

Estos planes tienen que ver con la inspección de muestras en la que después de que se ha inspeccionado cada unidad, se toma la decisión de aceptar el lote, de no aceptarlo o de inspeccionar otra unidad. En estas tablas como el tamaño de la muestra es muy pequeño, los resultados de las muestras se analizan con mayor frecuencia que en los planes de muestreo sencillo o doble, además son de doble acción en las tablas normales, por ejemplo, solo se necesita especificar una meta para la calidad.

En los planes de secuencia regular se establece una "zona de indecisión" entre la región de aceptación y la de rechazo. El muestreo se debe continuar hasta que los resultados de las muestras indiquen la aceptación o el rechazo del lote, cuando los puntos que indiquen los resultados del muestreo, pasen a la región de aceptación o la de rechazo.⁴⁶

4.- Muestreo en cadena y planes salte-un-lote

El muestreo en cadena fue desarrollado por H. Dodge, para proporcionar una mayor probabilidad de aceptación de lotes de una calidad alta, este tiene que ver con la inspección de muestras en las que la decisión de aceptarlo o rechazarlo, tiene que ver con el resultado de la inspección de los lotes inmediatamente precedentes, estos planes se designan como ChSP-1, ChSP-2.

Muestreo de aceptación por lote por variables.

El plan de muestreo por variables que se ha usado ampliamente es el que se presenta por medio de las tablas MIL-STD-414. Estas contienen catorce diferentes niveles de NCA, cada uno de los cuales está unido a su correspondiente curva de operación.

Cuenta con 5 niveles generales de inspección, está dividido en cuatro secciones, la sección A es la descripción general de los planes de muestreo, la sección B, proporciona los planes basados en la desviación estándar de la muestra cuando es desconocida la del proceso, la sección C de planes basados en el rango de la muestra o en el promedio de los rangos de la muestra en subgrupos, de tamaño $n=5$, cuando la desviación estándar del proceso es desconocida y la sección D proporciona los planes basados en el promedio de la muestra para el caso cuando la desviación estándar del proceso es conocida.

Los planes de muestreo son especificados para cuando se tenga uno o dos límites de especificaciones, y si se tienen 1 o más NCA, por ejemplo, para el caso cuando se tiene un solo límite de especificación se puede emplear el método que incluye el índice K, o el que incluye el índice M, estas dos letras identifican a dos índices que se presentan en forma numérica tabulados para diferentes valores de NCA y tamaño de la muestra. Para cuando se emplean dos límites

únicamente se puede emplear el método de M, estas dos letras corresponden a un factor empleado para determinar la aceptación o el rechazo del lote, como se explicará más adelante.

El procedimiento para el uso de las tablas MIL-STD-414 es similar al de las tablas MIL-STD-105 D.

a.- Con el conocimiento del tamaño del lote se busca el código literal a partir de la tabla I del anexo 1, de acuerdo al nivel de inspección correspondiente, se especifica el tipo de inspección a realizar, normal, reducida o estricta, para el inicio de un estudio, se elige normalmente la inspección normal, en la tabla correspondiente al tipo de inspección, se obtiene el código literal para encontrar el tamaño de la muestra, con la letra correspondiente al código literal y el NCA a utilizar, (de acuerdo con el proveedor o elegido por medio de las curvas de operación) se conoce el tamaño de la muestra.

b.- Para procesos con variabilidad desconocida, y el método de la desviación estándar, con un límite de especificación se emplea la tabla en la que se incluye ya sea el valor de K o el de M. El lote se aceptará si la diferencia entre el límite superior o inferior y la media del subgrupo dividido entre la desviación estándar es mayor o igual al valor de K. (Límite Promedio/Desv. std. > o igual que K). Este valor de K se encuentra en la intersección entre el tamaño de muestra y el NCA asignado o elegido.

c.- Para un proceso con variabilidad desconocida, y uno o dos límites de especificación, se emplea el factor M (tabla Ia), este también se encuentra en la intersección entre el tamaño de la muestra y el NCA correspondiente, el lote será aceptado si cuando se tiene un límite, la diferencia entre el promedio del subgrupo y dicho límite dividido entre la desviación estándar es menor o igual a M, si se tienen dos límites, el lote será aceptado si ^{5.24.40}

$$(LSE - \bar{X}) \cdot N \leq p_U$$

$$(\bar{X} - LIE) \cdot N \leq p_L$$

El lote será aceptado si $p_U + p_L \leq M$

Donde \bar{X} = promedio del subgrupo

LSE y LIE = Límites superior e inferior de especificación

N = Desviación estándar del lote

Planes de muestreo para una producción continua.

1.-Muestreo Continuo

Estos planes están diseñados para la aplicación en un flujo continuo de unidades individuales de producto, que (a) implique aceptación o rechazo en base unidad-por-unidad y (b) utilice periodos alternados de inspección y muestreo 100%, dependiendo de la calidad del producto observado. La variedad de muestreos continuos normalmente disponibles se designan CSP-1 CSP-2 CSP-3, CSP-A CSP-M CSP-T CSP-F CSP-V y CSP-R.

El plan CSP-1 fue desarrollado por Harold F. Dodge, el procedimiento es, al inicio de la producción inspeccionar el 100% de las unidades consecutivamente y continuar hasta que un cierto número de unidades, designadas i en términos de muestreo fracciones, cumplan con los requisitos, después de haber inspeccionado i unidades se descontinúa dicha inspección y se revisa solo una fracción designada f de una muestra imparcial, cuando se encuentre una unidad defectuosa, se regresa inmediatamente a la inspección 100% y continuar así hasta que unidades sucesivas no contengan defectos.

Posteriormente se desarrollaron los planes CSP-2 y CSP-3 para reducir la alternancia entre la selección 100%, por ejemplo para el CSP-2 la calificación para el muestreo es la misma que en CSP-1 o sea i unidades buenas deben pasar por la inspección 100% antes de pasar al muestreo, pero si se encuentra con una unidad defectuosa, no se inspecciona 100% como en CSP-1, se inspeccionan cuidadosamente las siguientes unidades si cualquiera de estas i unidades

se regresa a inspección 100%. Si no se encuentra defecto se continúa inspeccionando la fracción
f. 7.34

Plan de muestreo para control del proceso.

Es mucho más fácil controlar la producción de piezas durante su fabricación, examinando muestras pequeñas a intervalos frecuentes regularmente programados. En este tipo de planes se logra un equilibrio entre la parte económica y la estadística, ya que el objetivo es que se tomen muestras pequeñas y representativas de la producción, al realizarse el muestreo a intervalos. Se puede detectar deficiencias en el proceso y detener la producción de defectos, en este tipo de tablas se especifica una serie de programas de muestreo con índices de calidad que proporcionen un grado de riesgo, la frecuencia de la toma de muestra, y los procedimientos a seguir para complementar la tabla como puede ser los pasos para la aceptación o el rechazo de los lotes.⁹

Este tipo de tablas no son para muestreo de aceptación, sino que representan una transición entre las circunstancias reales de una fábrica y la estadística. Este tipo de tablas se clasifican en tres tipos:

- a) - Cuando las condiciones de fabricación durante un determinado periodo de producción permite separar una parte de la producción, formando "lotes" individuales.
- b) - Cuando no se puede separar parte de la producción para formar lotes.
- c) - Cuando un lote de fabricación, se agrega automáticamente durante la operación.

Para estos tres casos, que son los que se encuentran en la industria normalmente se han desarrollado las tablas de muestreo, sin embargo como han sido desarrolladas para condiciones especiales de cada proceso, algunas veces no se adaptan a otros, tan fácilmente, por lo que resulta más conveniente, elaborar un plan de muestreo que se adapte al proceso en estudio.

Cuando la producción se puede separar en lotes individuales, se ha desarrollado una tabla, esta cuenta con dos anexos, el A y el B, el primero da información sobre la frecuencia del muestreo, esto se determina por medio de los factores, el volumen de la producción calculando el número de piezas por hora y la condición del proceso, basado en experiencias anteriores, el proceso se clasifica en errático, estable o controlado. El segundo anexo determina el tamaño de muestra apropiado para el nivel aceptable de calidad que se estipule en el proceso. Este valor se puede determinar basándose en el desempeño anterior del proceso.

De acuerdo con las características del proceso este se clasifica en:

Errático-Un proceso que intermitentemente es bueno o malo, o que cambia de bueno a malo sin indicio anticipado.

Estable- Un proceso que da un rendimiento casi uniforme pero presenta cambios graduales o desplazamientos en una dirección debido al desgaste de herramientas u otros factores.

Controlado-Un proceso que presenta la evidencia anterior y actual de estar controlado.

Este plan de muestreo se aplica para una inspección por atributos, por lo que para una inspección para variables habría que hacer las observaciones correspondientes.¹⁰

Los planes de muestreo se aplican de manera que sean prácticos, fáciles de manejar, que se adapten al proceso y que cumplan su función efectivamente, el anterior es un ejemplo de un plan de muestreo sin incluir la aceptación o el rechazo, para una inspección dentro del mismo proceso y establecer un control, así se pueden establecer otros planes que se adaptan a cada condición en particular, fundamentados siempre en las teorías estadísticas.

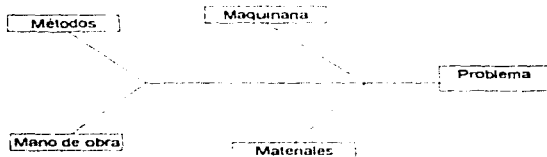
1.5.4. Diagrama Causa - Efecto

El diagrama de Ishikawa o de pescado como comúnmente se le conoce, fue desarrollado por Kaoru Ishikawa, de la Universidad de Tokio en 1943 y es una herramienta sumamente útil para entender e investigar las relaciones entre el problema y todas las causas posibles, tiene la forma del esqueleto del pescado, el problema se representa como la cabeza del mismo y sus causas están representadas por las espinas, estas espinas a su vez pueden estar influenciadas por otros aspectos que se representan como subdivisiones de las mismas. El procedimiento para su elaboración consiste en identificar el problema, después determinar las causas, una vez realizado el esquema, investigar y diseñar experimentos para evaluar el efecto de cada causa en el problema, y así se pueden formar no sólo un diagrama sino muchos los cuales se van a complementar para la solución de los problemas.

Para construirlo se agrupan las causas del problema en cuatro o más categorías en algunas industrias se les llama las 4 M's materiales, métodos, maquinaria y mano de obra.

Primero se construye el esqueleto, el cual se asemeja al de un pescado de ahí su nombre, en la cabeza, se escribe el factor vital del problema, se identifican y escriben las categorías especificadas, posteriormente se registran todas las causas posibles del problema ya agrupadas en su categoría correspondiente, por último se hace una evaluación de todas y se desechan aquellas que no sean verdaderas, y se elaboran conclusiones sobre el tema.

FIGURA # 17
DIAGRAMA DE PESCADO



1.5.5. Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es definido como una de las herramientas más poderosas, ampliamente usada por su utilidad para determinar entre un número grande de problemas, cual será el más indicado para ser estudiado, sin incluir mucho trabajo analítico. En otras palabras, se puede poner el ejemplo de un problema de determinación de los costos de calidad. En una planta se evalúan los costos del problema incluyendo los costos por materia prima, el proceso, costo por análisis, etc., y uno en especial es el mayor, esta característica se separa y se analiza con el Diagrama de Pareto, graficando cada elemento que contribuye al costo de este parámetro, y el costo que aporta, posteriormente se puede graficar por cada elemento que característica es la que se considera más importante por el costo que se reporta y de esta manera esta es la característica que se estudia.

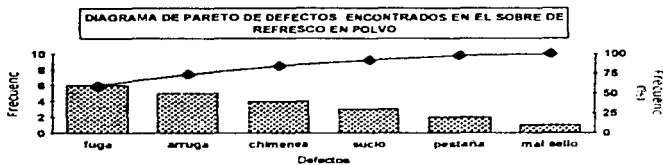
El diagrama se utiliza generalmente en segundas etapas o pasos intermedios de los estudios para detectar, solucionar o prevenir los problemas.

Consta básicamente de la representación por barras de la incidencia de cada factor, semejante a un histograma de frecuencias, sin embargo, en este caso se ordenan los factores por

su incidencia de mayor a menor y en el otro eje se grafican los porcentajes que representan cada factor.

A continuación se esquematiza un Diagrama de Pareto típico

FIGURA # 18

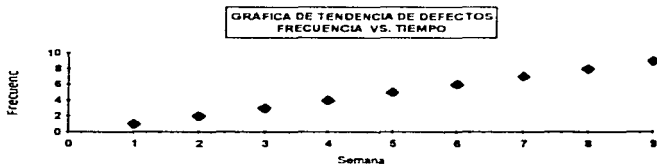


1.5.6. Diagrama de tendencia.

Es un tipo de gráfica en la que se clasifican ciertas características para identificar su estructura o afinidad. Es decir, en un proceso donde exista cierta variación, se puede determinar las características a estudiar y evaluar la tendencia de la característica para desplazarse hacia tal o cual efecto.

Cuando se grafica el efecto de una variable en función de otra en una gráfica de dos ejes X y Y se le conoce como Diagrama de Tendencia y permite identificar patrones en la relación de dos conjuntos de datos.

FIGURA # 19



1.6 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO "BEBIDA EN POLVO".

A continuación se darán las descripciones fisicoquímicas del producto en estudio así como de sus principales ingredientes.

1.6.1 Definición Fisicoquímica

La bebida en polvo se puede definir como polvo homogéneo granular fino sin presencia de grumos ni partículas extrañas, de color correspondiente al sabor, el cual al ser preparado de acuerdo con las instrucciones proporciona una bebida con sabor característico.¹²

Dentro de las bebidas, en polvo se ha hecho la siguiente clasificación dentro de la industria que se dedica a la manufactura de este tipo de productos.

-Bebida en polvo azucarada: Se le conoce así por tener el 100% de azúcar necesaria para la elaboración de la misma, es decir, no es necesario agregar otra cantidad de azúcar al momento de su preparación.

-Bebida en polvo semiazucarada: Este producto contiene solo una parte del azúcar requerida y en las instrucciones se señala la cantidad "extra" de azúcar a agregar al ser elaborada.

-Bebida en polvo no azucarada: Está constituido básicamente por un concentrado de color y sabor, por lo tanto al momento de preparar la bebida es necesario agregar toda la cantidad de azúcar.

Los tres tipos de bebidas en polvo son muy similares en cuanto a composición, están formados por sabores, colores artificiales y acidulantes, la diferencia básica entre ellos es la cantidad de azúcar en su formulación, las empresas líderes en el ramo han hecho otra distinción entre ellos, ya que también los han diferenciado por el tipo de mercado hacia los que van dirigidos, por ejemplo, los productos no azucarados son orientados hacia el público infantil con sabores como fresa, frambuesa, naranja, etc. Los semi azucarados cuentan con sabores más tradicionales como jamaica, limón, horchata, que generalmente el ama de casa consume más frecuentemente, y los azucarados han sido los que se han dirigido al mercado de néctares o jugos los que son consumidos generalmente en el desayuno. Otra distinción que se ha hecho es que se ha incrementado el uso de sabores y extractos naturales para los productos semiazucarados y azucarados por que están orientados a la población de mayores recursos económicos.

El producto en estudio es una bebida en polvo semiazucarada, la cual tiene una parte de azúcar en su formulación y es necesario agregar otra cantidad al momento de preparar la bebida.

La forma de preparación de bebida de sabor a partir de la bebida en polvo, es, en un litro de agua, disolver el contenido del sobre (40 g) más 50g de azúcar o endulzar al gusto.¹²

Existe una Norma Oficial Mexicana que se refiere a Bebidas no alcohólicas, la Norm 1-439-1983 y la clasifica de la siguiente manera:

CLASIFICACIÓN

Tipo 1

- a - Bebidas de
- b - Bebidas Nutricionales
- c - Bebidas Bajas en Calorías

Tipo 2

- a - Refrescos de
- b - Refrescos sabor de.
- c - Refrescos bajos en calorías

Definiciones.-

1.1. Bebidas no alcohólicas. Son aquellas que además de agua potable pueden contener como máximo un 25% de alcohol etílico, edulcorantes, saborizantes, dióxido de carbono, jugos o pulpas de frutas, verduras o legumbres y otros aditivos autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

En el caso de bebidas nutricionales, pueden contener además vitaminas, proteínas o sus hidrolizados de calidad proteica equivalente al de la caseína.

1.2. Bebidas de ... Son aquellas elaboradas con un mínimo de 10% y un máximo de 25% de jugos o pulpas de frutas, verduras o legumbres y que cumplan con la especificado en 1.1. Estos límites no son aplicables en el caso de bebidas que por razones técnicas y características sensoriales no son alcanzables.

1.3. Bebidas nutricionales. Son las que se elaboran con un mínimo de 15% de proteínas o sus hidrolizados de calidad proteica equivalente al de la caseína y que cumplan con lo especificado en el punto 1.2.

1.4. Bebidas bajas en calorías. Son aquellas que en su composición eliminan el uso del azúcar sustituyéndolo por edulcorantes autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia y que cumplan con lo especificado en los incisos 1.2 o 1.3.

1.5. Refresco de ... Es aquel que contiene menos del 10% y como mínimo 5% de jugos o pulpas de frutas, verduras o legumbres y que cumplan con lo especificado en el punto 1.1.

1.6. Refresco sabor de ... Es aquel que puede contener jugos o pulpas de frutas, verduras o legumbres en cantidad menor al 6% y que cumplan con lo especificado en el apartado 1.1. Quedan comprendidos dentro de este grupo aquellos refrescos cuyas cualidades específicas los clasifican como de un sabor indefinido característico e inherente al producto.

1.7. Refresco bajo en calorías. Es aquel que en su composición elimina el uso de azúcar sustituyéndolo por edulcorantes autorizados por la Secretaría de Salubridad y Asistencia y que cumple con lo especificado en 1.5 o 1.6.

El material en estudio no entra en ninguna de las categorías citadas ya que de acuerdo con las definiciones, éste no cuenta con pulpa de fruta o de verdura, sus sabores y colores son artificiales y no se encuentra en forma líquida, existe una Norma Oficial mexicana llamada NOM -086-SSA1-1994, en la cual se hacen consideraciones y se establecen especificaciones para bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición, sin embargo tampoco se refieren a las bebidas en polvo, solo se hace una distinción para productos en los que haya sido reducido parcial o totalmente el porcentaje de azúcar, se propone la inclusión de las bebidas en polvo en la clasificación de Bebidas en la Norma Oficial Mexicana.

Clasificación de Bebidas no alcohólicas

TIPO I.-

- a - Bebidas de
- b - Bebidas Nutricionales
- c - Bebidas Bajas en Calorías

TIPO II.-

- a - Refrescos de
- b - Refrescos sabor de
- c - Refrescos bajos en calorías

TIPO III.-

- a - Bebidas en polvo
 - a.1 Bebidas en polvo azucaradas
 - a.2 Bebidas en polvo semiazucaradas
 - a.3 Bebidas en polvo no azucaradas

1.6.2. Principales Ingredientes

Los principales ingredientes son:

Azúcar **Acido cítrico** **Sabor** **Color** **Antihumectante**

Azúcar.-

El azúcar se obtiene de la caña de azúcar y se define como polvo de color blanco, uniforme al tacto, sin presencia de grumos ni terrones, el tipo de azúcar requerida es "Refinada" y debe cumplir con las siguientes especificaciones:

CUADRO # 1

ESPECIFICACIONES DEL AZÚCAR GRANULADA

Características Físicoquímicas	(g / 100g de muestra)	
Características	%Max	%Min
Humedad	0.1	
Impurezas	0.01	
Grumos	0.1	
Color (unidades ICUMSA)	2500	
Granulometría	Min 60% pasa Malla 40	
Solubilidad	Altamente soluble (1 parte de azúcar se disuelve en 0.5 partes de agua a 20° C)	

FUENTE: Egan H. Ronald K. "Análisis Químico de los Alimentos de Pearson" (1987) 2a. Imp. Ed. C.F.C.S.A.

Características microbiológicas -

Dado que este producto contiene un % de humedad muy bajo, los microorganismos son incapaces de desarrollarse y no se requiere de un análisis microbiológico periódico si se conserva en condiciones óptimas de almacenamiento.

El azúcar es un material sumamente importante para este producto, es el componente mayoritario y por lo tanto le confiere al producto en polvo la característica de libre flujo, es el vehículo principal para su manejo y físico-químicamente le proporciona el sabor dulce y facilita la solubilidad del mismo al ser preparada la bebida. Su humedad, e higroscopicidad son de suma importancia para la estabilidad.

Ácido Cítrico Granular fino.-

Polvillo fino formado por cristales translúcidos, sin olor y con sabor ácido característico. El ácido es el segundo material en proporción, después del azúcar, le confiere al producto el sabor ácido característico y por su alta higroscopicidad, es un elemento importante a controlar para garantizar su estabilidad, junto con el azúcar, al momento de ser elaborada la bebida debido a su alta solubilidad facilita la preparación de la misma. Sus características principales son:

CUADRO # 2

ESPECIFICACIONES DE ÁCIDO CÍTRICO

Características Físicoquímicas	(g / 100 g de muestra)	
Características	% Max	% Min
Pureza	99.5	
Humedad	0.5	
Solubilidad	Altamente soluble (1 g por cada 0.5 ml de agua a 20°C)	
Granulometría	Min 60% pasa Malla 40	

FUENTE: Melama S.A. de C.V. "Ácido cítrico" CIVAC, Cuernavaca, Morelos, 1962

Características microbiológicas: Al igual que con el azúcar, por su bajo contenido de humedad, no es necesario practicar análisis microbiológicos si se conserva debidamente almacenado.

Color artificial.-

Poivo de color rojo, cuyo componente principal es el color rojo # 40, conocido por su nombre común Rojo Allura, su nombre químico es el de sal disódica de 6-hidroxi-5[(2-metil-4sulfoteni) azo]-2-acido naitalensulfónico. Su aspecto físico es de polvo, se encuentra libre de materia extraña y ajustado con sal como excipiente. Este material funciona como su nombre lo indica para colorear la solución que se va a elaborar y por su baja concentración, prácticamente no interviene en forma importante durante el proceso. Sus características son:

**CUADRO # 3
ESPECIFICACIONES DE COLOR ROJO # 40**

Características Físicoquímicas	(g / 100g de muestra)	%Max	%Min
Características			
Absorbancia (510 nm)	0.640		0.670
Pureza			85.000
Humedad	14.000		
Cloruros y Sulfatos	14.000		
Piomo	10 ppm		
Arsénico	3 ppm		

FUENTE: Warner-Jenkinson "Certified Food Colors" St. Louis, Missouri, U.S. 1983.

Sabor artificial.-

Poivo fino uniforme al tacto, soluble en agua resultado de la mezcla de ingredientes de origen artificial cuyo sabor y olor es característico a jamaica.

**CUADRO # 4
ESPECIFICACIONES DEL SABOR ARTIFICIAL**

Características Físicoquímicas	(g / 100g de muestra)	%Max	%Min
Características			
Humedad	8.0		
Sabor /olor	Característico comparable al patrón a través de una prueba sensorial de tipo triangular		
Granulometría	10% max sobre malla 60		
Características Microbiológicas			
Cuenta total	10.000 ufc/g		
Coliformes	10 ufc/g		
Hongos y levaduras	100 ufc/g		

FUENTE: International Fragrances and Flavors "Ficha técnica A-12" México D.F. 1981.

En este caso, por tener un mayor % de humedad, si se especifican características microbiológicas que son importantes para la estabilidad de dicho material, ya que en el producto por estar presente en un porcentaje pequeño no representa mayor riesgo, su principal función es la de proporcionar el sabor característico a la bebida.

Antihumectante.-

Poivo fino de color blanco, constituido por precipitados de sílice aglomerados y molidos, su función dentro del producto es la de evitar el endurecimiento de los ingredientes al paso del tiempo, siempre y cuando se encuentre perfectamente protegido del medio ambiente

**CUADRO # 5
ESPECIFICACIONES DEL ANTIHUMECTANTE**

Características Físicoquímicas	(g / 100g de muestra)	
	% Max	% Min
Humedad	5.5	
Cenizas	98.00	
Calcio	20mg	
Hierro	100mg	

FUENTE: Gomas y Colores S. A. de C.V. "Especificación materia prima F. 11" México, D.F. 1991

1.6.3 Composición Proximal

La fórmula tipo para una bebida en polvo semiazucarada es:

Ingredientes	%Base seca
Azúcar	090.899
Ácido cítrico	008.000
Sabor artificial	001.000
Color artificial	000.001
Antihumectante	000.100
TOTAL	100.000

Al ser preparada la bebida tiene la siguiente composición:

Ingrediente	%Base húmeda
Agua	88.495
Azúcar	11.180
Ácido cítrico	00.283
Sabor	00.035
Color	03.5 x 10 ⁻⁶
Antihumectante	00.0035

La composición proximal del producto en polvo es la siguiente:

Característica	%
Humedad	00.5
Cenizas	02.2
Proteínas	00.00
Carbohidratos	96.79
Total	100.00

Las especificaciones para Bebida en polvo sabor Jamaica son:

Característica	%Max	%Mín
Humedad	1.0	
Granulometría	Min 80% pase Malla 60	
Densidad polvo (g/cm3)	0.86	
Color/olor	Característico, comparable con el patrón	
Solubilidad	Altamente soluble(40g- 1 lit de agua potable a 20°C)	

Características microbiológicas.

Cuenta total	Max. 1000 ufc/g
Hongos y Levaduras	Max 100 ufc/g
Coliformes Fecales	Negativo

Las características de la bebida preparada también se incluyen en la especificación, por lo tanto, las especificaciones del producto preparado de acuerdo a las instrucciones (40 g en 1 lit de agua a 20°C)son:

Características fisicoquímicas	%Máx.	%Mín.
% Absorbancia a 490 nm	0.437	0.337
Acidez (% Ácido cítrico)	0.13	0.09
Ph	3.46	3.36

1.7 PROCESO DE ELABORACION DE UNA BEBIDA EN POLVO

La elaboración de una bebida en polvo consta de operaciones unitarias que son básicamente el mezclado de polvos y el envasado de los mismos, cuenta también con pasos en los que se utiliza la fuerza de trabajo humana, este será descrito como se realiza en la empresa Gomas y Coloides, S.A. de C.V

1.7.1. Proceso de manufactura de una bebida en polvo

El proceso de elaboración de bebida en polvo cuenta con los pasos descritos a continuación, más adelante en el capítulo de metodología se muestra el diagrama de bloques del proceso con las condiciones de operación del mismo

1.- Recepción de Materia prima y material de empaque.-

Los materiales se reciben en la planta con sus respectivos certificados de calidad, editados por cada proveedor y las características consideradas más importantes son evaluadas por el departamento de Control de Calidad, los análisis son fisicoquímicos dependiendo del material recibido, y microbiológicos a los que tengan riesgo microbiológico. El Departamento de Control de Calidad, después de obtener los resultados, decide si el material cumple con las especificaciones correspondientes.

2.- Elaboración de la premezcla, operación de mezclado (Mezcla 1).-

Esta etapa es la operación de mezclado de polvos finos que ocupan menor proporción en la Bebida en polvo, el mezclado de polvos es definido como la distribución de partículas de diferentes características en un volumen dado.

Existen pocos estudios acerca de dicha operación, sobre todo porque normalmente se emplea la práctica y la experiencia laboral para elegir un tipo de mezclador en especial, además de que los polvos tienen una amplia variedad de propiedades de flujo, lo que hace complicado su estudio, sin embargo, se ha llegado a algunas conclusiones con respecto a esta operación, una es el hecho de que las partículas de polvo de diferentes materiales tienen diferencias en cuanto a su tamaño, forma, composición química, color y densidad; contenido de humedad y su estado de agregación; todo esto influye en las características de flujo del material, es decir, para una operación como el mezclado de materiales en polvo es muy importante la forma en que el material fluye dentro del equipo, ya a la mezcla de polvos se le ha distinguido en dos tipos tomando en cuenta básicamente la fuerza necesaria para hacerlos fluir sobre una superficie:

- **Mezcla distributiva:** Es la mezcla de sólidos (componentes sólidos) que requiere de poco esfuerzo para fluir, estos son del tipo de sólidos de libre flujo, semejantes al azúcar o la sal, con contenidos de humedad bajos.

- **Mezcla Dispersiva:** Es la mezcla de materiales o aglomerados que requiere de un esfuerzo grande para fluir sobre una superficie, esto caracteriza a mezclas de harinas y otros materiales con contenidos de humedad arriba del 10%, que se aglomeran entre sí con facilidad y que incluso se adhieren a las paredes del equipo, como las harinas, feculas, etc.

En el mezclado de materiales sólidos en polvo existen tres tipos principales de movimiento dentro del equipo, el movimiento convectivo, de grupos de partículas análogo a la turbulencia en un fluido, el movimiento difusivo, que caracteriza al movimiento de partículas separadas y es análogo a la difusión en los fluidos, y por último el movimiento de partículas formando un grupo uniforme de las mismas, que requiere de poco esfuerzo para fluir, dicho movimiento es similar al de un fluido laminar.

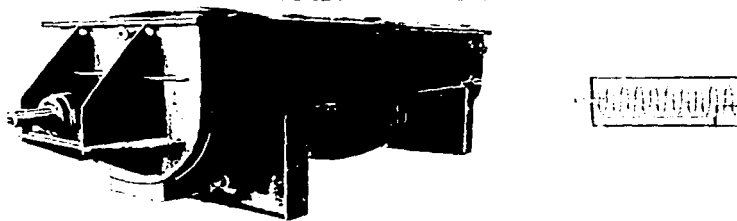
Por lo que se ha explicado, es también necesario distinguir los parámetros que se deben considerar en el mezclado, y que son las variables que tienen influencia en la velocidad del mezclado y en el grado de humedad, Estas pueden ser agrupadas en dos principalmente, las asociadas con la operación y las asociadas con el equipo.

Las características del sólido a considerar son: Forma y tamaño de la partícula, Distribución del tamaño de partícula, Densidad, es decir, el volumen que ocupa un peso conocido del sólido, Contenido de humedad, Características de flujo.

Las características del equipo son: Dimensiones y geometría del equipo, dimensión del agitador, tamaño y colocación de las puertas de acceso, materiales de construcción y terminados en la superficie que estará en contacto con el material y detalles sobre la carga y descarga del equipo.

La maquinaria empleada en este paso es una Mezcladora Ribbon-Blender, o mezcladora de listón, esta máquina tiene las siguiente partes: el cuerpo de mezclado es semejante a un tazón en forma de U, cuenta con un agitador horizontal con forma de tornillo sin fin, se encuentra sostenido a los lados del tazón, en uno de estos lados se une al motor con una banda o con una cadena la cual permite que el tornillo realice el movimiento helicoidal, mezclando el material, en la actualidad se encuentran una gran variedad de tamaños y potencias, de motores, es el tipo de máquina que se usa comúnmente para la mezcla de materiales sólidos en polvo. Se pueden encontrar en diferentes capacidades, potencia de motor, tipo y forma del tornillo, dependiendo del material a mezclar, a continuación se muestra una figura de la mezcladora empleada, así como sus condiciones:

FIGURA # 20
MEZCLADORA RIBBON BLENDER



Capacidad 150Kg
Potencia del motor 1 1/2Hp
Alimentación Manual, compuerta en la parte superior del cuerpo
Descarga Manual, compuerta en la parte inferior y al centro del cuerpo

FUENTE: Metz Company, MINNEAPOLIS, MN, USA

3.- Mezclado (mezcla 2).-

Esta mezcla consta de los materiales provenientes de la mezcla 1 más el ácido cítrico y el azúcar, se caracteriza por contener todos los materiales que constituyen la bebida en polvo y que además presentan las mayores diferencias en cuanto a características físicas, esto es, la diferencia del tamaño y forma de partícula, el esfuerzo que requieren para fluir, porcentajes de humedad, densidad, etc. por lo tanto es una etapa que también debe ser monitoreada de cerca.

El tipo de mezcla se caracteriza como de tipo distributiva ya que el material que se encuentra en mayor proporción, es el azúcar y el ácido cítrico son polvos de libre flujo que se mantienen lejos de la humedad, caracterizarán dichas características, el proceso de mezclado en esta etapa es igual al de la mezcla 1 en una mezcladora tipo Ribbon Blender pero con mayor capacidad las condiciones de la máquina a utilizar son:

Capacidad 600 Kg
Potencia del motor 3 Hp
Alimentación Manual, compuerta en la parte superior del cuerpo
Descarga Manual, compuerta al centro del cuerpo

4.- Envasado .-

El envasado se realiza después del mezclado, la mezcla homogénea de bebida en polvo es vaciada a tolvas de capacidad aproximada de 100 kg de polvo, las cuales tienen mallas para evitar el paso de terrones o grumos que puedan afectar al envase. La máquina Klockner Bartelt es diseñada en este caso para el llenado y sellado en sobres individuales de la bebida, debido al alto grado de higroscopicidad de las materias primas, se utiliza para este paso un material de empaque laminado por adhesivos con estructura Glasspolifol N-100, el cual consta de varias capas de material laminado para formar una película, la cual es entregada en rollos por el proveedor, y que cumple con las siguientes especificaciones:

**CUADRO # 8
ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE EMPAQUE**

Características	Especificación
Impresión	4.00g/m ² +/- 10%
Papel	4.00g/m ² +/- 10%
Primer	0.80g/m ² +/- 10%
Poliétileno	12.0g/m ² +/- 10%
Aluminio 9u	24.0g/m ² +/- 10%
Primer	0.80g/m ² +/- 10%
Poliétileno	24.0g/m ² +/- 10%
Total Rendimiento	105.6g/m ² +/- 10%
Calibre	0.00385 pulg +/- 10%
Rendimiento	Número aproximado de sobres por kg = 512
Fuerza de laminación	Papel-poliétileno = 200g / pulg Poliétileno-aluminio = 150 g / pulg Aluminio-poliétileno = 300g / pulg
Fuerza de sello	1.00 kg / pulg a 150°C, 40 psi, 1 seg mínimo.

FUENTE: Gomas y colorados S.A. de C.V. Información Técnica (1991)

El envase se realiza en forma mecánica; la máquina dosifica en dos etapas el producto al sobre que ella misma forma, es decir, la máquina primero corta el papel para formar un cuadro después lo sella de los lados y de la parte inferior, dejando abierta la parte superior; el producto cae por libre flujo de las tolvas por medio de un dosificador al sobre y se vacía una cantidad controlada de producto, pasa al siguiente dosificador donde se completa el peso y por último sella la parte superior.

Los sobres que se obtienen deben cumplir con ciertas especificaciones muy importantes de empaque ya que es un producto que generalmente se vende al menudeo y puede ser expuesto al calor, sol, aire y humedades altas, es por esto que la calidad del material de empaque es alta y por consiguiente su costo también, pero para que la función de dicho material sea completa el empaque debe estar bien formado es decir debe cumplir con:

- Perfecto sellado (No se permite ninguna fuga de material, agujero o rasgadura)
- No deslaminar el material (por ajustes, en temperatura o velocidades en la máquina, se puede desprender alguna de las capas que constituyen el material de empaque)

De no cumplirse con estas características se induce la inestabilidad del producto. Muy importante también, pero en menor nivel se considera la presentación en general del empaque ya que como se dijo, es un producto que se vende generalmente al menudeo y lo que se expende al menudeo es el sobre, para lo que debe estar bien centrado, limpio, etc.^{12,13}

Envasado como operación a controlar

Se elige la operación de envasado como operación a controlar por lo siguiente:

- El material en estudio tiene un porcentaje de humedad muy bajo y los ingredientes en general que lo constituyen no tienen riesgos microbiológicos; la experiencia en su elaboración ha demostrado que si se cumple con las Buenas Prácticas de Manufactura en el proceso, no se corre prácticamente ningún riesgo en ninguna de las etapas.
- El contacto directo del personal obrero con los ingredientes, y el producto terminado es mínimo, lo que aunado a los cuidados sanitarios que se llevan a cabo, uso de cubrebocas, cofias, ropa limpia, programa de sanitización y limpieza de áreas y equipo, han dado por resultado, en la historia de la elaboración de bebida en polvo, 0% de rechazos por contaminación microbiológica.
- Los principales motivos de rechazo y problemas por reclamos en calidad del producto han sido:
 - Fuga (onfiscos en el empaque por donde hay una salida evidente de polvo)

- **Endurecimiento** (Cuando el consumidor detecta que el polvo se endureció, considera que es muy viejo o que ya caducó por lo que ya no lo compra)

Estos problemas, en la mayoría de los casos con un buen control en el momento del envasado, cuidando que el sobre se encuentre perfectamente sellado, esto combinado con la buena calidad de las materias primas y los materiales de empaque, prácticamente se elimina el problema

En menor medida los reclamos del consumidor se orientan en este sentido

- Menor número de sobres en el exhibidor

- Menor peso de lo especificado

- En muy escasas ocasiones se ha hecho referencia a diferencias de sabor o color y a su vez a su vez se quedan impregnados con azúcar o color del mismo producto

Por todo lo anterior, es necesario considerar el envasado como etapa a controlar estadísticamente en el proceso, por ser un elemento fundamental desde el punto de vista de estabilidad y costo económico

Los reclamos principales de los que se habla corresponden a las características de calidad del sobre de bebida en polvo, como el estudio se refiere a la aplicación del control estadístico en la operación de envasado, resulta conveniente establecer en este momento los atributos y la variable a manejar durante la operación como características de calidad

CUADRO # 7

CLASIFICACION DE LAS CARACTERISTICAS DE CALIDAD DURANTE LA OPERACION DE ENVASADO EN MAQUINA BARTELT

Característica de Calidad	Variable/Atributo
Peso (g)	Variable
Chimenea, fuga, sobre con sujeción externa proveniente del mismo producto, pestaña en el sello, amarga en el sello, sobre con sello defectuoso pero sin fuga	Atributo

Características generales de la máquina envasadora Klockner Bartelt.-

La máquina Klockner Bartelt Modelo 1M es una máquina envasadora horizontal que forma / llena / sella sobres de dimensión específica. Este modelo en especial incluye una avanzada tecnología la cual aumenta eficiencia e incrementa la productividad en la línea de empaque para diferentes productos desde alimentos hasta cosméticos, químicos y productos farmacéuticos en forma granular (leche, crema, pasta, tabletas, etc.)

Esta construida de material sanitario resistente (Acero inoxidable) y su estructura junto con dichos materiales, aseguran el buen estado del equipo por muchos años.

Operación: El material de empaque es alimentado de un rollo (bobina) a través de una guía para formar ya sea un sobre delgado o grueso, una vez que el papel para formar el sobre ha sido doblado, este es sellado de los lados y opcionalmente es formado con dobleces en las esquinas o sellado en forma especial para aumentar el volumen del sobre o cambiar la apariencia del mismo, en esta etapa, las mordazas tienen un movimiento de apenas 1/4" para formar un sello exacto

Después, el sobre es asegurado con unas pinzas que están sujetas a la cadena horizontal y estos son cortados a las dimensiones requeridas en el centro del sello hecho previamente, para posteriormente ser llenado, limpiado y sellado por la parte superior, por último el sobre es removido por un mecanismo de colección y orientado hacia bandas transportadoras o el siguiente paso del proceso de empaque

Los beneficios de este tipo de equipo son:

- **Velocidades de hasta 100 sobres por minuto**, con la facilidad de colocar dos equipos en paralelo con los mismos controles y duplicar la velocidad

- Capacidad múltiple de llenado, compatible con la instalación de vibradores, llenado volumétrico y llenado a peso neto
- Mantenimiento reducido
- Variación en el manejo del tamaño de los sobres formados incluyendo 3 o cuatro sellos, y manejo de gran variedad de materiales de empaque incluyendo Delta Pac, asas y otros diseños especiales del mismo empaque.

Las especificaciones del equipo proporcionadas por el fabricante son:

CUADRO # 8
ESPECIFICACIONES DE LA MAQUINA ENVASADORA KLOCKNER BARTELT

Característica	Especificación
Dimensiones del sobre a manejar	Diferentes tamaños.
Mínimo	IM-6-14 2" ancho x 2" alto
Máximo	IM-6-14 4 3/4" ancho x 9 1/2" alto
Velocidad	100 golpes por minuto dependiendo del granaje y características del producto se puede aumentar dicha velocidad.
Corriente	230/460 Volts 60 Hz 3- fases Disponible en voltajes internacionales.
Motor de manejo	1 HP, totalmente cerrado motor industrial de velocidad variable.
Materiales de empaque	Materiales termosellables laminados incluyendo poliesteres, polietilenos, foils, celofanes y papel.
Control	115 VAC, 60 Hz, 1 fase.
Aire	2 cfm 60 psi.
Vacio	El motor alimenta el requeudo.
Materiales y acabados	Base: Acero tipo industrial de trabajo pesado. Guía y materiales en contacto con el producto: Acero inoxidable y aluminio. Cubiertas: Material acrílico de transparente. Pintura: Maquina pintada con pintura de alta calidad para acero-epóxi.

FUENTE: Klockner Barlett Company IM The New Generation in Vertical Pouch Packaging Technology U.S.A.

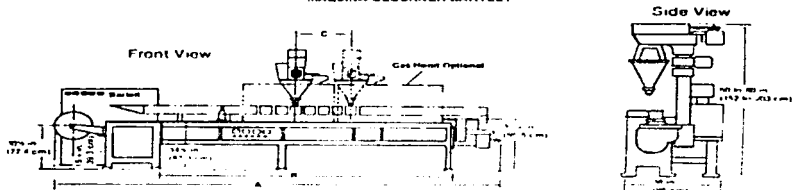
Dimensiones

Las longitudes y los anchos dependen del diseño del sobre y el número de estaciones de llenado, pero las dimensiones más comunes de una máquina de este tipo son las que se observan en el cuadro

CUADRO # 9
DIMENSIONES DE LA MAQUINA KLOCKNER BARTELT

Modelo	IM 6-14
Longitud de la entrada	15.2 cm
No. de estaciones	14.00
A	516.00 cm
B	321.00 cm
C	46.00 cm

FIGURA # 21
MAQUINA CLOCKNER BARTELT



FUENTE: Klockner Bartelt Company IM The New Generation Horizontal pouch packager Sarasota FL USA

5.- Termosellado.-

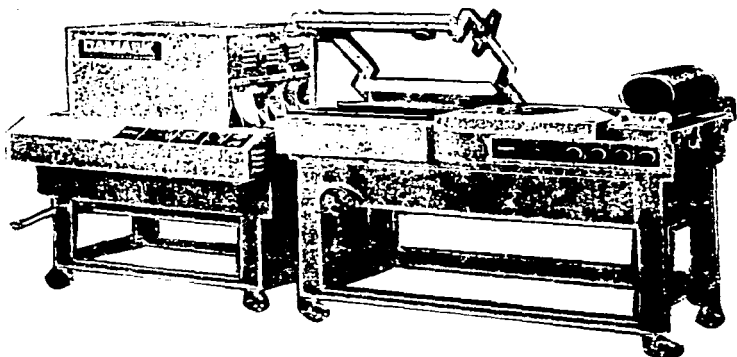
Consta del sellado del exhibidor que contiene el refresco en polvo en una película de PVC termosellable, este es introducido en un túnel que tiene resistencias eléctricas, de esta forma la película queda envolviendo al producto, lo que representa otra barrera contra la humedad y el medio ambiente además de una buena presentación.

El equipo de termosellado consta de una selladora en "L", un túnel de encogimiento y una banda transportadora que los comunica entre sí. La operación consiste en el sellado de la película de P.V.C. que envuelve al exhibidor, este se coloca en la banda transportadora y entra al túnel que por medio de la circulación de aire caliente provoca el encogimiento del material y el exhibidor queda envuelto. El túnel consiste en un compartimento cuadrado con una entrada dentro del mismo circula aire que se calienta por medio de resistencias eléctricas. Las especificaciones de este equipo son:

CUADRO # 10
ESPECIFICACIONES DEL CONJUNTO DE TERMOSELLADO

Túnel de calentamiento	
Dimensiones totales	24" ancho x 82" de largo
Dimensiones de la apertura	15" ancho X 5" largo
Transportador al interior	velocidad entre 0-20 pies-min
Ventilador	Caja difusora tipo industrial
Sellador en L	
Dimensiones del marco del brazo	20" X 14"
Corriente	120 Volts
Acabado	Esmalte homeado

FIGURA # 22
TUNEL DE CALENTAMIENTO Y SELLADORA EN "L"



FUENTE DAMARK Company Lockport, N.Y.

6.- Empaque en cajas corrugadas.-

Después del termosellado, se empacan los exhibidores dentro de las cajas corrugadas con el código del producto y de la producción. Es aquí cuando C.C. realiza un muestreo final en el que evalúa las características microbiológicas del mismo y dictamina si resulta o no aprobado para su posterior comercialización.

7.- Almacenamiento.-

Una vez liberado el producto por C.C., es almacenado bajo condiciones previamente especificadas; para ser comercializado, bajo estas condiciones se tiene una vida de anaquel de 6 meses.

8.- Comercialización.-

El departamento de ventas se encarga de distribuir el producto a los centros de expendio donde se vende primeramente, en forma de medio mayorero y los clientes de dichos establecimientos a su vez lo venden al menudeo en sus propios negocios, estas personas son las que en primer lugar transmiten los comentarios de los clientes y los suyos propios acerca de la calidad del producto.

CAPITULO II
METODOLOGIA

En este capítulo se plantean los procedimientos para llegar a cumplir los objetivos propuestos.

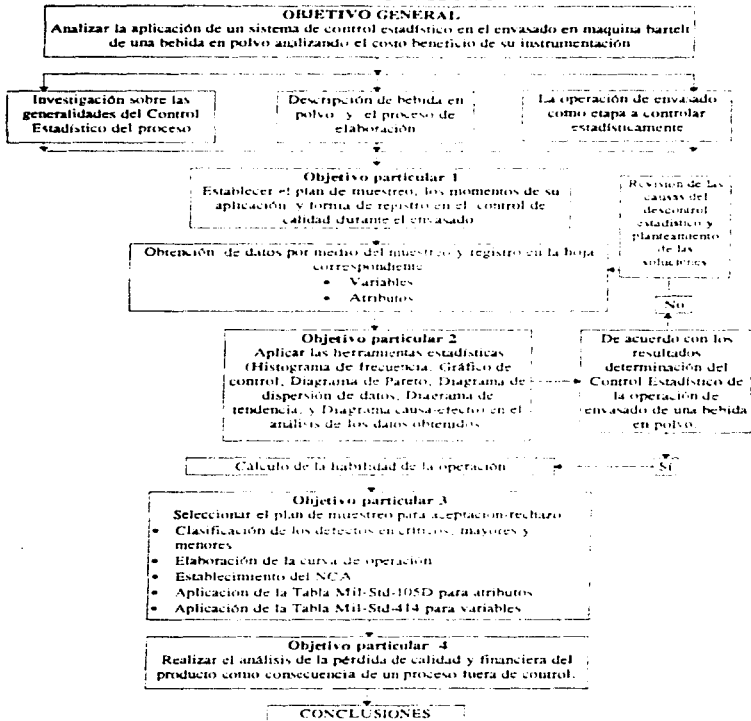
Dichos procedimientos incluyen:

1. El establecimiento de los planes de muestreo
2. Selección del tamaño de muestra
3. Definición y clasificación de los atributos y variables a manejar
4. Los momentos de muestreo
5. Forma de inspección
6. Validación del aparato de medición
7. Herramientas estadísticas empleadas para cumplir con el objetivo general

El trabajo fue dividido en dos etapas, la primera, que consistió en la evaluación del estado de control o no control estadístico en que se encontró la operación de envasado, esta tuvo una duración de nueve semanas en la que se aplicaron los procedimientos antes señalados. La segunda etapa consistió en la aplicación de los cambios propuestos derivados del análisis de los resultados de la semana 1 a 9. En donde además se aplicaron las técnicas y procedimientos estadísticos.

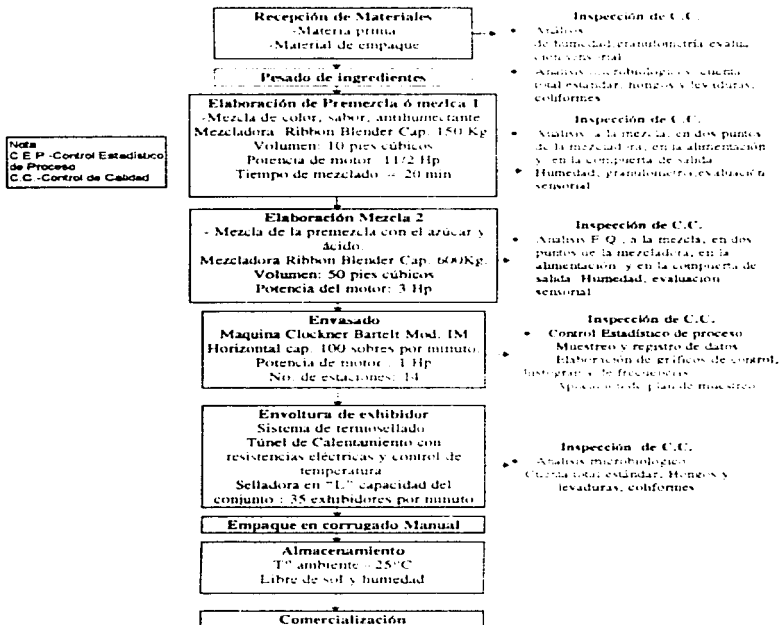
El capítulo II inicia con el cuadro metodológico donde se establecen los pasos a seguir para cumplir con los objetivos del estudio y se continúa con la descripción de las técnicas empleadas para el cumplimiento de los mismos.

2.1 CUADRO METODOLOGICO



En el cuadro metodológico se observan los pasos que se siguieron para llegar a cumplir con el objetivo general, en el capítulo de generalidades, va a ser tratado los temas de descripción del proceso de elaboración a nivel general, a continuación se muestra el diagrama de bloques del proceso de elaboración de bebida en polvo con las condiciones que se manejan durante el mismo.

2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE BEBIDA EN POLVO



Descripción del Diagrama de bloques de proceso.-

-Recepción de materia prima y material de empaque.- Los materiales son recibidos con certificados de calidad editados por el proveedor y son analizados por el departamento de control de calidad.

-Pesado de ingredientes.- Una vez aprobados los materiales a mezclar, estos se pesan por el personal capacitado y se identifican en el recipiente que los contienen, esta etapa debe hacerse con mucho cuidado ya que un error en el pesado de cualquiera de los componentes modifica la fórmula del producto.

-Premezcla o mezcla 1.- consiste en la aplicación de la operación de mezclado a materiales como colores, sabores y anti-humectante, una vez pesados se adicionan a la máquina mezcladora en el siguiente orden, del material que se encuentra en mayor proporción se agrega la mitad a lo largo de la base del tazón, se añaden todos los materiales, en orden descendente del componente mayoritario, se cierra la mezcladora y se acciona su funcionamiento, el movimiento del tornillo es de tipo helicoidal, el tiempo de mezclado para una carga de 100kg es de 15 minutos, una vez terminada la operación, se realizan análisis de humedad, granulometría y evaluación sensorial a dos puntos de la mezcladora (parte superior e inferior) para determinar si la mezcla es homogénea, si los resultados de las dos muestras entran en la especificación correspondiente, se continúa con el proceso. La evaluación sensorial se realiza por medio de una prueba contra una muestra patrón, dicha muestra es elaborada bajo condiciones controladas a nivel planta piloto, con ingredientes aprobados por control de calidad y evaluada mediante una prueba triangular, dichas pruebas son realizadas por personal capacitado previamente como panelista en evaluación sensorial.

-Mezcla 2.- Una vez aprobada la premezcla o mezcla 1, se continúa con el mezclado de ésta con el resto de los ingredientes que son azúcar y ácido cítrico, al igual que en la mezcla 1 se adiciona en primer lugar la mitad del componente mayoritario que en este caso es el azúcar, después la mezcla 1 y el ácido cítrico, y por último la cantidad restante de azúcar, el tiempo de mezclado para el lote de 500 kg es de 25 minutos, en esta etapa, control de calidad determina por medio de análisis de adidez, humedad y evaluación sensorial que el producto mezclado cumple con las especificaciones, determinando si la mezcla es homogénea, de la misma forma que en la mezcla 1.

-Envasado.- Se realiza después del mezclado 2, dicha mezcla aprobada por control de calidad es vaciada en las tolvas de la máquina Klockner Bartelt, y por medio del funcionamiento de la misma, que ya fue descrito en generalidades, se realiza la operación de envasado, en esta etapa una persona al final de la máquina se encarga de separar los sobres con defectos y colocar los aprobados en grupos de seis dentro del exhibidor, en esta etapa se realiza el estudio de control estadístico de la operación.

-Termosellado.- Una vez aprobado el producto en sobres individuales y acomodado en el exhibidor correspondiente, se envuelve en una película de PVC termosellable, este empaque se sella aplicándole calor, y se introduce en el túnel de calentamiento donde adquiere ya la forma requerida.

-Empaque en cajas conigudadas.- Una vez envuelto cada exhibidor se empacan en cajas conigudadas y se estiban en tamias, para ser enviados al almacén, en este punto, control de calidad realiza un muestreo para practicar los análisis microbiológicos al producto terminado.

-Almacenamiento.- Una vez liberado el producto por control de calidad, garantizando la calidad del mismo, este se almacena en el lugar correspondiente y cuidando la rotación para asegurar siempre el desplazamiento de los lotes de fabricados con mayor antelación.

-Comercialización.- El producto es distribuido y comercializado a los puntos de venta por personal del departamento de ventas, quienes además recogen las opiniones de los clientes sobre reclamos y comentarios sobre el producto.

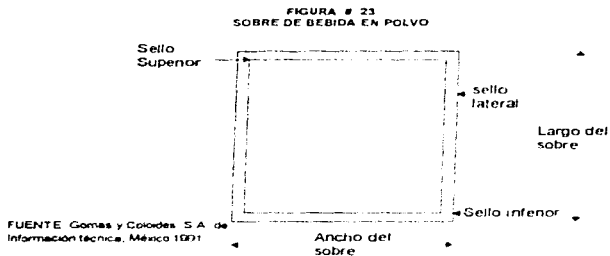
2.3. PROCEDIMIENTOS PARA LA UTILIZACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS EN LA OPERACIÓN DE ENVASADO.

A continuación se describen las herramientas utilizadas para cumplir con los objetivos propuestos, iniciando con las características de calidad, los planes de muestreo, hoja de registro y finalizando con la aplicación de las herramientas ya descritas en capítulos anteriores.

2.3.1. Métodos de Inspección de las características de calidad durante la operación de envasado

Cuando se describió la operación de envasado, también se mencionaron las principales características de calidad que se curdían durante el funcionamiento de la máquina. a continuación se describirán para así clasificarlos por su forma de inspección en atributos o variables.

En la figura # 23 se observó una imagen del sobre de bebida en polvo en la que se muestran las principales características del mismo.



Como ya se ha explicado existen dos tipos principales de características a evaluar las variables y los atributos

En la operación de envasado solo se maneja una variable que es el peso

El peso como variable es la cantidad en gramos (g) que ocupa un sobre de Bebida en polvo, el peso neto de cada sobre debe ser igual a 40 00g, debido a la operación de la máquina se pesa el sobre con todo y el material de empaque, el peso por sobre de material de empaque es igual a 2 00g, por lo tanto se maneja el peso promedio especificado por sobre igual a 42 00g. Los límites de especificación superior e inferior requeridos por la gerencia general son de 43 00g y 41 00g respectivamente.

Los atributos a estudiar son:

Fuga, chimenea, sobre con suciedad externa proveniente del mismo producto, pestaña en el sello, amarga, sobre mal sellado sin fuga. A continuación se muestra un cuadro en el que se definen todas estas características.

CUADRO # 9

MÉTODOS DE INSPECCION DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DEL SOBRE DE BEBIDA EN POLVO

Característica a evaluar	Variable / Atributo	Definición	Método de inspección
Peso	Variable	El peso como variable es la cantidad en gramos (g) que ocupa un sobre de Bebida en polvo, el peso neto de cada sobre debe ser igual 42.00g con material de empaque	La evaluación del peso se hace en una balanza con capacidad de 0 a 200.00g y que fue validada para reducir el riesgo de variación debido a otras fuentes
Fuga	Atributo	La fuga se define como la salida evidente de producto por defecto en alguno de los sellos o presencia de orificios de dimensión mayor a 1 mm	La inspección de fuga se realiza a cada sobre ejerciendo con la mano una presión sobre el mismo, para provocar la salida de producto si la fuga existe
Chimenea	Atributo	Se conoce como chimenea a la salida de producto muy fino a través de orificios menores a 1mm este defecto se caracteriza por que al golpear el sobre el producto forma una nube pequeña de polvo muy fino	El sobre se revisa presionando con la mano para provocar la chimenea y se tiene especial cuidado en las uniones entre cada sello de la máquina ya que es frecuentemente encontrado en dichas zonas
Sobre suciedad externa proveniente del mismo producto	Atributo	Se considera que el sobre esta sucio cuando no se distinguen claramente las leyendas, figuras y colores característicos, esto provocado por la adhesión del mismo producto debido a la falta de limpieza constante en la máquina, por el origen de los mismos ingredientes estos se adhieren con facilidad al sobre proporcionando un mal aspecto	La inspección se realiza en forma visual y revisando cada lado del mismo
Pestaña en el sello	Atributo	La pestaña en el sello se presenta cuando uno de los extremos del material de empaque excede al otro en mas de 2 mm la parte superior del sobre y provoca un desplazamiento en la impresión del mismo sobre	La inspección se realiza en forma visual y se considera pestaña a aquel traslape de material de empaque en el sello superior mayor a 2mm
Arruga en el sello	Atributo	Se define a la arruga a la deformación de alguno de los sellos en forma de un traslape debido a un ajuste de la máquina o al mal acomodo del material de empaque	La inspección al igual que en el resto de los atributos se realiza en forma visual revisando todos los sellos del sobre
Sobre con sello defectuoso sin fuga	Atributo	Se identifica como sello defectuoso a aquel que no entre en ninguna de las categorías anteriores pero que de un mal aspecto al producto como puede ser un sello quemado de dimensión mayor a la especificada en otra posición que no sea la especificada etc	La inspección se hara visualmente revisando todos los sellos realizados por la máquina

FUENTE: Gomas y Cordero, S.A. de C.V.
México, 1991

2.3.2. Elaboración del plan de muestreo, cálculo del tamaño de lote y momentos de muestreo

Para construir las gráficas de control y los histogramas de frecuencias, se realizó la toma de muestras tomando como base, que durante la operación de envasado, la producción continua se puede separar, es decir, se pueden formar lotes de menor tamaño, el plan de muestreo a utilizar para una producción continua es el CSP-1, CSP-2 o el CSP-3. Sin embargo, por las características propias de la operación, la cual permite separar la producción por partes, se pueden tomar en cuenta lotes individuales de la misma producción, esto es más conveniente para cuando el monitoreo lo realiza un analista que no solamente tiene que controlar esa etapa, sino que además tiene otras funciones que realizar y los planes de muestreo continuo implican el tener que permanecer todo el tiempo en el punto de muestreo, además el cálculo de la cantidad de sobres envasados en promedio es fácil determinar ya que el proceso es constante en su ritmo de producción.

Se calcula la cantidad de sobres producidos en un turno de producción considerando que la máquina trabaja a un ritmo promedio de 90 golpes por minuto durante 7 horas

$$(90 \text{ sobres /minuto}) (60 \text{ minutos/Hora}) = 5400 \text{ sobres/hora}$$

por 7 horas de un turno considerando los tiempos muertos

$$(5400 \text{ sobres/hora}) (7 \text{ horas/turno}) = 37.800 \text{ sobres/turno}$$

En un turno se producen en promedio 37.800 sobres, esta producción se puede separar a lo largo del turno en pequeños lotes, de los cuales se tomarán muestras para formar así los subgrupos empleados en la gráfica de control considerando que también se recomienda que la inspección se realice a intervalos de tiempo

Para construir los gráficos de control y los histogramas de frecuencia se tomaron muestras a intervalos de 2 horas, este se considera en principio para estudiar el estado de control del proceso y tomando en cuenta las recomendaciones que se hace en la bibliografía, considerando que el proceso es estable.¹⁴

Para la variable peso (μ) se seleccionó el tamaño de la muestra considerando el tamaño de lote igual a 10.800 sobres (que es lo que se separa en dos turnos) se utilizó la tabla de muestreo MIL-STD-414, sin utilizar los criterios de aceptación rechazado en la tabla I del anexo 1 con un nivel de inspección I se obtuvo el código literal H, en la tabla Ia para inspección normal se obtuvo el tamaño de muestra igual a 20, por lo tanto cada dos horas se registrarán en la hoja de control, 20 pesos a los que se aplicarán las herramientas estadísticas.

Para los atributos se utilizó la tabla MIL-STD 105D, considerando el mismo tamaño de lote se obtiene en la tabla II del anexo 1, el código literal para un nivel de inspección S-4 el tamaño de muestra es igual a 50, se empleó el nivel de inspección especial S-4 debido al tamaño de muestra para la inspección I de 150 sobres, ya que se tiene que inspeccionar mínimo siete atributos, por lo que la revisión de 150 sobres resulta prácticamente muy difícil.

2.3.3. Elaboración de la hoja de registro de variables y atributos

El registro de los datos tanto variables como atributos se hizo en la siguiente hoja de control:

HOJA DE REGISTRO DE VARIABLES Y ATRIBUTOS							
Empresa				Producto		Fecha	
Turno				Analista			
Atributos							
Hora	Fuga	Chimenea	Sobre sucio	Pestaña	Arruga	Sello defectuoso	Total
8:00							
10:00							
12:00							
14:00							

Variable peso (g.)

Hora	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
8:00																				
10:00																				
12:00																				
14:00																				

2.3.4. Validación de los aparatos de medición

Por lo regular los aparatos de medición se encuentran sujetos a variaciones sistemáticas o desviaciones por falta de calibración, condiciones ambientales y la intervención de diferentes personas en su uso, por lo que resulta conveniente calcular **Exactitud, Linealidad, Repetibilidad y Reproducibilidad**, para estudios como el que se realizara, el aparato de medición será una balanza marca "Ohaus" con capacidad de 0 a 200 00g.

Exactitud: es que tan cerca están las medidas con respecto a un valor real de la magnitud que se mide y se calcula como

El método de análisis en este caso fue:

1 - Obtener la lectura "real" de una balanza perfectamente calibrada llamada "patron" de una pesa de valor (g) conocido

2 - Registrar bajo las mismas condiciones el peso de la misma pesa ahora en el aparato a validar obteniéndose así los valores "reales".

3 - Por medio de una prueba de hipótesis, determinar si existe una diferencia significativa entre la lectura registrada por la balanza y el "patron" o pesa utilizado.

En la prueba de hipótesis se trata de rechazar o aprobar la hipótesis nula

Ho₀: las medias de los tratamientos son iguales, es decir no existe diferencia significativa entre ellas^{1,18}

Linealidad: Es la variación entre los valores de exactitud sobre el rango de medición del instrumento

El procedimiento para determinar la linealidad es el siguiente. Se establece un rango que abarque de preferencia los valores que se determinarán en el estudio, de la misma forma que para calcular la exactitud, se obtendrán en una balanza calibrada, los valores reales de peso a analizar y en la balanza en estudio se obtendrán los valores reales observados para el mismo peso, con un mínimo de 5 repeticiones por nivel. Posteriormente se practica la regresión lineal a

diferente peso, y se realiza una prueba de hipótesis para comprobar si efectivamente, el modelo lineal funciona para este caso¹⁸

La Hipótesis nula a comprobar es H_0 : El modelo lineal funciona para este experimento

Repetibilidad: La variación de la medición dentro de un periodo cuando es usado por el mismo operador en el mismo aparato y las mismas muestras.

También se define como la desviación estándar de dichas medidas⁹

En este caso se calcularon los valores reales con una pesa de peso (g) conocido a diferentes tiempos en la balanza en estudio, para después efectuar los cálculos correspondientes.

Reproducibilidad: Es la variación en el promedio de las mediciones hecha por operadores diferentes usando el mismo instrumento

Al igual que la repetibilidad se define como la desviación estándar de las mediciones (19)

Para analizar la reproducibilidad, se registraron los valores de peso por diferentes operadores bajo las mismas condiciones y con una diferencia en tiempo mínima (2 minutos) para después obtener el valor de reproducibilidad correspondiente^{11,12}

Posteriormente se realizó un análisis de variancia por bloques aleatorios para determinar si existe diferencia significativa entre las desviaciones estándar de los datos debido a los operadores o a el tiempo, comprobando las siguientes hipótesis nulas¹³

H_0 = el efecto del operador es cero

H_0 = el efecto del tiempo es cero

2.3.5. Procedimiento para la construcción de

Histograma de Frecuencia.-

Como primer punto se construyó un Histograma de frecuencia para cada semana, ya que es importante verificar la tendencia de los puntos puesto que las formulas a utilizar se basan en la teoría de la Distribución Normal

Para obtener la distribución se deben seguir rápidamente los siguientes pasos con los datos ya colectados:

1 - Sean $(x_i, i = 1, 2, 3, \dots, n)$ los datos muestrales, se ordenan en forma descendente, como $(X(i) = 1, 2, \dots, n)$

2 - Se establece el número de intervalos de clase a manejar existen varias recomendaciones sobre la selección del número de intervalos a manejar por ejemplo se recomienda que este entre 5 y 10²⁸, las siguiente son recomendaciones del número de intervalos a manejar dependiendo del número de datos disponibles:

Si son menos de 50 datos, entre 5 y 7 clases.

de 50 a 100, entre 8 y 10

de 100 a 250, entre 7 y 12

mas de 250, entre 10 y 20

Se recomienda tomar un número de clases que permita observar la distribución de los datos³

3 - Se registra la frecuencia con que aparecen valores para cada intervalo de clase formando la columna de "Frecuencia"

4 - En otra columna se calcula el valor de frecuencia relativa = Frecuencia / Suma total de frecuencias

5 - La frecuencia relativa acumulada el cual corresponde a la suma desde la primera frecuencia relativa hasta la ultima como $x_1 + x_2 = x_{a1}$, $x_{a1} + x_3 = x_{a2}$, $x_{a2} + x_{n+1}$

6 - Se construyen los ejes, uno vertical y otro horizontal, el primero corresponde a las frecuencias para cada intervalo y el segundo a cada intervalo de frecuencia

7 - Se construye la grafica con los valores de Frecuencia contra el intervalo^{2,19}

Graficos de control.

Se construyo la grafica de promedios y de desviaciones estandar que tambien presentamos para subgrupos mayores a 15.

El procedimiento para elaborar la grafica de promedios y desviaciones estandar, aplicando las formulas descritas en la seccion de generalidades es el siguiente:

- 1 - Calculo de promedios y desviaciones estandar de cada subgrupo.
- 2 - La linea central se traza a la altura que corresponde al promedio de los promedios.
- 3 - En el calculo para la desviacion estandar promedio y sus limites de control para las desviaciones estandar se utilizan las siguientes formulas que se hacen de ellas en diferentes antenas.

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} & \text{Promedio de los valores de cada subgrupo} \\ & & \text{Promedio de los promedios del subgrupo} \\ \bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n} \\ \bar{X} &= \frac{\sum_{i=1}^n \bar{X}_i}{n} \end{aligned}$$

Donde n es el promedio de los grupos y \bar{X}_i es el promedio que resulta del promedio de acuerdo al tamaño de cada subgrupo, en algunas ocasiones.

4 - Se calcula los límites superior e inferior de control para las promedios con las formulas correspondientes son:

$$\begin{aligned} \bar{X} &= \bar{X} \pm A_2 \bar{R} \\ \bar{X} &= \bar{X} \pm A_2 \bar{R} \end{aligned}$$

7 - El promedio de control se traza en el momento de dibujarse las formulas de \bar{X} y \bar{R} en el momento de ser el promedio de los promedios de los datos.

8 - Se proceden por este sistema de acuerdo con los valores de los promedios y sus rangos respectivamente, al control de calidad de acuerdo al sistema de control estadístico de calidad superior especificado. El control de calidad superior especificado en los datos estadísticos de producción y número de subgrupos en el momento de ser el momento de control de calidad superior especificado.

9 - Se aplican los procedimientos de control estadístico de calidad superior especificado de acuerdo al sistema de control de calidad superior especificado.

A continuación se describen los procedimientos de control estadístico de calidad superior.

Control de calidad superior especificado en el momento de control de calidad superior especificado en el momento de control de calidad superior especificado. El control de calidad superior especificado en el momento de control de calidad superior especificado.

CONCLUSIÓN

- 1 - Total de unidades producidas en el momento de control de calidad superior especificado.
- 2 - Correspondencia a la línea central en el momento de control de calidad superior especificado.

Utilizando estas fórmulas se construyeron las gráficas "p" siguiendo el mismo procedimiento que en el resto de los gráficos de control, registrando los ejes que corresponden a los límites de control "pc" y los datos para cada subgrupo.

Habilidad del proceso.-

El cálculo de la habilidad del proceso cuando éste se encontró bajo control fue utilizando la gráfica de promedios y Desviaciones estándar, en este caso el promedio \bar{X} es usado para localizar la distribución, una medida de la dispersión es calculada por la expresión simple $n\sigma = S/\bar{c}_4$.

Donde σ es el promedio de las desviaciones estándares muestrales y c_4 es una constante que depende del tamaño de los subgrupos y se encuentra en el anexo I

El valor de sigma es conocido como el estimador de la desviación estándar del proceso y se sustituye en las siguientes fórmulas para obtener el Cp y Cpk.

Habilidad potencial	$Cp = (LSE-LIE)/6\sigma'$
Habilidad real	$Cpk = Cp(1-K)$
Donde	$K = LSE+LIE - 2\bar{X} / (LSE-LIE)$

Diagrama de barras.-

El diagrama es una gráfica de barras que muestra la cuantificación de los datos obtenidos y permite hacer comparaciones basadas en hechos observados.

Los pasos a seguir para su construcción son:

- 1.- Elaborar una lista con los factores contenidos en la hoja de registro correspondiente, ordenándolos de mayor a menor según el número de incidencia.
- 2.- En una columna denominada "número de incidencia" se anota el que corresponde a cada factor.
- 3.- Se calcula el porcentaje de composición dividiendo el número de incidencias entre el total de las incidencias de todos los factores y multiplicarlo por cien.
- 4.- En otra columna escribir el acumulado de porcentajes de composición, sumando el porcentaje de cada factor al de los anteriores.
- 5.- Construir los ejes, el horizontal se dividirá en un intervalo adecuado para representar los factores especificando cuales son, uno vertical del lado izquierdo con una escala adecuada para representar el número total de incidencias de todos los factores tipo (Escala de incidencia), y otro vertical del lado derecho donde se ubique el porcentaje de composición que corresponde a cada factor, éste eje se divide generalmente en cuatro partes iguales con los siguientes porcentajes 25,50,75 y 100%, el 100% debe coincidir con el número máximo de incidencias.
- 6.- De acuerdo a los datos, y tomando como patrón la escala de incidencia se ubican los números correspondientes a cada factor y se construyen las barras que representan la incidencia.
- 7.- Con los datos contenidos en los cálculos se señalan los puntos de porcentaje acumulado que corresponden a cada factor.^{2,19}

Gráfico de tendencia.-

Es una técnica estadística en la que se representa el comportamiento de una variable en un periodo de tiempo.

La construcción de esta gráfica se realizó, identificando la variable y el periodo de tiempo a analizar, para el estudio se siguió el siguiente procedimiento:

- 1 - Identificar la gráfica a realizar, especificando el tipo de defecto y el tiempo de análisis.
- 2 - Obtener los datos de incidencia de dicho defecto por cada semana que duro el análisis.

3.- Construir los ejes: El vertical corresponderá al periodo de tiempo, éste será dividido en una escala adecuada para especificar la semana, el eje horizontal corresponde a la incidencia de defectos por cada semana.

4.- Se identifican los puntos y éstos se unen con una línea continua.^{2.19}

Diagrama causa - efecto.-

Este Diagrama permite seguir un método para determinar y jerarquizar las causas que provocan el problema en estudio, el procedimiento de elaboración del mismo se puede resumir como el análisis de cuatro grandes categorías de causas, identificadas como las cuatro M's. Materiales, método, maquinaria y mano de obra.

1 - Como primer paso se construye el esqueleto ó diagrama.

2 - Se escribe el factor vital del problema.

3 - Identificar y escribir las cuatro M's ó categorías, es posible que la detección de causas se facilite proponiendo otra u otras categorías adicionales a las cuatro M's.

4.- El equipo de trabajo realizará una tormenta de ideas sobre las causas del problema, las cuales se irán registrando sobre el diagrama con una flecha apuntando sobre su categoría correspondiente.

5 - Se realiza una evaluación de las causas de los problemas y se determina las ideas que resultaron mejor al apuntar a las verdaderas causas del problema.

6.- Se elaboran conclusiones sobre el análisis y se proponen los cambios al proceso.^{2.19}

**CAPITULO III
ANALISIS Y DISCUSIÓN
DE RESULTADOS**

En este capítulo se realizó el análisis y discusión de los resultados de las técnicas estadísticas practicadas a las dos etapas que comprenden el estudio.

En primer lugar se muestran los resultados obtenidos de la validación del aparato de medición, para poder iniciar con el estudio de la aplicación del control estadístico.

Una vez validado el aparato de medición se puso en práctica el plan de muestreo seleccionado para obtener y analizar los resultados de las primeras nueve semanas (semana 1 a 9), se revisaron y discutieron los resultados de los histogramas de frecuencia, gráficos de control de variables y atributos, gráficos de tendencia, diagramas de Pareto, para así determinar el estado de control estadístico en que se encontró la operación, se establecieron las principales causas de dicho estado y por medio de la construcción del diagrama causa-efecto, con la participación de todos los departamentos, y las aportaciones de los resultados obtenidos se propusieron modificaciones al sistema de control estadístico empleado y así obtener el control estadístico del proceso.

Este capítulo incluye también la interpretación de las herramientas estadísticas aplicadas a la operación en las nueve semanas en que se aplicaron las modificaciones al sistema de control estadístico, las que se denominaron semana 11 a 19 para así emitir las conclusiones sobre el mismo.

3.1. Validación de los aparatos de medición

Los resultados del análisis de varianzas para determinar si existe diferencia significativa entre varias mediciones de peso (g) en el mismo aparato, y concluir sobre la **exactitud**.

CUADRO # 12
LECTURAS DE EXACTITUD

Lecturas (g.)			
40 10	40 10	40 10	40 00
40 20	40 10	40 00	40 10
40 00	40 00	40 00	40 00
40 10	40 00	40 10	40 00
40 10	40 00	40 00	40 10

Hipótesis nula = H_0 = Todas las medias son iguales, no hay diferencia entre ellas

Hipótesis verdadera = H_1 = al menos dos de las medias son diferentes.

Con un intervalo de confianza de 0.05

CUADRO # 13
RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA EXACTITUD

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	$F_{\alpha=0.05}$ tablas
Balanza	0.0135	3	0.0045	1.29	3.63
Error	0.056	16	0.0035		

No existe diferencia significativa entre las mediciones hechas en la misma báscula. Por lo que se considera que las mediciones hechas bajo las mismas condiciones son exactas.

Los datos para establecer la *Linealidad* de las lecturas en un rango de peso establecido en base a las especificaciones (entre 41 y 45g) (medida en seis ocasiones) se expone en la siguiente tabla.

CUADRO # 14
LECTURAS DE LINEARIDAD

Muestra	1	2	3	4	5
Medida real (g)	42.00	42.5	43.00	43.50	44.00
Lecturas (g)	42.00	42.50	43.00	43.50	44.00
-----	42.00	42.50	43.00	43.50	44.00
-----	42.00	42.50	43.00	43.50	44.00
-----	42.00	42.50	43.00	43.50	44.00
-----	42.00	42.50	43.00	43.50	44.00

Se realizó la regresión lineal a diferente peso y un análisis de varianza para determinar si la *variación* de las mediciones se debe a tipo de báscula, una vez que el error por ajuste es mayor.

El modelo lineal determina en $y = mx + b$, donde m es la pendiente de la recta y b es la ordenada al origen de la misma.

Los resultados obtenidos son:

CUADRO # 15
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE VARIANZA DE REGRESIÓN LINEAL A DIFERENTE PESO

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculada	F tabla	Factores m y b
Regresión	12.80	1	12.80	776.25		$m = 0.999$
Error	0.000	20				$b = 0.184$
Falta de ajuste	0.000	1		0.45	0.10	
Error puro	0.000	20	0.000			

Y la ecuación es: $VRD(99g) = 0.184$

Se observó que existe una diferencia altamente significativa entre el efecto de modelo lineal contra el efecto de la falta de ajuste. En consecuencia, que la variación entre las mediciones se debe principalmente al modelo lineal que se sigue en el rango de medición y que esta variación se debe a la falta de ajuste por otra parte. La variación por la falta de ajuste no es significativa ya que el factor F calculado es menor que el factor F encontrado en tablas con una confianza de 0.05 y con los grados de libertad de 1 y 20.

Para determinar si los datos obtenidos en la báscula son *Repetibles* y *Reproducibles* se practica un análisis de varianza por bloques aleatorios en el que se determina si existe diferencia

significativa entre ellos por el efecto del cambio de operadores y el tiempo, los resultados de dicho análisis de varianzas fueron

Las hipótesis nulas a comprobar son: $H_0 =$ El efecto de el cambio de operador en las mediciones es cero. y $H_0 =$ El efecto del paso del tiempo en las mediciones de peso es cero

CUADRO # 16
LECTURAS DE REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

Tiempo (minutos)	Operador			
	1	2	3	4
Inicio	40.00	40.00	40.00	39.90
30	39.90	40.00	40.00	40.00
60	40.00	40.10	39.90	40.10
90	40.00	40.00	40.00	40.00
120	40.00	40.00	40.00	40.00

CUADRO # 17
RESULTADOS DE ANÁLISIS DE BLOQUEOS ALEATORIOS PARA REPETIBILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Fcalculada	F _{α=0.05} tablas
Operador	0.007	4	0.00175	0.95	3.26
Tiempo	0.0055	3	0.00183	0.59	3.49
Error	0.037	12	0.00308		

Se observa que el factor calculado f es menor al de tablas F con un nivel de confianza de 0.05, por lo tanto se aceptan las hipótesis nulas H_0 y H_0 , ya que el efecto del tiempo y el cambio de operador es nulo en las mediciones de peso en la báscula estudiada, lo que quiere decir que las lecturas obtenidas de la báscula son repetibles con diferentes operadores y reproducibles en el tiempo.

Los datos de peso que se registren en la báscula cumplen con los requisitos de ser exactos, con comportamiento lineal en el rango de medición a ocupar, reproducibles y repetibles por lo tanto se puede iniciar el control de la operación, eliminando éste factor como fuente de variación en la evaluación del control estadístico para la variable peso.

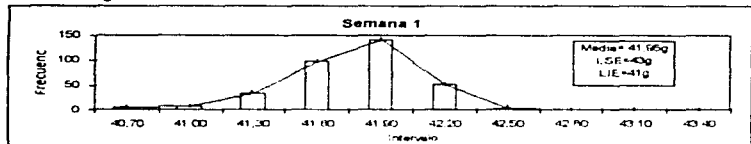
3.2. Interpretación de los resultados obtenidos durante la semana 1 a 9 por medio de la construcción de :

Histograma de frecuencias, Gráficos de control para variables y atributos, Diagramas de tendencia, Diagrama de pareto.

El trabajo se dividió en dos etapas la primera consiste en el análisis de los datos obtenidos durante nueve semanas en las que se evaluó el estado que guardaba la operación.

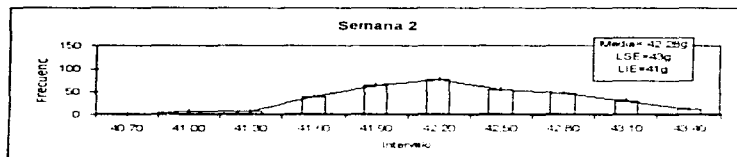
Histograma de frecuencias semana 1 a 9
Intervalo vs frecuencia

Figura # 24



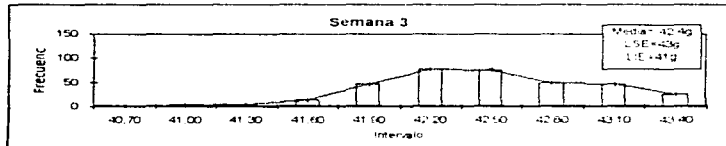
Se observa que el histograma presenta forma de campana pero inclinada hacia la izquierda, incluso existen algunas lecturas que se salen del límite inferior de especificación de 41.00 g, la media de los datos coincide con la moda, pero la mayor concentración de puntos se encuentra al lado izquierdo de la media.

Figura # 25



El histograma obtenido con los datos de la semana 2 muestran una curva más extendida que la semana 1 y con datos fuera de especificaciones inferiores y superiores, sin embargo la curva se inclina hacia la derecha, esto se observa por la forma que sigue el histograma después de la media.

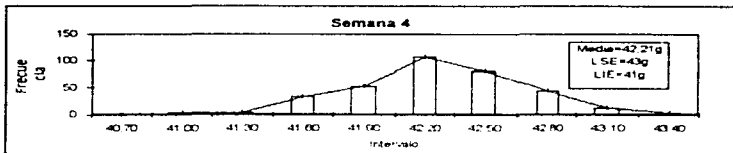
Figura # 26



El histograma de la semana 3 tiene forma de campana inclinada hacia el lado derecho de la media, ahí se encuentra la mayor concentración de datos obtenidos, lo que significa que el peso como variable se presentó arriba del promedio establecido, incluso algunos están fuera de la especificación superior, también se observa una segunda moda en el intervalo de 43.1g.

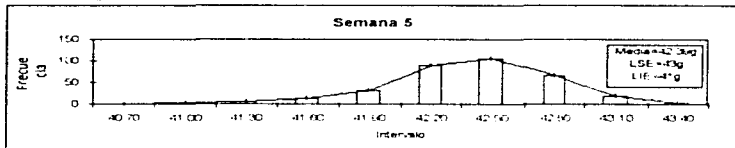
**Histograma de frecuencias semana 1 a 9
Intervalo vs frecuencia**

Figura # 27



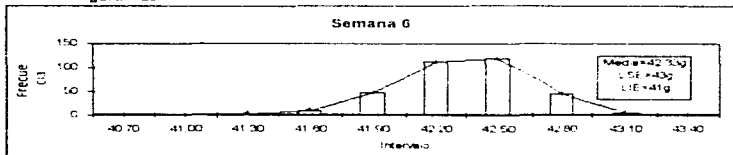
En el gráfico de la Figura No 27 se observa una campana de tipo normal inclinada hacia la derecha de la media, con una amplitud en su base de 9 intervalos y con datos fuera del límite superior de especificación

Figura # 28



Se observa que en la semana 5 al igual que en los periodos anteriores, la mayor frecuencia de pesos ocurrieron hacia el límite superior de 43.0g, la media para esta dispersion es de 42.39 y la moda coincide en este caso, tambien se encuentran pesos fuera de especificacion superior

Figura # 29



Se observa para la sexta semana de estudio, que la curva es mas angosta que en semanas anteriores, lo que indica menor variacion en los datos aunque tambien presenta un comportamiento similar al resto del periodo, con una curva ligeramente inclinada a la derecha pero con pocos datos que se salen de especificacion superior y la moda en este caso esta a la derecha de la media

**Histograma de Frecuencias semana 1 a 9
Intervalo vs frecuencia**

Figura # 30

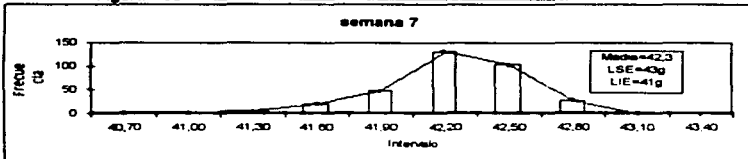


Figura # 31

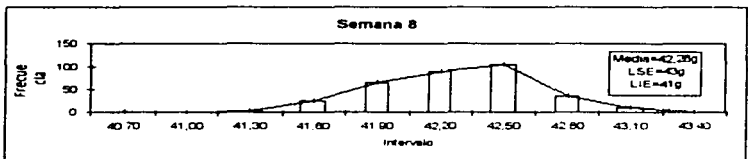
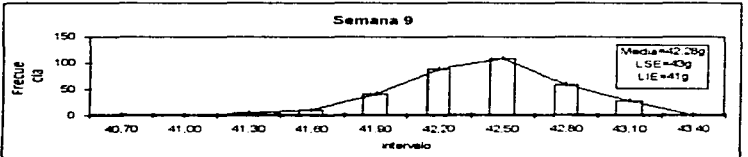
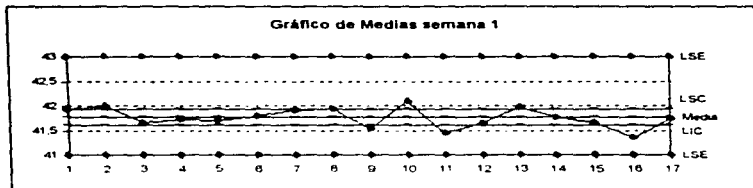


Figura # 32



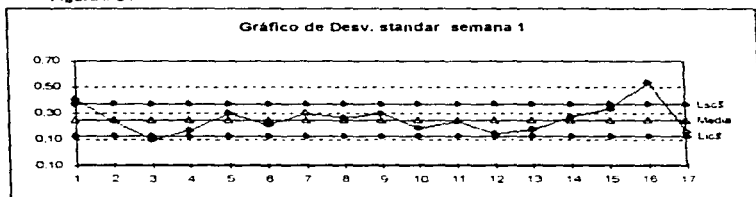
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo va peso (g)**

Figura # 33



Se observa que en esta grafica muchos puntos están fuera de control estadístico, estos son, 2, 10, 11, y 16. éste último además presenta una dispersión grande ya que se sale del límite superior en la grafica de desviaciones estándar. del subgrupo 3 al 8 existe una corrida ascendente de 6 puntos y otra descendente del subgrupo 13 al 16, no hay aleatoriedad en los datos a lo largo de la semana 1, lo que denota una falta de control estadístico aunque los puntos se encuentran lejos de los límites de especificación.

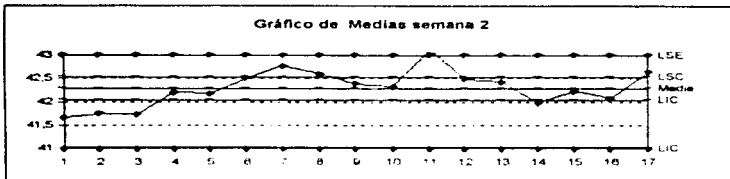
Figura # 34



En esta grafica tambien se observa una falta de aleatoriedad de los puntos, existe una corrida ascendente desde el subgrupo 3 al 9 que coincide con la que se expresa en la grafica de medias, y se presenta también la del subgrupo 12 al 16, hay dos puntos que se salen del límite superior de control y uno del inferior, también se puede observar que aunque el proceso esta fuera de control, el rango promedio como medida de dispersión es pequeño por lo que la distancia entre los límites de control es pequeña y en la grafica de medias, esto se observa claramente.

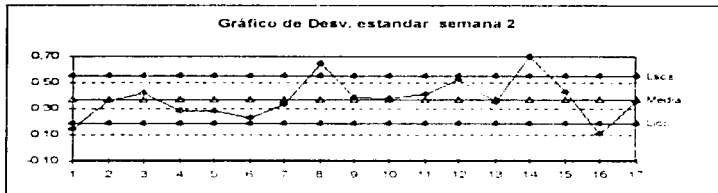
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 35



La gráfica de medias de la figura # 35 muestra que el proceso durante la semana 2 estuvo fuera de control, por presentar primeramente al inicio comida ascendente del subgrupo 1 al 7 con amplitud de 7 puntos, después descendente de 4 puntos, posteriormente otra comida descendente de 4 puntos y finalizando la semana con un comportamiento de las medias muy cerca de los límites de control, además los subgrupos 1, 2, 3, 4, 7, 8, 11 y 14 están fuera de los límites de control, en esta semana se tuvo un rango de la dispersión mayor a la semana 1 por lo que la distancia entre los límites fue mayor.

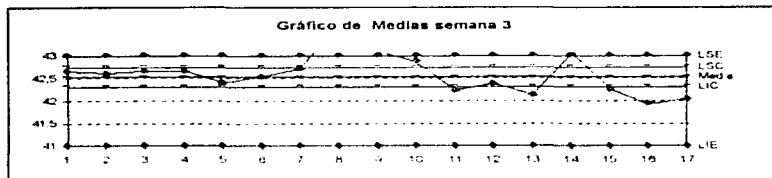
Figura #36



En el gráfico de Desviaciones estandar de la semana 2 se observa una falta de aleatoriedad de los puntos graficados, al inicio de la semana del subgrupo 4 al 7, los puntos se encuentran por abajo del promedio con una comda de 4 puntos, del subgrupo 8 al 14 se presenta otra comda por arriba de la media con dos puntos que se salen del límite superior, posteriormente se observa una tendencia ascendente de 4 puntos. El proceso a lo largo de la semana 2 estuvo fuera de control estadístico.

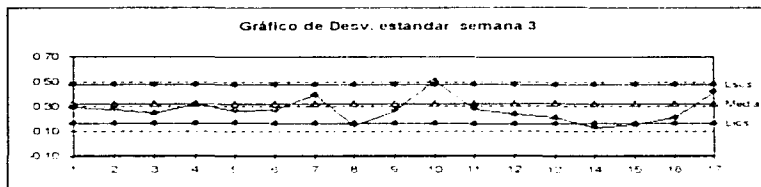
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 37



El gráfico de la figura 37, muestra varios aspectos que indican la operación fuera de control, entre el subgrupo 1 y al 7 se presenta una comoda de puntos muy cerca a la media de medias, del subgrupo 8 al 13 hay 6 puntos que forman una tendencia descendente, hacia el final de la semana del punto 14 al 16 otra tendencia descendente y del punto, por otra parte existen 8 puntos fuera de los límites de control, y uno fuera del límite superior de especificación, además se observa que la dispersión se presente muy cercana al límite superior de especificación

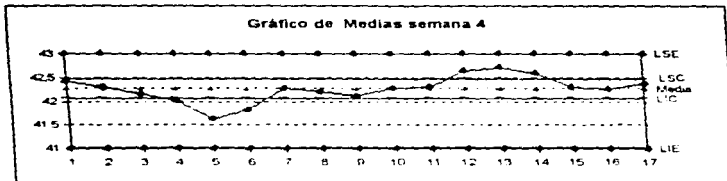
Figura # 38



En el gráfico de desviaciones estandar para la semana 2 se observa lo siguiente, del subgrupo 1 al 7 se presenta una comoda de puntos muy cerca a la media, con 7 puntos de amplitud, entre el punto 8 al 13 hay 6 puntos que forman una tendencia descendente, hacia el final de la semana del punto 14 al 16 otra tendencia descendente del subgrupo, por lo tanto se observa poca aleatoriedad de los puntos, por lo que la operación en la semana 2 se presentó fuera de control

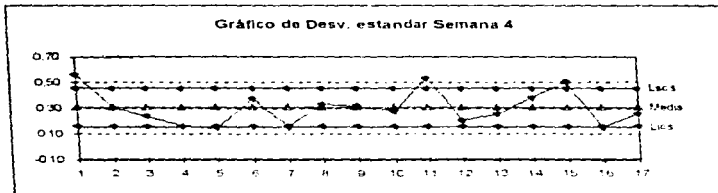
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 39



El gráfico de la semana 4 muestra varias tendencias: la primera del subgrupo 1 a 5 en forma descendente, después del punto 9 a 13 en sentido ascendente y del punto 13 al 17 en forma descendente, los puntos 5, 6, 12, 13 y 14 están fuera de los límites de control. Comparando estos puntos en la gráfica de desviaciones estándar se encuentran dentro de los límites de control y con valores abajo de la media, todo esto muestra una operación fuera de control estadístico.

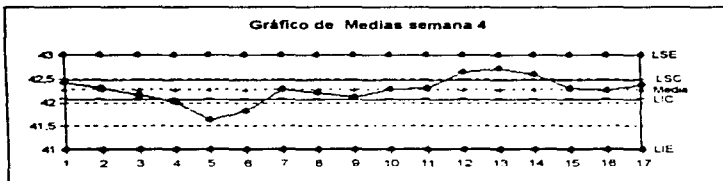
Figura # 40



En la gráfica de la figura 40 se presentan varios aspectos que denotan una operación fuera de control, los puntos 1, 11 y 15 se encuentran fuera del límite superior de la especificación, en la gráfica de medias, estos tres puntos están dentro de los límites pero también forman parte de tendencias no aleatorias, por otra parte en este gráfico se presentan varias tendencias como la del punto 1 a 5, una comoda con puntos muy cerca de la media del 8 al 10, otra tendencia ascendente con amplitud del subgrupo 12 al 15.

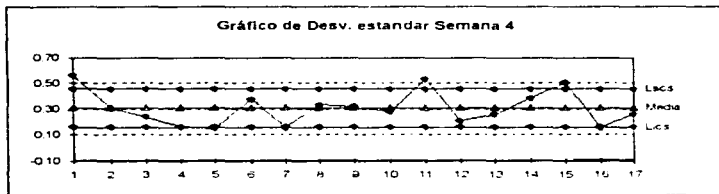
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 39



El gráfico de la semana 4 muestra vanas tendencias, la primera del subgrupo 1 al 5 en forma descendente, después del punto 9 al 13 en sentido ascendente y del punto 13 al 17 en forma descendente, los puntos 5, 6, 12, 13, y 14 están fuera de los límites de control, comparando estos puntos en la gráfica de desviaciones estándar se encuentran dentro de los límites de control y con valores abajo de la media, todo esto muestra una operación fuera de control estadístico.

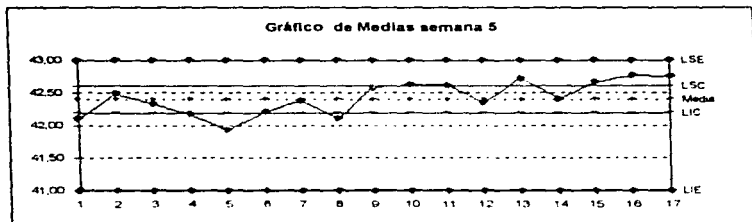
Figura # 40



En la gráfica de la figura 40 se presentan varios aspectos que denotan una operación fuera de control, los puntos 1, 11 y 15 se encuentran fuera del límite superior de la especificación en la gráfica de medias, estos tres puntos están dentro de los límites pero también forman parte de tendencias no aleatorias, por otra parte en este gráfico se presentan vanas tendencias como la del punto 1 al 5, una comoda con puntos muy cerca de la media del 8 al 10, otra tendencia ascendente con amplitud del subgrupo 12 al 15.

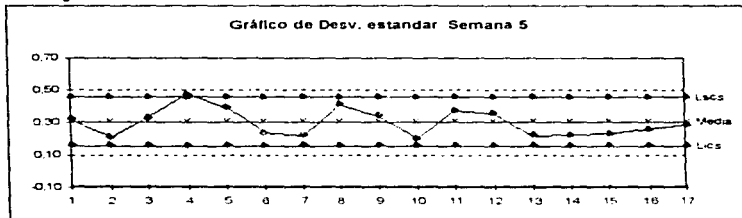
Gráfico de control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)

Figura # 41



En el gráfico de medias de la semana 5 se observan varios aspectos que muestran que la operación estuvo fuera de control, al inicio de la semana se presenta una tendencia descendente desde el subgrupo 2 al 5, éste último está fuera del límite inferior de control, los puntos 9,10 y 11 se encuentran muy cerca al límite superior de control y los puntos 13,15,16, y 17 se salen de dicho límite, en el gráfico de desviaciones estándar se observa que estos puntos se encuentran dentro de los límites de control pero formando también una tendencia no aleatoria

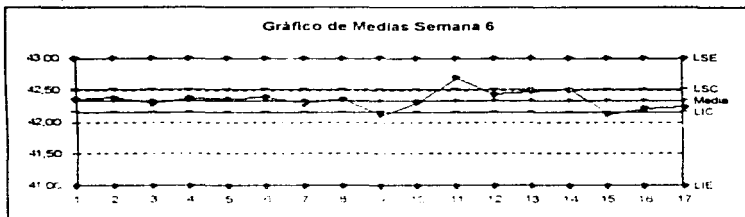
Figura # 42



En el gráfico de la figura se observa que del subgrupo 4 al 7 se presenta una tendencia de la dispersión descendente, después una falta de aleatoriedad, en el comportamiento de los datos ya que del subgrupo 13 al 20 se muestra una tendencia ascendente y la mayoría de estos puntos están por debajo del promedio, el subgrupo 4 presenta un valor de desviación estándar en el límite superior, y comparados estas medidas de la dispersión con las que se presentan en la gráfica de medias, el proceso no estuvo bajo control estadístico.

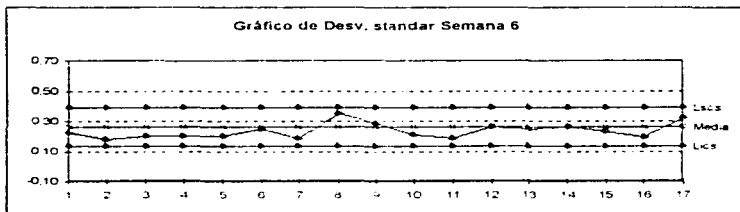
**Gráfico de control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 43



En la semana 6, se observa que del subgrupo 1 al 9, los datos no presentan aleatoriedad, se encuentran muy cerca a la gran media, del subgrupo 11 al 14 se presentan por encima de dicha media y del 15 al 17, la mayor parte de estos se encuentran por abajo, y cercanos al límite inferior, por otra parte el subgrupo 9, 11 y 15, están fuera del límites de control.

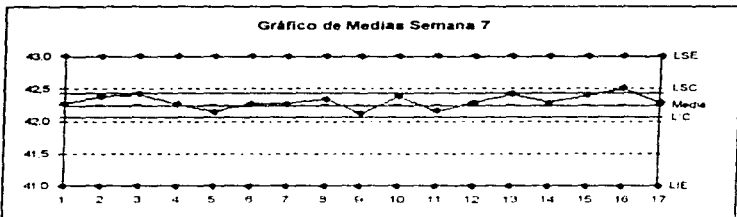
Figura # 44



En el gráfico de la fig. 44 se complementa la información proporcionada por el gráfico de medias ya que se observa poca aleatoriedad en los puntos graficados, del subgrupo 1 al 7 se presenta una caída por abajo de la media de la dispersión, del subgrupo 12 al 15 los rangos se encuentran muy cerca del promedio, además en esta semana se presentaron valores de rangos menores a las de anteriores semanas.

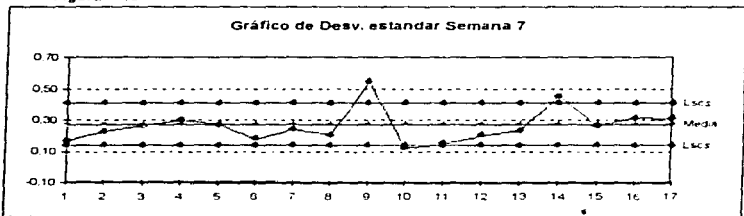
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 45



En el gráfico de medias para la semana 7 se observan varios aspectos, al inicio de la semana entre el subgrupo 1 y el 4, los puntos forman una coma por encima de la media, para posteriormente presentarse muy cercana a ésta, entre el subgrupo 7 y el 12 se observa una aleatoriedad en los puntos, sin embargo, hacia el final de la semana, entre el subgrupo 13 y el 17 se observa una coma por encima de la media.

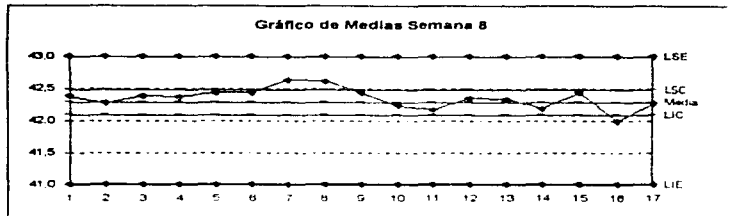
Figura # 46



En este gráfico se presentan varios aspectos que denotan un proceso fuera de control estadístico, destacan dos puntos fuera del límite superior que son el 9 y el 14, aunque en el gráfico de medias se encuentran dentro de los límites de control, su dispersión es grande, se observan entre otras cosas una tendencia ascendente del subgrupo 10 al 14 y del 15 al 17 los puntos están muy cerca a la media, por lo tanto el proceso está fuera de control estadístico.

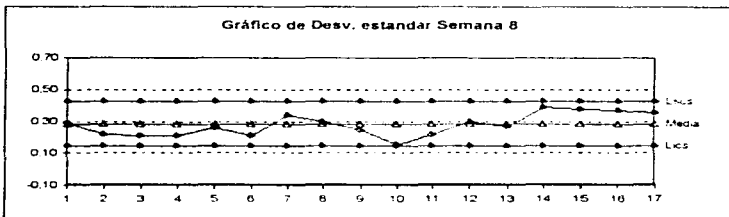
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 47



En el gráfico de la fig. 47 se observa en los 6 primeros subgrupos, una comda de tipo ascendente, incluso el punto 7 y el 8 se salen del limite superior de control, después del subgrupo 8 y hasta el 11 se observa una tendencia descendente para posteriormente presentarse muy cerca de la media del subgrupo 10 al 13, hacia el final de la semana se presenta un punto fuera del limite inferior de control.

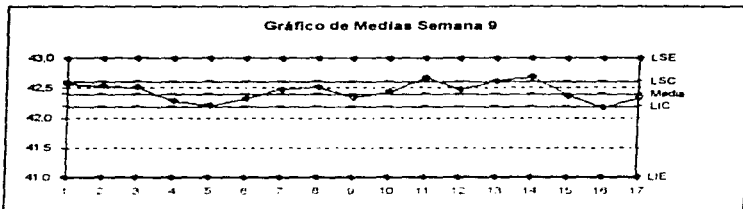
Figura # 48



En el gráfico de la fig. 48 se observa al inicio de la semana entre el subgrupo 1 y el 5 una comda de puntos abajo de la media, entre el subgrupo 5 y el 9 se observa una aleatoriedad en los datos y hacia el final del periodo entre el subgrupo 12 y el 17 se muestra una comda de puntos por encima de la media, por otra parte, también se observa que los puntos se encuentran cercanos a la línea media.

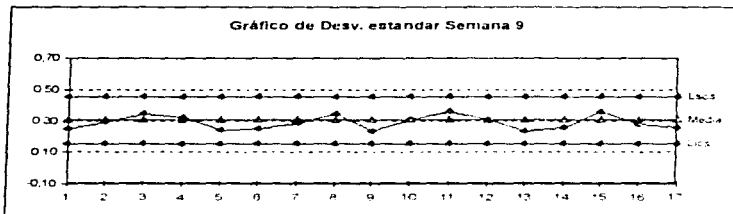
**Gráfico de Control X-S semana 1 a 9
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 49



En el gráfico de la semana 9 fig. 49 se observa la no aleatoriedad de los puntos, al inicio entre el subgrupo 1 y el 7 existen dos comdas una por encima y otra por abajo de la línea de media, entre el subgrupo 6 y el 10 se observa que están muy cerca de la línea media, posteriormente se observan dos comdas mas una muy cerca del límite superior de control y la otra por abajo de la línea media además los puntos 11, 14 y 16 se encuentran fuera de los límites de control.

Figura # 50



En el gráfico de la figura 50 se observan puntos sobre la línea media como el 1, 2, y 8 comdas como la que abarca del subgrupo 10 al 12, y en general un comportamiento poco aleatono de los datos los cuales se encuentran muy cerca a la línea media.

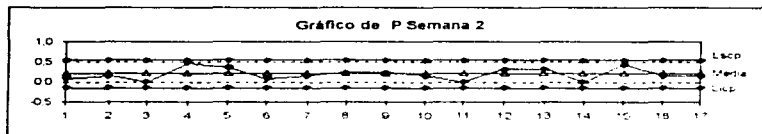
**Gráficos de porcentaje de defectos "P" para el
proceso de envasado, Semana 1 a 9
Fracción P contra subgrupo**

Figura # 51



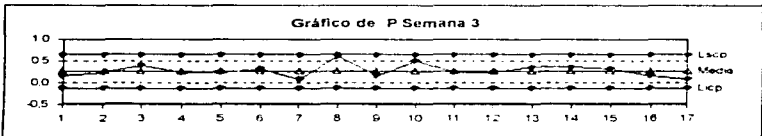
En la gráfica de P, figura # 51 se identifican 3 tendencias de datos claramente, la primera es de tipo descendente, entre el subgrupo 2 y el 9, la segunda es ascendente del subgrupo 10 al 15 con una amplitud de 5 subgrupos, la tercera es descendente del subgrupo 15 al 17. además el subgrupo 2 se sale de la especificación superior, lo que demuestra que el proceso estuvo fuera de control estadístico.

Figura # 52



En la gráfica de la figura, se observa la no aleatoriedad de los datos graficados reflejados en comdas por abajo de la media como la que abarca del subgrupo 5 al 11, un punto fuera de especificación superior, el punto 15, por lo que tampoco se controló la operación.

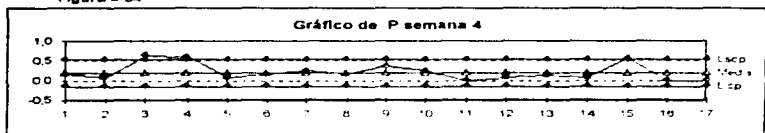
Figura # 53



En este gráfico se encuentran puntos muy cerca a la media del proceso, del subgrupo 1 al 6, el punto 8 está por encima del límite superior de control, y del subgrupo 13 al 17 se tiene una tendencia descendente, esto debido a la no aleatoriedad de los datos.

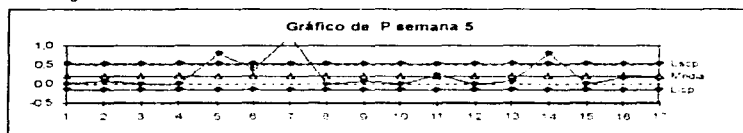
**Gráficos de porcentaje de defectos "P" para
el proceso de envasado, Semana 1 a 9
Fracción P contra subgrupo**

Figura # 54



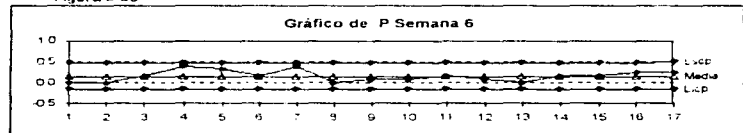
En el gráfico de p para la semana 4 se observa que hay tres puntos fuera de control: el del subgrupo 3, 4 y el del 15, existen también comidas abajo de la línea media como en el caso del subgrupo 5 al 8, y del 11 al 14, por lo que se considera que durante este tiempo no se tuvo un proceso bajo control estadístico.

Figura # 55



Para la semana 5 se obtuvo un gráfico con 3 puntos fuera de límite superior de control, el 5, 7 y 14, además 12 de los 17 subgrupos se encuentran por debajo de la línea media y se observan algunas comidas por lo que el proceso no estuvo bajo control estadístico.

Figura # 56



En el gráfico de la semana 6 se observan vanos comportamientos no aleatorios de los datos, al inicio de la semana entre el punto 4 y el 7 existe una comida de puntos por encima de la media, a partir del punto 8 y hasta el 13 se observa otra comida por abajo de la media después ya al final de la semana entre el subgrupo 13 y el 17, existe una tendencia ascendente.

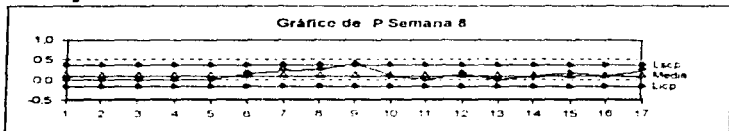
**Gráficos de porcentaje de defectos "P" para el
proceso de envasado, Semana 1 a 9
Fracción P contra subgrupo**

Figura # 57



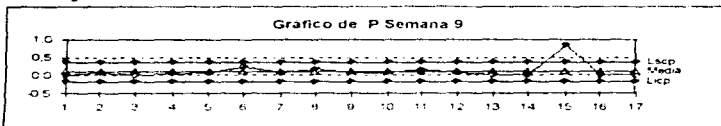
En el gráfico de la figura 57 se observa que en la semana 7 no se tuvo la producción bajo control estadístico, esto quiere decir que el comportamiento de los datos no fue aleatorio, por ejemplo, entre el subgrupo 8 y el 9 se observa una corrida por abajo de la media, al igual que entre el subgrupo 11 y el 15, además se encuentran muy cercanos a dicha línea, y el punto 10 se sale del límite superior de control.

Figura # 58



Para la semana 8 se observan comportamientos muy similares de los puntos a las anteriores semanas, al principio entre el subgrupo 1 y el 5 se observa una corrida de puntos por abajo de la media con amplitud de 5 puntos, después se sigue una tendencia ascendente entre el subgrupo 5 y el 9, incluso este último se sale del límite superior de control, entre el punto 10 y el 17 se observa un comportamiento muy cercano a la media.

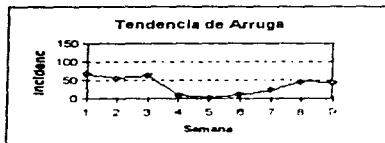
Figura # 59



Para la semana 9, se obtuvo una gráfica con un comportamiento no aleatorio de los puntos, entre el subgrupo 1 y el 10, se observa que se encuentran muy cerca a la media, el punto 15 se sale del límite superior de control por lo que durante esta semana no se tuvo un proceso bajo control estadístico.

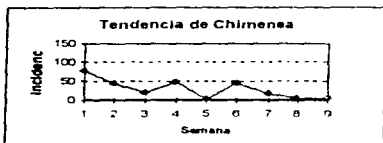
**Gráficos de tendencia de defectos Semana 1 a 9
Incidencia vs tiempo de estudio (semana)**

FIGURA # 60



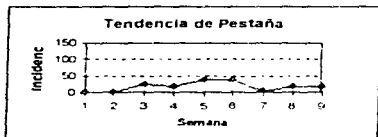
En el grafico de la figura No 60 se observa que entre la semana 1 y la 4 disminuyo la incidencia de arruga en la operacion, sin embargo, entre la semana 4 y la 9 dicha incidencia fue aumentando

FIGURA # 61



Se observa en la grafica de tendencia de chimenea que la incidencia en dicho defecto fue disminuyendo en el periodo de estudio

FIGURA # 62

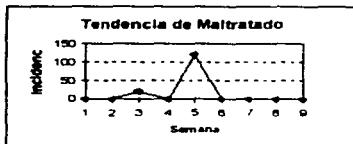


En el grafico de la figura No. 62 se observa una tendencia al aumento en la incidencia de pestaña entre la semana 1 y la 6 sin embargo dicha tendencia se invirtio despues de la semana 7

Se construyeron los graficos de tendencia, utilizando los datos sobre las veces que se encontraron los defectos correspondientes entre la semana 1 y 9
Solo se elaboro la grafica para los seis defectos con mayor incidencia

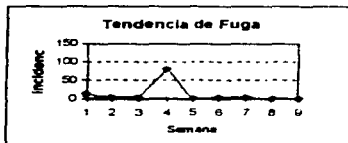
**Gráficos de tendencia de defectos Semana 1 a 9
Incidencia vs tiempo de estudio (semana)**

FIGURA # 63



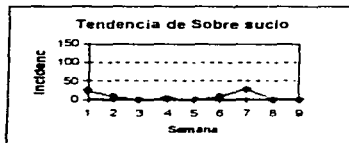
En el gráfico de la figura No 63 se observa que no se encontró dicho defecto durante la operación a excepción de la semana 3 y la 5, sin embargo no se presenta ninguna tendencia en la incidencia de dicho defecto.

FIGURA # 64



En el gráfico de la figura No 64 se observa que se presentó el defecto de manera importante en la semana 4 y el resto del periodo se presentó en cantidades muy bajas, no se observa una tendencia de la incidencia durante el periodo de estudio.

FIGURA # 65

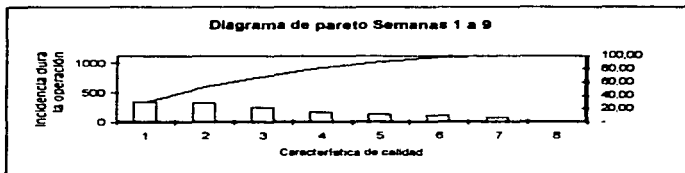


Se observa en la grafica para la tendencia de sobre sucio que no se encuentra ningún comportamiento en especial de dicho atributo, incluso se encontro sólo surante la semana 1, 2 y 6 a 7.

Se construyeron los gráficos de tendencia , utilizando los datos sobre las veces que se encontraron los defectos correspondientes entre la semana 1 y 9
Solo se elaboró la gráfica para los seis defectos con mayor incidencia .

**Diagrama de pareto de atributos durante la semana 1 a 9
Tipo de defecto vs Incidencia**

Figura # 66



Nomenclatura:

- 1.-Arruga
- 2.-Chimenea
- 3.-Pestaña
- 4.-S. Maltratado
- 5.-Fuga
- 6.-Sucio
- 7.-Descentrado

Se observa que de los atributos encontrados durante la operación, la arruga representa un 29,97% del total de incidencias, en segundo lugar la chimenea con un 23,52% de incidencia total, así el impacto de cada defecto en las características de calidad va disminuyendo, y se tiene que atributos como fuga, sobre sucio y descentrado representan menos del 20% del total encontrado, por lo tanto se encuentra que defectos como la presencia de arruga en el sello, chimeneas y pestaña deberán recibir una mayor atención para disminuir su incidencia durante la operación.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

3.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA OPERACIÓN DE ENVASADO DURANTE LAS SEMANAS 1 A 9.

- De la validación al aparato de medición se determinó que este cuenta con las características de aportar lecturas exactas, repetitivas y reproducibles, así como seguir un patrón lineal en el rango de medición.

- Las primeras 9 semanas del estudio se tuvieron histogramas de frecuencia para la variable peso, de forma normal, sin embargo, su moda estaba alejada de la media de la dispersión de los datos lo que hace ver que se encontró inclinada hacia alguna de las especificaciones, e incluso en algunas semanas existieron valores fuera de alguno de los límites especificados. También se observó que en las semanas 8 y 9 se redujo la amplitud de la base de la campana, o sea que se presentó una reducción en la variabilidad de los datos.

- Las gráficas de control para la variable peso, que en este caso fue la de medias, y desviaciones estándar, mostró que en las nueve semanas se tuvo fuera de control estadístico la operación y se observó una falta de aleatoriedad en los datos obtenidos, cuyas causas serán analizadas más adelante, por otra parte aunque se encontraron valores fuera de los límites de especificación, hacia las semanas 7 a 9 la incidencia de estos disminuyó hasta no encontrarse prácticamente ninguno, sin embargo, esto no quiere decir que se haya obtenido un control estadístico del proceso.

- Las gráficas de control para atributos, muestran procesos fuera de control estadístico, caracterizados por tendencias de los datos de tipo no aleatorio.

- Al elaborar el diagrama de pareto correspondiente a las semanas 1 a 9 se incluyeron todas las características de calidad encontradas durante la operación clasificadas como atributos y lo que se observó es que la presencia de arruga en el sello representa un fuerte impacto en la calidad del producto al representar un alto porcentaje de las características deseadas, le siguen la presencia de chimenea, pestañas sobre maltratado y fugas, será necesario analizar más adelante las causas de dicho comportamiento para tomar las decisiones correspondientes.

- Se elaboraron los diagramas de tendencia de las seis características de calidad de mas impacto durante la operación de acuerdo con el diagrama de pareto para así estudiar la tendencia de la incidencia de cada defecto durante el periodo de estudio referido, se encontró que la incidencia de arruga, durante las tres primeras semanas fue mayor y después fue disminuyendo, un comportamiento similar se presentó para la chimenea, no así para atributos como pestaña, en la que la incidencia aumentó gradualmente a partir de la semana 3, la presencia de sobres maltratados y fugas en el sello, se presentaron de manera muy importante entre las semanas 4 y 5, así se observa que fue cambiando la tendencia con respecto al tiempo de los defectos presentándose en buena cantidad entre las semanas 1 a 5.

Para cumplir con el objetivo general, primeramente se identificó que el estado en que se estaba trabajando actualmente, es de descontrol estadístico y de alta incidencia de atributos durante la operación, por lo que una vez identificado esto por medio de los análisis y las gráficas correspondientes, se convocó a una junta con todos los departamentos involucrados, en la que por medio de una lluvia de ideas se construyó un diagrama de pescado.

3.3.1 Consideraciones a la operación de envasado durante las semanas 1 a 9.

Entre todas las ideas se ordenaron aquellas en las que la mayoría del personal estuvo de acuerdo y se acordó que todos los departamentos cumplan una función importante y dentro de estas funciones, se encontraban la mayor parte de las causas de la no aleatoriedad en los datos y por lo tanto el control de la operación.

Las causas principales de las tendencias de los datos observadas en la semana 1 a 9 se atribuyen principalmente a:

- **Operación de la máquina.**- muchos de los datos obtenidos se deben a que el operador sufre de distracciones o que por no tener rechazos frecuentes ajusta la máquina a su conveniencia lo que afecta gravemente la aleatoriedad de los datos.

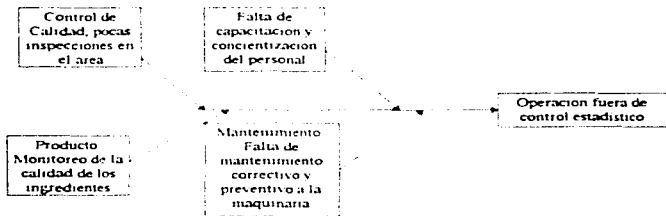
- **Producto.**- se considera que los ingredientes que forman parte del producto deben estar en un rango de especificaciones sobre todo de humedad ya que esto combinado con las condiciones ambientales afecta a la operación.

- **Inspecciones.**- Las inspecciones se realizan cada dos horas por el inspector de control de calidad por lo que al no estar el proceso controlado se facilita que en el intervalo entre inspecciones se presenten muchos problemas, por lo que se considera importante disminuir el tiempo entre inspecciones para así detectar problemas y solucionarlos de inmediato.

- **Mantenimiento.**- El mantenimiento constante de las máquinas y los equipos de medición es parte vital para la solución del problema; además se debe contar con una asistencia constante de este departamento para cualquier falla o ajuste en la máquina, ya sea por desgaste de las partes con el tiempo o por otras causas.

El siguiente diagrama muestra las causas identificadas del no control estadístico de la operación de envasado.

Figura # 67
Diagrama de pescado sobre el estado de control estadístico de la operación de envasado durante las semanas 1 a 9



Las causas de la falta de control pueden seguirse enumerando sin embargo estas son las más importantes, para solucionar dichos problemas y obtener el control estadístico, los departamentos involucrados deberán cumplir sus funciones correspondientes al ser cuestionados cada uno en cuanto a su responsabilidad en el resultado de control para la operación se llega a los siguientes puntos a cubrir para cada departamento.

Producción.- Todo el departamento de producción desde el jefe de turno hasta el operador y la gente que apoya a la operación de envasado, demandaron mayor capacitación sobre el tema para así intervenir en el proceso cuando se requiera, por ejemplo si se observa que los datos siguen tendencias anormales debido a desajustes de la máquina o fallas de personal, detectarlas y remediadas rápidamente, sin embargo para esto necesitan conocer cuáles son las tendencias no aleatorias de los datos y crear una conciencia de la importancia de su función durante el estudio.

Control de Calidad.- En este departamento de encuentran los inspectores de control de calidad que son los que recaban los datos, por lo tanto su participación es importante y se considera que es necesario permanecer más tiempo cerca de la operación para apoyar al operador, y así controlar mejor la operación.

Aseguramiento de la calidad.- Este departamento será el juez y evaluará constantemente y con mayor frecuencia que todos los demás departamentos cumplan con su función además de que informará de los resultados y propiciará que el flujo de información sea más rápido para así tomar decisiones de una forma más rápida y más efectiva

Gerencia.- La gerencia debe estar involucrada completamente con el compromiso de aplicar el control estadístico , y que redundará en muchos beneficios para la empresa , por lo que debe destinar también recursos para la capacitación de los empleados , para obtener el apoyo de la gerencia será necesario presentar los resultados obtenidos periódicamente y comunicarse constantemente.

Para el problema de control estadístico en la línea de envasado se proponen las siguientes soluciones de acuerdo a todos los departamentos:

- El monitoreo a los departamentos se realizará diariamente a todos los departamentos por aseguramiento de la calidad , las modificaciones al plan de muestreo y a las herramientas estadísticas serán planteadas de acuerdo con las siguientes observaciones.

-El espacio de tiempo entre cada inspección es considerado grande (2 horas) por parte del operador y de los analistas, se propuso disminuirlo aumentando los recorridos en línea por lo tanto cada hora realizará las inspecciones correspondientes, y al mismo tiempo el operador se capacitará para así involucrarse más en el tema.

- El tamaño de muestra a revisar en cada recorrido se tomará considerando que en una hora el tamaño del lote será igual a 5400 sobres y tomando los tamaños de muestra de las tablas MIL-STD-414 para variables y MIL-STD 105D

Por lo tanto se llevará a cabo la segunda etapa que constará de 9 semanas al igual que la primera y las modificaciones al plan de muestreo que se describen a continuación.

Plan de muestreo para la operación de envasado durante las semanas 11 a 19.-

Se realizarán por turno de 8 horas o lote de producción un mínimo de 7 recorridos con intervalos de 1 hora entre cada uno, el cual lo realizará el analista de control de calidad que tomará muestra aleatoria de la operación.

El tamaño del lote en 1 hora es igual a 5400 sobres , para obtener el tamaño de muestra para la variable peso, se utilizó la tabla MIL-STD-414 con el código literal correspondiente al nivel de inspección I igual a "G" , el tamaño de muestra es 15, que equivale al tamaño del subgrupo.

Para los atributos se seleccionó el tamaño de muestra para un lote de 5400 sobres , y nivel de inspección especial S-4 , el código literal "G" igual a 32 muestras por cada recorrido.

La variable y los atributos se registrarán en el lugar que les corresponde dentro de la hoja de control y se practicarán los tratamientos estadísticos, participando del estado que guarda la operación al operador de la máquina para que el tome las medidas necesarias y se obtenga el control estadístico del proceso.

Cada semana se tendrán juntas con los departamentos para que control de calidad reciba un informe de los resultados de las modificaciones , y poder hacer las correcciones al plan establecido.

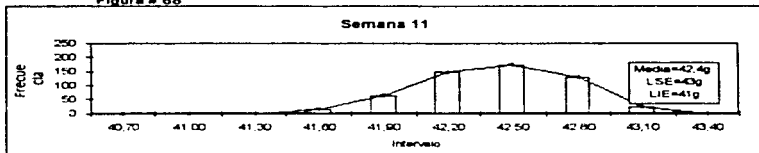
Al final de la etapa se rendirá un informe completo de los resultados obtenidos en esta etapa a la Gerencia General.

3.4. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LA OPERACIÓN DE ENVASADO DURANTE LAS SEMANAS 11 A 19.

Para esta segunda etapa se practicaron los mismos análisis que en la etapa anterior tomando los datos correspondientes, se practicaron **Histogramas de frecuencia, gráficos de control, diagramas de pareto, y de tendencia.** A continuación se encuentran los gráficos y los resultados correspondientes.

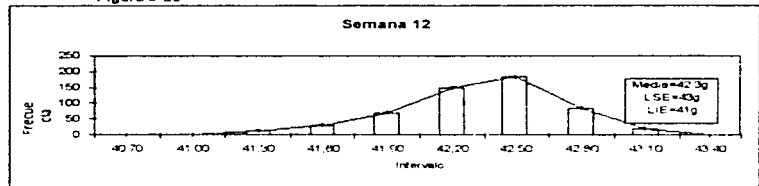
**Histograma de Frecuencias semana 11 a 19
Intervalo vs Frecuencia**

Figura # 68



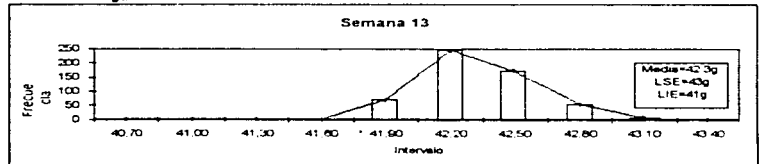
En el grafico de la figura No 68 se observa una curva del tipo normal, con una moda en el intervalo de 42.5g y ligeramente inclinada a la derecha de la media incluso hay datos que se salen de la especificación superior

Figura # 69



Se observa que el Histograma de Frecuencias de la figura No 69 tiene forma de una campana del tipo normal con una sola moda ésta se encuentra a la derecha de la media de la dispersión y algunos datos se salen de la especificación superior

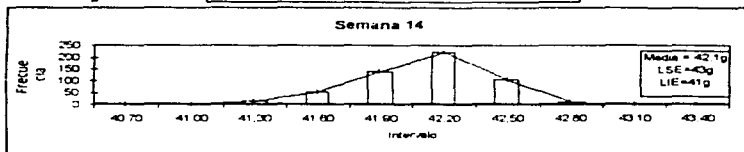
Figura # 70



El Histograma de la figura No 70 muestra una curva normal con una moda hacia la derecha de la media y con datos fuera de la especificación superior también se observa que la curva no es simétrica y que cuenta con una mayor área hacia la derecha de la media.

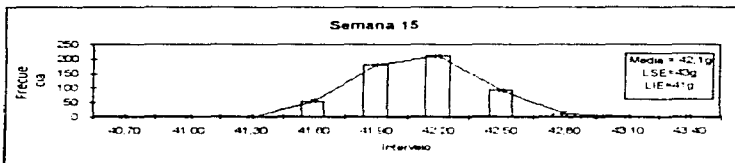
**Histograma de frecuencias semana 11 a 19
Intervalo vs Frecuencia**

Figura # 71



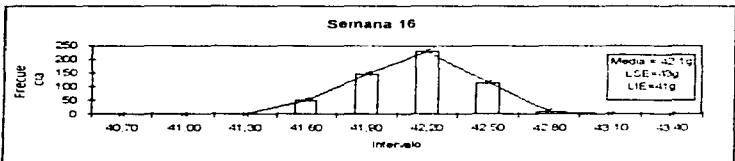
En el histograma de frecuencias para la semana 14 se observa una distribución de datos del tipo normal, con una moda en el intervalo de 42.2g y una media muy cercana a esta (42.1g). la amplitud de la campana es de 7 intervalos y la campana se encuentra extendida hacia la izquierda de la media.

Figura # 72



En el histograma de la figura 72 se observa una curva de tipo normal, que se extiende hacia el lado derecho de la media, algunos datos se salen de la especificación superior.

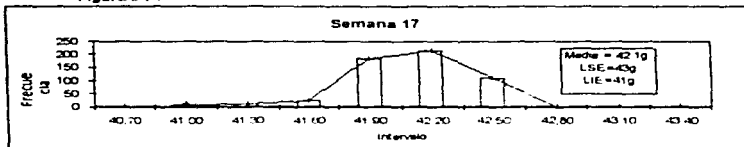
Figura # 73



El histograma de la figura No 73 muestra una curva del tipo normal con la moda inclinada ligeramente hacia la derecha de la media, no hay datos fuera de la especificación superior y la amplitud de la base de la campana es de 5 intervalos, lo que indica poca variabilidad en los datos.

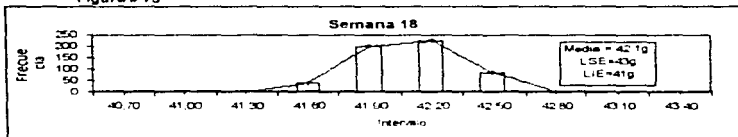
**Histograma de frecuencia Semana 11 a 19
Intervalo vs Frecuencia**

Figura # 74



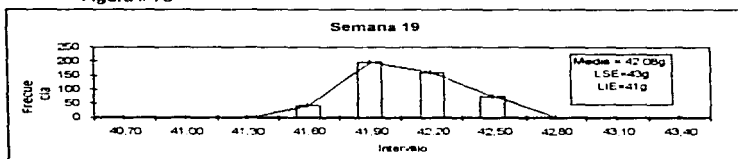
En el gráfico de la figura 74 se observa una curva con una moda en el intervalo de 42.2 g y la media está en el valor de 42.1 g se encuentran muy cercanas, la curva se extiende hacia el valor de la especificación mínima sin embargo los datos no salen de dicha especificación, se observa un comportamiento normal de los datos

Figura # 75



Se observa que el histograma de frecuencia para la semana 18 es una campana con una sola moda y con una base estrecha es decir con poca amplitud, lo que indica que durante esta semana se redujo la variabilidad de los datos, los límites de especificación se encuentran a una distancia de la base de la campana y no existen datos fuera de dichos límites, se tiene una distribución normal de los datos

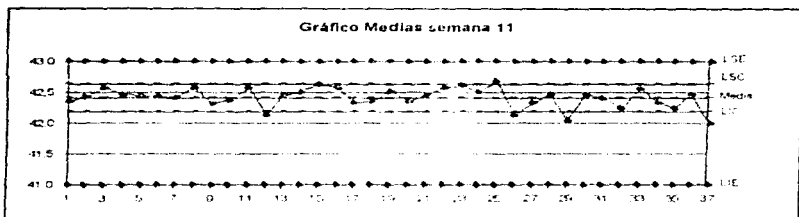
Figura # 76



En el histograma de la figura No 76 se observa una campana característica de una curva normal, con una moda en el intervalo de 41.9 g a la izquierda de la media de la dispersión, no se encuentran puntos fuera de especificaciones y la base de la campana tiene una amplitud de 5 intervalos lo que indica poca variabilidad en los datos

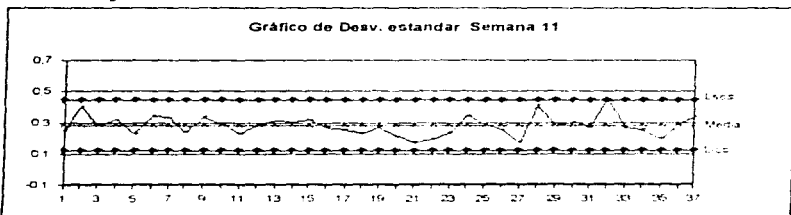
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 77



En el gráfico de la figura No 77 se observan 4 puntos fuera de límite inferior de control, y otros comportamientos no aleatorios de los datos, del subgrupo 1 al 7 existe una comda de puntos sobre la línea media, entre el subgrupo 12 y el 15 se observa una tendencia ascendente al igual que entre el subgrupo 20 y el 23, por lo que no se tuvo una operación bajo control estadístico en la semana 11.

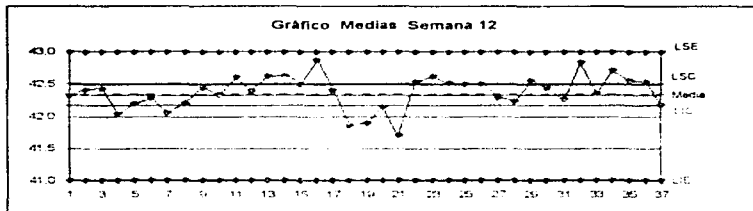
Figura # 78



En el gráfico de desviaciones estandar de la figura No 78 se observa que al inicio de la semana las desviaciones de los subgrupos del 1 al 11 se encontraron cerca de la media pero tuvieron un comportamiento aleatorio, entre el subgrupo 17 y el 23 se formo una comda por abajo de la media se identifican otras dos comdas una por encima y otra por abajo de la media entre el subgrupo 25 y el 35. Por todo lo anterior se observa que no se tuvo una operación bajo control estadístico.

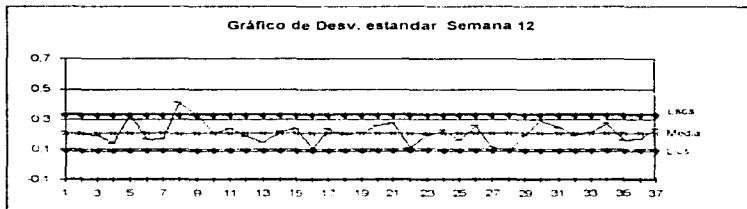
Gráfico de control X-S semana 11 a 19
Subgrupo vs peso (g)

Figura # 79



En el gráfico de medias de la figura No 79 se observan varios comportamientos no aleatorios de los datos, que muestra que en la semana 12 no se tuvo una operación bajo control estadístico. 17 de los 37 puntos se encuentran fuera de los límites de control, se identifican tendencias marcadas como entre el subgrupo 7 y el 16 en el que además se encuentran 4 puntos fuera del límite superior de control, entre el subgrupo 18 y el 21 se observa una corrida por abajo de la media, entre el subgrupo 22 y el 26 se identifica otra corrida sobre el límite superior de control y al final de la semana entre el subgrupo 34 y el 37 se identifica una tendencia descendente de los datos.

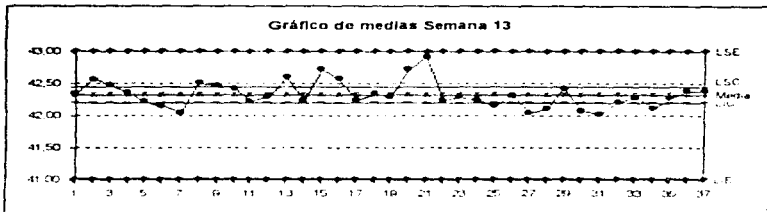
Figura # 80



En la gráfica de la figura No 80 se observa que la desviación estándar de los subgrupos disminuyó, sin embargo, se encuentra una operación fuera de control estadístico, por varios aspectos que muestran el comportamiento anormal de los datos, entre el subgrupo 10 y el 25, 13 de los 25 puntos se encuentran muy cerca de la media, al igual que entre el subgrupo 33 y el 37. En el resto del periodo se observa un comportamiento aleatorio de los datos con un punto el del subgrupo 9 fuera de control, este se encuentra dentro de límites de control en la gráfica de medias.

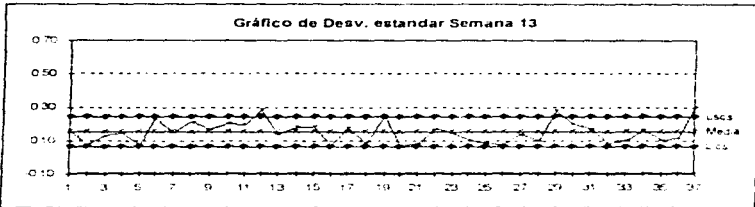
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 81



En la semana 13 se identifican varios comportamientos no aleatorios de los datos, al inicio, entre el subgrupo 2 y el 7 se observa una tendencia descendente, con amplitud de 6 puntos, entre el subgrupo 13 y el 21 se encuentran 5 puntos fuera del límite superior de control, y hacia el final de la semana entre el subgrupo 30 y el 37, 3 de los puntos se encuentran fuera del límite inferior de control.

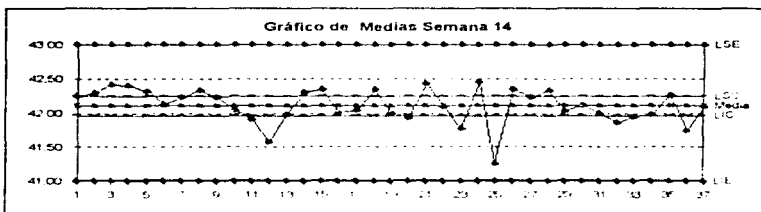
Figura # 82



En la grafica de desviaciones estandar de la semana 13 se observa varios comportamientos de los datos, entre el subgrupo 2 y el 5 se observa una corrida de puntos por abajo de la media, otra entre el subgrupo 8 y el 12 por arriba de la media, entre el subgrupo 24 y el 28 los puntos se encuentran por abajo de dicha media y entre el subgrupo 29 y 32 siguen una tendencia de tipo descendente, por lo tanto no se tuvo un proceso bajo control estadístico.

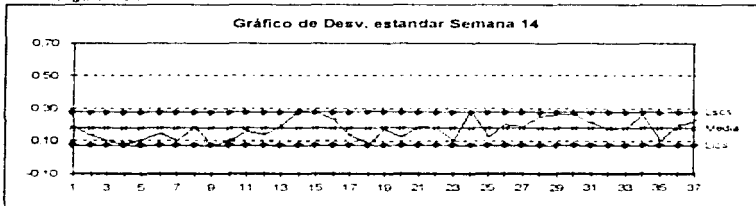
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 83



En el gráfico de medias de la semana 14 se observa al inicio de la semana entre el subgrupo 1 y el 5 una comoda de puntos por encima del límite superior de control, entre el subgrupo 8 y el 12 una tendencia de los puntos de tipo descendente, después del subgrupo 12 al 15 otra de tipo ascendente, entre el subgrupo 15 y el 27 7 de los 12 puntos se encuentran fuera de los límites de control y hacia el fin de la semana entre el subgrupo 29 y el 34 se forma una comoda de puntos cercanos al límite inferior de control, por lo que no se tuvo una operación bajo control estadístico.

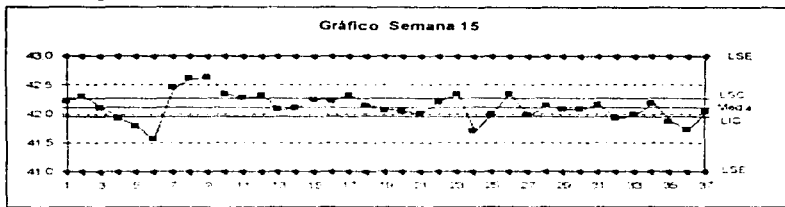
Figura # 84



En el gráfico de desviaciones estándar para la semana 14 se observa que la operación se encontró fuera de control estadístico por que los datos no siguieron un comportamiento aleatorio, por ejemplo del subgrupo 1 al 12 los puntos se encuentran por debajo de la media de las desviaciones, entre el subgrupo 9 y el 15 se observa una tendencia de tipo ascendente y entre el subgrupo 26 y el 37, 9 de los 11 puntos se encuentran por arriba de la media de las desviaciones estándar.

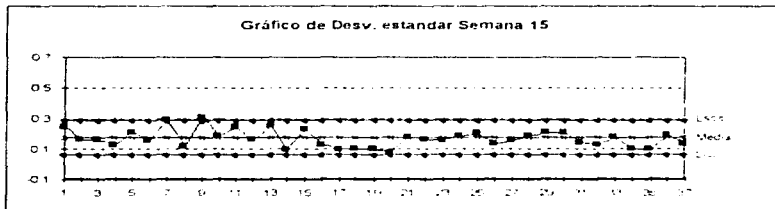
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
subgrupo vs peso (g)**

Figura # 85



En el gráfico de medias de la semana 15 se observan varios comportamientos no aleatorios de los datos, a in cao de la semana entre el subgrupo 2 y el 5 se identifica una tendencia descendente de los puntos, incluso el 4, 5 y 6 se salen de la especificación inferior, entre el subgrupo 13 y el 18 la mayoría de los puntos se encuentran formando una comda por encima de la línea media e incluso 7 puntos se salen del límite superior de control, en todo el periodo se encuentran 15 puntos fuera de los límites de control comparando con la grafica de desviaciones estandar todos estos puntos están dentro de límites a excepción del punto 9, por todo esto se considera la operación fuera de control estadístico.

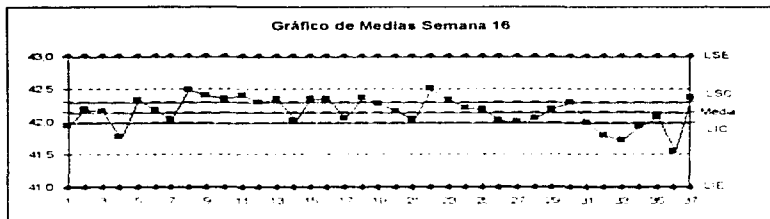
Figura # 86



En el gráfico de desviaciones estandar de la semana 15 se identifican algunos comportamientos no aleatorios de los datos, entre el subgrupo 9 y el 13 hay una comda por encima de la media, entre el 16 y el 20 se observa otra por abajo de la misma, así mismo entre el subgrupo 31 y el 37 se observan puntos que forman otra comda por abajo de la media, el subgrupo 9 tiene un desviación como medida de dispersion que pasa el límite superior y en la grafica de medias dicho punto también esta fuera del límite superior de control, lo que quiere decir que aparte de tener una media superior al límite de control, también la dispersion entre los datos del mismo subgrupo fue grande.

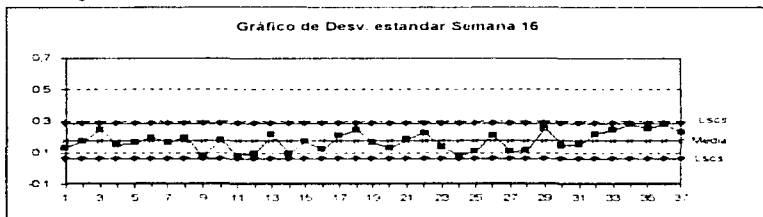
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
subgrupo vs peso (g)**

Figura # 67



En la semana 16 se obtuvo un gráfico de control con varios comportamientos no aleatorios de los datos, entre el subgrupo 8 y el 13 se observa una corrida con amplitud de 6 puntos por encima del límite superior de control, entre el subgrupo 18 y el 21 se observa una tendencia descendente y se observa otra en el mismo sentido entre el subgrupo 22 y el 27, después se identifica otra tendencia ascendente y del subgrupo 31 al 34 se encuentran abajo del límite inferior de control, estos forman una tendencia ascendente en el gráfico de desviaciones estándar, la operación no estuvo bajo control estadístico.

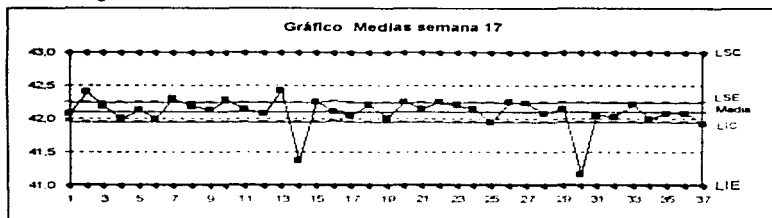
Figura # 68



El gráfico de desviaciones estándar para la semana 16 muestra entre el subgrupo 4 y el 8 una corrida de puntos cerca a la media, después se observa un comportamiento aleatorio de los datos, y hacia el final de la semana entre el subgrupo 32 y el 37 existe una corrida de puntos por encima de la media, incluso se encuentran cerca al límite superior de control, se observa también comparando estos resultados con la gráfica de medias que hacia el final de la semana se tuvieron valores de media abajo del límite inferior de control y con una dispersión grande entre ellos.

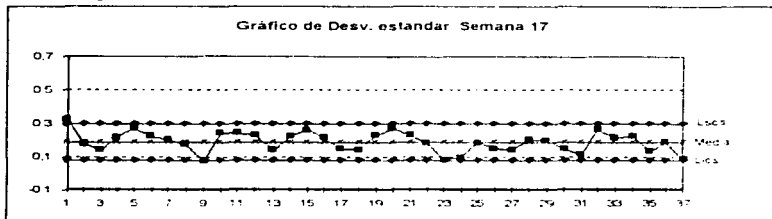
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 89



En la gráfica de medias de la figura 89 se observan 6 puntos fuera de los límites de control algunos como los del subgrupo 14 y 30 se encuentran muy cercanos al límite inferior de especificación, comparando este comportamiento con el que se presenta en la gráfica de desviaciones estándar, éstos se encuentran dentro de los límites de control en la gráfica de desviaciones estándar, en periodos como del subgrupo 7 al 11 existe una corrida de 5 puntos por encima de la media al igual que entre el subgrupo 20 y el 24, hacia el final de la semana se observa que los datos tienen un comportamiento aleatorio, sin embargo a lo largo de toda la semana se tuvo un proceso fuera de control estadístico.

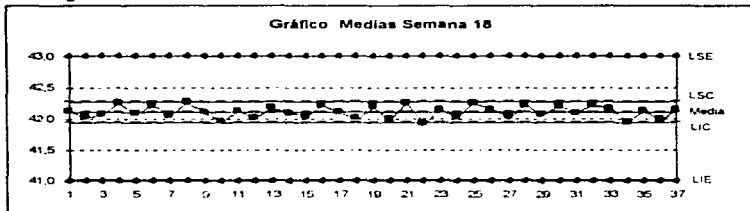
Figura # 90



En la gráfica de desviaciones estándar para la semana 17 se observan algunos comportamientos no aleatorios de los datos, como el que se presenta entre el subgrupo 5 y el 9 como una tendencia descendente, entre el subgrupo 20 y el 23 los datos presentan otra tendencia descendente, posteriormente una corrida de 3 puntos por debajo de la línea media por lo que durante esta semana no se tuvo una operación bajo control estadístico.

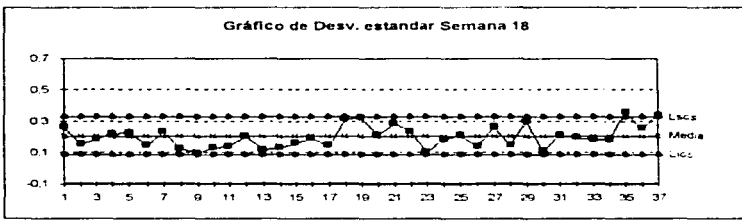
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 91



En la gráfica de medias de la figura 91 para la semana 18 se observa una operación bajo control, algunos puntos están cerca del límite inferior de control como el subgrupo 22 y el 34, sin embargo el resto del periodo se tiene un comportamiento aleatorio de los datos

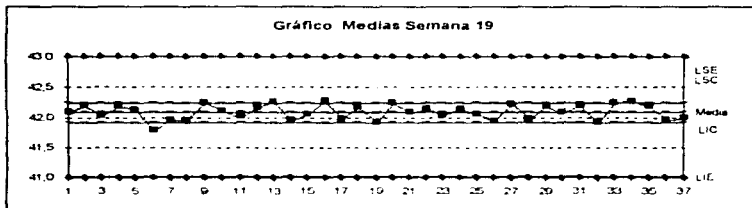
Figura # 92



En la gráfica de desviaciones estándar para la semana 18 se observan algunas tendencias de los datos no aleatorias, por ejemplo, entre el subgrupo 8 y el 11 existe una caída por debajo de la media, y entre el subgrupo 31 y el 34 otra de tendencia descendente y por abajo de la media, lo que indica que aunque se tuvo una operación con promedios bajo control estadístico la dispersión de los datos no tuvo un comportamiento aleatorio. Sin embargo a la mitad de la semana entre el subgrupo 15 y 32 se observa un comportamiento aleatorio de los datos

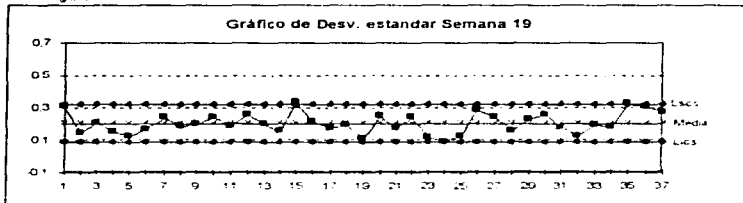
**Gráfico de control X-S semana 11 a 19
Subgrupo vs peso (g)**

Figura # 93



En la semana 19 se obtuvo el gráfico de la figura No. 93 y aunque se observa una comoda de 5 puntos cercanos a la media del proceso, entre el subgrupo 1 y el 5, un punto fuera del límite inferior, el resto del periodo tiene un comportamiento aleatorio, lo que indica una operación dentro de control estadístico.

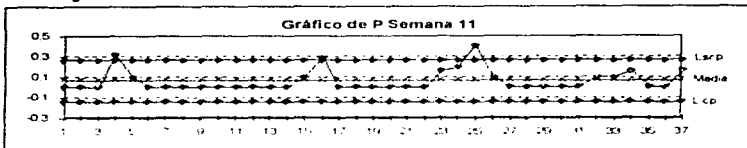
Figura # 94



En la gráfica de desviaciones estandar de la figura No. 94 se observa una tendencia descendente de los datos entre el subgrupo 35 y 39, en el resto del periodo se tuvo un comportamiento aleatorio de los datos por lo que se considera que la operación tuvo un control estadístico.

**Gráficos de atributos para el proceso de envasado
Semana 11 a 19
Fracción P contra subgrupo**

Figura # 95



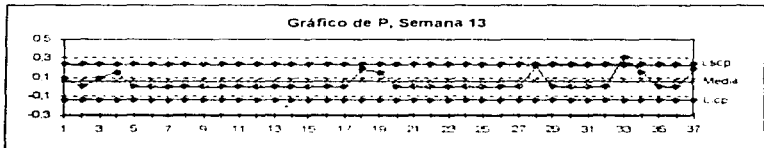
En la gráfica p para la semana 11 se observa que en la mayor parte del periodo se obtuvieron comandas de puntos por abajo de la media, y dos subgrupos se salen del límite superior de control. Por lo tanto no se tiene una operación bajo control estadístico.

Figura # 96



En el gráfico de la figura No. 96 que corresponde a la semana 12 se observa al inicio de la semana un comportamiento aleatorio a pesar de encontrar una tendencia ascendente de tres puntos entre el subgrupo 7 y el 9, sin embargo, hacia mitad de semana entre el subgrupo 16 y el 21 se observa otra tendencia ascendente la que continúa en una comanda de 8 puntos por abajo de la media. hacia el final de la semana se observa comportamiento aleatorio de los datos sin embargo, no es suficiente y en la semana 12 no se tuvo una operación bajo control estadístico.

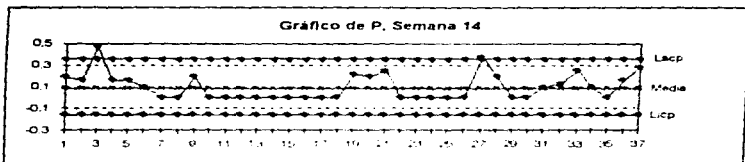
Figura # 97



En la semana 12 se obtuvo un gráfico que muestra 3 grandes comandas por abajo de la media, éstas abarcan 27 de 37 subgrupos en la semana, por lo tanto no se tuvo una operación bajo control estadístico.

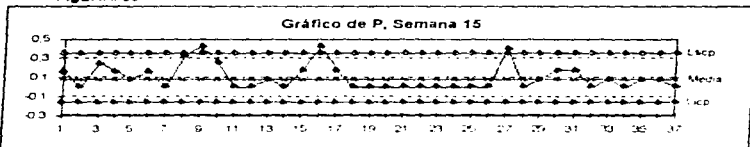
**Gráficos de atributos para el proceso de
envasado Semana 11 a 19
Fracción P contra subgrupo**

Figura # 98



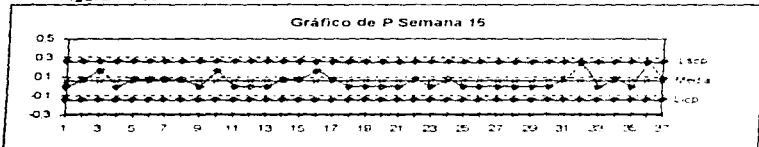
En el gráfico de la figura No 98 se observa dos comdas de puntos por abajo de la media una entre el subgrupo 10 y el 18 la otra entre el subgrupo 22 y el 25, además se encuentra también un punto fuera del límite superior de control.

Figura # 99



En el gráfico de la figura No 99 se observan diferentes comportamientos no aleatorios de los datos, se observa una comda de amplitud de 3 puntos por abajo de la media entre el subgrupo 18 y el 26, tres puntos se encuentran por arriba del límite superior de control, por lo tanto se advierte la falta de control estadístico durante esta semana.

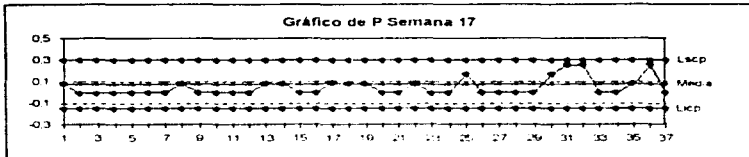
Figura # 100



En el gráfico de la semana 16 se observan tres comdas de puntos por abajo de la media como ha sucedido en semanas anteriores, estas se encuentran a mediados de semana entre el subgrupo 11 y 13, después entre el 19 y el 21 y por último entre el subgrupo 25 y el 30, también se observa otra comda por arriba de la media entre el subgrupo 5 y el 8, por lo que no se tuvo una operación bajo control estadístico.

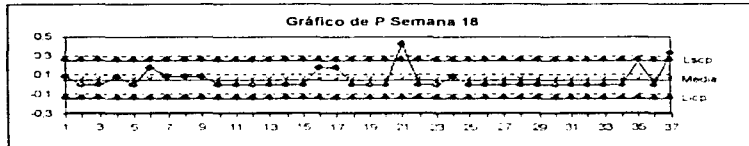
**Gráficos de atributos para el proceso de
envasado Semana 11 a 19
Fracción P contra subgrupo**

Figura # 101



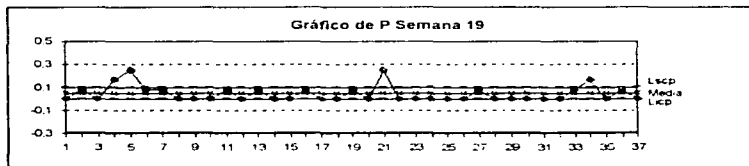
En el gráfico de p correspondiente a la semana 17 se observan comportamientos no aleatorios de los datos que indican una falta de control estadístico, esto se observa por medio de las comdas formadas en la mayor parte del periodo y que se encuentran por abajo de la media.

Figura # 102



En el gráfico de la semana 18 figura No 102 se observa al igual que en semanas anteriores que en todo el periodo predominan las comdas de puntos por abajo de la media, lo que indica no aleatoriedad de los datos en la operación.

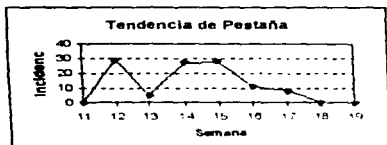
Figura # 103



En el gráfico de p de la figura No 103 se observan vanas comdas de puntos en el límite inferior de control, 4 puntos por amba del límite superior y se nota una reducción considerable en la distancia entre los dos límites de control con respecto a las semanas anteriores.

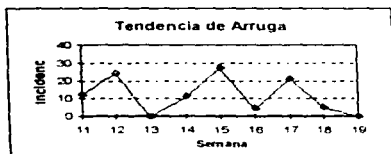
**Gráficos de tendencia de defectos Semana 11 a 19
Incidencia vs tiempo de estudio (semana)**

Figura # 104



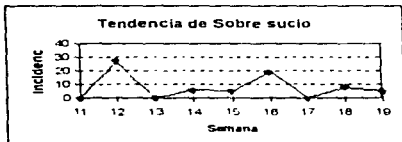
La grafica de la figura No. 104 muestra una tendencia desde la semana 14 hasta la 19 de tipo decedente en la incidencia de pestañas en el sobre durante el envasado del producto

Figura # 105



La arruga en el sobres se presentó no siguiendo una tendencia en especial a lo largo de las 9 semanas de estudio sino más bien se presentó de forma importante durante las semanas 12, 15, y 17, sin embargo es uno de los defectos que mayor número de veces se encontraron durante las inspecciones

Figura # 106

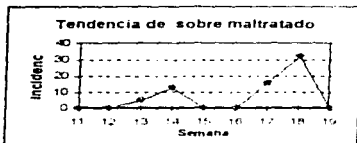


En el gráfico de la figura No 106 se observa la incidencia de sobre sucio durante la operación de envasado pero sin una tendencia clara, esta más bien presenta un comportamiento aleatorio

Se construyeron los graficos de tendencia , utilizando los datos sobre las veces que se encontraron los defectos correspondientes entre la semana 11 y 19
Solo se elaboro la grafica para los seis defectos con mayor incidencia

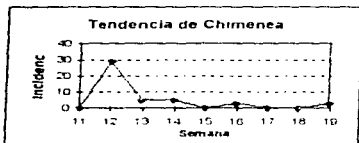
**Gráficos de tendencia de defectos Semana 11 a 19
Incidencia vs tiempo de estudio (semana)**

Figura # 107



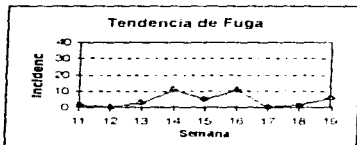
La grafica de incidencia de sobre maltratado muestra al inicio del estudio una tendencia ascendente durante 13 semanas de la segunda a la cuarta, sin embargo dicha tendencia se invierte de sentido a descendente y en la sexta semana vuelve a tomar su pendiente ascendente hasta la semana 18

Figura # 108



La chimenea en el sobre se presenta con una tendencia descendente desde la semana 12 y hasta la 19 representando tambien un defecto importante durante el envasado del producto

Figura # 109

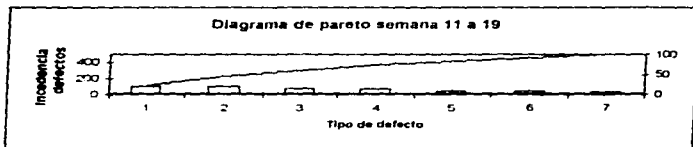


En el grafico No 109 se observa no solo una tendencia a lo largo del estudio sino vanas, por ejemplo de la semana 12 a la 14 se observa una de tipo ascendente, de la semana 15 a la 17 se observa que desciende y asciende la incidencia de defecto sin tendencia alguna pero al final del periodo entre la semana 17 y la 19 se identifica una tendencia ascendente

Se construyeron los graficos de tendencia , utilizando los datos sobre las veces que se encontraron los defectos correspondientes entre la semana 11 y 19
Solo se elaboro la grafica para los seis defectos con mayor incidencia

**Diagrama de pareto de atributos durante la semana 11 a 19
Tipo de defecto vs Incidencia**

Figura # 110



- 1 -Pestaña
- 2 -Arruga
- 3 -Sucio
- 4 -Maltratado
- 5 -Chimenea
- 6 -Fuga
- 7 -Descentrado

En este diagrama se observa que la presencia de pestaña en el sello fue mas frecuente durante la operación de la semana 11 a 19 esta característica representa el 23,33% del total. le sigue la presencia de arruga también en el sello con 22,46% y defectos como chimenea fuga y sobre descentrado son los pocos triviales para esta etapa del proceso. más adelante se plantea el plan de muestreo para aceptación donde se asignarán los niveles de calidad y los números de aceptación a manejar para dichos defectos.

3.4.1. Consideraciones a la operación de envasado durante las semanas 11 a

19

Para las semanas 11 a 19 en las que se aplicaron las observaciones hechas a la operación para obtener el Control Estadístico, se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los histogramas de frecuencias mostraron un comportamiento normal para todo el periodo, se noto que a medida que avanzaban las semanas, la media se encontraba más cercana a la moda de la distribución y la variabilidad disminuyó reflejándose en la amplitud de la base de la campana, ya que para las semanas 18 y 19 esta fue de solo 5 intervalos. También se logró que para estas semanas no se encontraran pesos fuera de los límites de especificación.

- Los gráficos de control para la variable peso reflejaron para las primeras siete semanas procesos fuera de control estadístico con comportamientos no aleatorios de los datos, sin embargo se noto que hubo una reducción en la variabilidad de los mismos ya que se presentaron pocos puntos fuera de los límites de control comparado con las semanas 1 a 9, y ningún valor fuera de los límites de especificación, sin embargo, al no encontrarse un comportamiento aleatorio de los datos, no se considero que durante estas semanas se obtuviera el control estadístico, para las semanas 18 y 19 se obtuvo ya un control estadístico del proceso, el cual se observa por el comportamiento aleatorio de los datos tanto en la grafica de medias como en la de desviaciones estándar, para la semana 18 se obtuvo una grafica con comportamiento aleatorio de las medias, sin embargo, para la de desviaciones estándar, se observaron algunas tendencias, sin embargo por el trabajo de seguimiento constante y aplicación por parte del personal involucrado, para la semana 19 se observo que el comportamiento de los datos fue aleatorio en las dos graficas, y además se disminuyó la desviación estándar de los datos con respecto a semanas anteriores. Se calculó la habilidad de la operación para la semana 19 ya que fue la única en la que se encontro control estadístico el valor de Habilidad potencial de la operación Cpk fue de 1.47, lo que indica que la operación fue habil durante esa semana. Será conveniente continuar con el estado de habilidad de la operación y aplicarlo a otras maquinarias.

- En las graficas de fracción de defectos, se observo que la operación esta fuera de control estadístico por las tendencias no aleatorias de los datos, en general se disminuyó la incidencia de defectos lo que se trabajo en una operación caracterizada en la grafica por corridas abajo de la media de la operación y una reducción en la distancia entre los límites de control para el siguiente punto se plantea la clasificación de los defectos de acuerdo con el impacto que representan para el consumidor y se realiza el plan de muestreo de aceptación con el fin de establecer los criterios de aceptación de lazo.

- Las graficas de tendencia de los defectos encontrados con mayor incidencia durante la operación muestran para ataquillo, atreves como la pestaña y la chimenea de tipo descendente a lo largo de las nueve semanas, en otros casos como para la presencia de amuga y sobre sucio y fuga, no se define una tendencia en el periodo, sin embargo si se encontraron este tipo de atributos de manera importante en el estudio y por ultimo, la presencia de sobre maltratado presenta una tendencia ascendente en casi todo el periodo, a excepción de las semanas 15 y 16, en general, se observa que se presentaron dichos defectos en menor grado que en las semanas 1 a 9, esto como resultado de la reducción en el tiempo en que se realizaron las inspecciones, lo que se reflejo en un mejor seguimiento de la operación.

- En el diagrama de Pareto correspondiente se observa que los tres defectos de mayor impacto dentro de las semanas 11 a 19 son la presencia de pestaña, amuga en el sello y el sobre con suciedad externa proveniente del mismo producto, estos tres representan más del 50% de la incidencia total de defectos, en menor medida se presentaron sobres maltratados, con chimenea y con fuga, aquí se puede observar que la incidencia de defectos disminuyó con respecto al periodo de la semana 1 a 9 y que el orden y el impacto de los defectos encontrados tambien cambio por ejemplo de la semana 1 a 9 los defectos con mayor incidencia fueron la amuga, la chimenea y la pestaña en el sello, más adelante con la clasificación de los defectos y el plan de muestreo de

aceptación se observara la importancia de tener una incidencia mayor o menor de cada tipo de atributo de acuerdo con el riesgo que proporciona al consumidor

3.5. PLAN DE MUESTREO PARA ACEPTACIÓN

Como ya se mencionó en el capítulo de generalidades el plan de muestreo se establece para evitar la revisión 100% de un lote y con el resultado tomar la decisión de aceptarlo o no, para la operación de envasado se elige el plan de muestreo MIL-STD-105 D para atributos, tomando en cuenta que durante la operación se puede separar la producción en pequeños lotes de los que se toma una muestra, se inspecciona y se registran los atributos encontrados y el tipo de acuerdo con la clasificación de los defectos, dicha clasificación se realiza considerando las consecuencias sobre la estimación de la calidad del producto respecto al empleo posterior del mismo, aspecto al consumidor y riesgo que proporciona al mismo.

3.5.1. Clasificación de los atributos en críticos, mayores y menores.

Se elaboró la siguiente clasificación de los atributos encontrados durante las inspecciones a la operación de envasado basándose en el riesgo que aportan al consumidor y al producto por lo que se plantearon las tres categorías: críticos, mayores y menores.

CUADRO # 18
CLASIFICACIÓN DE ATRIBUTOS ENCONTRADOS DURANTE LA OPERACIÓN DE ENVASADO

Atributo	Definición	Tipo de defecto	Riesgo
Contaminación con origen diferente al de los ingredientes del producto.	Se considera que el producto no es apto para el consumo cuando se encuentra mezclado con otros materiales de diferente origen al de los ingredientes del propio producto como pudiera ser, tanto tierra, polvo, u otros materiales comestibles como harinas, féculas, etc. que no se encuentren en la fórmula.	Crítico	Riesgo de intoxicación al consumidor y si es por materiales comestibles el riesgo es el de aportar características diferentes y no deseables al producto al ser preparado de acuerdo a las instrucciones.
Chimenea	Salida de producto en forma de polvo muy fino a través de orificios menores a 1 mm.	Mayor	La transferencia de humedad al interior del sobre por medio de cualquier orificio provoca que el producto se endurezca rápidamente reduciendo la vida útil del mismo, frecuentemente el consumidor considera que ha expirado, no consumiéndolo aunque no haya vencido la fecha de caducidad.
Fuga	Salida evidente de producto por mal sellado o presencia de orificios de dimensión mayor a 1 mm.	Mayor	La transferencia de humedad al interior del sobre por medio de cualquier orificio provoca que el producto se endurezca.

			rápido y reduciendo la vida útil del mismo, frecuentemente el consumidor considera que ha expirado, no consumiéndolo aunque no haya vencido la fecha de caducidad
Sobre con suciedad externa proveniente del mismo producto	El sobre se encuentra sucio cuando los ingredientes del mismo producto le dan un aspecto desagradable y sucio al sobre	Menor	Sólo se afecta la imagen del producto, al no encontrarse limpio y no distinguirse con claridad los textos del material de empaque
Pestaña en el sello	La pestaña se presenta cuando uno de los extremos del material de empaque que forma el sobre excede al otro en más de 2 mm. en la parte superior del mismo	Menor	Afecta a la imagen del sobre ya que se presentan las figuras y textos descentrados
Arruga en el sello	Es la deformación de alguno de los sellos en forma de un traspase debido a un ajuste de la máquina o mal acomodo del material de empaque	Menor	Afecta solo la imagen del sobre al no distinguirse perfectamente las figuras y textos del mismo, así como una mala presentación
Sello defectuoso sin fuga	El sello mal formado que no entra en ninguna de las categorías anteriores y que lo presenta deformado o quemado, etc producto de algún ajuste en la máquina, mal manejo	Menor	Al igual que el resto de los defectos menores este no afecta a la calidad del producto en su fórmula o en su vida útil, sino solo a la apariencia del producto con una mala presentación al consumidor

Así se clasificaron los defectos en críticos mayores y menores de acuerdo al riesgo que estos presentaban al producto, al consumidor, o a la operación

Para establecer los criterios de aceptación - rechazo se deben obtener los niveles de calidad aceptable (NCA) a manejar, para lo que se construyeron las curvas de operación para el plan de muestreo MIL-STD-105D

3.5.2. Curvas de Operación

Se construyeron curvas del tipo B para un plan de muestreo simple, las cuales dan las probabilidades de aceptación para un lote como función de la calidad del producto, se construyeron considerando la distribución de Poisson, ya que es apropiado considerar que la probabilidad de tipo binomial es aproximada a la de Poisson, la tabla se encuentra en el apéndice I, tomando como base un tamaño de lote igual a 100 y tres números de aceptación $c = 2.0$, $c = 3.0$ y $c = 4.0$

CUADRO # 19
PROBABILIDAD DE ACEPTACIÓN PARA UN PLAN DE MUESTREO TIPO SIMPLE N = 200

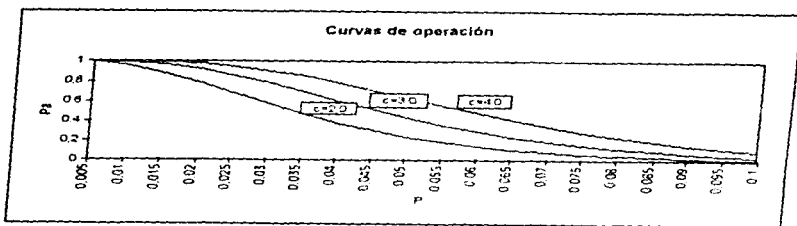
Fracción defectuosa en el lote p'	Número medio de piezas defectuosas en la muestra np'	Probabilidad de aceptación Pa			
		n=80 c=2 0	n=80 c=3 0	n=100 c=4 0	n=100 c=4 0
0.005	0.40	0.992	0.999	1.000	
0.010	0.80	0.953	0.991	0.999	
0.015	1.20	0.879	0.966	0.992	
0.020	1.60	0.783	0.921	0.976	
0.025	2.00	0.677	0.857	0.947	
0.030	2.40	0.570	0.779	0.904	
0.035	2.80	0.469	0.692	0.848	
0.040	3.20	0.380	0.603	0.781	
0.045	3.60	0.303	0.515	0.706	
0.050	4.00	0.238	0.433	0.629	
0.055	4.40	0.185	0.359	0.551	
0.060	4.80	0.143	0.294	0.476	
0.065	5.20	0.109	0.238	0.406	
0.070	5.60	0.082	0.191	0.342	
0.075	6.00	0.062	0.151	0.285	
0.080	6.40	0.046	0.119	0.235	
0.085	6.80	0.034	0.093	0.192	
0.090	7.20	0.025	0.072	0.156	
0.095	7.60	0.019	0.055	0.125	
0.100	8.00	0.014	0.042	0.100	

La gráfica de la figura No. 111 muestra las curvas de operación para los tres números de aceptación. Por medio de la curva de operación se conoce la protección que se brinda al lote por medio del plan de muestreo, es decir, se conoce el porcentaje de lotes que se corre el riesgo de ser aceptados y que cuentan con un porcentaje de defectos. frecuentemente se piensa que al no aceptar ningún defecto en el lote asegura que éste sea perfecto sin embargo, esto no es así, al aceptar más de cero piezas defectuosas en la muestra presenta características de operación superiores a los planes con número de aceptación cero, sin embargo, al aumentar el número de aceptación aumenta el tamaño de la muestra para un mismo tamaño de lote, por lo tanto será necesario revisar si es conveniente económicamente ya que significa mayor inspección.

Se observa en la gráfica y en el cuadro No. 16 que para lotes con un 4.0% de defectos, la probabilidad de aceptación es de 0.380, lo que indica que 38 de 100 lotes que se sometan al plan con un 4.0% de defectos serán aceptados y 62 serán rechazados.

Para lotes con un porcentaje de defectos de 2.5 se rechazarán el 33 lotes de 100 que se sometan a dicho plan.

FIGURA # 111
CURVA DE OPERACIÓN PARA PLAN DE MUESTREO SIMPLE N=80



Se planteó establecer el plan de muestreo de aceptación con el uso de la tabla MIL-STD-105D para atributos con un nivel de inspección tipo normal y muestreo simple. Es práctica común que se asignen diferentes niveles de calidad a las diferentes categorías de los defectos, ya que no es lo mismo encontrar un defecto crítico que uno mayor o menores la inspección, en este caso se ha distinguido entre defectos críticos, mayores y menores, se plantea que para defectos críticos el número de aceptación a manejar sea cero, ya que no se debe correr ningún riesgo sobre la aceptación de algún defecto de tipo crítico, por lo tanto el nivel de calidad aceptable a manejar para la inspección del tipo normal será igual a 0.00, para los defectos mayores se instrumentó un nivel de calidad aceptable igual a 2.5, considerando que este plan de aceptación será únicamente para la operación de envasado y que en las últimas tres semanas se mantuvo el límite superior de la fracción de defectos entre 0.30 y 0.10, aunque se corre el riesgo de aceptar muchos lotes con este porcentaje de defectos (67 lotes de 100), por tratarse de una parte de todo el proceso de elaboración, se prevé que no se tenga un gran número de rechazos y que no haya retrasos en la producción por este motivo, para defectos menores se propuso iniciar con un nivel de calidad aceptable de 4.00% de defectos, considerando que el nivel máximo que se tuvo del límite superior de fracción defectiva fue de 0.5, con este nivel se tiene mayor protección y se rechazarán 62 lotes de 100 que se sometan a la inspección con un 4.00% de defectos, con esto también se está previniendo un retraso en el proceso de elaboración de bebida en polvo por un alto porcentaje de rechazos en el envasado. Por otra parte se propone estudiar continuamente el comportamiento de las gráficas de fracción disconforme P y analizar el plan de muestreo y su efectividad.

3.6. ESTIMACIÓN DE LA PÉRDIDA ECONÓMICA DURANTE EL ESTUDIO POR DEFECTOS EN EL ENVASADO DEBIDO A: REPROCESOS, DESPERDICIOS Y CORRECCIONES.

En éste capítulo se realizó un análisis de las pérdidas económicas calculadas por los defectos encontradas durante el proceso, las cuales incluyeron los costos de materia prima,

material de empaque, mano de obra y servicios, ya que éstos se relacionan directamente con el control estadístico en la operación, y se considera que si se llega al nivel de control estimado, automáticamente los otros costos llegarán a niveles de cero.

Al presentarse problemas de rechazos en la línea de producción, se incluyen también gastos ocasionados por dichos problemas, estos son principalmente los costos del producto no envasado que se desperdiciara, el material de empaque, mano de obra y servicios así como el tiempo que permanecerá ociosa alguna máquina e incluso alguna línea, por lo tanto es importante considerar los siguientes costos:

El costo de 1 kg de bebida en polvo de acuerdo a la fórmula y a los siguientes precios

CUADRO # 20
COSTO FÓRMULA DE LA BEBIDA EN POLVO

Material	Costo/kg(US\$)	% Fórmula	Costo Fórmula (US\$)
Azúcar	3.1	90.859	2.817
Ácido cítrico	10.000	8.000	.800
Premezcla	50.510	1.101	1.101
Total		100.000	4.718

FUENTE: Gomas y Cokedas, S.A. de C.V. Información financiera, 1988.

La premezcla incluye los sabores, colores y antihumectante.

costo por kg de bebida = US\$ 4.718

Costo por sobre 40g = US\$ 0.1887

El costo de material empaque

CUADRO # 21
COSTO MATERIAL DE EMPAQUE DE BEBIDA EN POLVO

Material	Costo (US\$)	(g ó pzas /sobre)	Costo por sobre (US\$)
Bobina	25.5/kg	2.0g	0.051
Corrugado	0.69/pza		0.00383
Exhibidor	0.50/pza		0.027
PVC	10.0/kg		0.01
Total			0.09183

FUENTE: Gomas y Cokedas, S.A. de C.V. Información financiera, 1988.

El costo total es igual al Costo de conversión + Costo de distribución + Costos fijos

De donde: Costo de conversión = Mano de obra, Costo de distribución = Costos por distribución en el mercado del producto; Costos fijos = Servicios, impuestos, rentas, etc.

En muchos casos se estiman dichas cantidades como un porcentaje del costo fórmula, en éste caso se considerará que el costo de conversión será el 20% de la suma del costo fórmula + costo de material de empaque, y el costo fijo será estimado como el 20% de la suma de costo fórmula + costo material de empaque + costo de conversión, para estimar los costos de la no calidad no se incluirán los costos de distribución.²²

**CUADRO # 22
COSTO TOTAL DE BEBIDA EN POLVO**

Costo total	Costo (N\$ por sobre de 40g)
Costo fórmula	0 1887
Costo M. Empaque	0 0918
Subtotal	0 2805
20% conversion	0 0561
Subtotal 2	0 3366
20% costos fijos	0 0673
Costo total	0 4039

Fto. Gomas y Condes S.A. de C.V.

De acuerdo con éstos costos se analizará el impacto de los principales defectos encontrados en la etapa de la implantación del control.

Como ya se explicó anteriormente los defectos más importantes por su impacto en la calidad y considerados como defectos mayores fueron fuga y chimenea, además se planteó la necesidad de observar la pérdida económica que se tiene por peso de mas (producto) por sobre. Se analizarán uno por uno.

Peso alto.- El peso se considera alto fuera de especificación si rebasa el nivel de 43.0g (con tara), hay que recordar que el peso promedio requerido es de 42g, por lo que todo lo que esté arriba de éste nivel significa producto de más o de regalo. En la siguiente tabla se muestra la pérdida económica por cada 0.5g de producto de mas y su relación con la cantidad de sobres producidos en un turno de producción.

**CUADRO # 23
COSTO POR PESO DE MAS POR SOBRE DE BEBIDA EN POLVO**

Peso	Costo(N\$)	Sobres producidos	Costo total(N\$)	DiferenciaN\$
42.00	0 1887	37 800	7 132 86	0
42.50	0 1910	37 800	7 219 8	86 94
43.00	0 1934	37 800	7 310 52	177 66
43.50	0 1957	37 800	7 397 46	264 60
44.00	0 1981	37 800	7 488 18	355 32

Esto quiere decir que por cada lote de producción si la media se sitúa en 42.3g que fue el nivel aproximado que caracterizó la primera etapa del estudio se están perdiendo N\$ 52.18 por cada turno de producción, para tres turnos serían 156.49 y por seis días de producción contra tres turnos N\$ 938.94 por máquina.

Si se encuentran pesos bajos en la producción podría pensarse que por el contrario se está ganando esa cantidad sin embargo, si no se cuida el nivel de peso por abajo de lo especificado en la etiqueta se puede lograr una sanción de la SECOFI esta secretaría establece por medio de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCFI-1993 un plan de muestreo para aceptación referente al peso especificado en la etiqueta y si el producto no cumple con lo establecido en dicha norma, la compañía se hace acreedora a una sanción por lo que no se puede atacar el problema por ese lado, lo mejor es tratar de mantener siempre la producción en el promedio especificado, para lo que el operador mediante una capacitación puede realizar promedios periódicos de los pesos que produce y hacer los ajustes necesarios para que dicho promedio siempre se mantenga.

En todos los casos, con el plan de muestreo para aceptación, al rebasar el límite permitido de defectos en el lote a inspeccionado se rechazará, es un poco difícil por lo tanto estimar la pérdida económica por cada rechazo que se tiene ya que ésta depende de la magnitud del problema, la cantidad de material que será desechado, el tiempo invertido en la revisión, selección, inspección y reproceso del mismo si es necesario, además de los costos fijos y de conversión, esto podría ser motivo de otro tema de estudio, e incluso es bueno que se implementen este tipo de controles en la industria, sin embargo, para este trabajo sólo se realizó un estimado de la pérdida económica por rechazos para tener una idea de la mejora que se tendrá en éste sentido con un control en la producción y el establecimiento de un plan de muestreo para aceptación que sea sencillo y eficaz.

Si se rechaza la producción por algún defecto, ésta primero se selecciona en producto que pasa y el que no, el que pasa, seguirá el camino normal del proceso y el que no, generalmente se vuelve a empaquetar si el problema sólo es del empaque. (Fuga, chimenea, pestaña, arruga, etc), por lo tanto los costos estimados para este tipo de problemas son:

- Material de empaque- el producto que no pasa, es separado y el sobre es roto, la bobina empleada es desechada y el producto se vuelve a envasar.

El costo de bobina por cada sobre de 40g es de 0.051 o sea el 57% del costo total de empaque, en la siguiente tabla se muestra la pérdida de bobina por un lote de producción si todo éste estuviera en el rango de no pasa.

CUADRO # 24
COSTO ECONÓMICO DE MATERIAL DE EMPAQUE DESTRUÍDO POR HORA DE OPERACIÓN DE ENVASADO DE BEBIDA EN POLVO

Material	Costo(N\$) /sobre 40g	Tamaño del lote por hora	Costo (N\$)de bobina x el lote
Bobina	0.051	5 400 sobres	275.40

FUENTE: Gomas y Coloides S.A. de C.V. Información financiera, 1995

Se consideró como base de cálculo que se destruyeron los sobres producidos durante una hora de operación.

Por otra parte se dijo ya que en muchas industrias se estiman los costos fijos y los de conversión como un porcentaje del costo formula mas el material de empaque. De acuerdo con esto se estimará la pérdida por estos dos rubros que se tendrán por el rechazo de un lote de 5 400 sobres producidos en una hora.

CUADRO # 25
COSTOS FIJOS Y DE CONVERSIÓN POR HORA DE OPERACIÓN DE ENVASADO DE BEBIDA EN POLVO

Concepto	Costo(N\$)/sobre 40g	Tamaño del lote	Costo(N\$)pérdida total por el lote
Costo conversión	0 0561	5 400	302 94
Costos fijos	0 0673	5 400	363 42

FUENTE: Gomes y Colodre S.A. de C.V. Información financiera 1996

Para tener una idea mas clara de la pérdida económica que se presentó durante el estudio por la presencia de defectos se realizo el cálculo del costo por atributo considerando que se rechazó la producción de una hora de operación de envasado, de acuerdo con las cifras anteriores, aclarando de antemano que éste sólo servirá para hacer una comparación ya que para tener cifras mas reales de lo sucedido se debe hacer un estudio mas a fondo de los gastos económicos que se tienen en función de la cantidad de producto que se reprocessa cuanto material se destruye, etc lo cual no es el objetivo del trabajo

Suponiendo que los rechazos fueron el correspondiente a una hora de operación de la máquina = 5 400 sobres los cuales fueron rotos y el producto reprocessado

CUADRO # 26
ESTIMACIÓN DE LA PERDIDA ECONOMICA POR DEFECTOS ENCONTRADOS DURANTE LA OPERACIÓN DE ENVASADO DE BEBIDA EN POLVO. BASE DE CALCULO: UNA HORA.

Rechazo por:	Costo Matena Prma	Costo Mat de empaque	Costo conversión	Costos Fijos	Total (N\$)
Peso alto (amba de 43.5g)	37 80	275 40	302 94	363 42	979 56
Peso Bajo	0	275 40	302 94	363 42	941 76
Fuga	0	275 40	302 94	363 42	941 76
Chimenea	0	275 40	302 94	363 42	941 76

Es necesario aclarar que dichos costos fueron supuestos bajo las siguientes premisas

- En el peso alto, se supuso que el promedio de lote se encontró amba de 43 00 g. como límite superior especificado

- Para todos los atributos y el peso alto se consideró que el lote equivale a una hora de operación estuviera fuera de especificaciones, que todos los sobres fueran destruidos y que se invirtiera en cada rechazo el costo por una hora de equipo y personal ocioso (costos fijos + conversión).

-En la primera etapa del estudio se tuvo una mayor incidencia de defectos lo que se reflejó en una mayor pérdida económica, dichos defectos considerados como atributos se redujeron prácticamente a la mitad en la segunda etapa del estudio, por lo tanto se presentó una

reducción en los costos de calidad, independientemente de la gravedad de los atributos encontrados.

- Con la aplicación del plan de muestreo para aceptación-rechazo, se podrán tener datos sobre el porcentaje de rechazos que se tiene durante la operación y complementar el seguimiento del Control estadístico por los medios económicos.

- En la segunda etapa del estudio se llegó a obtener un control estadístico en el semi proceso de envasado, y el promedio en general del proceso se mantuvo en niveles de 42.1 g, por lo tanto se puede estimar que hubo una reducción de costos por peso de más ya que en la primera etapa el promedio se situó en niveles de 42.3 g básicamente.

**CAPITULO IV
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES**

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El objetivo general de este trabajo fue el de aplicar un sistema de Control Estadístico en la operación de envasado en máquina Bartelt de la Bebida en polvo, para cumplirlo se plantearon los objetivos particulares y las conclusiones se basan en ellos

1. Se elaboró y se aplicó el Plan de Muestreo que cumpliera de manera amplia, sencilla y eficaz la obtención de muestras representativas
2. El plan de muestreo se aplicó por medio de una adaptación de las tablas de muestreo de aceptación Military-Std-105 D para los atributos y Military-STD-414 para las variables, con la aplicación de las mismas se muestreo durante las etapas del estudio
3. Se identificaron los puntos y momentos de muestreo, que en una primera etapa fueron insuficientes para controlar estadísticamente el proceso, por lo que se realizaron modificaciones, las cuales consistieron en el aumento del número de inspecciones realizadas por el personal que opera la máquina, lo cual permitió reducir la variabilidad, controlando los procesos y haciéndolos además hábiles
4. Del análisis estadístico de resultados obtenida en la etapa preliminar (semanas 1 a 9) y en la operación modificada (semanas 11 a 19) se observó que el apoyo y la participación de todos los departamentos involucrados es fundamental para el buen funcionamiento de las técnicas y procedimientos que se deseen implantar
5. La aplicación de las siete herramientas básicas del Control Estadístico fue indispensable para controlar la operación en estudio, lográndose llevar la operación a un control estadístico con un promedio de pesos de 42.3 g promedio a 42.1g que repercute en una reducción de la pérdida económica por peso excedido en cada sobre
- 6.
7. La revisión constante de los procedimientos, métodos y herramientas ya establecidas será básico para el buen funcionamiento de los mismos, ya que se obtuvo el control estadístico de la variable en la operación, será necesario monitorearla constantemente para realizar las modificaciones correspondiente
8. De acuerdo con las gráficas de atributos en ninguna de las dos etapas se llegó a un control estadístico, esto se debió a que al observarse que en la etapa preliminar se tenía el peso del producto fuera de control y al reducirse la variación en el peso, los atributos pasaron a tener mayor presencia en la calidad del producto
9. Se presentó una reducción importante en la fracción de defectos p , en la etapa controlada con respecto a la preliminar, de un nivel de hasta $p = 0.5$ se redujo a niveles de $p = 0.1$

10. En la etapa preliminar se tuvo una mayor incidencia de defectos totales sin distinción de la gravedad de los mismos, esto disminuyó a la mitad en la segunda etapa del estudio como producto del mayor monitoreo en la línea de operación y el esfuerzo del personal involucrado.
11. Se categorizaron los defectos de calidad bajo el conocimiento y la experiencia obtenida en el trabajo cotidiano en la empresa, tomando en cuenta la severidad de los mismos por su repercusión tanto en el proceso como en el producto, y con base en la clasificación se estableció el plan de muestreo de aceptación-rechazo, apoyado en las curvas de operación.
12. Al tener el proceso sin control en la primera etapa, la incidencia de defectos encontrados era mayor, al clasificarse los defectos por su gravedad, se observó que en la primera etapa del estudio, uno de los defectos con mayor impacto era de tipo mayor, mientras que en la segunda etapa además de la reducción en la incidencia de defectos, los tres defectos con mayor impacto en la calidad del producto pertenecían a la categoría de menores.
13. Del análisis de la pérdida financiera por la incidencia de defectos se observó que hubo una reducción en los costos directos de calidad debido a la reducción en la variabilidad de los pesos de la primera a la segunda etapa y después por una reducción en la incidencia de atributos, esto se presentó solo como un estimado, ya que para realizar un estudio más exacto de dichas pérdidas, es necesario plantear otro estudio, en el que se obtengan los costos reales por cada factor que afecta a dicho costo de calidad, materiales, mano de obra, equipo, energía, etc.
14. Se instrumentó el sistema de control estadístico en la operación de envasado de una bebida en polvo, sin embargo, este se debe monitorear continuamente, considerando desde la selección del personal además de su capacitación constante, hasta la inducción continua sobre su área, trabajo y relaciones interpersonales. Se propone que para mantener el control estadístico se capacite al empleado directamente involucrado (operadores, supervisores, obreros, analistas, jefes de área, etc.).
15. Se recomienda la aplicación de la metodología empleada en este trabajo, en otros procesos, operaciones, e incluso actividades, como puede ser la prestación de servicios, haciendo las adaptaciones a las necesidades particulares.
16. De las herramientas estadísticas aplicadas durante el estudio, se concluye que con la construcción de gráficos de control e histogramas de frecuencia se obtiene información suficiente para tomar decisiones durante la operación o durante un proceso, esto no quiere decir que el resto de las herramientas son menos importantes, sino que en ciertas ocasiones en que no haya suficiente tiempo o no se encuentre en disposición todos los integrantes que participan de las operaciones, con las dos herramientas mencionadas se puede juzgar sobre las medidas a tomar en el estudio.

17. Herramientas como en diagrama de Ishikawa requieren de una participación activa y conciente de la importancia del trabajo por parte del personal involucrado, así mismo herramientas como los gráficos de control, y los histogramas de frecuencia requieren de la participación del compromiso del personal involucrado durante la recolección de muestras para así obtener datos aleatorios e identificar los problemas que se presenten.
18. En un mediano plazo se podrá justificar con la reducción de los costos por la adaptación del control estadístico en la línea de envasado, la instrumentación de un sistema automatizado de control para contenido neto.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alsop F. & Watson M. R. "Practical Statistical Process Control A tool for quality manufacturing" (1993)
Ed. Van Nostrand Reinhold
- 2.- BANAMEX, S.A. "Trabajando en equipo para la calidad" (1993)
Vol I y II. Técnicas y Herramientas. Programa de Calidad
México, D.F.
- 3.- Castillo B., López E., & Marfil R. Memorias curso "Control Estadístico de Proceso en la Industria Alimentaria"
ATAM, Abril 1994.
- 4.- Cole R. E. "Puntos a considerar en la implementación de los círculos de calidad" (1980)
Quality Progress, Noticias técnicas Infotec.
- 5.- Darnark Packaging systems. Boletín "Semi automatic Shrink packaging systems" (1995)
378 Niagara St. Lockport, NY.
- 6.- Diano Oficial de la Federación. "Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-SCFI-1993, Productos envasados, contenido neto, tolerancias y métodos de verificación"
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. Enero 1993
- 7.- Duhne R. C. "Técnicas Estadísticas y Administrativas para el aumento de la calidad y la producción" (1984)
Ed. Limusa.
- 8.- Duncan A. J. "Quality control and industrial statistics" (1974)
Ed. Homewood Illinois
- 9.- Egan H. R., & Kirk R. S. "Análisis Químico de los Alimentos de Pearson" (1987)
2a. Impresión, Compañía Editorial Continental, S. A.
- 10.- Feigenbahum A.V. "Control Total de la calidad" (1984)
6a. Edición, Ed. C.E.C.S.A.
- 11.- Gitow H. "Planificando para la calidad, la productividad y una posición competitiva" (1991)
Ed. Ventura.
- 12.- Gomas y Coloides, S.A. de C.V.
Experiencia laboral.
- 13.- Gouldner F. J. "Statistical Quality Assurance" (1987)
Ed DELMAR. pp1-13 - 4-72
- 14.- Grant E. L., & Leavenworth R. S. "Control Estadístico de la Calidad" (1987)
Ed. Continental.
- 15.- Harrington H. J. "El coste de la mala calidad" (1990)
2a. Edición, Ediciones Diaz de Santos, S.A. de C.V. pp 119-129

- 16.- Hubbard M. R. *"Statistical Quality Control for the Food Industry"* (1990)
Ed. AVI Pub. Co. New York.
- 17.-International Flavors and Fragrances
Ficha técnica A-12 "Premezcla"
México D.F. 1991
- 18.- Instituto Euroamericano para la Calidad
Memorias curso "Programa de adiestramiento en Control de calidad
alimentaria", módulos I,II,III,IV,V,VI
Toluca, Edo. de México, mayo 1994
- 19.- Ishikawa K. *"Guide to Quality Control"* (1982)
Tokyo Asian Productivity Organization
- 20.- Ishikawa K. *"Que es el Control Total de calidad?"* (1991)
6a. Impresión. Ed. Colombia pp. 5-12
- 21.- Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. *"QFD" Quality Function
Deployment* (1988)
Centro de Calidad. ITESM
- 22.- Jurán J. M., & Gryna F. M. *"Manual de Control de Calidad"*
2a. Edición, Ed. Reverté Vol. 2
- 23.- Jurán J. M., & Gryna F. M. *"Quality Planning and Analysis: from product development
through use"* (1980)
Ed. Mc Graw Hill, pp. 552-560
- 24.- Keats J. B., & Farns N. *"Statistical Process Control in Automated Manufacturing"*
(1989)
Ed. Mc Graw Hill
- 25.-Kramer A., & Twing B. *"Quality Control for the Food Industry"*(1913)
Ed. Westport, AVI Pub. Co. New York pp. 50
- 26.- Klöckner - Bartell Boletín *"Packaging Machinery IM The new generation horizontal
Form/Fill/Seal pouch packager"*
Sarasota FL USA, 1993
- 27.- Lanos J. J. *"Hacia un modelo de calidad"* (1989)
Grupo Ed. Iberoamericana pp. 1-17, 55-71.
- 28.- Marfil R. Memorias del curso *"Aseguramiento de la calidad"*
UNAM PUAL, México, D.F. Octubre de 1993
- 29.- Mcneese W. H. *"Statistical Methods for the process Industries"*(1991)
1a. Edición, Milwaukee, ASQC Quality.
- 30.- Mercado E. *"Capacitación a Empleados"*(1991)
Ed. Limusa

- 31.-Mettler Company Folleto informativo "Aplicativas y orientadas al sistema.Balanzas de precisión Mettler"
México, D.F. 1993
- 32.-Mexama, S.A. de C.V. Folleto Informativo "Acido Citrico"
CIVAC, Cuernavaca Morelos 1992
- 33.- Montgomery D. C. "Control Estadístico de la Calidad" (1991)
Grupo Ed. Iberoamérica pp. 103-136,237-263,309-321
- 34.- Productos de Maíz, S.A. de C.V. "Manual de Aseguramiento de la Calidad"
México, D.F. 1991
- 35.-Rietz, Company boletín "Sistemas de mezclado de partículas"
Minneapolis MN USA, 1990
- 36.- Sánchez A. "La Inspección y el Control de la Calidad"
1a. Edición,Ed. Limusa pp. 1-5
- 37.- Shilling E.. & Ellis R. "Process Quality Control" (1990)
2a. Edición, Ed.Mc. Graw Hill, pp 123-152,171-209
- 38.- Smith G. "Statistical Process Control and Quality Improvement" (1991)
Ed. Merril New York.
- 39 - Taylor W. A. "Optimization & Variation Reduction in Quality" (1991)
1a. Edición, Ed. Mc Graw Hill pp.14-19, 153
- 40.- Vaughn R. C. "Control de la Calidad"
3a. Edición, Ed. Limusa
- 41.- Warner Jenkinson Folleto informativo "All about pigments"
México , 1994
- 42.- Wolf G.W.A. Memorias Conferencia "Reingeniería y Calidad total, Mas Alla de lo Básico" (1995)
México, D F
- 43.- Secretaria de Comercio y Fomento Industrial, proyecto de Norma Oficial Mexicana "NOM-SCFI-1993, Productos envasados, contenido neto, tolerancias y métodos de verificación"(1993)
Diario Oficial de la Federación, México, D.F.
- 44.- Secretaria de Salubridad y Asistencia, proyecto de Norma Oficial Mexicana "F-439-1983 Bebidas alcohólicas y no alcohólicas clasificación y definiciones" (1983)
Diario Oficial de la Federación, México D.F.

45 - Secretaría de Salubridad y Asistencia. proyecto de Norma Oficial Mexicana "NOM-086-SSA1-1994 *Bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición definiciones y clasificación*" (1994)
Diario Oficial de la Federación, México D F

46 - Paquete de computación Excel 5.0 , Word 6.0

ANEXO 1

TABLE I MIL-STD-111
Sample Size Code Letters

Lot Size	Inspection Levels				
	I	II	III	IV	V
3 to 8	K	H	I	J	L
9 to 15	N	J	K	L	M
16 to 25	P	M	N	P	R
26 to 50	S	P	S	T	V
51 to 80	T	S	T	V	X
81 to 110	V	T	V	X	Z
111 to 140	X	V	X	Z	AA
141 to 200	Y	X	Y	AA	BB
201 to 300	AA	Y	AA	BB	CC
301 to 400	BB	AA	BB	CC	DD
401 to 500	CC	BB	CC	DD	EE
501 to 700	DD	CC	DD	EE	FF
701 to 1,000	EE	DD	EE	FF	GG
1,001 to 1,500	FF	EE	FF	GG	HH
1,501 to 2,000	GG	FF	GG	HH	II
2,001 to 3,000	HH	GG	HH	II	JJ
3,001 to 4,000	II	HH	II	JJ	KK
4,001 to 5,000	JJ	II	JJ	KK	LL
5,001 to 7,000	KK	JJ	KK	LL	NN
7,001 to 10,000	LL	KK	LL	NN	PP
10,001 to 15,000	NN	LL	NN	PP	RR
15,001 and over	PP	NN	PP	RR	SS

Sample size code letters given in subsequent tables are applicable, when the inspection level is as indicated.

TABLE II MIL-STD-111
Master Table for Normal and Tightened Inspection

Master Table for Normal and Tightened Inspection for Lot Size Ranges and Acceptance Numbers Unknown (standard deviation σ known) and inspection plan (AQL) and Form 2 single specification limits

Sample size code letter	Sample size	ACCEPTANCE NUMBERS (A) AND REJECTION NUMBERS (R) FOR NORMAL INSPECTION															
		0.4	0.65	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10	11	12	13
A	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
C	4	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
D	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
L	5	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
F	11	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
G	15	0.044	0.057	0.082	0.115	0.158	0.217	0.291	0.384	0.500	0.641	0.811	1.014	1.254	1.534	1.854	2.214
H	20	0.055	0.070	0.095	0.130	0.175	0.235	0.310	0.400	0.510	0.650	0.820	1.020	1.260	1.540	1.860	2.220
I	25	0.068	0.083	0.108	0.145	0.190	0.250	0.325	0.420	0.530	0.670	0.840	1.040	1.280	1.560	1.880	2.240
J	32	0.082	0.100	0.125	0.165	0.215	0.280	0.360	0.460	0.570	0.710	0.880	1.080	1.320	1.600	1.920	2.280
K	40	0.098	0.118	0.145	0.190	0.245	0.315	0.400	0.500	0.610	0.750	0.920	1.120	1.360	1.640	1.960	2.320
L	50	0.115	0.138	0.170	0.220	0.280	0.355	0.440	0.540	0.650	0.790	0.960	1.160	1.400	1.680	2.000	2.360
M	63	0.135	0.160	0.195	0.250	0.315	0.395	0.485	0.590	0.700	0.840	1.010	1.210	1.450	1.730	2.050	2.410
N	80	0.158	0.185	0.225	0.285	0.355	0.440	0.535	0.640	0.750	0.890	1.060	1.260	1.500	1.780	2.100	2.460
O	100	0.185	0.220	0.265	0.330	0.405	0.490	0.585	0.690	0.800	0.940	1.110	1.310	1.550	1.830	2.150	2.510
P	125	0.210	0.250	0.295	0.365	0.440	0.530	0.630	0.740	0.850	0.990	1.160	1.360	1.600	1.880	2.200	2.560
Q	160	0.235	0.280	0.330	0.405	0.485	0.575	0.675	0.785	0.900	1.040	1.210	1.410	1.650	1.930	2.250	2.610
R	200	0.265	0.310	0.360	0.440	0.525	0.620	0.725	0.835	0.950	1.100	1.270	1.470	1.710	1.990	2.310	2.670

All AQL and table values are in percent defective.

Use first sampling plan before arrow, that is, both sample size as well as M-value. When sample size equals or exceeds lot size, every item in the lot must be inspected.

CONSTANTES PARA LAS GRAFICAS DE CONTROL

Número de observaciones n	A ₂	A ₃	A ₄	B ₃	B ₄	c ₄	d ₂	d ₃	d ₄	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	E ₂
	2	1.890	2.659		0.000	3.267	0.7979	1.128	0.853	0.954	0.000	3.267	0.000	3.865
3	1.023	1.954	1.187	0.000	2.568	0.8862	1.693	0.888	1.588	0.000	2.574	0.000	2.745	1.772
4	0.729	1.628		0.000	2.266	0.9213	2.059	0.880	1.978	0.000	2.282	0.000	2.375	1.457
5	0.577	1.427	0.691	0.000	2.009	0.9400	2.320	0.884	2.257	0.000	2.114	0.000	2.179	1.290
6	0.483	1.287		0.000	1.970	0.9515	2.534	0.848	2.472	0.000	2.004	0.000	2.055	1.184
7	0.419	1.162	0.509	0.118	1.882	0.9594	2.704	0.833	2.645	0.078	1.924	0.078	1.967	1.109
8	0.373	1.099		0.185	1.815	0.9650	2.847	0.820	2.791	0.136	1.864	0.139	1.901	1.054
9	0.337	1.032	0.412	0.239	1.761	0.9693	2.970	0.808	2.915	0.184	1.816	0.187	1.850	1.010
10	0.308	0.975		0.284	1.718	0.9727	3.078	0.797	3.024	0.223	1.777	0.227	1.809	0.975
11	0.285	0.927	0.350	0.321	1.679	0.9754	3.173	0.787	3.121	0.256	1.744			
12	0.266	0.886		0.354	1.646	0.9776	3.258	0.778	3.207	0.283	1.717			
13	0.249	0.850		0.382	1.618	0.9794	3.336	0.770	3.285	0.307	1.693			
14	0.235	0.817		0.406	1.594	0.9810	3.407	0.762	3.356	0.328	1.672			
15	0.223	0.789		0.428	1.572	0.9823	3.472	0.755	3.422	0.347	1.653			
16	0.212	0.763		0.448	1.552	0.9835	3.532	0.749	3.482	0.363	1.637			
17	0.203	0.739		0.460	1.534	0.9845	3.588	0.743	3.538	0.378	1.622			
18	0.194	0.718		0.472	1.518	0.9854	3.640	0.738	3.591	0.391	1.608			
19	0.187	0.698		0.497	1.503	0.9862	3.689	0.733	3.640	0.403	1.597			
20	0.180	0.680		0.510	1.490	0.9869	3.735	0.729	3.686	0.415	1.585			
21	0.173	0.663		0.523	1.477	0.9876	3.778	0.724	3.730	0.425	1.575			
22	0.167	0.647		0.534	1.466	0.9882	3.819	0.720	3.771	0.434	1.566			
23	0.162	0.633		0.545	1.455	0.9887	3.858	0.718	3.811	0.443	1.557			
24	0.157	0.619		0.555	1.445	0.9892	3.895	0.712	3.847	0.451	1.548			
25	0.153	0.606		0.565	1.435	0.9896	3.931	0.709	3.883	0.459	1.541			

Más de 25

$$\frac{3}{\sqrt{n}}$$

$$1 - \frac{3}{\sqrt{2n}} + \frac{3}{\sqrt{2n}}$$