

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD UTILIZANDO EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE ALIMENTOS**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Steling P., Sorely  
Para optar al Título  
de Ingeniero Químico

Caracas, 2009

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

# **EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD UTILIZANDO EL CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE ALIMENTOS**

**TUTOR ACADÉMICO: Prof. Francisco Yáñez**

**TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Hilger Terán**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
Por la Br. Steling P., Sorely  
Para optar al Título  
De Ingeniero Químico

Caracas, 2009

Caracas, 6 de Noviembre de 2009.

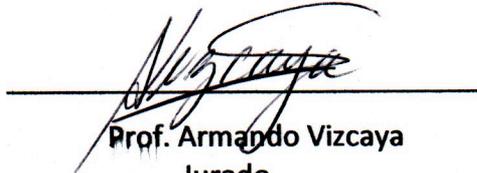
Los abajo firmantes miembros del jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Química, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller titulado:

**“Evaluación de un sistema de calidad utilizando control estadístico de proceso en una empresa manufacturera de alimentos”**

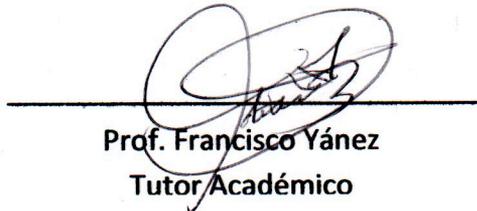
Considerando que el mismo cumple con los requerimientos exigidos por el plan de estudio conducente al Título de Ingeniero Químico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Johnny Vásquez  
Jurado



Prof. Armando Vizcaya  
Jurado



Prof. Francisco Yáñez  
Tutor Académico

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por proporcionarme fe, ya que todo en este mundo debe realizarse con ella al lado.

A mis padres, Juan Steling y Gladis Pérez, por su apoyo, comprensión y cariño.

A Camilo Bastidas por su apoyo durante mi carrera.

A Odalys Sterling, mi prima, por darme ánimo en los momentos de difíciles.

Al Ingeniero Hilger Terán, por depositar su confianza en mí para la realización de este proyecto y por estar dispuesta a ayudarme en todo momento.

Al personal colaborador de la empresa Alfonzo Rivas & Cía., y en especial al Ing. Rubén Pernia y al TSU Héctor Rodríguez, por estar dispuestos a ayudarme en todas las pruebas que ejecuté en la líneas.

Al profesor Francisco Yáñez por aceptarme como tesista, por su apoyo en la realización de este proyecto.

Al profesor Johnny Vásquez por estar dispuesto a prestarme su colaboración en todo momento.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo, a todos ellos, muchas GRACIAS.

## DEDICATORIA

A mis padres, Juan Steling y Gladis Pérez, quienes siempre han tenido el sueño de verme como una gran profesional y han dado todo por mi y mis hermanos.

A Kevin Jesús, mi hermanito, a quien el futuro le depara un gran y hermoso destino.

**Steling P., Sorely A.**  
**EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE CALIDAD UTILIZANDO CONTROL  
ESTADÍSTICO DE PROCESO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE  
ALIMENTOS**

**Tutor Académico: Prof. Francisco Yáñez. Tutor Industrial: Ing. Hilger Terán.**

**Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería Química. Año 200, 166 p.**

**Palabras Claves:** Control de la Calidad, cereales expandidos, hojuelas de maíz,  
Normas AIB Internacional.

**Resumen.** Actualmente el Ingeniero Químico debe tener una formación integral y conocer las técnicas necesarias que le permitan optimizar los procesos y obtener el mejoramiento continuo de los mismos, conservando los niveles requeridos de calidad. Entre las técnicas que permiten adquirir un nivel óptimo de calidad se encuentra el control estadístico de la calidad; el cual, se ejecuta a través del control estadístico de procesos.

El proyecto presentado en este trabajo de grado tiene por finalidad evaluar el sistema de calidad de una empresa manufacturera de alimentos empleando el control estadístico de proceso, con la finalidad de lograr el control y reducir las variaciones de las características de calidad en las líneas de cereales expandidos y en las hojuelas de maíz originales; las cuales, generan pérdidas económicas a la empresa relacionadas con la pérdida de la calidad de los productos. Para alcanzar este objetivo se realizó un análisis de las causas que afectan las variaciones de la humedad, densidad, dimensiones, recubrimiento y vitaminas de los productos antes mencionados, haciendo uso de herramientas estadísticas, como las gráficas de control, histogramas de frecuencias y diagramas de causa – efecto; dicho estudio permitió idear cambios en las condiciones del proceso, que contribuyeron con la reducción de la variabilidad de los parámetros de calidad de los productos, desde 57,7% a un 6,7% para la humedad y 53,8% a 23,7% para la densidad en los cereales expandidos, de forma similar ocurrió con las hojuelas de maíz original.

Aunado a este estudio se quiere obtener parte de la documentación necesaria para obtener la certificación de las Normas Internacionales AIB (Instituto Americano de Panificación); para lo cual, fue necesario determinar los requisitos que exige las Normas AIB y elaborar los documentos de calidad pertenecientes a la verificación del proceso, este trabajo se enfoca en la elaboración de los métodos de ensayo de los parámetro de calidad que presentan inestabilidad y los planes de muestreo para los producto estudiados como productos en proceso.

INDICE	PÁG
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPITULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	3
I.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
I.2. OBJETIVOS.....	4
I.2.1. Objetivo General.....	4
I.2.2. Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	6
II.1. DEFINICIÓN DE CEREALES.....	6
II.2. CEREALES EXPANDIDOS.....	7
II.2.1. Elaboración de cereales expandidos.....	11
II.3. HOJUELAS DE MAIZ LAMINADAS.....	16
II.3.1. Elaboración de hojuelas de maíz laminadas.....	18
II.4. LA CALIDAD Y LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS.....	19
II.5. PARAMETROS DE CONTROL DE CALIDAD.....	21
II.6. CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD.....	24
II.7. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO.....	24
II.8. TÉCNICAS PARA MEJORAR LA CALIDAD.....	26

<b>INDICE (Continuación)</b>	<b>PÁG</b>
II.8.1. Histogramas de frecuencia.....	26
II.8.1.1.Ventajas de los histogramas.....	28
II.8.1.2.Limitaciones de los histogramas.....	28
II.8.2. Diagramas de Pareto.....	29
II.8.2.1. Ventajas del diagrama de Pareto.....	30
II.8.3. Diagrama causa – efecto.....	31
II.8.3.1. Ventajas del diagrama causa-efecto.....	32
II.8.3.2. Sugerencias al momento de emplear los diagramas de causa – efecto.....	32
II.8.4. Gráfica de control.....	33
II.8.4.1. Técnicas empleadas en las gráficas de control.....	37
II.8.4.2. Determinación de los parámetros de las cartas de control por variables de promedio – rangos X – R.....	41
II.8.5.Diagrama de dispersión.....	43
II.8.6. comparación entre las herramientas de control estadístico.....	43
II.9. ESTADO DE CONTROL.....	44
II.9.1. Un proceso que está bajo control.....	44

<b>INDICE (Continuación)</b>	<b>PÁG</b>
II.9.2. Cuando un proceso está fuera de control.....	47
II.9.3. Análisis de una condición fuera de control.....	50
II.10. NORMALIZACIÓN.....	53
II.10.1. Norma.....	53
II.10.2. Normas AIB International.....	54
II.10.2.1. Historia.....	54
II.10.2.2. Misión.....	54
II.10.2.3. Introducción a las normas.....	54
II.10.2.4. Categorías.....	55
II.10.3. Normas COVENIN.....	57
II.10.3.1. Historia.....	58
II.10.3.2. Funciones.....	58
II.10.3.3. Aplicaciones.....	59
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA.....</b>	<b>60</b>
III.1. CONOCER EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS CEREALES TIPO HOJUELAS DE MAÍZ ORIGINAL, CEREALES EXPANDIDOS Y EL CONTROL DE CALIDAD EN LA PLANTA.....	60

<b>INDICE (Continuación)</b>	<b>PÁG</b>
III.2. INVESTIGAR LOS REQUISITOS DE CERTIFICACIÓN DE LAS NORMAS INTERNACIONALES AIB EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE ALIMENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE CALIDAD.....	60
III.3. DOCUMENTAR LOS PLANES DE MUESTREO ACTUALES E INEXISTENTES DE PRODUCTOS EN PROCESO PARA CEREALES TIPO HOJUELAS DE MAÍZ ORIGINAL Y CEREALES EXPANDIDOS EN LA EMPRESA.....	61
III.4. ELABORAR Y/O ACTUALIZAR LOS MÉTODOS DE ENSAYOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD QUE PRESENTAN INESTABILIDAD PARA LOS CEREALES MANUFACTURADOS EN LA EMPRESA SEGÚN LOS LINEAMIENTOS DESCRITOS EN LA NORMA VENEZOLANA COVENIN 10013: LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE MANUALES DE CALIDAD.....	62
III.5. VALIDAR LOS MÉTODOS DE ENSAYO DE CONTROL DE CALIDAD ELABORADOS Y LOS ACTUALIZADOS.....	62
III.6. ANALIZAR LA DISPERSIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....	63
III.7. EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES EJECUTADAS A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....	64
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>66</b>

---

<b>INDICE (Continuación)</b>	<b>PÁG</b>
IV.1 REQUISITOS PARA OBTENER LA CERTIFICACIÓN DE LAS NORMAS INTERNACIONALES AIB.....	66
IV.2 PLANES DE MUESTREO DE PRODUCTOS EN PROCESO.....	72
IV.3 MÉTODOS DE ENSAYOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD QUE PRESENTAN INESTABILIDAD.....	75
IV.4 VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO DE CONTROL DE CALIDAD.....	76
IV.5 ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE CALIDAD.....	80
IV.5.1. Análisis de las causas de las variaciones en los parámetros de calidad en los cereales expandidos.....	88
IV.5.2. Análisis de las causas de las variaciones en los parámetros de calidad en las hojuelas originales.....	94
IV.6. EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES EJECUTADAS A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.....	96
IV.7. COMPARACION DE EL ESTADO INICIAL Y EL ESTADO FINAL DE LOS CEREALES EXPANDIDOS Y HOJUELAS ORIGINALES.....	101
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>103</b>
V.1. CONCLUSIONES.....	103

---

ÍNDICE (Continuación)	PÁG
V.2. RECOMENDACIONES.....	105
<b>CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo 1:</b> Tamaño de las muestras según tablas MIL – STD.....	107
<b>Anexo 2:</b> Constantes de las cartas de control de promedio – rango.....	107
<b>Anexo 3:</b> Pasos para la elaboración de un histograma.....	108
<b>Anexo 4:</b> Procedimiento para la elaboración de un diagrama causa-efecto.....	109
<b>Anexo 5:</b> plan de muestreo para producto en proceso para el cereal expandido en forma de aro.....	110
<b>Anexo 6:</b> Plan de muestreo para producto en proceso para hojuelas de maíz con sabor original.....	117
<b>Anexo 7:</b> Formato diseñado para la elaboración de los métodos de ensayo.....	127
<b>Anexo 8:</b> método de ensayo. Determinación de humedad.....	131
<b>Anexo 9:</b> Método de ensayo. Determinación de densidad.....	139
<b>Anexo 10:</b> Método de ensayo. Determinación de ácido ascórbico.	143
<b>Anexo 11:</b> Método de ensayo. Determinación de dimensiones en cereales.....	147

<b>Anexo 12:</b> Método de ensayo. Determinación de porcentaje de recubrimiento en cereales expandidos.....	152
<b>Anexo 13:</b> Situación inicial de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de gráficas de control de X.....	157
<b>Anexo 14:</b> Situación inicial de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de histogramas de frecuencia.....	158
<b>Anexo 15:</b> Situación inicial de las características de calidad concernientes a las hojuelas de maíz a través de gráficas de control de X.....	159
<b>Anexo 16:</b> Situación inicial de las características de calidad concernientes a hojuelas de maíz a través de histogramas de frecuencia.....	160
<b>Anexo 17:</b> Situación final de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de gráficas de control de X.....	161
<b>Anexo 18:</b> Situación final de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de histogramas de frecuencia.....	163
<b>Anexo 19:</b> Situación final de las características de calidad concernientes a las hojuelas de maíz a través de gráficas de control de X.....	165
<b>Anexo 20:</b> Situación final de las características de calidad concernientes a las hojuelas de maíz a través de histogramas de frecuencia.....	166

LISTA DE FIGURAS	PAG.
<b>Figura 1:</b> Diagrama de Bloques de proceso de fabricación de cereales expandidos.....	8
<b>Figura 2:</b> Diagrama de Bloques de proceso de fabricación de hojuelas.....	17
<b>Figura 2:</b> Diagrama de Bloques de proceso de fabricación de hojuelas. (Continuación).....	17
<b>Figura 3:</b> Representación de un Histograma de Frecuencia.....	27
<b>Figura 4:</b> Diagrama de Pareto representativo.....	30
<b>Figura 5:</b> Diagrama de causa – efecto.....	31
<b>Figura 6:</b> Mejora al proceso, utilizando la gráfica de control.....	34
<b>Figura 7:</b> Gráfica de control X – R.....	42
<b>Figura 8:</b> Patrón natural de variación en una gráfica de control.....	45
<b>Figura 9:</b> Variación estable debida a causas fortuitas.....	47
<b>Figura 10:</b> Carta de control con puntos fuera de los límites de control.....	47
<b>Figura 11:</b> Variación inestable debida a causas asignables.....	48
<b>Figura 12:</b> Patrones fuera de control.....	49

<b>LISTA DE FIGURAS (Continuación)</b>	<b>PAG.</b>
<b>Figura 13:</b> Cambio o salto de nivel en cartas de control.....	50
<b>Figura 14:</b> Carta de control donde se representa una serie.....	51
<b>Figura 15:</b> Carta de control de un proceso cíclico.....	52
<b>Figura 16:</b> Flujo de decisión de líneas de control.....	65
<b>Figura 17.</b> Gráficos de rango para validación de métodos.....	77
<b>Figura 18.</b> Histograma de frecuencia del diámetro en los cereales expandidos en la situación inicial.....	82
<b>Figura 19.</b> Histogramas de frecuencia de la humedad en los cereales expandidos en la situación inicial.....	83
<b>Figura 20.</b> Histogramas de frecuencia de la densidad en los cereales expandidos en la situación inicial.....	83
<b>Figura 21.</b> Situación inicial del diámetro en los cereales expandidos a través de la gráfica de control de X.....	84
<b>Figura 22.</b> Situación inicial de la humedad 1 en cereal expandido a través de la gráfica de control X.....	84
<b>Figura 23.</b> Situación inicial de la humedad 2 en cereal expandido a través de la gráfica de control X.....	85
<b>Figura 24.</b> Situación inicial de la densidad 1 en cereal expandido a través de la gráfica de control X.....	85

<b>LISTA DE FIGURAS (Continuación)</b>	<b>PAG.</b>
<b>Figura 25.</b> Situación inicial de la densidad 2 en cereal expandido a través de la gráfica de control X.....	85
<b>Figura 26.</b> Histograma de frecuencia de la humedad en las hojuelas de maíz original en la situación inicial.....	86
<b>Figura 27.</b> Situación inicial de la humedad en las hojuelas originales a través de la gráfica de control X.....	87
<b>Figura 28.</b> Causas de la variación de las dimensiones en el cereal expandido.....	88
<b>Figura 29.</b> Causa de la variación en la humedad en el cereal expandido.....	90
<b>Figura 30.</b> Causa de la variación de la densidad en el cereal expandido.....	92
<b>Figura 31.</b> Causas de la variación de la humedad en las hojuelas de maíz original.....	94
<b>Figura 32.</b> Situación final de la humedad 1 a través de la gráfica de control de X.....	96
<b>Figura 33.</b> Situación final de la humedad 2 a través de la gráfica de control de X.....	96
<b>Figura 34.</b> Situación final de la humedad mediante Histogramas de frecuencia en cereales expandidos.....	97

---

LISTA DE FIGURAS (Continuación)	PAG.
<b>Figura 35.</b> Situación final del diámetro a través de la gráfica de control de X.....	98
<b>Figura 36.</b> Situación final del diámetro mediante Histogramas de frecuencia en cereales expandidos.....	98
<b>Figura 37.</b> Situación final dela humedad mediante Histogramas de frecuencia en hojuelas original.....	99
<b>Figura 38.</b> Situación final dela humedad mediante Histogramas de frecuencia en hojuelas original.....	100

LISTA DE TABLAS	PAG.
<b>Tabla 1.</b> Comparación de las herramientas de control estadístico de proceso.....	43
<b>Tabla 2.</b> Evaluaciones.....	70
<b>Tabla 3.</b> Rango de puntaje de categorías.....	70
<b>Tabla 4.</b> Calificaciones.....	71
<b>Tabla 5.</b> Formato de entrevista para los planes de muestreo.....	73
<b>Tabla 6.</b> Estudio de r&R por el método de media y rango para los métodos de ensayos.....	75
<b>Tabla 7.</b> Estado inicial de las medidas de tendencia central y las de dispersión en los cereales expandidos.....	79
<b>Tabla 8.</b> Estado inicial de las medidas de tendencia central y las de dispersión en las hojuelas de maíz original.....	79
<b>Tabla 9.</b> Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en los cereales expandidos.....	81
<b>Tabla 10.</b> Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en las hojuelas originales.....	81
<b>Tabla 11.</b> Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en los cereales expandidos.....	101
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en las hojuelas originales.....	101

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el papel del Ingeniero Químico en la industria no se limita al área técnica, por lo que debe tener una formación integral y contar con las herramientas necesarias que lo ayuden a lograr la optimización de los procesos y el mejoramiento continuo de los mismos, manteniendo los niveles requeridos de calidad.

Tradicionalmente, cuando se hablaba de calidad en un empresa se refería a la calidad del producto terminado; sin embargo, en los últimos años, este enfoque ha cambiado debido al surgimiento de la “Gestión de la Calidad Total”. Esta nueva tendencia ha llevado a las empresas a extender el concepto de calidad a los procesos de producción e incluso a las áreas administrativas de la misma.

Dentro del concepto de Gestión de la Calidad, la idea de que la calidad costaba mucho dinero ha quedado atrás. Grandes empresas, a nivel mundial, han demostrado que la ausencia de una calidad satisfactoria genera pérdidas, mientras que el mantenimiento de un nivel óptimo de calidad trae consigo toda una cantidad de beneficios. Para lograr un nivel de calidad óptimo existen un sin número de herramientas, entre las cuales se encuentra el control estadístico de la calidad, el cual se ejecuta a través del control estadístico de procesos.

El control estadístico de procesos es un conjunto de herramientas que permiten la recopilación, estudio y análisis de datos para su empleo en el monitoreo y mejoramiento de la calidad. El proyecto es realizado, en una empresa manufacturera de alimentos de consumo masivo. Con el fin de lograr el control de las variables humedad y densidad en las líneas de cereales expandidos y hojuelas de maíz se empleo una serie de técnicas estadística.

La investigación se basa en el muestreo de cereales tipo hojuelas de maíz originales y cereales expandidos con forma de aros y sabor a frutas producidos en la planta. Dicho muestreo fue realizado de manera aleatoria, con el objeto de extraer

muestras representativas que permitieran monitorear las variables de interés: densidad y humedad, ya que representan los parámetros de calidad más sensibles en el proceso y además delimitan la calidad del producto final.

La importancia de este proyecto radica en la necesidad, por parte de la empresa, de evaluar la variación de dichas variables en sus productos así como de verificar el cumplimiento de los estándares o especificaciones fijadas y sus posibles mejoras, con el fin de hacerse más competitiva frente a una sociedad cada día más exigente con la calidad de los productos que consume.

## **CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN**

En este capítulo son expuestos los fundamentos en los que se basa el proyecto; los cuales están compuestos por el planteamiento del problema y los objetivos, tanto generales como específicos.

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

Cada día el mercado se vuelve más competitivo, por esto los clientes exigen mejorar la calidad en los productos, así mismo los costos por productos aumentan; por todo esto, se debe minimizar los defectos o prevenirlos con el fin de optimizar los procesos de producción. Para obtener mejoras, se debe contar con procesos de trabajo que sean capaces de brindar confianza, es decir, es imperioso contar con una plataforma que sirva de base para el desarrollo dentro de la organización, con una serie de actividades, procesos y procedimientos encaminados a lograr que las características del producto cumplan con los requisitos y las expectativas del cliente, es preciso contar con el apoyo de una “certificación para mejorar su capacidad de producir constantemente resultados válidos”.

Es aquí, donde la certificación como una decisión estratégica de la organización es vital, para lo que debe haber un verdadero compromiso de la alta dirección y del personal buscando crear ventajas que permitan diferenciarse de las demás empresas del mismo ramo industrial (productoras de cereales y alimentos de consumo masivo). Actualmente la empresa, se encuentra interesada en certificar la validez técnica de sus operaciones, para cumplir con los requisitos de las normas AIB (Instituto Americano de Panificación).

Frente a las exigencias de la empresa se presenta la necesidad de evaluar la variación de humedad y densidad en sus productos para así verificar el cumplimiento de los estándares o especificaciones fijadas y analizar sus posibles

mejoras. La meta es contar con métodos validados, los cuales son: determinación de densidad, humedad, dimensiones en productos terminados, entre otros aplicado a cereales expandidos y hojuelas originales.

Una herramienta útil para conocer como varían los procesos es el Control Estadístico de Procesos, su función es controlar y mejorar los procesos. Tener bajo control estadístico las líneas de manufactura de la empresa asegura una mejora continua en sus productos, evitando posibles variaciones en las especificaciones.

En vista de la situación planteada, se propone la realización de este Trabajo Especial de Grado, a fin de contribuir al desarrollo e implementación de un sistema de control estadístico de proceso, mediante la recolección de datos y estudio minucioso del proceso de elaboración de los productos mencionados, con la finalidad de lograr la optimización del proceso, homologar la manufactura de los productos y determinar las causas que conllevan a incumplir con las especificaciones de diseño y a su vez, cumplir con requisitos para la certificación AIB.

Para dar cumplimiento con lo anteriormente expuesto se establecieron una serie de objetivos, que permitieron dar solución a la problemática planteada; estos son los siguientes:

## **I.2. OBJETIVOS**

A continuación se enumeran el objetivo general del proyecto y los objetivos específicos a alcanzar.

### **I.2.1. Objetivo General:**

Elaborar un sistema de control estadístico de humedad y densidad en las líneas de cereales para una empresa manufacturera de alimentos con la finalidad de optimizar la producción.

**I.2.2. Objetivos Específicos:**

- Conocer el proceso de fabricación de los cereales tipo hojuelas de maíz original, cereales expandidos y el control de calidad actual en la planta.
- Investigar los requisitos para obtener la certificación de las normas internacionales AIB, en empresas manufactureras de alimentos para la implantación de sistemas de calidad.
- Documentar los planes de muestreo actuales e inexistentes de productos en proceso para cereales tipo hojuelas de maíz original y cereales expandidos en la empresa.
- Elaborar y/o actualizar los métodos de ensayos de los parámetros de calidad que presentan inestabilidad, para los cereales manufacturados en la empresa según los lineamientos descritos en la Norma Venezolana COVENIN 10013: Lineamientos para la elaboración de manuales de calidad.
- Validar los métodos de ensayo de control de calidad elaborados y los actualizados.
- Analizar la dispersión de los parámetros de control de calidad mediante herramientas estadísticas.
- Evaluar la efectividad de las acciones ejecutadas a través de la aplicación de las herramientas estadísticas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

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

#### **II.1. DEFINICIÓN DE CEREALES**

Los cereales constituyen la fuente de nutrientes más importante de la humanidad. Históricamente están asociados al origen de la civilización y cultura de todos los pueblos. El hombre pudo pasar de nómada a sedentario cuando aprendió a cultivar los cereales y obtener de ellos una parte importante de su sustento. Cada cultura, cada civilización, cada zona geográfica del planeta, consume un tipo de cereales específicos creando toda una cultura gastronómica en torno a ellos. Entre los europeos domina el consumo del trigo; entre los americanos, el de maíz, y el arroz es la comida esencial de los pueblos asiáticos; el sorgo y el mijo son propios de las comunidades africanas. Los cereales constituyen un producto básico en la alimentación de los diferentes pueblos, por sus características nutritivas, su costo moderado y su capacidad para provocar saciedad inmediata. Su preparación agroindustrial y tratamiento culinario son sencillos y de gran versatilidad.

Los cereales se caracterizan porque la semilla y el fruto son prácticamente una misma cosa: los granos de los cereales. Los más utilizados en la alimentación humana son el trigo, el arroz y el maíz, aunque también son importantes la cebada, el centeno, la avena y el mijo.

El grano del cereal, que constituye el elemento comestible, es una semilla formada por varias partes: la cubierta o envoltura externa, compuesta básicamente por fibras de celulosa que contiene vitamina B1, se retira durante la molienda del grano y da origen al salvado. En el interior del grano distinguimos fundamentalmente dos

estructuras: el germen y el núcleo. En el germen o embrión abundan las proteínas de alto valor biológico, contiene grasas insaturadas ricas en ácidos grasos esenciales y vitamina E y B1 que se pierden en los procesos de refinado para obtener harina blanca.

La parte interna o núcleo amiláceo, está compuesto por almidón y en el caso del trigo, avena y centeno por un complejo proteico denominado gluten que está formado por dos proteínas: gliadina y gluteina, que le dan elasticidad y características panificables a la masa de pan y son responsables de la esponjosidad y textura del buen pan.<sup>(1)</sup>

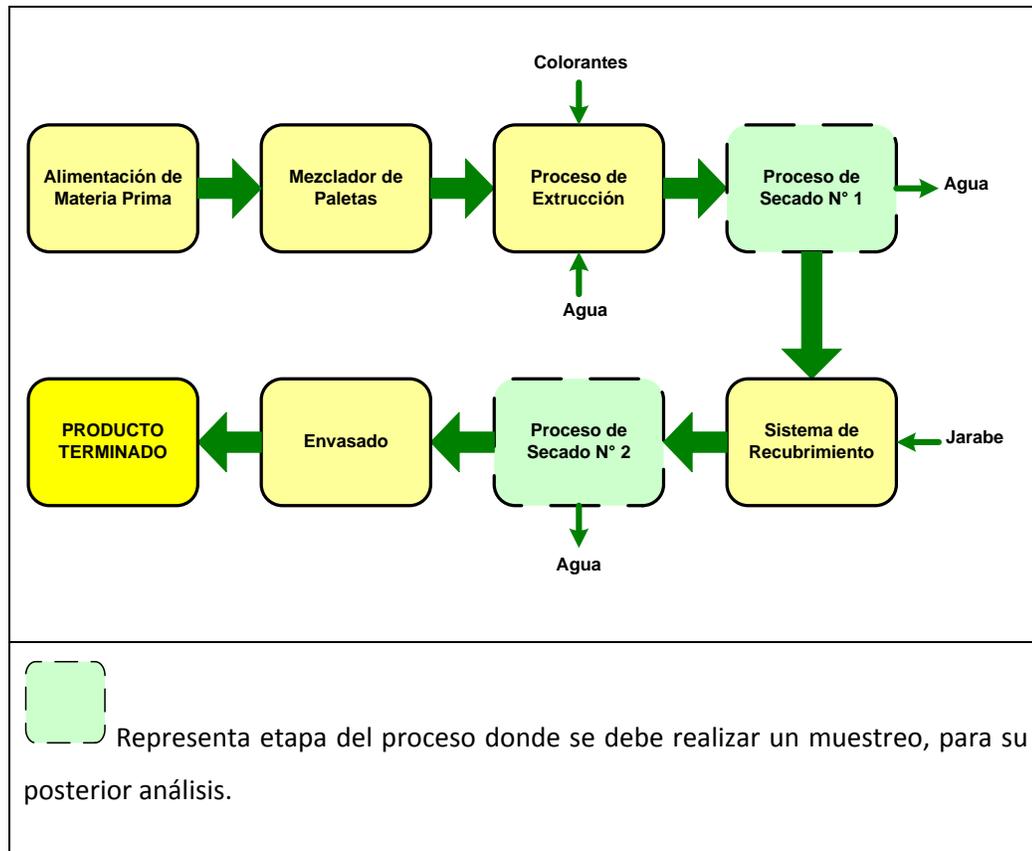
Según el tratamiento industrial al que esté sometido el cereal se puede clasificar de la siguiente manera:

- a) Cereales expandidos
- b) Hojuelas de maíz laminadas

## **II.2. CEREALES EXPANDIDOS:**

Es un cereal a base de maíz, trigo y avena enriquecido con vitaminas y minerales, con sabor a frutas tropicales. El proceso tecnológico empleado en la elaboración de este, es la extrusión que consiste en el paso de una mezcla sólida previamente definida a través de un extruder de doble tornillo con la finalidad de obtener la cocción y expansión de la misma. Para que el producto se mantenga dentro de especificaciones es necesario que el equipo se encuentre en excelentes condiciones mecánicas porque cualquier cambio en el mismo va a influir en la calidad final del producto.

A continuación se presenta el diagrama de bloque del proceso, con el objetivo de comprender el proceso de fabricación del cereal expandido:



**Figura 1.** Diagrama de Bloques de proceso de fabricación de cereales expandidos.

En la figura 1 se observa las etapas del proceso donde se realiza el muestreo de las variables humedad y densidad, exactamente en la salida de los procesos de secado N° 1 y posteriormente en el secado N° 2.

Los alimentos extruidos son aquellos que han sido elaborados mediante un proceso de extrusión, el cual esta representado por una técnica industrial “de alta temperatura en corto tiempo, para el procesamiento de alimentos, que combina humedad, presión y temperatura para precocer distintos ingredientes naturales como: harinas de cereales y harinas de leguminosas, solas o combinadas, convirtiéndolos en productos precocidos y de consumo inmediato.

Este proceso simula industrialmente las mismas características que se producen en la preparación de alimentos de la cocina tradicional sin deformar o modificar las características propias de los insumos originales. Como beneficios directos, además

de mejorar la funcionalidad de los productos procesados, facilita la absorción biológica de sus nutrientes y asegura en ellos valores prácticamente nulos de contaminación microbiológica.

Entre la gran familia de alimentos extruidos se cuentan, los distintos tipos de cereales inflados y hojuelas de cereal, carne de soya, ingredientes de alimentos para bebés, niños, e ingredientes para sopas instantáneas, etc.

El proceso de extrusión, consiste en mezclar una fórmula de distintas variedades de materias primas de origen animal o vegetal en forma balanceada, orientados a una especie en específico, es decir que la fórmula contenga los requerimientos necesarios de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales para que una vez homogénea, se proceda al proceso de extrusión, que es la ciencia de la transformación (gelatinización) de los almidones (carbohidratos), gracias a un proceso termo-mecánico de corta duración, donde debido a la temperatura y presión, se forman complejas redes moleculares de gran resistencia y estabilidad, permitiendo mejorar considerablemente las propiedades metabólicas del alimento (mejor digestibilidad), y aumentar la aceptación por parte de las personas, ya que el proceso mejora su textura y sabor.

Asimismo la extrusión se define como “el proceso que consiste en dar forma a un producto, forzándolo a través de una abertura con diseño específico”.

Basándose en el proceso de extrusión aplicado al tratamiento de cereales, se puede decir que la extrusión consiste en hacer pasar a través de los agujeros de una matriz, la harina de estos productos, a presión por medio de unos tornillos que gira a cierta velocidad.

Este proceso de extrusión se puede efectuar con el acondicionamiento de la harina antes de la extrusión por medio de agua o sin agua y según sea el caso nos dará dos métodos:

- a) Seco
- b) Húmedo

a) **Proceso de extrusión en seco:** Es posible implementarlo en alimentos con elevado contenido en aceite, como por ejemplo para el procesado de semillas de soja, puesto que el propio aceite lubrica el paso de la mezcla por la matriz.

Este procedimiento de extrusión en seco tiene el inconveniente de alcanzar temperaturas muy elevadas, a diferencia del proceso en húmedo. Sin embargo, este procedimiento no es posible aplicarlo a cereales, por la imposibilidad física de trabajar con la máquina a este nivel de humedad.

b) **Proceso de extrusión en húmedo:** Durante el proceso de extrusión en húmedo es muy importante conseguir que el producto a procesar esté bien molturado, que se pueda regular la temperatura de las diferentes secciones del extruder para obtener la máxima calidad nutritiva del producto, que la cantidad de agua adicionada sea adecuada para alcanzar el nivel de humedad necesario, por último que la presión y la superficie de apertura de la matriz sean idóneos para que el producto salga con la óptima calidad en aspecto y textura.

En la extrusión de cereales la mezcla de ingredientes se humedece hasta alcanzar una humedad entre el 22-30% y la temperatura se va incrementando por la transformación de la energía mecánica en calor en el mismo cilindro del extruder, por la configuración del extruder que asegura las condiciones de fricción y cizallamiento adecuado.

El agua es sometida a temperaturas muy superiores a las de su vaporización, pero permanece en estado líquido porque se encuentra sometida a elevadas presiones (aproximadamente 2000 psi). En el momento en que el producto sale por el agujero de la matriz, el agua que está íntimamente mezclada con el producto sufre un brusco cambio de presión y se evapora instantáneamente.

Es por ello que el producto sufre una expansión y las cadenas proteicas así como las de almidón son modificadas, aumentando la superficie, con lo que el producto se hace más digerible. <sup>(2)</sup>

### **II.2.1. Elaboración de cereales expandidos**

Se describe a continuación cada etapa mostrada en el diagrama de bloques del proceso (Figura 1). El proceso de producción de cereales expandidos se inicia alimentando manualmente cantidades previamente pesadas de los ingredientes sólidos en una tolva provista de un tornillo sinfín que permite transportar los ingredientes al mezclador de paletas. Este equipo posee una rejilla vibradora para eliminar cualquier impureza que pudiese tener la materia prima y evita que esta pase con grumos al mezclador. Los ingredientes se mezclan entre sí en el mezclador y el lote es descargado a una tolva de recepción la cual sirve de almacén antes de que el producto pase al extrusor.

Posteriormente un elevador de husillo transfiere la mezcla al alimentador de material en polvo que se encuentra sobre el extrusor. Antes de caer en el alimentador, el material en polvo pasa a través del detector de metales donde se elimina cualquier partícula metálica que pudiera haber.

El alimentador de material en polvo dosifica los ingredientes al cilindro del extrusor, paralelamente, el sistema de alimentación de líquido dosifica el agua dentro del cilindro, la mezcla se alimenta por un extremo del extrusor, y es transportada a lo largo del cilindro del extrusor gracias al movimiento de avance de los husillos. Durante este trayecto los ingredientes sólidos se combinan con los fluidos y esta mezcla es calentada, enfriada, y cortada.

Luego el producto cocinado es forzado a través de una boquilla que hay en el extremo de salida del cilindro donde se le da forma al cereal mientras que una cuchilla giratoria lo corta.

Posteriormente entrando en la etapa de secado N° 1, un sistema transportador neumático lo transfiere al secador de cinta, donde por medio de la aplicación de calor se elimina la humedad interna del cereal, después de secado, se toma una muestra del producto para realizar el análisis de humedad y densidad, mientras que el cereal es transferido al punto de alimentación del sistema de recubrimiento por medio de un elevador de cangilones donde el producto cae al tambor de recubrimiento.

Antes de transferir el producto al tambor de recubrimiento, en la sección de autoalimentación se prepara el lote de jarabe pesando previamente cantidades de ingredientes según la fórmula, mediante un sistema automático controlado por un PLC, estos son completamente disueltos e incorporados por agitación a una temperatura de 70 °C - 80 °C hasta que se alcanzan los contenidos de sólidos correctos. El jarabe resultante se descarga en el tanque de premezcla donde se mantiene en agitación constante a una temperatura aproximada de 80 °C, luego se bombea a través de un intercambiador de calor por placa donde se calienta y posteriormente regresa al tanque hasta que haya alcanzado la temperatura adecuada, aquí se le agrega el ingrediente manual (vitaminas, saborizantes, etc.) dependiendo del cereal a producir.

Luego el jarabe resultante pasa al tanque de retención el cual esta enchaquetado y sirve de almacén para mantener el jarabe a una temperatura óptima (110 °C) antes de transferirlo a través de unas tuberías encamisadas a la barra de rociamiento del tambor de recubrimiento. Una vez descargado en el tambor, el producto recubierto cae directamente sobre la alimentación del secador – enfriador (Secado N° 2) que sirve para reducir el contenido de humedad del producto a aproximadamente un 3 %.

En el extremo de la alimentación del secador se utiliza un esparcidor de rastrillo oscilante para distribuir el producto por toda la anchura de la banda transportadora.

En la sección de enfriamiento, el aire ambiental enfría el producto a una temperatura adecuada, en la salida del secador- enfriador se toma una muestra para realizar el análisis de humedad y densidad; mientras el producto se transfiere a unas tolvas de recepción para después envasarlo.<sup>(2)</sup>

A continuación se presenta una breve descripción de algunos equipos que conforman el proceso antes mencionado:

**Bazuca de alimentación para ingredientes secos:** Consiste en una tolva de acero inoxidable con una capacidad de 350 litros donde los sacos son vaciados manualmente, se dispone de una bandeja con saco, una puerta protectora enclavada, un agitador y una rejilla vibradora flexible que permite eliminar el material compactado. Un elevador de husillo de acero inoxidable transporta el material al mezclador de paletas y cinta.

**Mezclador de paletas:** Este equipo tiene una canaleta en forma de U de acero inoxidable y con capacidad de 2000 litros, la canaleta dispone de una tapa articulada también de acero inoxidable montada sobre un bastidor de acero suave.

La mezcla a fondo se consigue con una paleta mezcladora de doble espiral, la paleta está sujeta entre cojinetes dispuestos a cada extremo de la canaleta y la acciona un motor reductor acoplado directamente al eje de la paleta.

La descarga se produce a través de una válvula de deslizamiento neumática montada en la base de la canaleta.

**Tolva receptora y elevador de husillo:** La tolva recibe los lotes de ingredientes secos previamente mezclados en el mezclador de paletas, y sirve de almacén antes de que el producto pase al extrusor. Un alimentador de husillo de acero inoxidable transporta los ingredientes a la tolva del alimentador de material en polvo, haciendo pasar la mezcla a través de un detector de metales el cual es empleado para

detectar y extraer las partículas metálicas que estén presentes en los ingredientes secos.

**Alimentador de material en polvo:** Este sistema dosifica de manera precisa la cantidad de mezcla sólida que entra en el puerto de alimentación del extrusor. La unidad incluye el siguiente equipo:

- Una tolva de alimentación de acero inoxidable de 200 litros de capacidad para almacenar ingredientes antes de que entren en el alimentador.
- Un alimentador de husillo de pérdida en peso y ajuste continuo de la velocidad.

**Extrusor de cilindro sólido:** El extrusor de cilindro sólido SB y doble husillo puede procesar una amplia gama de productos. Los ingredientes sin tratar se alimentan por un extremo del cilindro cerrado y son transportados a lo largo de él, y sometidos a varios procesos: calentamiento, enfriamiento, mezcla y corte. El producto adquiere la forma al ser forzado a través de unas boquillas que hay en el extremo de salida del cilindro.

El extrusor se controla desde el panel de control que se encuentra cerca de la maquina con un sistema de control PLC, el diseño de los husillos cogiratorios y autolimpiables, así como de paletas proporcionan un mezclado uniforme y una eficiente cocción. La energía la proporcionan las paletas que convierten la energía mecánica directamente en calor al generar fricción entre las partículas del producto, generando las altas presiones (presión máxima de funcionamiento de 2000 psi) necesaria para extruir y conformar el producto.

**Sistema de Enfriamiento (Chiller):** Tiene la finalidad de suministrar agua fría al extrusor. Este equipo es una unidad que contiene su tanque, bomba, válvula de escape de presión, termostato e intercambiadores de calor entre el agua y el aire.

**Secador de Banda (Secador N° 1):** Sirve para secar el producto a unos niveles de humedad inferiores al 3%. Dispone de un rastrillo reciproco adecuado para los productos de expansión directa. Está construido principalmente de lámina de acero inoxidable, con doble capa para incorporar un relleno aislante de calor. Cuenta con una correa de malla de acero inoxidable y un quemador que funciona con gas natural.

**Sistema de Recubrimiento de Jarabe:** El tambor de recubrimiento y la barra de rociado son los medios para aplicar el jarabe cocinado al producto. El jarabe del patín se introduce en el tambor de recubrimiento por medio de las válvulas de rociado y cae sobre el producto que un transportador vibratorio se encarga de alimentar continuamente en el tambor.

La acción del tambor hace que los dos se mezclen y el producto ya recubierto es descargado sobre la cinta transportadora del secador.

**Secador N° 2 – Enfriador de productos recubiertos:** El equipo consta de 3 secciones de secado, cada una con un recogedor entre las secciones 2 y 3 montado en una zona aparte. Cada sección dispone de su propio ventilador de aire de recirculación y calentador de aire a gas natural.

Después del secador hay una sección de enfriamiento por aire ambiental que hace descender el aire a través del filtro para después hacerlo pasar por el producto con la ayuda de un ventilador centrífugo.

El proceso de extrusión de los alimentos es una forma de cocción rápida, continua, homogénea, de volúmenes industriales importantes. Mediante un mecanismo directo de inducción grande de energía mecánica, se aplica alta presión y temperatura, durante poco tiempo, a un alimento que se encuentra en proceso. Como en toda cocción, hay una serie de cambios sustantivos a nivel de forma y contenido, del producto cocinado. Si al proceso de cocción le adicionamos, la alta presión a la cual se somete, observamos como dichos cambios se acentúan, y

complementan con el corto tiempo de duración. Lo ideal de todo proceso es obtener buenos resultados, de una manera eficiente, y homogénea, que lleven a obtener un producto de altas cualidades y calidades para el consumo.

### **II.3. HOJUELAS DE MAIZ LAMINADAS**

Las hojuelas de maíz son obtenidas por un método de cocción, con el cual se logra la calidad sensorial del producto final, una vez controlados los puntos que rigen el proceso. La materia prima principal en la producción de hojuelas de maíz son los gritz de maíz, lo cuales son sémolas de maíz que están constituidas por la fracción del endospermo duro, rica en almidón y libre de grasa del grano de maíz, los gritz se obtienen a partir del proceso de degerminación en seco o semi-seco del grano de maíz el cual no es más que la separación del germen (rico en grasas) del grano de maíz

En términos generales como se visualiza en la figura N° 2, el proceso de producción de las hojuelas, consiste en alimentar una determinada cantidad de gritz de maíz en las cocinas rotativas, a las cuales se les inyecta una cantidad predeterminada de agua y jarabe de cocción. El gritz es cocido a tiempo, temperatura y presión predeterminada. Al final del tiempo de cocción, las cocinas liberan todo el vapor y descargan todo el producto a una banda transportadora, siendo transferidos por transporte neumático al horno de secado del gritz.

El gritz cocido es temperado garantizando una estabilidad de la humedad interna y externa del grano de maíz previo a la laminación, posteriormente es alimentado al laminador por medio de un transportador neumático, se produce la laminación del grano, su tostado, enfriado y finalmente la adicción de vitaminas. En el caso de la hojuela azucarada es recubierta conjuntamente con jarabe azucarado, vitaminas y minerales, para finalmente ser pasada al horno de secado.

A continuación se presenta el diagrama de bloques del proceso, con el objetivo de comprender el proceso de fabricación de las hojuelas:

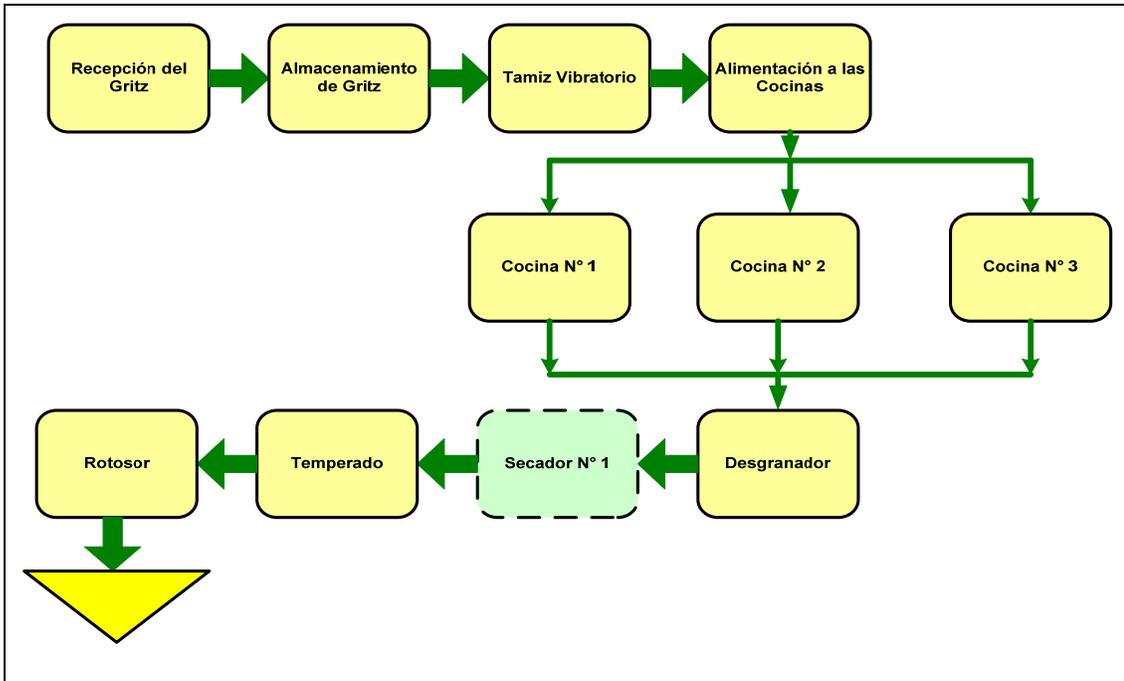


Figura 2. Diagrama de Bloque de proceso de fabricación de hojuelas.

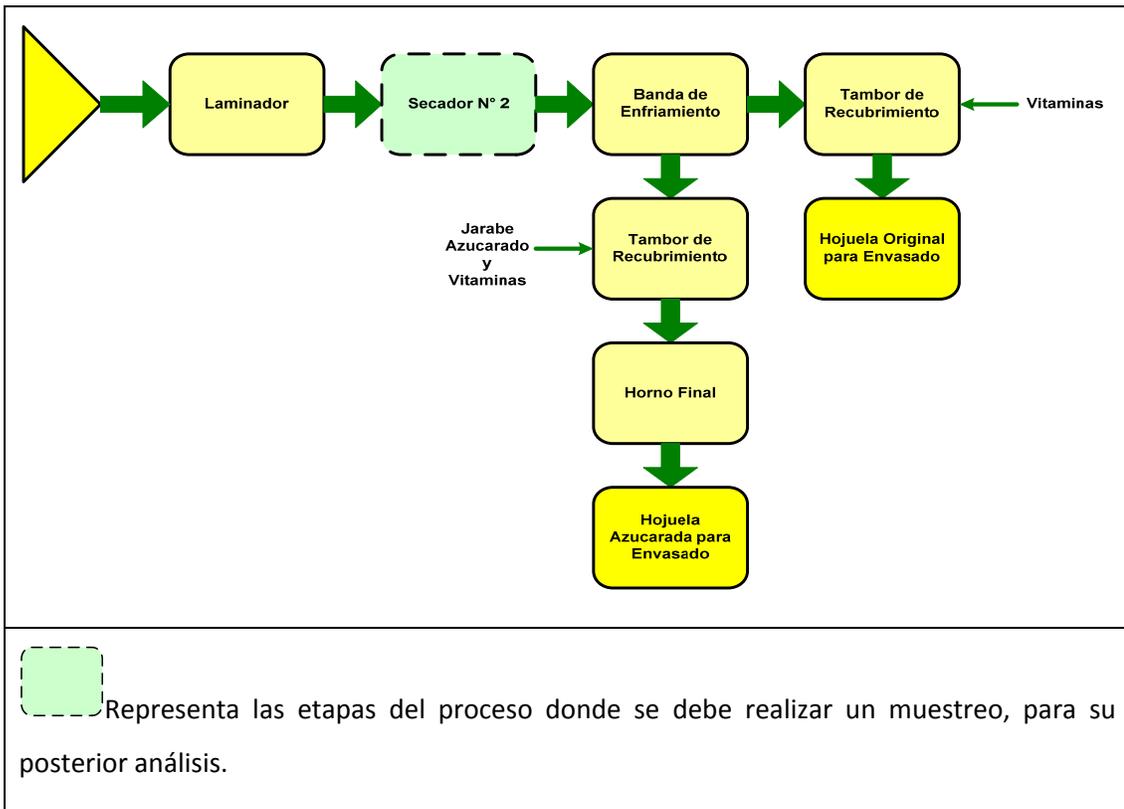


Figura 2. Diagrama de Bloque de proceso de fabricación de hojuelas. (Continuación)

### II.3.1. Elaboración de hojuelas de maíz laminadas

A continuación se presenta una explicación de cada bloque del proceso ilustrado en la figura N° 2:

La primera etapa en la producción de este tipo de cereal la representa la preparación jarabe de cocción, la cual consiste en dosificar los ingredientes necesarios (sólidos y líquidos) al tanque de preparación de jarabe, donde son mezclados y transferidos al tanque de dosificación de manera automática. Dicho jarabe es alimentado posteriormente a las cocinas en la etapa de cocción la cual está provista de un tambor de cocción o cocina con puerta de apertura neumática. El interior de las cocinas tienen de 2 a 4 espirales para favorecen el mezclado interno del gritz de maíz con los demás ingredientes. El gritz de maíz es dosificado automáticamente a cada cocinador según receta preestablecida. El tiempo de duración de cada ciclo esta preestablecido por receta siendo cada ciclo automático. Luego pasan al proceso de desgranado, el cual implica la separación física del gritz cocido según su tamaño, posteriormente se le extrae la humedad al gritz en un horno para luego enviar a un proceso de temperado que permite alcanzar un equilibrio térmico con el ambiente para transportar el gritz de maíz al laminador, el laminador posee un alimentador, el cual distribuye uniformemente el producto a los rodillos para su conversión a hojuela. Si el gritz atemperado tiene humedad por encima al 20% se puede pegar el producto en el alimentador, sería necesario parar y limpiar el equipo. En estos casos se debe ajustar el equipo de secado, hasta lograr porcentaje de humedad por debajo al valor máximo especificado, a la salida del temperado.

El laminador pose dos rodillos uno fijo y otro móvil. Cuando empieza a trabajar el laminador genera calor, lo cual hace que la hojuela se pegue al tambor, por lo tanto se debe garantizar temperatura de operación del tambor de 20 a 30 °C.

El producto una vez laminado pasa al equipo tostador, cuya función principal es

terminar de cocinar el gritz de maíz a alta temperatura, lográndose secado y dorado de la hojuela con formación de Blister, el cual confiere crujencia al producto final. Es importante que el equipo fluidice bien para garantizar un tostado uniforme de las hojuelas. La hojuela al finalizar el proceso de tostado es enfriada y pasada a través del tambor de rociado donde se le adicionan las vitaminas de manera homogénea.

#### **II.4. LA CALIDAD Y LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS**

La calidad de los productos y servicios, se ha vuelto hoy en día uno de los factores de decisión más importantes en la mayoría de las empresas. Sin importar si el consumidor es un individuo, una corporación, un programa de defensa militar o una tienda de venta al por menor, cuando el consumidor decide hacer una compra, es probable que se considere la calidad con la misma importancia que el costo y el tiempo de entrega. En consecuencia, la mejora de la calidad se ha convertido en un aspecto importante en muchas corporaciones de todo el mundo.

Cuando se menciona el término “calidad”, por lo general se asocia con productos o servicios excelentes, que satisfacen e inclusive rebasan las expectativas. Tales expectativas se definen en función del uso que se dará al producto o servicio en cuestión y de su respectivo precio de venta.

De acuerdo con la norma A3 -1987 ANSI/ASQC, calidad es la totalidad de aspectos y características de un producto o servicio que permiten satisfacer las necesidades implícita o explícitamente formuladas.<sup>(3)</sup>

La calidad, en muchos casos denominada idoneidad de uso, está determinada por la interacción de la calidad del diseño y la calidad de conformidad. Por calidad del diseño se entiende los diferentes grados o niveles de rendimiento, confiabilidad, servicio y función que son el resultado de meditadas decisiones de ingeniería y administración; mientras que la calidad de conformidad se refiere a la reducción de la variabilidad y la eliminación de defectos, de manera sistemática, hasta el punto donde todas las unidades producidas son idénticas y están libres de defectos.

Para lograr la calidad de diseño y la de conformidad es necesario controlarlas. El control de la calidad no es más que la aplicación de técnicas y esfuerzos para lograr, mantener y mejorar la calidad de un producto o servicio.<sup>(3)</sup>

En la sociedad existe cierta confusión sobre la mejora de la calidad; algunas personas siguen pensando que ésta significa dar un baño de oro a un producto o invertir más dinero para desarrollar un producto o proceso. La idea es equivocada. La mejora de la calidad significa la sistemática eliminación de desperdicio. Entre los ejemplos de desperdicio se incluyen los sobrantes y la repetición del proceso de manufactura, la inspección y la prueba, los errores en los documentos (como dibujos de ingeniería, comprobaciones, órdenes de compra y planos) y el tiempo necesario para hacer las cosas otra vez debido a que no se hicieron bien la primera vez. Un esfuerzo exitoso para la mejora de la calidad puede eliminar mucho de este desperdicio y conducir a costos menores, mayor producción, mayor satisfacción del cliente, mayor reputación de la empresa, mayor competitividad en el mercado y, a fin de cuentas, ganancias más grandes para la compañía.

En la actualidad, en el marco de un Sistema de Gestión de la Calidad, las técnicas y herramientas estadísticas aplicables a la organización además de ser un requisito obligatorio de la norma ISO 9001:2000 constituyen una herramienta de gran ayuda para la toma de decisiones y el mejoramiento de la calidad.<sup>(4)</sup>

Los métodos estadísticos juegan un papel importante en la mejora de la calidad. Algunas de sus aplicaciones son las siguientes:

1. En el diseño y desarrollo de productos, los métodos estadísticos pueden emplearse para comparar materiales, componentes o ingredientes distintos, y como ayuda para determinar las tolerancias tanto del sistema como de los componentes. Esta aplicación puede reducir de manera significativa los costos y el tiempo de desarrollo.

2. Los métodos estadísticos pueden emplearse para determinar la capacidad de un proceso de manufactura. El control estadístico de procesos puede utilizarse para mejorar de manera sistemática un proceso mediante la reducción de la variabilidad.
3. Los métodos de diseño experimental pueden usarse para investigar mejoras en el proceso. Estas pueden llevar a mayores rendimientos y menores costos de fabricación.
4. Las pruebas de duración proporcionan datos de confiabilidad y rendimiento de un producto. Lo anterior puede conducir a diseños y productos nuevos o mejores, con una duración mayor y menores costos de mantenimiento.<sup>(5)</sup>

#### **II.5. PARAMETROS DE CONTROL DE CALIDAD**

Todo proceso productivo es un sistema formado por personas, equipos y procedimientos de trabajo. El proceso genera una salida, que es el producto que se quiere fabricar. La calidad del producto fabricado está determinada por sus *características propias del producto*, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, estéticas, durabilidad, funcionamiento, entre otras. que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo. El cliente quedará satisfecho con el producto si esas características se ajustan a lo que esperaba, es decir, a sus expectativas previas.

Por lo general, existen algunas características que son críticas para establecer la calidad del producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado.

El valor de una característica de calidad es un resultado que depende de una combinación de variables y factores que condicionan el proceso productivo. La

variabilidad o fluctuación de las mediciones es una consecuencia de la fluctuación de todos los factores y variables que afectan el proceso.

¿Para qué se miden las características de calidad? El análisis de los datos medidos permite obtener información sobre la calidad del producto, estudiar y corregir el funcionamiento del proceso y aceptar o rechazar lotes de producto. En todos estos casos es necesario tomar decisiones y estas decisiones dependen del análisis de los datos. Como hemos visto, los valores numéricos presentan una fluctuación aleatoria y por lo tanto para analizarlos es necesario recurrir a técnicas estadísticas que permitan visualizar y tener en cuenta la variabilidad a la hora de tomar las decisiones.

Por lo tanto, se entiende por característica de calidad cualquier propiedad que contribuya a la adecuación o al uso de un producto, proceso o servicio. El primer paso para establecer un sistema de control de calidad, para un producto es identificar sus usuarios y sus necesidades, así como aquellas de sus características que determinan su calidad y que deben controlarse durante su fabricación. Cabe resaltar que la medida de la calidad dice “nada se conoce hasta que se logra medir”

Las características de calidad pueden ser las siguientes:

- a) Variables cuantificables: duración, dimensiones, tiempo de respuesta, entre otras.
- b) Atributos no cuantificables: si/no, falla, no falla, correcto/incorrecto, entre otras.
- c) Numero de defectos.<sup>(8)</sup>

En la fabricación de cereales sean hojuelas o cereales expandidos las características de calidad que serán monitoreadas durante su producción son las siguientes: densidad, humedad, dimensiones, porcentaje de recubrimiento, porcentaje de vitamina C, porcentaje de defectos, entre otras.

A continuación se explica cada una de las características de calidad, antes mencionadas:

- a) **Humedad:** Cantidad de agua contenida en una muestra, se expresa en porcentaje (%), y se determina por razón de la pérdida de peso de la muestra, mediante secado en estufa, analizador (método rápido) de humedad y en mufla, bajo condiciones específicas de tiempo y temperatura. Es importante monitorearla debido a que representa una variable sumamente sensible ya que es modificada en dos etapas diferentes del proceso de producción de los cereales y determinará cuán crujiente será el producto final, lo que constituye una característica sensorial evaluada posteriormente y denominada textura indicando el tiempo óptimo de consumo del producto.
- b) **Densidad:** Relación entre la masa de una muestra y el volumen que ocupa. Es relevante realizar un estudio a esta variable ya que es alterada en dos etapas del proceso de manufactura de los cereales pudiendo presentar variabilidad, lo que a su vez debe ser minimizado debido a que el producto final debe mantener una especificaciones de diseño fijas, para no presentar inconvenientes o fallas en el proceso de envasado de los cereales que está automatizado. Como por ejemplo, envasar menos producto a lo definido en el empaque debido a un aumento brusco en la densidad final del producto.
- c) **Dimensiones:** Medida de la longitud (ancho, largo, profundo, espesor, diámetro) de una muestra para indicar el tamaño.
- d) **Porcentaje de recubrimiento:** Significa la cantidad medida en porcentaje, aplicada de jarabe o sustancia líquida sobre la superficie de la muestra, se determina teóricamente a partir de las relaciones de humedad y densidad antes y después del recubrimiento.

- e) Porcentaje de vitamina C: Representado por la cantidad de ácido ascórbico presente en la muestra, se determina por medio de la oxidación de ácido ascórbico a ácido deshidroascórbico a través de la titulación con el colorante 2,6-Dicloroindofenol.

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

El control estadístico de la calidad (CEP) es una rama del control de la calidad, la cual consiste en el acopio, análisis e interpretación de datos para su uso en el control de la calidad, es decir, por medio del CEP se realiza

1. El control estadístico de procesos.
2. El muestreo de aceptación.

El control estadístico de la calidad es un campo relativamente nuevo, que remota a la década de los veinte. El doctor Walter A. Shewart de los Bell Telephone Laboratories fue uno de los pioneros en su estudio. En 1924 escribió un memorando en el que se presentaba una moderna carta de control, que es una de las herramientas básicas del control estadístico de procesos. Harold F. Dodge y Harry G. Roming, también empleados de Bell Telephone Laboratories, fueron líderes en el desarrollo de métodos de inspección y muestreo basados en la estadística. El trabajo de estos tres hombres constituye gran parte de la base del campo moderno del control estadístico de la calidad.<sup>(4)</sup>

## **II.7. CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESO**

Es impráctico inspeccionar la calidad de un producto, ya que éste debe fabricarse correctamente desde la primera vez. Por tanto, el proceso de manufactura debe ser confiable o repetible, además de tener la capacidad de operar con poca variabilidad alrededor de un valor nominal. El control estadístico de proceso en línea es una herramienta muy poderosa para lograr la estabilidad del proceso y mejorar la capacidad de éste mediante la reducción de la variabilidad.

Es costumbre considerar el control estadístico de proceso (CEP) como un conjunto de herramientas para la resolución de problemas que puede aplicarse a cualquier proceso. Las herramientas más importantes son:

1. Histogramas
2. Diagrama de Pareto
3. Diagrama causa – efecto
4. Graficas de control
5. Diagrama de dispersión

Aunque estas herramientas son una parte importante del control estadístico de proceso, solo abarcan los aspectos técnicos de la materia. Un elemento igualmente importante del CEP es la actitud, un deseo de todas las personas de la organización de mejorar de manera continua la calidad y la productividad a través de la reducción sistemática de la variabilidad. La grafica de control es la más poderosa de todas las herramientas de CEP.

En cualquier proceso de producción, sin importar lo bien diseñado que esté o con cuánto cuidado se mantenga, siempre existe cierta cantidad de variabilidad natural o inherente. Esta variabilidad natural, o “ruido de fondo”, es el efecto acumulativo de muchas causas pequeñas, esencialmente inevitables. Cuando el ruido de fondo de un proceso es relativamente pequeño, lo usual es considerarlo como un nivel aceptable del rendimiento del proceso. En el marco de referencia del control estadístico de la calidad esta variabilidad natural a menudo se conoce como un nivel aceptable del rendimiento del proceso. En el marco de referencia del control estadístico de la calidad, esta variabilidad natural a menudo se conoce como “sistema estable de causas aleatorias”. Cuando un proceso que sólo opera con causas aleatorias de variación se dice que está bajo control estadístico. En otras palabras, las causas aleatorias son una parte inherente del proceso.

En ocasiones pueden estar presentes en la salida del proceso otras clases de variabilidad. Esta variabilidad en las características claves del proceso usualmente

proviene de tres fuentes: máquinas mal ajustadas, errores del operador o materias primas defectuosas. En general, este tipo de variabilidad es grande cuando se la compara con el ruido de fondo y, en general, representa un nivel inaceptable del rendimiento del proceso. Las fuentes de variabilidad que no son partes del patrón de causas aleatorias se conocen como causas asignables. De un proceso que opera en presencia de causas asignables se dice que está fuera de control.

Los procesos de producción a menudo operan en estado bajo control, elaborando productos aceptables por largos periodos de tiempo. Sin embargo, en ocasiones, se presentan causas asignables, al parecer de manera aleatoria, que dan como resultado un “corrimiento” del proceso hacia un estado fuera de control, donde una proporción grande de la salida no cumple con los requerimientos. Uno de los objetivos importantes del control estadístico de proceso es detectar con rapidez la presencia de causas asignables o corrimientos del proceso, de modo que pueda efectuarse una investigación de éste y emprender una acción correctiva antes de que se produzcan unidades que no cumplen con los requerimientos.<sup>(5)</sup>

## **II.8. TÉCNICAS PARA MEJORAR LA CALIDAD**

Existen herramientas que han sido ampliamente adoptadas en las actividades de mejora de la calidad y utilizadas como soporte para el análisis y solución de problemas operativos en los más distintos contextos de una organización, son técnicas gráficas que ayudan a comprender los procesos para promover su mejoramiento, se describen a continuación:

### **II.8.1. HISTOGRAMAS DE FRECUENCIA**

Es un gráfico de barras verticales que representan la distribución de un conjunto de datos, en éste se registra el número de veces que ocurre algo (frecuencia) en un intervalo especificado. Da idea de un proceso y revela la variación inherente en cualquier proceso.

Los datos obtenidos de una muestra sirven como base para decidir sobre la población. Mientras más grande sea la muestra, más información obtendremos sobre la población, pero un aumento en el tamaño de la muestra también implica un aumento en la cantidad de datos, y esto puede llegar a hacer difícil comprender la población, a partir de esos datos, aun cuando se organicen en tablas. En ese caso, necesitamos un método que nos permita comprender la población de un vistazo. Un histograma responde a esa necesidad, la organización de un buen número de datos en histograma nos permite comprender la población de manera objetiva.<sup>(6)</sup>

Los histogramas muestran la frecuencia o número de observaciones cuyo valor cae dentro de un rango predeterminado (ver figura 4).<sup>(7)</sup> La forma que tome un histograma proporciona pistas sobre la distribución de probabilidad del proceso de donde se tomó la muestra; además de que si se comparan dos histogramas de un mismo proceso se puede observar si alguna mejora introducida en éste ha sido o no efectiva, por lo que es una herramienta muy útil de comunicación visual.

Para la elaboración de un histograma de frecuencia se presentan los pasos a seguir en el anexo 3.

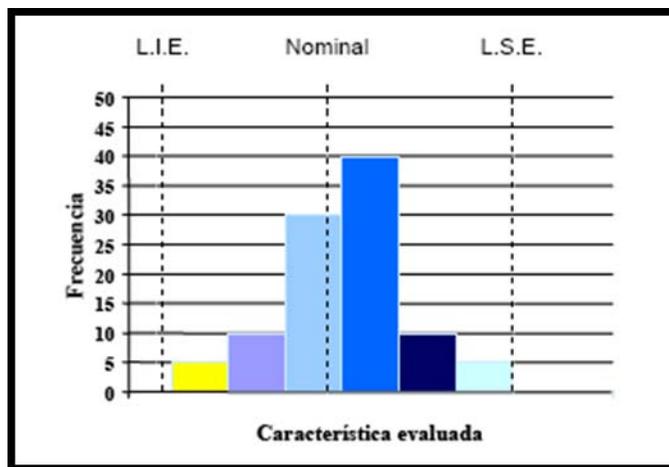


Figura 3: Representación de un Histograma de Frecuencia<sup>(8)</sup>

### II.8.1.1. VENTAJAS DE LOS HISTOGRAMAS

Entre sus ventajas se encuentran las siguientes:

- a) Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, la dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.
- b) Muestras grandes cantidades de dando una visión clara y sencilla de la distribución
- c) El histograma es esencialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones la base de ellos.
- d) Es medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa.
- e) Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, se puede determinar en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones.
- f) Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.<sup>(8)</sup>

### II.8.1.2. LIMITACIONES DE LOS HISTOGRAMAS

Los histogramas de frecuencia presentan las siguientes limitaciones:

- a) El histograma no involucra el tiempo, es decir, al organizar los datos en intervalos de clase no se puede percibir como evolucionaron las observaciones a lo largo del tiempo.
- b) No permite distinguir entre las dos fuentes principales de variación en un proceso: Causas comunes y causas asignables o especiales de variación.

- c) No muestra si el proceso presenta o no un patrón de comportamiento natural.<sup>(8)</sup>

### **II.8.2. Diagrama de Pareto**

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los generan. El nombre Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano Wilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el problema y el 80% de las causas sólo resuelven el 20% del problema.

Constituye un sencillo y gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales).

Es un gráfico de barras verticales (ordenadas de mayor a menor importancia) que nos ayuda a determinar que problemas seleccionar y en que orden. Estas barras representan datos específicos correspondientes a un problema determinado, la barra más alta esta de el lado izquierdo (principal problema a atacar) y la más pequeña, según va disminuyendo de tamaño, se encuentra hacia la derecha. El Diagrama de Pareto trabaja con las características (atributos) de un producto o servicio. El Diagrama de Pareto analiza el porcentaje de ocurrencia de no calidad que puede afectar a un producto.

El diagrama de Pareto es una grafica de dos dimensiones (ver figura 5) que se construye listando las causas de un problema en el eje horizontal, empezando por la izquierda para colocar a aquellas que tienen un mayor efecto sobre el problema, de manera que vayan disminuyendo en orden de magnitud. El eje vertical se dibuja en

ambos lados del diagrama: el lado izquierdo representa la magnitud del efecto provocado por las causas, mientras que el derecho refleja el porcentaje acumulado de efecto de las causas. <sup>(7)</sup>

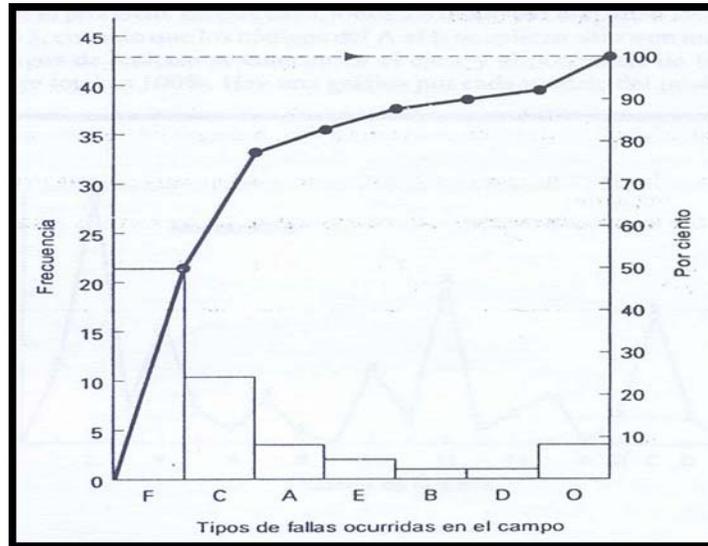


Figura 4: Diagrama de Pareto representativo <sup>(3)</sup>

### II.8.2.1. Ventajas del diagrama de Pareto

Entre sus ventajas se presenta las siguientes:

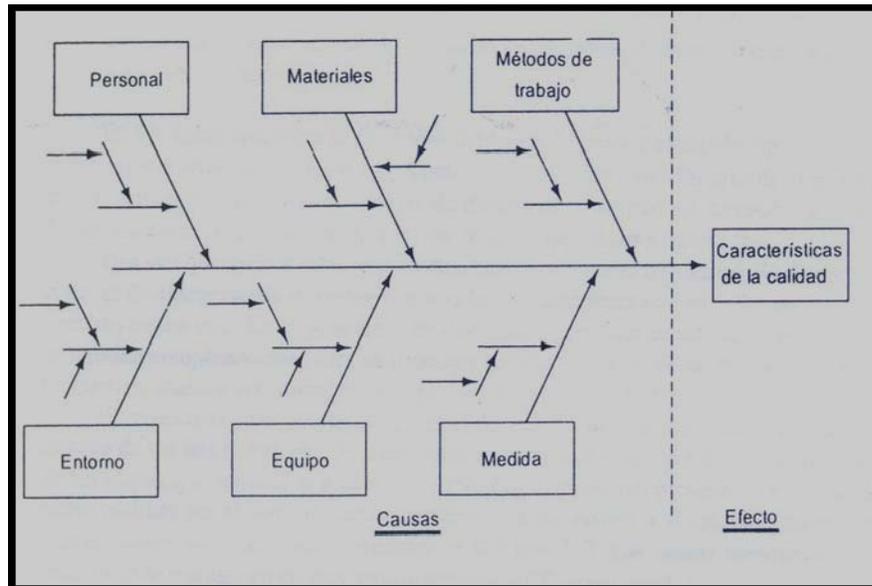
- Ayuda a concentrarse en las causas que tendrán mayor impacto en caso de ser resueltas.
- Proporciona una visión simple y rápida de la importancia relativa de los problemas.
- Ayuda a evitar que se empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras.
- Su formato altamente visible proporciona un incentivo para seguir luchando por más mejoras.
- Determinar cuál es la causa clave del problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.

- f) Contrastar la efectividad de las mejoras obtenidas, comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes.
- g) Puede ser asimismo utilizado para investigar efectos como causas.
- h) Comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre las causas, efectos y cortes de los errores.
- i) Ayudar a dirigir mayor atención y esfuerzo a los problemas realmente importantes, o bien determina las principales causas que contribuyen a un problema determinado y así convertir las cosas difíciles en sencillas.<sup>(8)</sup>

### II.8.3. Diagrama causa – efecto

Es una herramienta que ayuda a identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad. Ilustra gráficamente la relación existente entre algún “efecto” y las “causas” que pueden influenciarlo (relaciona un efecto con las posibles causas que lo provocan) (Ver Figura 6)

Sirve para analizar un problema (por qué) y para buscarle solución (como).



**Figura 5:** Diagrama de causa – efecto

En la figura 6 se observa un diagrama de CE, en el cual el efecto está a la derecha y sus causas a la izquierda. El efecto es la característica de calidad que es necesario mejorar. Las causas principales de métodos de trabajo, materiales, mediciones, personal y entorno. A su vez, cada causa principal se subdivide en muchas otras causas menores. Los diagramas de CE, también conocidos como diagramas de “espina de pescado”, debido a su forma, son medios en donde se pueden representar todas las causas principales y menores.<sup>(3)</sup>

### **II.8.3.1. Ventajas del diagrama causa-efecto**

Entre sus ventajas se encuentran las siguientes:

- a) Permite que el grupo se concentre en el contenido del problema, no en la historia del problema ni en los distintos intereses personales de los integrantes del equipo.
- b) Incrementa el grado de conocimiento sobre un proceso.
- c) Discusión para actuar en la corrección de la calidad (podemos buscar la causa del error y corregirla). Utilizando para ello un enfoque estructurado.
- d) Documento vivo en el que se va acumulando información
- e) Indica el nivel de comprensión del problema.
- f) Identificar la causa-raíz de un problema.
- g) Clasificar y relacionar las interacciones entre factores que están afectando el resultado de un proceso.<sup>(8)</sup>

### **II.8.3.2. Sugerencias al momento de emplear los diagramas de causa – efecto**

- a) Asigne la importancia de cada factor objetivamente con base en datos. El examen de los factores con base en su propia habilidad y experiencia es importante, pero es peligroso juzgar su importancia únicamente con base en las percepciones o impresiones subjetivas. La asignación objetiva de la importancia a los factores usando datos es más científico y más lógico.

- b) Trate de mejorar continuamente el diagrama de CE mientras lo usa. La utilización de un diagrama de CE permite identificar las partes que deben ser verificadas, omitidas o modificadas, así como a descubrir las partes que deben agregarse. Trate repetidamente de mejorar el diagrama; finalmente obtendrá un diagrama realmente útil.<sup>(6)</sup>

#### **II.8.4. Gráfica de control**

Es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad y controlar un proceso.

El uso más importante de una gráfica de control es mejorar el proceso, en general, se ha encontrado que:

- a) Muchos procesos no operan en un estado de control estadístico.
- b) En consecuencia, el uso rutinario y atento de la gráfica de control identificará causas asignables. Si estas causas pueden eliminarse del proceso, entonces la variabilidad disminuye y el proceso mejora.

La figura 6 ilustra esta actividad de mejora, con el empleo de la grafica de control nótese que:

La gráfica de control sólo detecta causas asignables. Para eliminar las causas asignables a las variaciones, es necesaria una acción de la gerencia, del operador y de ingeniería. Por tanto, es importante tener un plan de acción para dar respuesta a las indicaciones de las gráficas de control.

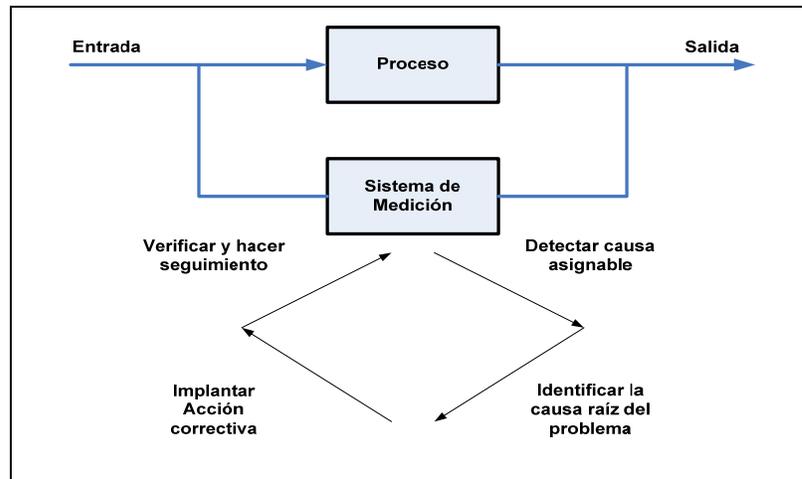


Figura 6. Mejora al proceso, utilizando la gráfica de control<sup>(5)</sup>

Al identificar y eliminar las causas asignables, es importante encontrar la causa raíz del problema y atacarla. Una solución cosmética no da como resultado una verdadera mejora del proceso a largo plazo. El desarrollo de un sistema eficaz para la acción correctiva es un componente esencial de la implantación efectiva del CEP.

La gráfica de control también puede emplearse como dispositivo de estimación. Esto es, de una gráfica de control que exhibe control estadístico, es posible estimar ciertos parámetros del proceso, tales como media, la desviación estándar y la fracción que no cumple con los requerimientos. Estas estimaciones pueden utilizarse para determinar la idoneidad del proceso y elaborar productos aceptables.

Las gráficas de control pueden clasificarse en dos tipos generales. Si la característica de calidad puede medirse y expresarse como un número en alguna escala continua de medición entonces ésta se conoce como “variable”. En tales casos, es conveniente describir la característica de calidad con una medida de tendencia central y otra de variabilidad. Las gráficas de control para tendencia central y variabilidad reciben el nombre de gráficas de control variables. La gráfica  $\bar{x}$  (media) es la más empleada para vigilar la tendencia central, mientras que las gráficas basadas en el rango de la muestra o en la desviación estándar muestral se emplea para controlar la variabilidad del proceso. Muchas características de calidad no se

miden sobre una escala continua o incluso cuantitativa. En estos casos, cada unidad del producto puede clasificarse como cumple o no con los requerimientos, sobre la base de si poseen o no ciertos atributos, o tal vez se cuente el número de defectos por unidad de producto. Las gráficas para tales características de calidad se conocen como gráfica de control de atributos.<sup>(5)</sup>

Las variables son características de calidad medible, mientras que los atributos no. Un control se puede llevar por variables, cuando se registra la medida real de una característica de calidad, o por atributo, cuando sólo se anota el número de artículos que cumplen, y el número que no cumplen con las especificaciones. Los valores variables se estudian en los gráficos de control de Shewhart para  $\bar{X}$  y  $R$ , y para  $\bar{X}$  y  $\sigma$ .<sup>(9)</sup>

El control de la media del proceso, o del nivel de calidad promedio suele ejercerse con el diagrama de control de medias o diagrama de  $\bar{X}$ ; mientras que es posible controlar la variabilidad o dispersión del proceso mediante un diagrama de control de amplitud, llamado diagrama de  $R$ . Dependiendo de la variable representada en el eje horizontal, las graficas de control de variables pueden ser de media o de rango, en ambos casos dicho eje corresponde al número de subgrupo, mediante el que se identifica una muestra en particular formada por una cantidad fija de observaciones.<sup>(5)</sup>

El objetivo de realizar un análisis e interpretación de las gráficas de control es identificar cual es la variación del proceso, producida por las causas comunes y asignables, y en función de estas tomar las acciones apropiadas cuando sean requeridas por el proceso.<sup>(10)</sup>

El uso de las gráficas de control tiene una historia muy larga en la industria. Existen al menos cinco razones que explican su popularidad:

- I. **Las gráficas de control son una técnica probada para mejorar la productividad:** Un programa exitoso de gráfica de control reduce el desperdicio y la necesidad de volver a trabajar el producto, los cuales son los principales asesinos de la productividad en cualquier operación. Si se reducen estos aspectos, entonces la productividad aumenta, los costos disminuyen y la capacidad de producción (medida por el número de partes buenas por hora) aumenta.
- II. **Las gráficas de control son eficaces en la prevención de defectos:** Las gráficas de control ayuda a mantener bajo control el proceso, lo que es consistente con la filosofía de “hágalo bien desde el primer momento”. Nunca será más económico sacar las unidades “buenas” de las “malas”, que construir todo bien desde el primer momento. Si no se tiene un control de proceso eficaz, entonces se le está pagando a alguien por fabricar productos que no cumplen con los requerimientos.
- III. **Las gráficas de control evitan ajustes innecesarios en el proceso:** Una gráfica de control puede distinguir entre ruido de fondo y variación anormal; ningún otro dispositivo, incluido el operador humano, es tan eficaz para hacer esta distinción. Si los operadores del proceso lo ajustan con base en pruebas periódicas que no están relacionadas con el programa de la grafica de control, lo más probable es que tenga una reacción exagerada con respecto al ruido de fondo, y hagan ajustes innecesarios. Estos ajustes usualmente dan como resultado un deterioro en el rendimiento del proceso. En otras palabras, la gráfica de control es consistente con la filosofía de “si no está descompuesto, no lo arregle”.
- IV. **Las gráficas de control proporcionan información de diagnostico:** Con frecuencia, el patrón de puntos de la gráfica de control contiene información que tiene valor diagnostico para el operador o ingeniero con

experiencia. Esta información permite que el operador implante un cambio en el proceso que conduzca a la mejora de su rendimiento.

- V. **Las gráficas de control proporcionan información sobre la capacidad del proceso:** La gráfica de control proporciona información sobre el valor de los parámetros importantes del proceso y de la estabilidad de estos con el tiempo. Lo anterior permite hacer una estimación de la capacidad del proceso. Esta información tiene mucho uso por parte de los diseñadores del producto y del proceso.<sup>(5)</sup>

Las gráficas de control se encuentran entre las herramientas más eficaces de la gerencia, y son tan importantes como los controles de costos y de materiales.

#### **II.8.4.1. Técnicas empleadas en las gráficas de control**

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

El plan de recolección de datos y de control, consta básicamente de las siguientes actividades

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

$X - R$ , la de promedio – desviación estándar  $X - S$ , la de medianas – rangos  $X - R$ , y la de lecturas individuales  $X - R$ .

Es común que se utilice la gráfica de promedios – rangos; sin embargo, en el caso de que no se cuente con operarios lo suficientemente capacitados, se puede empezar con la gráfica de medianas, para después ir emigrando hacia la primera. La gráfica de promedios – desviación estándar no es muy utilizada por lo complicado que resulta calcular este último parámetro con respecto al beneficio que significa utilizar un estimador con menor sesgo. <sup>(7)</sup>

**2. Escoger el subgrupo racional, el tamaño de la muestra y la frecuencia de muestreo.** Los datos representados en la gráfica de control están constituidos por grupos de elementos que se denominan subgrupos racionales. Es importante tener presente que aquellos datos que se reúnen de manera aleatoria no se consideran racionales. Un subgrupo racional es aquel en el que la variación en la que se produce dentro del grupo mismo se debe a causas fortuitas. Tal variación en el interior del subgrupo sirve para calcular los límites de control. La variación entre un subgrupo y otro sirve para evaluar la estabilidad a largo plazo. <sup>(3)</sup>

Hay dos maneras de escoger las muestras del subgrupo: (1) La primera forma consiste en escoger muestras del subgrupo tomando aquel producto que se obtiene en un momento de tiempo definido, o lo más próximo a este momento. (2) El segundo método consiste en seleccionar un producto obtenido durante un lapso determinado, considerado como representativo del producto en sí. <sup>(3)</sup>

Independientemente del método empleado para determinar el subgrupo, los lotes de donde se obtienen los grupos deberán ser homogéneos. Por homogéneo se entiende que las piezas que conformen el lote sean lo más parecidas posibles: misma máquina, mismo operador, o mismo molde.

En el caso de gráficas por variables, el tamaño de la muestra varía de dos a veinte piezas, pero el más común es cinco. Se debe seleccionar un tamaño de muestra tal que permita la mínima oportunidad de variación de una muestra a otra. Por otro lado, en gráficas de control de atributos se utilizan muestras entre cincuenta y doscientas piezas, aunque conforme disminuye la fracción defectuosa que contienen los lotes, el tamaño de la muestra debe aumentar por razones estadísticas. Por ello, cuando el mejoramiento continuo conduce a niveles de defectos realmente pequeños, se debe analizar la conveniencia de pasar de gráficas de atributos a gráficas de variables.<sup>(7)</sup>

La determinación del tamaño de las muestras se puede realizar mediante el empleo de las tablas MIL – STD (ver anexo 1) o por medio del empleo de ecuaciones estadísticas.

**3. Recolección de datos.** Después de haber realizado los pasos anteriores se puede iniciar con la recolección de los datos.

Es necesario reunir un mínimo de veinticinco subgrupos de datos, ya que una cantidad menor no ofrecería la cantidad necesaria de datos que permita el cálculo exacto de los límites de control; y una cantidad mayor demoraría la obtención de la gráfica de control.<sup>(3)</sup>

#### **II.8.4.2. Determinación de los parámetros de las cartas de control por variables de promedio – rangos $\bar{X} - R$** <sup>(3)</sup>

Los parámetros que definen las cartas o gráficas de control corresponden a las líneas centrales y límites de control superior e inferior.

Para determinar las líneas centrales de las gráficas de promedio – rango  $\bar{X} - R$  se procede de la siguiente manera<sup>(6)</sup>

- Media de los promedios de los subgrupos

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{X}_i}{g} \quad (4)$$

Donde

$\bar{\bar{X}}$ : Media de los promedios de los subgrupos

$\bar{X}_i$ : Promedio del subgrupo i [ver ecuación (2)]

g: Cantidad de subgrupos

- Promedio de los rangos de los subgrupos

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g} \quad (5)$$

Donde

$\bar{R}$ : Promedio de los rangos de los subgrupos

$R_i$ : Rango del subgrupo i [ver ecuación (1)]

Los límites de control superior e inferior permiten juzgar el grado de variación del proceso; para determinar dichos límites se recurre a ecuaciones estadísticas definidas por una serie de constantes o factores que dependen del tamaño del subgrupo (ver anexo 2).<sup>(5)</sup> Las ecuaciones enumeradas seguidamente permiten calcular los límites de control de las cartas de promedio – rango  $\bar{X} - R$ <sup>(6)</sup>

- Límite de control superior de la gráfica de promedios

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{\bar{X}} + A_2 * \bar{R} \quad (6)$$

Donde

$LSC_{\bar{X}}$ : Límite de control superior de la gráfica de promedios

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

- Límite de control inferior de la gráfica de promedios

$$LSC_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 * \bar{R} \quad (7)$$

Donde

$LIC_{\bar{X}}$ : Límite de control inferior de la gráfica de promedios

- Límite de control superior de la gráfica de rangos

$$LSC_{\bar{R}} = D_4 * \bar{R} \quad (8)$$

Donde

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

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

- Límite de control inferior de la gráfica de rangos

$$LIC_{\bar{R}} = D_3 * \bar{R} \quad (9)$$

Donde

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

$D_3$ : Constante de la carta de control de rangos (ver anexo 2)

En la figura 7 se observa las líneas centrales de la gráfica de X-R definidas por las ecuaciones (3) y (4) respectivamente y los límites inferior y superior de esta gráfica de control

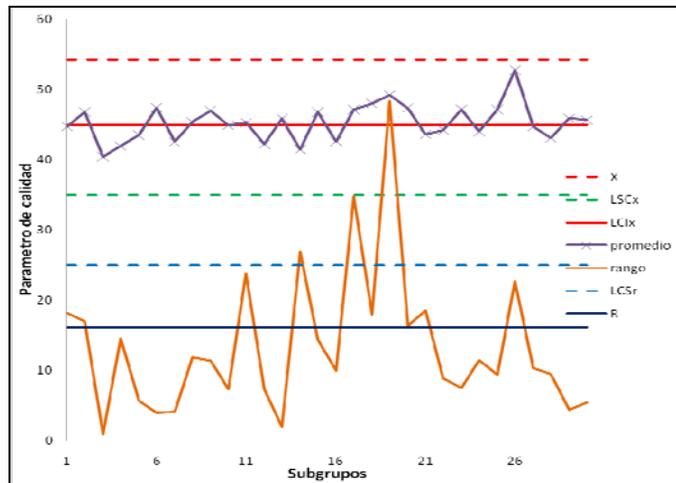


Figura 7: Gráfica de control X-R

### II.8.5. Diagrama de dispersión

Es el estudio de dos variables, las cuales pueden embarcarse así:

- Una característica de calidad y un factor que la afecta
- Dos características de calidad relacionadas
- Dos factores relacionados con una característica de calidad

A veces interesa saber si hay algún tipo de relación entre dos variables. Por ejemplo, puede ocurrir que dos variables estén relacionadas de manera que al aumentar el valor de una, se incremente el de la otra. En este caso hablaríamos de la existencia de una correlación positiva. También podría ocurrir que al producirse una en un sentido, la otra derive en el sentido contrario. Entonces, se estaría hablando de una correlación negativa. Si los valores de las variables se revelan independientes entre sí, se afirma que no existe correlación.

Es una herramienta especialmente útil para estudiar e identificar posibles relaciones entre los cambios observados en dos conjuntos diferentes de variables. Además suministra los datos para confirmar hipótesis acerca de si dos variables están relacionadas y, proporciona un medio visual para probar la fuerza de una posible relación. Se utilizan para estudiar la variación de un proceso y determinar a qué obedece esta variación. <sup>(6)</sup>

### II.8.6. COMPARACIÓN DE LA HERRAMIENTAS DE CONTROL ESTADISTICO

En la tabla 1 se presenta un resumen de las herramientas de control estadísticos para el mejoramiento de la calidad.

**Tabla 1.** Comparación de herramientas de control estadístico de proceso <sup>(6)</sup>

<b>Técnica estadística</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Ventajas</b>
Diagrama de Pareto	Priorizar los problemas o las causas que los generan	Determinar cuál es la causa clave del problema, separándola de otras presentes pero menos importantes.
Diagrama causa-efecto	Identificar, clasificar y poner de manifiesto posibles causas, tanto de problemas específicos como de características de calidad.	Analizar un problema (por qué) y para búsqueda de solución (como).
Histograma de Frecuencia	Representar la frecuencia con la cual se presentan determinados problemas relacionados con la calidad.	Ayuda a comprender la tendencia central, la dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores.
Gráfica de dispersión	Relación entre dos variables cuantitativas.	Estudiar la variación de un proceso y determinar a qué obedece esta variación.
Gráfica de control	estudiar, gestionar y evaluar la estabilidad de un proceso a lo largo del tiempo	Técnica de eficacia probada para mejorar la productividad.

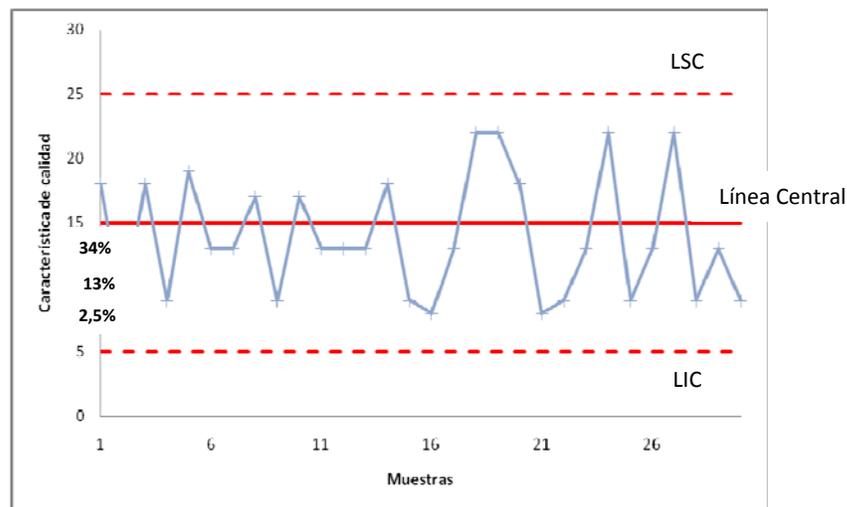
## II.9. ESTADO DE CONTROL

### II.9.1. Un proceso que está bajo control

Una vez eliminadas las causas atribuibles del proceso, al grado de que los puntos graficados en la gráfica de control permanecen dentro de los límites de control, se dice que el proceso está en estado de control.

Cuando un proceso está bajo control se produce un patrón natural de variación (ver figura 8). En este patrón natural de variación se distingue lo siguiente:

1. El 34% de los puntos graficados están dentro de una banda imaginaria de ancho de una desviación estándar a ambos lados de la línea central.
2. Aproximadamente 13.5% de los puntos graficados se encuentran dentro de una banda imaginaria situada entre una a dos veces la desviación estándar a ambos lados de la línea central.
3. Aproximadamente 2.5% de los puntos graficados se ubican dentro de una banda imaginaria entre dos y tres veces la desviación estándar a ambos lados de la línea central.<sup>(3)</sup>



**Figura 8:** Patrón natural de variación en una gráfica de control<sup>(3)</sup>

Además de las observaciones anteriores, en un patrón natural de variación, los puntos se ubican hacia atrás y hacia adelante, a través de la línea central, de manera aleatoria, sin que existan puntos que rebasen los límites de control.

Si un proceso está bajo control, hay ciertas ventajas prácticas que ampliarán el interés por parte del productor y del consumidor.

Dichas ventajas se mencionan a continuación:

- a) Cada una de las unidades de producto serán más uniformes, ya que existirá menos variación.
- b) Dado que el producto es más uniforme, se necesitan menos muestras para evaluar calidad. Gracias a esto es posible disminuir el costo por inspección.
- c) Se conocerá la capacidad o alcance del proceso, lo cual permitirá adoptar decisiones confiables relativas a las especificaciones del producto.
- d) Permite al consumidor el uso de los datos del productor y, con ello, someter a prueba solo unos cuantos subgrupos para así verificar los valores informados por el producto.
- e) El desempeño del operario es el adecuado desde el punto de vista de calidad.

Si sólo existen causas de variación fortuitas, el proceso es estable y predecible permanentemente, como se muestra en la figura 9, es decir, se sabrá que las variaciones que se produzcan en el futuro serán las mismas a menos que se introduzca un cambio en el proceso debido a una causa asignable

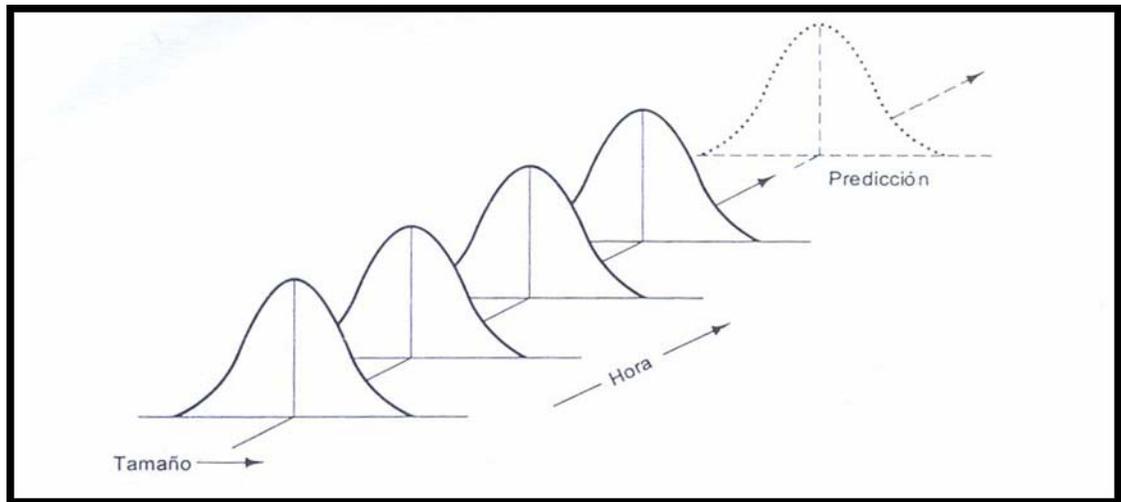


Figura 9: Variación estable debida a causas fortuitas <sup>(3)</sup>

### II.9.2. Cuando un proceso está fuera de control

Cuando se presentan puntos (valor del subgrupo) fuera de los límites de control (ver figura 10), se dice que el proceso se encuentra fuera de control. Un punto más allá de los límites de control es una clara señal de que se necesita un análisis inmediato de la operación para detectar la causa asignable que lo originó. Entre las causas que originan puntos fuera de los límites de control se encuentran: Cambio de operador o de máquina en el proceso y límites de control mal calculados.

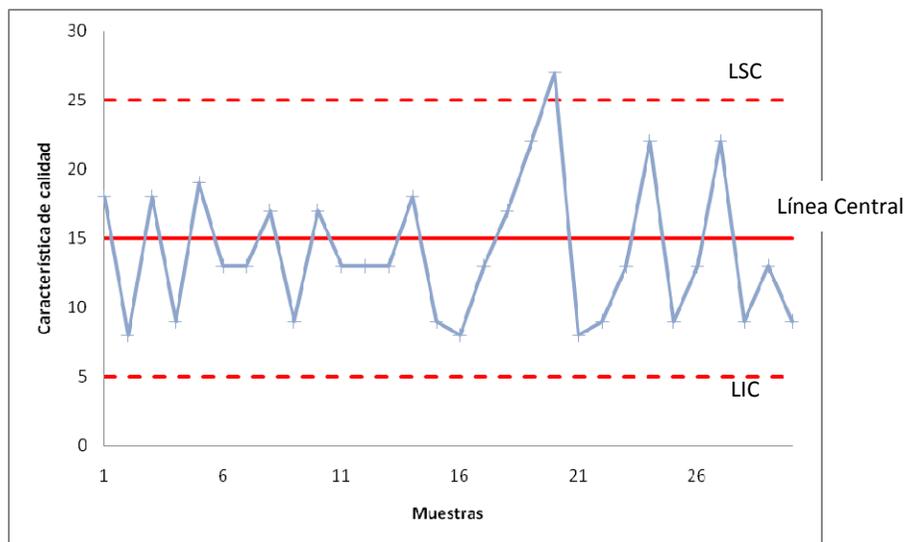
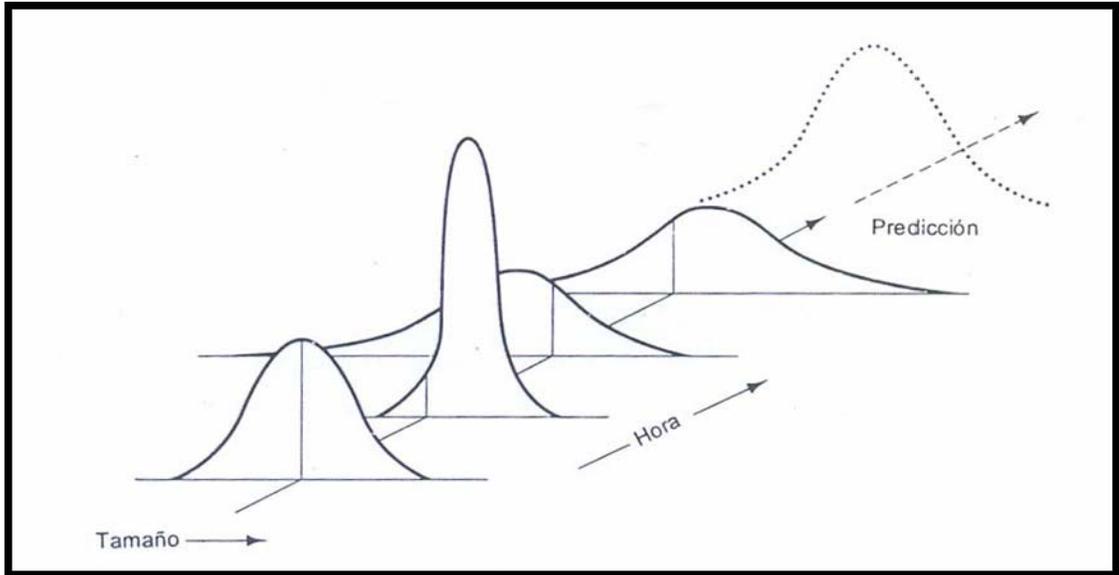


Figura 10: Carta de control con puntos fuera de los límites de control <sup>(3)</sup>

Un proceso fuera de control no presenta un comportamiento natural, por lo que es inestable, lo cual impide predecir su comportamiento en el futuro. La figura 11 ilustra el efecto a lo largo del tiempo de las causas de variación asignables.



**Figura 11:** Variación inestable debida a causas asignables <sup>(3)</sup>

En muchas ocasiones es posible encontrar patrones no aleatorios en las cartas de control. Juran sugiere un conjunto de reglas o pruebas de decisión para detectar patrones no aleatorios en las cartas de control, las cuales se visualizan en la figura 12; para ejecutar dichas pruebas es necesario dividir la carta de control en seis bandas de ancho igual a una desviación estándar e identificarlas con las letra A, B y C, desde los límites de control superior (LCS) e inferior (LCI). Cuando se detecta alguno de los patrones enumerados en la figura 12 es necesario tomar alguna acción para corregir el problema, ya que el proceso está fuera de control. <sup>(12)</sup>

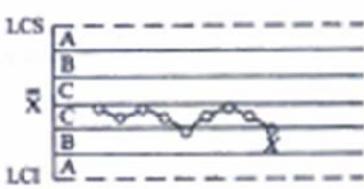
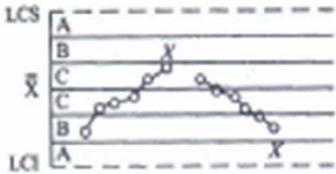
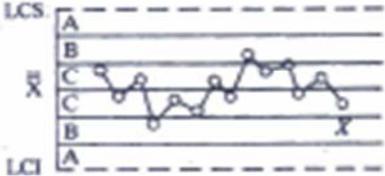
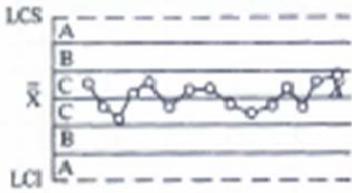
	
<p>Prueba 1. Un punto fuera de la zona A</p>	<p>Prueba 2. Nueve puntos seguidos en la zona C o mas allá.</p>
	
<p>Prueba 3. Seis puntos seguidos con aumento o disminución estable</p>	<p>Prueba 4. Catorce puntos seguidos alternando arriba y abajo</p>
	
<p>Prueba 5. Dos de cada tres puntos seguidos en la zona A o más allá.</p>	<p>Prueba 6. Cuatro de cada cinco puntos en la zona B o más allá.</p>
	
<p>Prueba 7. Quince puntos seguidos en la zona C. (arriba y debajo de la recta central)</p>	<p>Prueba 8. Ocho puntos seguidos a ambos lados de la recta central.</p>

Figura 12: Patrones fuera de control <sup>(12)</sup>

### II.9.3. Análisis de una condición fuera de control

Si un proceso se encuentra fuera de control se debe determinar la causa responsable de dicha situación. Existen una serie de patrones tipificados como patrones fuera de control que simplifican la labor de detección de las causas asignables; entre los tipos fuera de control de los patrones X y R se encuentran: (1) cambio o salto de nivel, (2) tendencia o cambio constante de nivel, (3) ciclos recurrentes, (4) dos poblaciones y (5) errores.

**1. Cambio o salto de nivel.** Este patrón se refiere a un cambio repentino de nivel en la gráfica X, en la gráfica R o en ambas. En la figura 13 se ejemplifica un cambio de nivel en una gráfica de promedios; es probable que el cambio en el promedio del proceso se deba a: (a) una modificación intencional o no de la configuración del proceso, (b) un operario nuevo o sin experiencia, (c) una materia prima distinta y (d) una pequeña avería en una pieza de una máquina.

Por otra parte en la gráfica de rangos, un cambio repentino en el alcance del proceso o la variabilidad se puede deber a: (a) falta de experiencia del operario y (b) mayor variación en el material de entrada.<sup>(3)</sup>

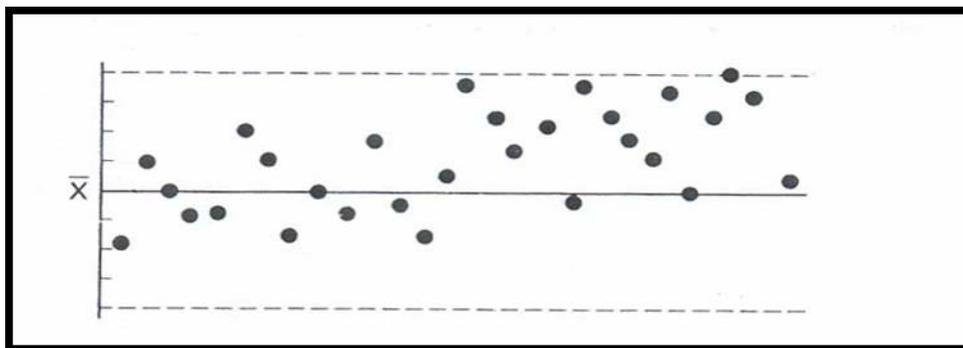
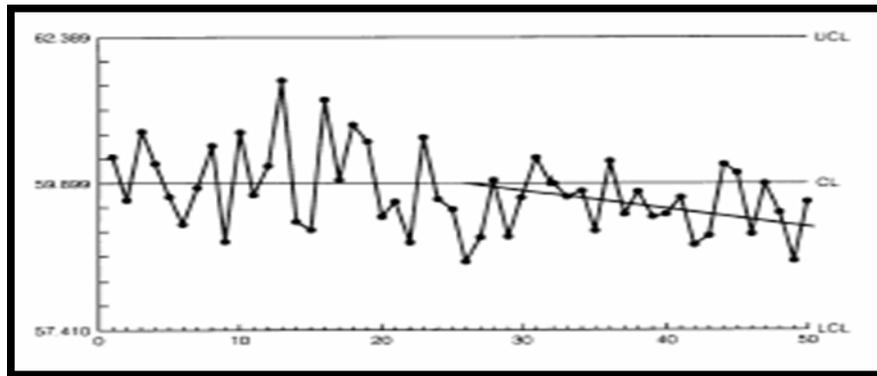


Figura 13: Cambio o salto de nivel en cartas de control<sup>(3)</sup>

**2. Tendencia o cambio permanente de nivel.** En muchas ocasiones se conoce como series, y corresponden a un fenómeno muy común en la industria. Una serie consiste en una sucesión de puntos que indican la iniciación de una tendencia o desplazamiento del proceso. Para identificar una serie es necesario, observar en la carta de control cualquiera de estas dos situaciones: cuando siete o más puntos consecutivos se alinean hacia un lado del promedio; o cuando siete o más intervalos consecutivos se presentan con valores graficados crecientes o decrecientes (ver figura 14).

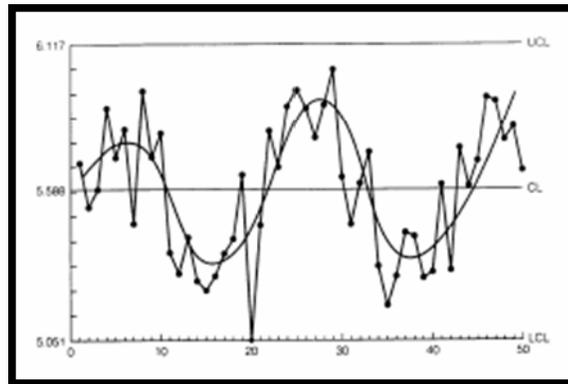


**Figura 14:** Carta de control donde se representa una serie <sup>(10)</sup>

Algunas causas de cambios progresivos en una gráfica de promedios son: (a) Desgaste de herramientas, (b) deterioro gradual del equipo y (c) cambio gradual de la temperatura o de la humedad. <sup>(3)</sup>

Una tendencia en las gráficas de rangos no se produce con tanta frecuencia, como en las de promedios, entre las causas posibles de este patrón se encuentran: (a) una mejora en las habilidades del trabajador (tendencia descendente), (b) una disminución en las habilidades del trabajador (tendencia ascendente) y (c) un gradual mejoramiento de la homogeneidad del material que se recibe. <sup>(3)</sup>

**3. Ciclos recurrentes.** Los ciclos constituyen uno de los comportamientos anormales que puede tener un proceso, en donde los puntos se agrupan de una forma determinada (especie de picos), en un intervalo determinado repitiéndose con relativa frecuencia a lo largo del tiempo (ver figura 15).<sup>(11)</sup>



**Figura 15:** Carta de control de un proceso cíclico<sup>(10)</sup>

En las cartas de promedios, algunas causas de los ciclos recurrentes son: (a) rotación periódica de los operarios y (b) efectos recurrentes de la temperatura y la humedad (arranque en mañanas frías).

Los ciclos periódicos en una carta de rangos no tan comunes como en las de promedio, algunos de los factores que afectan a dicha gráfica se deben a: (a) fatiga del operador y efecto de las pausas laborales hechas en la mañana, mediodía y la tarde, (b) Los ciclos de lubricación.<sup>(3)</sup>

En muchas ocasiones los ciclos recurrentes no se reportan en las cartas de control, debido al ciclo de inspección, es decir, el patrón cíclico de una variación que se produce aproximadamente cada dos horas podría coincidir con la frecuencia de la inspección, por lo que sólo los puntos bajos del ciclo son los que se reportan y no hay prueba de que exista un suceso cíclico.<sup>(3)</sup>

**4. Dos poblaciones (mezcla).** Cuando son muchos los puntos que están cerca o fuera de los límites de control, existe una situación en donde hay dos poblaciones. En las cartas de promedios la presencia de este patrón puede ser debida a: (a) grandes diferencias en la calidad del material, (b) dos o más máquinas en una misma gráfica y (c) diferencias en el método o equipo de prueba. Por otro lado, una mezcla en cartas de rango se debe a: (a) varios trabajadores que utilizan la misma gráfica y (b) materiales de proveedores distintos.<sup>(3)</sup>

## **II.10. NORMALIZACION**

"La actividad por la que se unifican criterios respecto a determinadas materias y se posibilita la utilización de un lenguaje común en un campo de actividad concreto" (LEY 21/1992, de 16 de julio, de Industria).

"Actividad propia a dar soluciones de aplicación repetitiva a problemas que provienen esencialmente de las esferas de la ciencia, de la técnica y de la economía, con vistas a la obtención del grado óptimo, en un contexto dado" (Definición de ISO "Organización internacional para la estandarización").

En particular, esta actividad consiste en la elaboración, difusión y aplicación de normas.

### **II.10.1.Norma**

"Especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba un organismo reconocido a nivel nacional o internacional, por su actividad normativa" (LEY 21/1992, de 16 de julio, de Industria).

"Especificación técnica, u otro documento accesible al público, establecido con la cooperación y el consenso general de todas las partes interesadas, fundado en los resultados conjugados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, con vistas al progreso óptimo de la comunidad, y aprobado por un organismo con actividades normativas" (Definición de ISO "International Organization for Standardization").

## **II.10.2. Normas AIB International**

### **II.10.2.1. Historia**

AIB International es una organización sin fines de lucro fundada en 1919 como un centro de transferencia de tecnología para procesadores de alimentos y panaderos. Si bien históricamente AIB International estuvo vinculada con la panificación mayorista y minorista en América del Norte, actualmente el Instituto atiende mundialmente a todos los segmentos de la industria de procesamiento, distribución, servicio y venta minorista de alimentos.<sup>(13)</sup>

### **II.10.2.2. Misión**

AIB International está para servir a la industria de los alimentos. Su declaración de misión expresa formalmente lo siguiente:

*AIB International está comprometida a fortalecer la salubridad, inocuidad y calidad en la cadena de suministro de alimentos y a brindar programas educativos y técnicos de alto valor.*

*Mediante inspecciones rigurosas e independientes, con excelentes auditorías y sesiones de capacitación y compartiendo nuestros conocimientos, ayudaremos a nuestros clientes a reducir el riesgo comercial y fortalecer su reputación.*

En esencia, AIB International ayuda a las instalaciones de procesamiento de alimentos a que se ayuden a ellas mismas mediante inspecciones, auditorías y educación.<sup>(13)</sup>

### **II.10.2.3. Introducción a las Normas**

Las Normas Consolidadas de AIB International para la Inspección de Programas de Prerrequisito y de Seguridad de los Alimentos son requerimientos clave con los cuales tiene que cumplir una instalación para mantener sus alimentos sanos e inocuos. Las normas también reflejan lo que un inspector desearía observar en una

instalación que mantenga un ambiente seguro para el procesamiento de alimentos.<sup>(13)</sup>

#### **II.10.2.4. Categorías**

Las Normas incluyen cinco Categorías:

##### **1. Métodos Operativos y Prácticas del Personal**

Recepción, almacenamiento, monitoreo, manejo y procesamiento de materias primas para elaborar y distribuir un producto final inocuo.

Las Normas de esta categoría están relacionadas con el manejo y procesamiento de alimentos. Las instalaciones tienen que confiar en que tanto el personal como los procesos y condiciones no generarán problemas de seguridad en los alimentos cuando reciban, transfieran, almacenen, transporten, manipulen o procesen materias primas para el producto final. Los Métodos Operativos y Normas para Prácticas del Personal muestran la manera en que una instalación puede evitar que las personas y los procesos contaminen un producto.

##### **2. Mantenimiento para la Seguridad de los Alimentos**

Diseño, mantenimiento y manejo de equipos, edificios y terrenos para brindar un ambiente de producción higiénico, eficiente y confiable.

Las Normas de esta categoría están relacionadas con equipos, terrenos y estructuras. El diseño, construcción y mantenimiento de equipos y edificios son críticos para suministrar y conservar un ambiente seguro para los alimentos. Las Normas de Mantenimiento para la Seguridad de los Alimentos brindan las mejores prácticas para optimizar el diseño y cuidado de la instalación y de los equipos a fin de que sean fáciles de manejar y no causen problemas de sanidad o seguridad en los alimentos.

##### **3. Prácticas de Limpieza**

Limpieza y sanitización de equipos, utensilios y edificios para brindar un ambiente de procesamiento sano y seguro.

Las Normas de esta categoría están relacionadas con la limpieza y sanitización. Los métodos de limpieza y sanitización, los tipos de productos químicos utilizados, la frecuencia de las actividades de limpieza y el control de microbios, todo ello tiene que realizarse en forma idónea para proteger a los alimentos contra preocupaciones de seguridad. Las Normas para Prácticas de Limpieza suministran pautas de limpieza para prevenir la contaminación.

#### **4. Manejo Integrado de Plagas**

Evaluación, monitoreo y manejo de la actividad de las plagas para identificar, prevenir y eliminar las condiciones que puedan estimular o sustentar una población de plagas.

Las Normas de esta categoría están relacionadas con el manejo de plagas. Mientras que es importante eliminar las plagas de una instalación, es más importante evitar que las plagas tengan la oportunidad de desarrollarse en un ambiente de elaboración de alimentos. Las Normas para el Manejo Integrado de Plagas proporcionan estrategias de múltiples enfoques que garanticen que las plagas no adulteren los alimentos.

#### **5. Adecuación de los Programas de Prerrequisito y de Seguridad de los Alimentos**

Coordinación de sistemas de apoyo gerencial, equipos multifuncionales, documentación, educación, capacitación y monitoreo para garantizar que todos los departamentos de la instalación trabajen juntos en forma eficaz para ofrecer un producto final sano y seguro.

Las Normas de esta categoría están relacionadas con la gestión y el trabajo en equipo. Es importante tener Programas en vigencia, pero si un Programa no se formaliza adecuadamente por medio del diseño, planificación, gestión,

documentación y análisis, entonces los Programas de Prerrequisito dependerán únicamente de la persona de turno que esté realizando la actividad o tarea en un día particular. Las Normas de Adecuación garantizan que los Programas de Prerrequisito estén diseñados e implementados minuciosamente para que tengan coherencia a través de todo el ámbito de la instalación.

Nota: Mientras las otras categorías se concentran mayormente en la inspección, ésta categoría se ocupa en gran parte de evaluar la documentación de los Programas. No obstante, las observaciones realizadas y los documentos analizados en las primeras cuatro categorías afectarán directamente la forma en que el inspector evaluará la instalación con respecto a la categoría de Adecuación. Los resultados que se observarán en la planta serán un reflejo directo del cuidado con que se hayan implementado los Programas.

Un certificado de AIB International:

- Es un reconocimiento de que en el día de la inspección, la instalación alcanzó una Calificación dada, de acuerdo con las Normas Consolidadas de AIB International para Inspección.
- No es un certificado de cumplimiento (tal como lo sería un certificado de ISO)
- No tiene fecha de vencimiento.
- Está identificado como “anunciado” o “no anunciado.”
- Define cuáles áreas de la instalación fueron incluidas en la inspección.<sup>(13)</sup>

### **II.10.3.NORMAS COVENIN**

Es el organismo nacional de normalización, creado mediante el decreto 501 del 30 de Diciembre de 1958, su organización, integración y funciones por el decreto 1195 del 10 de enero de 1973. Estructuralmente la organización COVENIN sigue la línea vertical-piramidal adoptada por la organización internacional para la normalización

(I.S.O.), es una entidad central que coordina y dirige todas las actividades de normalización.

#### **II.10.3.1.Historia:**

Las operaciones de normalización empiezan en el país en 1949, cuando se planteó la necesidad de iniciar este proceso a escala nacional; En 1952 se esbozan las primeras ideas y proyectos para crear un instituto de normalización al estilo de los existentes en otros países de mayor grado de desarrollo, esto se concreta en 1958, con el establecimiento de la COMISION VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES "COVENIN" cuyo funcionamiento institucional no fue realmente posible sino muchos años después debido a que en su estructura no se consideraron algunos aspectos importantes.

#### **II.10.3.2.Funciones:**

- a) Establecer planes nacionales de normalización en base a los programas de desarrollo que adelanta el ejecutivo nacional.
- b) Representar a Venezuela en actividades que sobre Normalización Internacional adelanta la organización internacional ISO, la comisión Panamericana de normas técnicas, COPLANT, y la comisión electrotécnica internacional, CEI.
- c) Proponer al ministerio de fomento la adopción de normas Venezolanas COVENIN.
- d) Promover la aplicación de las normas Venezolanas COVENIN y recomendar al ministerio de fomento declarar de uso obligatorio aquellas normas que así lo requieren en atención al desarrollo industrial y a la protección tanto de la vida y salud como del consumidor.

### II.10.3.3.Aplicaciones:

Con el objeto de determinar las características de calidad de la manera más idónea, se recurre a la aplicación de las normas COVENIN en ciertos casos; La utilizadas son las siguientes:

- COVENIN 1553:1980. Cereales y leguminosas. Determinación de humedad.
- COVENIN 1295:82.Alimentos. Determinación de ácido ascórbico.
- COVENIN-ISO 10013:1995. Lineamientos para la elaboración de manuales de la calidad: Esta norma venezolana tiene por objeto suministrar lineamientos para la elaboración, preparación y control de manuales de calidad ajustado a las necesidades específicas del usuario.<sup>(14)</sup>
- COVENIN 2534:2000(ISO 17025:2000). Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración: Esta norma venezolana establece los requisitos generales que un laboratorio tiene que cumplir para que se reconozca la competencia para realizar ensayos y calibraciones incluyendo el muestreo. Esta norma cubre ensayos y calibraciones que se realizan utilizando métodos normalizados, no normalizados y métodos desarrollados por el laboratorio. Especialmente el interés en la aplicación de esta norma se enfoca en la sección de validación de métodos, donde validación es la confirmación por examen y la provisión de evidencias objetivas de que los requisitos particulares para un uso específico previsto son cumplidos.

El laboratorio debe validar métodos no normalizados, métodos diseñados por el laboratorio, métodos normalizados usados fuera del alcance proyectado y ampliaciones y modificaciones de métodos normalizados para confirmar que los métodos se ajustan al uso propuesto. La validación debe ser tan extensiva como sea necesario para cumplir con las necesidades en la aplicación o del campo de aplicación dada. El laboratorio debe registrar los

resultados obtenidos, el procedimiento usado para la validación y una declaración acerca de si el método se ajusta para el uso previsto.

Las técnicas usadas para la determinación del desempeño de un método deberían ser una o una combinación de las siguientes:

- a) Comparación de resultados alcanzados con otros métodos
- b) Comparaciones interlaboratorios
- c) Calibración usando patrones de referencia
- d) Evaluación sistemática de los factores que influyen en el resultado.
- e) Evaluación de la incertidumbre de los resultados basada sobre la comprensión científica de los principios teóricos del método y la experiencia práctica.<sup>(15)</sup>

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA GENERAL

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

#### **III.1. CONOCER EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LOS CEREALES TIPO HOJUELAS DE MAÍZ ORIGINAL, CEREALES EXPANDIDOS Y EL CONTROL DE CALIDAD ACTUAL EN LA PLANTA**

Se hicieron recorridos por las diferentes áreas de la planta, lo que abarca la línea de cereales expandidos y la línea de hojuelas de maíz a fin de conocer los equipos que las conforman, sus funciones, la manera en la que operan y las etapas que desempeñan en la fabricación de los cereales; todo esto con el apoyo de supervisores, operarios y ayudantes de producción.

Adicionalmente se realizó una inspección por el área de control de calidad, con el objetivo de conocer las actividades ejecutadas por esta área, la cual abarca análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales a materias primas, producto en proceso y productos terminados.

Con la finalidad de ampliar el conocimiento obtenido en la planta, se recopiló información bibliográfica concerniente a la fabricación de hojuelas de maíz y cereal expandido en forma de aro con sabor a frutas, con el fin de comprender el proceso y el funcionamiento de la maquinaria empleada en ambos procesos.

#### **III.2. INVESTIGAR LOS REQUISITOS DE CERTIFICACIÓN DE LAS NORMAS INTERNACIONALES AIB EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE ALIMENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE CALIDAD**

Se efectuó una revisión bibliográfica en manuales e internet y adicionalmente se realizaron consultas al personal especializado acerca de todos los requerimientos que exige la AIB Internacional para otorgar la certificación a una empresa

manufacturera de alimentos de consumo masivo, abarcando los requisitos que cumple la empresa actualmente y los que faltarían para cumplir con el programa de prerrequisitos AIB, debido a que la empresa se encuentra interesada en obtener una calificación óptima para optar a la certificación AIB.

Con la elaboración de los documentos de calidad validados en este proyecto, la empresa podrá subir el puntaje obtenido en la última inspección realizada por los auditores de la AIB, específicamente la auditoria en la sección de verificación de proceso.

### **III.3. DOCUMENTAR LOS PLANES DE MUESTREO ACTUALES E INEXISTENTES DE PRODUCTOS EN PROCESO PARA CEREALES TIPO HOJUELAS DE MAÍZ ORIGINAL Y CEREALES EXPANDIDOS EN LA EMPRESA**

Se realizó un estudio concerniente a todos los parámetros de calidad que deben ser controlados en cada uno de los productos a estudiar (densidad, humedad, color, dimensiones, recubrimiento, temperatura, presión, flujos de agua, entre otras) mediante entrevistas al personal capacitado, estudio de las especificaciones de cada uno de los productos involucrados, y análisis de los procesos.

Posteriormente se formularon los planes de muestreo y se documentaron en un formato que se diseñó para tal fin, definiendo para cada parámetro de calidad la etapa del proceso en la que se deberá ejecutar el muestreo, método de ensayo y/o instrucción de trabajo que aplica, formato de reporte de la misma, frecuencia del muestreo, rangos óptimos del parámetro, el punto exacto del muestreo, el tipo de muestra a evaluar y el responsable de la evaluación.

#### **III.4. ELABORAR Y/O ACTUALIZAR LOS MÉTODOS DE ENSAYOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD QUE PRESENTAN INESTABILIDAD PARA LOS CEREALES MANUFACTURADOS EN LA EMPRESA SEGÚN LOS LINEAMIENTOS DESCRITOS EN LA NORMA VENEZOLANA COVENIN 10013.**

Se diseñó un formato de presentación de los métodos de ensayo, mediante los lineamientos exigidos por la norma Venezolana COVENIN 10013:1995 Lineamientos para la elaboración de manuales de calidad, aplicándolos a todas las características de calidad monitoreadas en el área de control de calidad de la empresa.

En el caso de actualización de los métodos de ensayo se debió comprobar cada una de las secciones que conforman el documento cumplan con lo requerido, es decir que sea información apropiada para el propósito específico del método, sino ocurre de esta manera se establecerá una acción correctiva.

En el caso de diseño o desarrollo de los métodos de ensayo, se realizó una investigación sobre las posibles alternativas para ejecutar el método en normas COVENIN, bibliografía, internet, laboratorios externos a la empresa, entre otras y se seleccionará la más factible, en ciertos casos se estudiaron los manuales de los equipos involucrados en el análisis y a su vez su certificado de calibración.

#### **III.5. VALIDAR LOS MÉTODOS DE ENSAYO DE CONTROL DE CALIDAD ELABORADOS Y LOS ACTUALIZADOS**

La información documentada conto con la revisión detallada del Departamento de Aseguramiento de Calidad específicamente por la gerencia, para validar que dichos procedimientos apliquen de la manera más idónea posible en cada caso. Asimismo se aplicaron criterios definidos por la norma ISO 17025, para validación de métodos mediante un estudio de repetibilidad y reproducibilidad por el método media y rango (r & R). Dicho estudio se llevó a cabo aplicando el método del promedio y rango para determinar la repetibilidad y reproducibilidad en el sistema de medición aplicando cálculos numéricos.

Se consideró para el estudio a través del método anteriormente mencionado lo siguiente:

- Se obtienen una muestra con 10 partes que representen la variabilidad total del proceso.
- Se trabajo con dos operarios identificados como (A) y (B) respectivamente.
- Se procedió a calibrar el instrumento si esta es una operación usual dentro del proceso de medición.
- El operario (a) midió las 10 partes de una forma aleatoria. Una vez finalizada esta operación, el operario (b) midió las 10 partes en un orden diferente al realizado por (a)
- Se repitió el ciclo usando otro orden aleatorio para ambos operarios.

Adicionalmente se realizó el análisis de los resultados mediante gráficos de control de rango con la finalidad de detectar situaciones anómalas en el sistema de medición.

### **III.6. ANALIZAR LA DISPERSIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE CALIDAD MEDIANTE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS**

Se ejecutó un muestreo de los productos estudiados, el cual consistió en llevar a cabo las siguientes tareas: se recolectaron muestras, organizaron subgrupos y se calcularon los valores de las medidas de tendencia central (media aritmética, moda, mediana) y las medidas de dispersión (rango, desviación estándar y varianza) a las variables de interés (humedad y densidad) y las independientes (concentración de ácido ascórbico, dimensiones, entre otras) utilizando como software el programa estadístico SPSS y el paquete Excel también se emplearán herramientas estadísticas como: diagrama de Causa –Efecto, con el objetivo de diagnosticar las posibles causas que perturban el proceso, como prevenir dichas causas y por ende hacer mejoras al proceso.

### **III.7. EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES EJECUTADAS A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS**

Se evaluó el estado actual del proceso mediante la aplicación de gráficas de control, con la finalidad de detectar las causas asignables a variaciones en el proceso.

Luego se ejecutaron acciones correctivas, se verificó los avances obtenidos (disminución o desaparición del problema), mediante la recolección nuevamente de los datos con respecto a la nueva situación, a fin de comprobar si el proceso se encuentra en control estadístico. En este paso se emplearon los gráficos o cartas de control e histogramas de frecuencia, y se realizó una comparación de los resultados, con los obtenidos en el primer análisis de la situación inicial.

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

Este procedimiento se ilustra en la figura 16: Flujo de decisión de líneas de control.

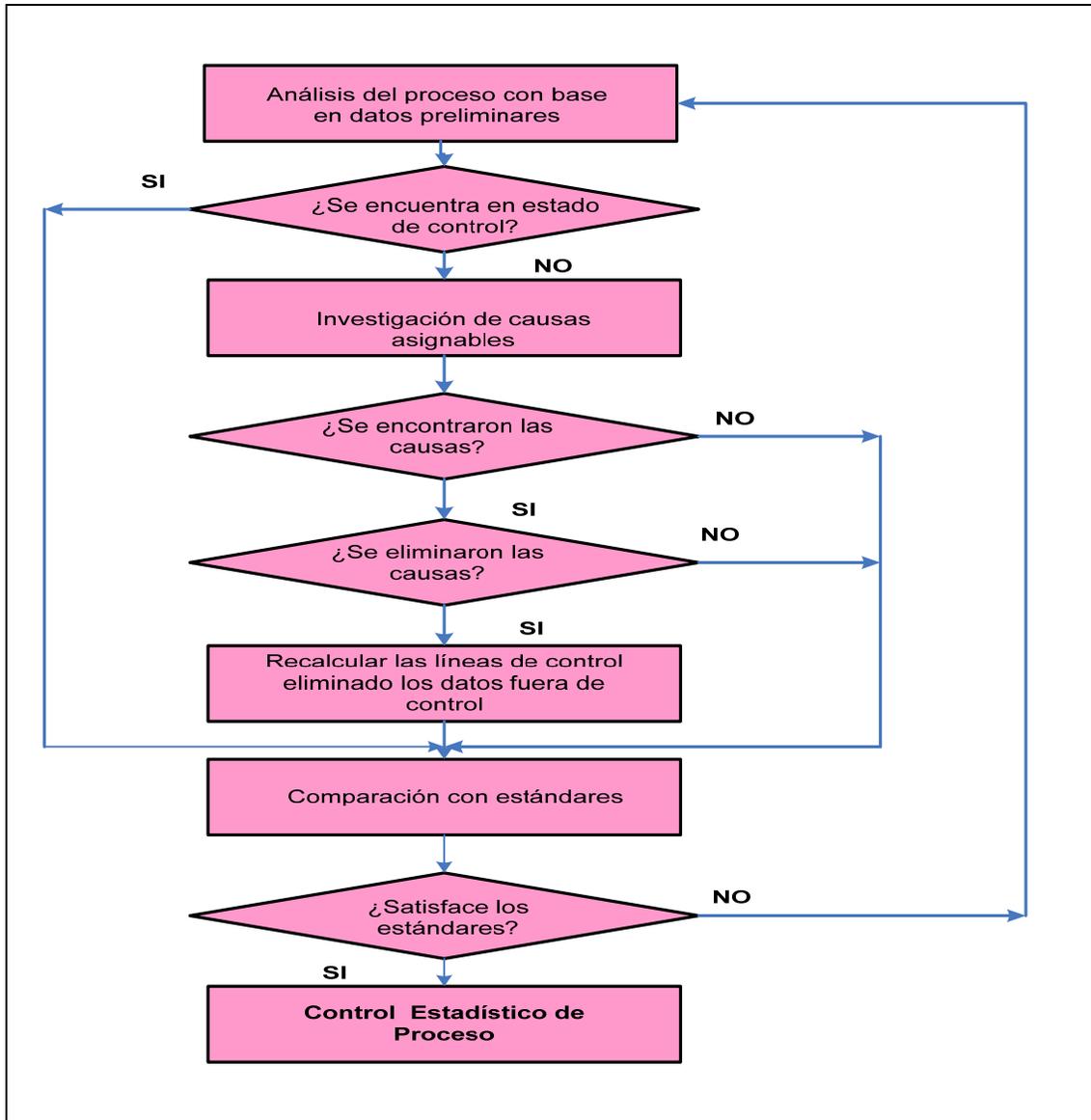


Figura 16. Flujo de decisión de líneas de control.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En el siguiente capítulo se presentarán los resultados obtenidos en este trabajo de grado, con su respectiva interpretación.

#### **IV.1 REQUISITOS PARA OBTENER LA CERTIFICACIÓN DE LAS NORMAS INTERNACIONALES AIB**

El objeto de la certificación es demostrar la capacidad para proporcionar regularmente productos que satisfacen los requisitos del cliente, los legales y reglamentos aplicables. Con esto se aspira aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua y el aseguramiento de la conformidad, con los requisitos del cliente, los requisitos legales y los reglamentos aplicables.<sup>(16)</sup>

AIB International cree firmemente en el valor de las inspecciones y considera que las Normas Consolidadas para la Inspección de Programas de Prerrequisito y de Seguridad de los Alimentos tienen un valor único para la industria de los alimentos. Sin embargo, AIB International es consciente del creciente interés en los programas de auditorías de certificación aceptados internacionalmente y está totalmente facultada para conducir auditorías en base a diversas normas de referencia.

Las Normas Consolidadas de AIB International para la Inspección de Programas de Prerrequisito y de Seguridad de los Alimentos son requerimientos clave con los cuales tiene que cumplir una instalación para mantener sus alimentos sanos e inocuos. Las normas también reflejan lo que un inspector desearía observar en una instalación que mantenga un ambiente seguro para el procesamiento de alimentos.<sup>(17)</sup>

Las Normas incluyen cinco Categorías:

### **1. Métodos Operativos y Prácticas del Personal**

*Recepción, almacenamiento, monitoreo, manejo y procesamiento de materias primas para laborar y distribuir un producto final inocuo.*

Las Normas de esta categoría están relacionadas con el manejo y procesamiento de alimentos. Las instalaciones tienen que confiar en que tanto el personal como los procesos y condiciones no generarán problemas de seguridad en los alimentos cuando reciban, transfieran, almacenen, transporten, manipulen o procesen materias primas para el producto final. Los Métodos Operativos y Normas para Prácticas del Personal muestran la manera en que una instalación puede evitar que las personas y los procesos contaminen un producto.<sup>(17)</sup>

### **2. Mantenimiento para la Seguridad de los Alimentos**

*Diseño, mantenimiento y manejo de equipos, edificios y terrenos para brindar un ambiente de producción higiénico, eficiente y confiable.*

Las Normas de esta categoría están relacionadas con equipos, terrenos y estructuras.

El diseño, construcción y mantenimiento de equipos y edificios son críticos para suministrar y conservar un ambiente seguro para los alimentos. Las Normas de Mantenimiento para la Seguridad de los Alimentos brindan las mejores prácticas para optimizar el diseño y cuidado de la instalación y de los equipos a fin de que sean fáciles de manejar y no causen problemas de sanidad o seguridad en los alimentos.<sup>(17)</sup>

### **3. Prácticas de Limpieza**

*Limpieza y sanitización de equipos, utensilios y edificios para brindar un ambiente de procesamiento sano y seguro.*

Las Normas de esta categoría están relacionadas con la limpieza y sanitización. Los métodos de limpieza y sanitización, los tipos de productos químicos utilizados, la

frecuencia de las actividades de limpieza y el control de microbios, todo ello tiene que realizarse en forma idónea para proteger a los alimentos contra preocupaciones de seguridad. Las Normas para Prácticas de Limpieza suministran pautas de limpieza para prevenir la contaminación.<sup>(17)</sup>

#### **4. Manejo Integrado de Plagas**

*Evaluación, monitoreo y manejo de la actividad de las plagas para identificar, prevenir y eliminar las condiciones que puedan estimular o sustentar una población de plagas.*

Las Normas de esta categoría están relacionadas con el manejo de plagas. Mientras que es importante eliminar las plagas de una instalación, es más importante evitar que las plagas tengan la oportunidad de desarrollarse en un ambiente de elaboración de alimentos. Las Normas para el Manejo Integrado de Plagas proporcionan estrategias de múltiples enfoques que garanticen que las plagas no adulteren los alimentos.<sup>(17)</sup>

#### **5. Adecuación de los Programas de Prerrequisito y de Seguridad de los Alimentos**

*Coordinación de sistemas de apoyo gerencial, equipos multifuncionales, documentación, educación, capacitación y monitoreo para garantizar que todos los departamentos de la instalación trabajen juntos en forma eficaz para ofrecer un producto final sano y seguro.*

Las Normas de esta categoría están relacionadas con la gestión y el trabajo en equipo. Es importante tener Programas en vigencia, pero si un Programa no se formaliza adecuadamente por medio del diseño, planificación, gestión, documentación y análisis, entonces los Programas de Prerrequisito dependerán únicamente de la persona de turno que esté realizando la actividad o tarea en un día particular. Las Normas de Adecuación garantizan que los Programas de Prerrequisito

estén diseñados e implementados minuciosamente para que tengan coherencia a través de todo el ámbito de la instalación.<sup>(17)</sup>

### **Calificaciones**

La calificación de la instalación se da en cuatro pasos:

1. **Evaluación:** Evaluación de la instalación en base a las Normas Consolidadas de AIB International para Inspección
2. **Puntaje de la Categoría:** Puntuación de la instalación dentro de cada Categoría basada en las peores observaciones encontradas en esa Categoría
3. **Puntaje Total:** Total de Puntajes de todas las Categorías
4. **Calificación:** Equivalente descriptivo del Puntaje Total

Los pasos 1 a 4 se describen a continuación:

#### **Paso 1: Evaluación**

1. Durante la inspección, el inspector toma notas de las observaciones realizadas acerca de la instalación.
2. Como parte de la inspección, el inspector evalúa la severidad de cada observación aplicando los criterios de la Tabla 2.

**Tabla 2.** Evaluaciones<sup>(17)</sup>

<b>Evaluación</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Descripción</b>
Problemas menores observados	PM	Sin potencial de contaminación
Mejora necesaria	MN	Un peligro <b>potencial</b> , una omisión parcial en el Programa o un hallazgo sobre la seguridad de los alimentos que no es coherente con las Normas. Si el peligro, omisión o hallazgo no se corrige, <b>podría</b> llevar al fracaso del programa.
Serio	S	Un riesgo <b>significativo</b> para la seguridad de los alimentos o riesgo de una falla en el Programa.
Insatisfactorio	I	Un peligro <b>inminente</b> para la seguridad de los alimentos, falla del Programa o desviación de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPMs).

**Paso 2: Puntaje de las Categorías**

1. En cada categoría, el inspector cuenta el total de observaciones de acuerdo con la severidad (Problemas Menores Observados, Mejora Necesaria, Serio o Insatisfactorio).
2. El inspector asigna un Rango de Puntaje de la Categoría en base a la Evaluación de las peores observaciones de la Categoría. Los Rangos de Puntaje de las Categorías se definen en la Tabla 3

**Tabla 3.** Rango de puntaje de categorías<sup>(17)</sup>

<b>Evaluación</b>	<b>Rango del puntaje de las categorías</b>
Ningún problema observado	200
Problemas menores observados	180 – 195
Mejora necesaria	160 – 175
Serio	140 – 155
Insatisfactorio	Menor o igual a 135

3. El inspector asigna un Puntaje final a cada Categoría en base a la severidad o cantidad total de las peores observaciones de la Categoría:
  - Si la severidad es baja o si la cantidad total de observaciones de una categoría es pequeña, entonces es probable que el Puntaje final de la Categoría esté en el extremo superior del Rango de Puntaje de la Categoría.
  - Si una observación es severa, o si el número total de observaciones es grande, entonces es probable que el Puntaje final de la Categoría esté en el extremo inferior del Rango de Puntaje de la Categoría.

### **Paso 3: Puntaje Total**

1. El inspector suma el total de todos los Puntajes de las Categorías para determinar el puntaje total.

### **Paso 4: Calificación**

1. El inspector usa el Puntaje Total para determinar la Calificación asignada tal como se describe en la Tabla 4.

**Tabla 4.**Calificaciones<sup>(17)</sup>

<b>Puntaje total</b>	<b>Calificación</b>
900-1000	Superior
800 – 895	Excelente
700 – 795	Aprobado
Menos de 700	Insatisfactorio

Entre la documentación realizada en este trabajo, que podrá solicitar un inspector durante una inspección se encuentra:

- Planes de muestreo: Son los procedimientos para tomar las muestras, hacer las pruebas e informar a lo largo del proceso.
- Métodos de ensayos validados: Son los procedimientos analíticos para determinar las características de calidad.

Un certificado de AIB International:

- Es un reconocimiento de que en el día de la inspección, la instalación alcanzó una Calificación dada, de acuerdo con las Normas Consolidadas de AIB International para Inspección.
- No es un certificado de cumplimiento (tal como lo sería una certificado de ISO)
- No tiene fecha de vencimiento.
- Define cuáles áreas de la instalación fueron incluidas en la inspección.

#### **IV.2 PLANES DE MUESTREO DE PRODUCTOS EN PROCESO**

La información levantada fue sometida a verificación, discusión, para su posterior aprobación. En el proceso de documentación se apreció como resultado de las entrevistas realizadas al personal (Ver tabla 5), que hay discrepancias relevantes en los criterios entre los facilitadores de calidad, en cuanto a la frecuencia, y análisis que se le realizan a las muestras de las diferentes áreas, para ello se tomaron decisiones al respecto previamente supervisado por el departamento de Aseguramiento de Calidad de la planta con la finalidad de obtener la planificación de muestreo mas idónea para la obtención de productos de mayor calidad.

Además se pudo comprobar que en los formatos de producción no están incluidos datos determinantes que afectan directamente la trazabilidad y el control de calidad por ello será sometidos a revisión con la finalidad de mejorarlos.

**Tabla 5.** Formato de entrevista para los planes de muestreo

	ENTREVISTA		PLAN DE MUESTREO			
	PRODUCTO:					
Entrevistado				Cargo		
<b>Etapas del proceso</b>	<b>Característica de calidad monitoreada</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Formato de reporte</b>	<b>Tipo de muestra</b>	<b>Punto de muestreo</b>	<b>Responsable de la evaluación</b>

En los documentos elaborados se muestra la característica de calidad que será monitoreada, la etapa del proceso a la cual ocurre el muestreo, la frecuencia del muestreo, el método de ensayo que aplica para la ejecución, la especificación, el formato de reporte y el responsable de la actividad.

Se elaboro el plan de muestreo para las hojuelas de maíz sabor original como producto en proceso, igualmente para los cereales expandidos en forma de aros con sabor a frutas tropicales. (Ver documentos elaborados en anexo 5 y anexo 6 respectivamente)

### **IV.3 MÉTODOS DE ENSAYOS DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD QUE PRESENTAN INESTABILIDAD**

Garantizando una presentación estándar en todos los documentos que soportan el sistema de calidad, se cumple con la norma COVENIN 10013 fijando los lineamientos, y estructura de cada una de sus partes, el formato diseñado para los métodos de ensayo se visualiza en el anexo 7.

Se crearon documentos que describen en forma detallada, paso a paso y secuencial, las actividades que puedan afectar la calidad de los cereales, dichos documentos poseen la siguiente estructura:

- **Objetivo:** Se describe que se logra con el cumplimiento de la actividad documentada.
- **Alcance:** Se identifica cuales áreas o equipos, considera y/o excluye la actividad.
- **Equipos, reactivos y materiales:** Se presenta un listado que incluye los diversos equipos, sustancias, utensilios o cualquier otro material que se necesite para realizar la actividad.
- **Referencias:** Se indica el código, nombre o cualquier otra información del documento relacionado con la actividad que se esta documentando.
- **Anexo:** Se muestran las tablas, figuras, listados y/o cualquier otro soporte del documento.
- **Instrucciones:** Se documenta la actividad

- Flujograma de actividades: Se indica la actividad o paso en secuencia lógica a realizar.
- Expresión de resultados: Se indica la presentación de los resultados del análisis: formulas a aplicar (cuando aplique), datos de referencia (cuando aplique) y unidades en la que se deben expresar los resultados (cuando aplique).

Se elaboraron los siguientes métodos de ensayo: determinación de humedad (ver anexo 8), determinación de densidad (ver anexo 9), determinación de ácido ascórbico (ver anexo 10), determinación de dimensiones (ver anexo 11), y determinación del porcentaje de recubrimiento en cereales expandidos (ver anexo 12).

#### IV.4 VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ENSAYO DE CONTROL DE CALIDAD

Cumpliendo con los requerimientos exigidos por la norma ISO 17025 en la sección de validación de métodos se realizó un estudio sobre el sistema de medición de cada método de ensayo elaborado, aplicando el método de promedio y rango se logra determinar la reproducibilidad y repetibilidad (r&R) en el sistema de medición.(ver tabla 6)

**Tabla 6.** Estudio de r&R por el método de media y rango para la humedad

Métodos de Ensayo	% Repetibilidad	%Reproducibilidad	%r&R	Resultado del Estudio
Determinación de humedad	4,36	0,86	4,44	<b>APTO</b>
Determinación de densidad	3,14	0,62	3,20	<b>APTO</b>
Determinación de vitamina	3,13	7,64	8,25	<b>APTO</b>
Determinación de dimensiones	9,77	0,69	9,79	<b>APTO</b>
Determinación de porcentaje de recubrimiento	7,22	2,99	7,82	<b>APTO</b>

Los criterios para aceptar el estudio de Repetibilidad & Reproducibilidad (r&R) son los siguientes:

- El método es **APTO** si:  $0\% < \%r\&R < 10\%$
- El método es APTO CON RESERVAS si:  $10\% < \%r\&R < 30\%$
- El método es NO APTO si:  $30\% < \%r\&R < 100\%$  <sup>(18)</sup>

Se observa en la tabla 6, que los métodos de ensayo son considerados aptos, en vista del porcentaje de repetibilidad y reproducibilidad (% r&R) se encuentra ubicado entre los rangos exigidos para tener esta calificación, es decir, que el porcentaje de r&R oscile entre 0% - 10%.

En la tabla 6 se aprecia que con este método es posible separar la repetibilidad de la reproducibilidad, en el caso de la determinación de dimensiones se aprecia que la repetibilidad tiene un valor de 9,77%, mientras que la reproducibilidad es 0,69%, y las razones de estas diferencias podrían estar entre las siguientes:

- El instrumento necesita mantenimiento
- El instrumento debe ser rediseñado

Cuando se presenta el caso contrario que la reproducibilidad es muy grande en comparación con la repetibilidad, la razón podría estar en las siguientes:

- El operario requiere ser entrenado mejor, en como leer y usar los instrumentos.
- La calibración del instrumento no está clara.
- La interacción operario – instrumento debe ser más eficiente. <sup>(18)</sup>

En la figura 17 que se muestra a continuación, se visualiza los gráficos de control de rango, de cada una de las mediciones aplicadas a los métodos de ensayo propuestos.

La medición consistió en ejecutar un muestreo para un tamaño de muestras igual a 10 partes, llevando a cabo dos ciclos de medición aleatorios para los dos operarios.

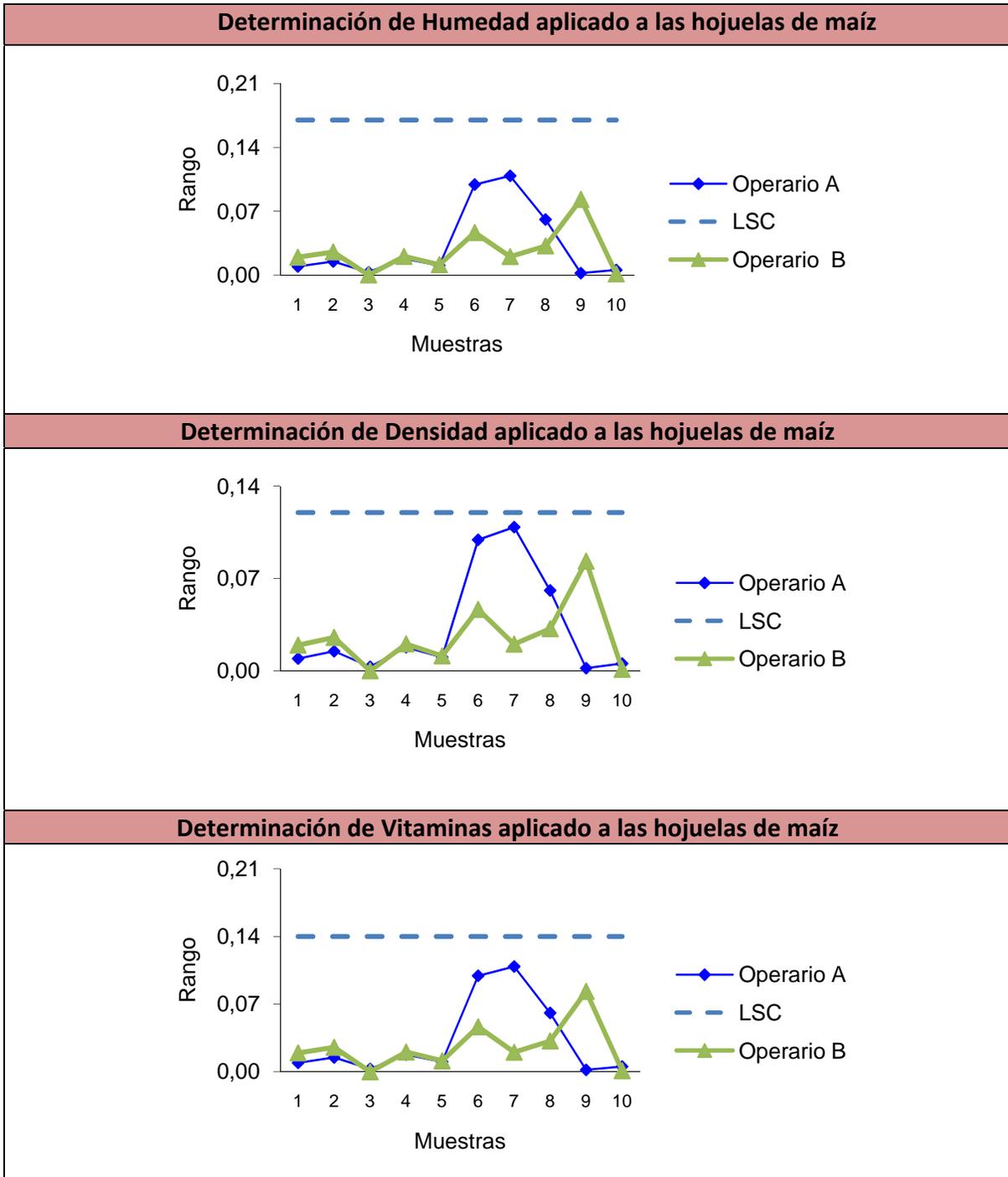
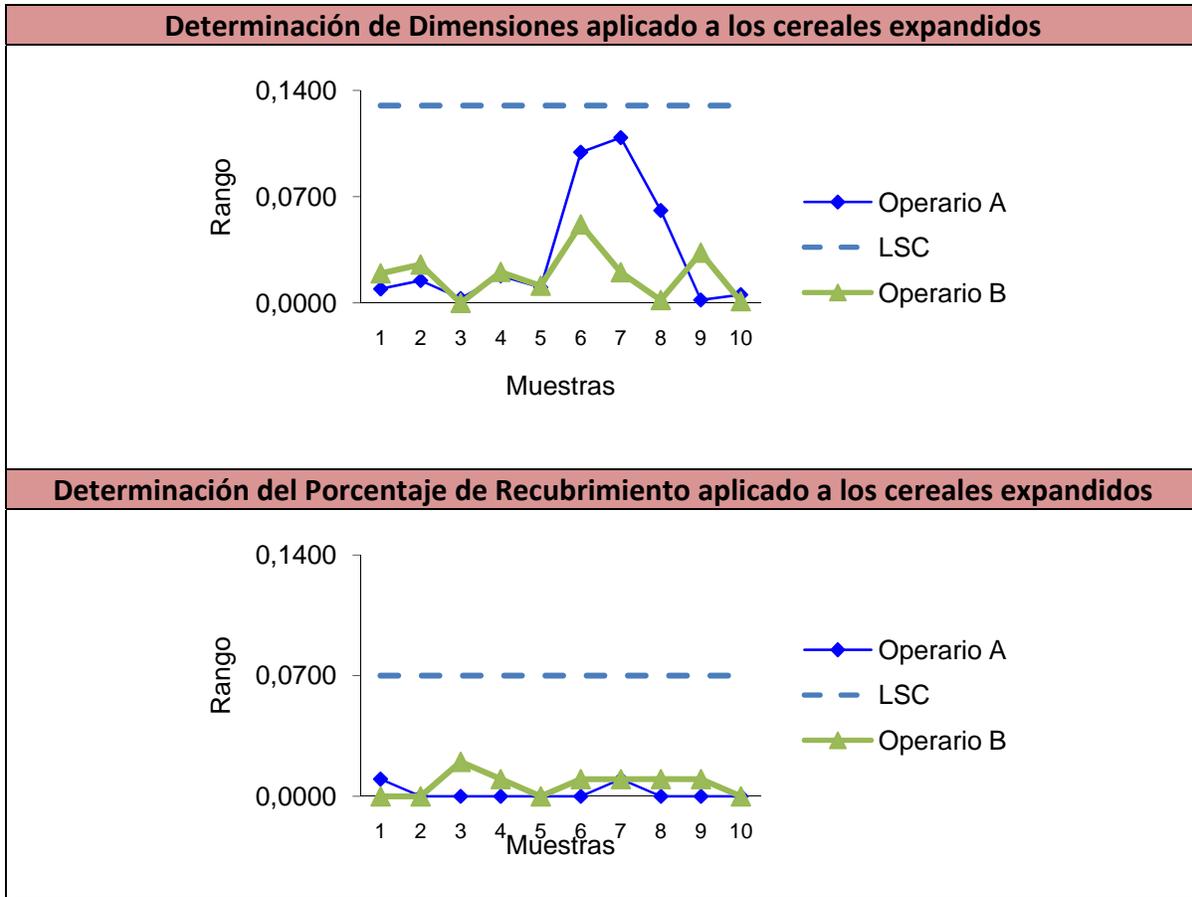


Figura 17. Gráficos de rango para validación de métodos



**Figura 17.** Gráficos de rango para validación de métodos (Continuación)

En la figura 17 se observa una serie de gráficos de control, que describen el comportamiento del sistema de medición aplicado a cada método de ensayo, en general se aprecia que las curvas para cada operario, no presenta anomalías en el sistema de medición debido a que están bajo control estadístico, en vista de que todos los datos se ubican dentro de los límites de control, lo que implica que todos los operarios hacen el trabajo en forma similar, es decir, que los métodos no son sensibles a las técnicas de los operarios.

Cabe resaltar que en las mediciones aplicadas a los siguientes métodos de ensayo: determinación de humedad, densidad, vitaminas y dimensiones; las gráficas indican que a partir de la quinta muestra analizada se reflejan variaciones en el rango de las mediciones esto evidencia que los operarios sienten cansancio físico que les impide tener una precisión constante.

### V.5 ANÁLISIS DE LA DISPERSIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL DE CALIDAD

Las características de calidad de la línea de cereales expandidos en la fase del muestreo preliminar, permitió determinar la situación inicial del proceso, presentan un amplio rango de desviación estándar, el cual va desde 0,27 a 6.23, como se observa en la Tabla 7. Dichos resultados fueron obtenidos empleado un tamaño de muestra de 150 unidades, agrupadas en 30 subgrupos de 5 unidades cada uno determinadas en un periodo de 30 días.

**Tabla 7.** Estado inicial de las medidas de tendencia central y las de dispersión en los cereales expandidos

Característica de calidad	Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión para un tiempo de 30 días			Rango	
	Media	Moda	Mediana	Rango	Desviación estándar	Varianza	Min	Máx.
Humedad 1 (%)	4,00	4,14	3,98	1,3	0,34	0,12	3,7	4,0
Humedad 2 (%)	2,33	2,28	2,3	1,58	0,27	0,07	2,0	3,0
Densidad 1 (g/gal)	82,08	79,8	80,7	34,5	6,23	38,81	75	80
Densidad 2 (g/gal)	114,27	116,2	114,2	27	6	36,01	106	120
Diámetro (mm)	16,28	16,12	16,16	1,76	0,42	0,17	16,9	19
Espesor (mm)	6,28	6,66	6,50	2,84	0,51	0,26	6,1	7,3
Recubrimiento (%)	30,68	n/a	30,62	16,72	3,00	9,01	30	35

Análogamente se observa en la tabla 8 la situación inicial en la línea de hojuelas de maíz originales con un rango de variación de la desviación estándar que va desde 0,28 a 5,41.

**Tabla 8.** Estado inicial de las medidas de tendencia central y las de dispersión en las hojuelas de maíz original

Característica de calidad	Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión para un tiempo de 30 días			Rango	
	Media	Moda	Mediana	Rango	Desviación estándar	Varianza	Min	Máx
Humedad (%)	3,35	3,14	3,14	1,1	0,28	0,08	1,8	2,5
Densidad (g/gal)	147,07	147,4	147,8	13,8	3,56	12,69	125	161
Vitamina (mgac.as/100g)	43,77	n/a	44,45	29,56	5,41	29,3	40	60

Es de resaltar que la característica de calidad que presenta la más alta variabilidad en los cereales expandidos es la densidad mientras que en las hojuelas es la vitamina, es decir, estas características presentan mayor alejamiento de las medidas de tendencia central; y a su vez presenta mayor dispersión según los rangos obtenidos respectivamente.

La realización de la evaluación de la situación inicial permite caracterizar al proceso como un proceso de alta variabilidad, debido al valor promedio que arroja la desviación estándar del muestreo de las características de calidad de los cereales expandidos es 2,40 y para las hojuelas de maíz original es 3,08.

Las gráficas de control que se muestran durante el análisis del estado inicial de los productos estudiados, identifican a los procesos como fuera de control, debido a la presencia de patrones no aleatorios, y puntos que sobrepasan los límites de control; ya que la variabilidad de los procesos es mayor a la natural y tanto la media como la desviación estándar no son estables, es decir, el comportamiento del proceso no es predecible en el tiempo.

Con la aplicación de los histogramas de frecuencia, a los dos productos de interés fue posible comparar la situación inicial con las especificaciones previamente establecidas para cada característica de calidad, y determinar en que grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta que punto existe desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones. Este resultado se ilustra en las tablas 9 y 10 respectivamente.

**Tabla 9.** Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en los cereales expandidos

Parámetro de Calidad	% Fuera de especificación en la situación inicial	Rango de Especificación	
		Inferior	Superior
Humedad 1 (%)	57,7	3,7	4,0
Humedad 2 (%)	3,8	2,0	3,0
Densidad 1 (g/gal)	53,8	75	80
Densidad 2 (g/gal)	19,2	106	120
Diámetro (mm)	90	16,9	19
Espesor (mm)	20	6,1	7,3
Recubrimiento (%)	40	30	35

Se aprecia en el caso de los cereales expandidos como variable crítica la representa el diámetro puesto que el 90% de los cereales producidos no cumple con la especificación asignada a esta variable, y a su vez pero en menor proporción la humedad y densidad con 57,7% y 53,8% respectivamente fuera de especificación en el estado inicial.

En la tabla 10 se presenta el porcentaje fuera de especificación de cada uno de los parámetros de calidad monitoreados para las hojuelas de maíz.

**Tabla 10.** Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en las hojuelas originales

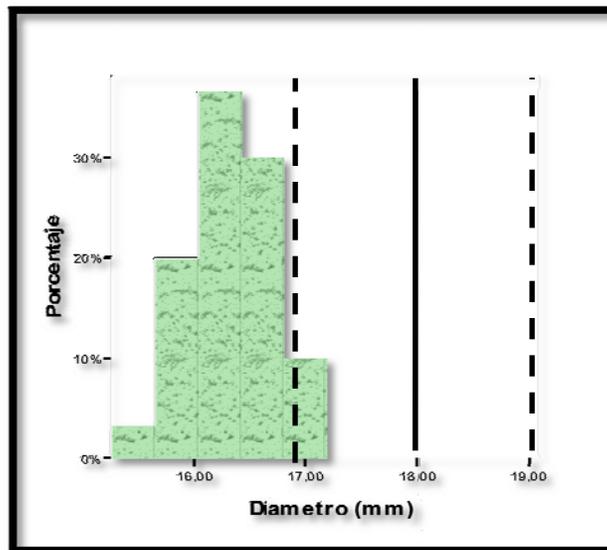
Parámetro de Calidad	% Fuera de especificación en la situación inicial	Rango de Especificación	
		Inferior	Superior
Humedad (%)	100	1,8	2,5
Densidad (g/gal)	0	125	161
Vitaminas (mg Ac. As/100g)	20	40	60

Para las hojuelas de maíz originales se tienen un 100% de los productos incumpliendo con la especificación asignada para la humedad, lo que permite definir esta variable como la variable crítica de este proceso.

En los cereales manufacturados en la empresa, con frecuencia ocurren en los procesos de producción, causas asignables, al azar, que ocasionan un estado fuera de control en el que una proporción mayor de la salida del proceso no cumple con los requerimientos de especificación. A continuación, se analizan las cartas de control e histogramas de frecuencias de la situación inicial de las variables críticas mencionadas anteriormente de

los cereales, los cuales constituyen las características de calidad de mayor variabilidad en los cereales estudiados. Los gráficos de control e histogramas del resto de las características se encuentran en los anexos 13 y 14, respectivamente.

En la figura 18 se observa el histograma de frecuencia del diámetro en los cereales expandidos en la situación inicial, se aprecia como el 90% del producto incumple la especificación establecida para el cereal expandido, por lo que el diámetro del producto manufacturado es mucho menor al idóneo para cumplir con las pruebas de calidad fisicoquímicas y sensoriales aplicadas al producto.



**Figura 18.** Histograma de frecuencia del diámetro en los cereales expandidos en la situación inicial

Se aprecia en la figura 19 los histogramas de frecuencia de la humedad en los cereales expandidos, la variable humedad monitoreada en la primera etapa de secado (humedad 1) esta arrojando un 57,7% de productos fuera de especificación, aunque posteriormente en la segunda etapa de secado solo existe una desviación de 3,8% de las especificaciones, lo que constituye una mejora significativa a la producción del proceso.

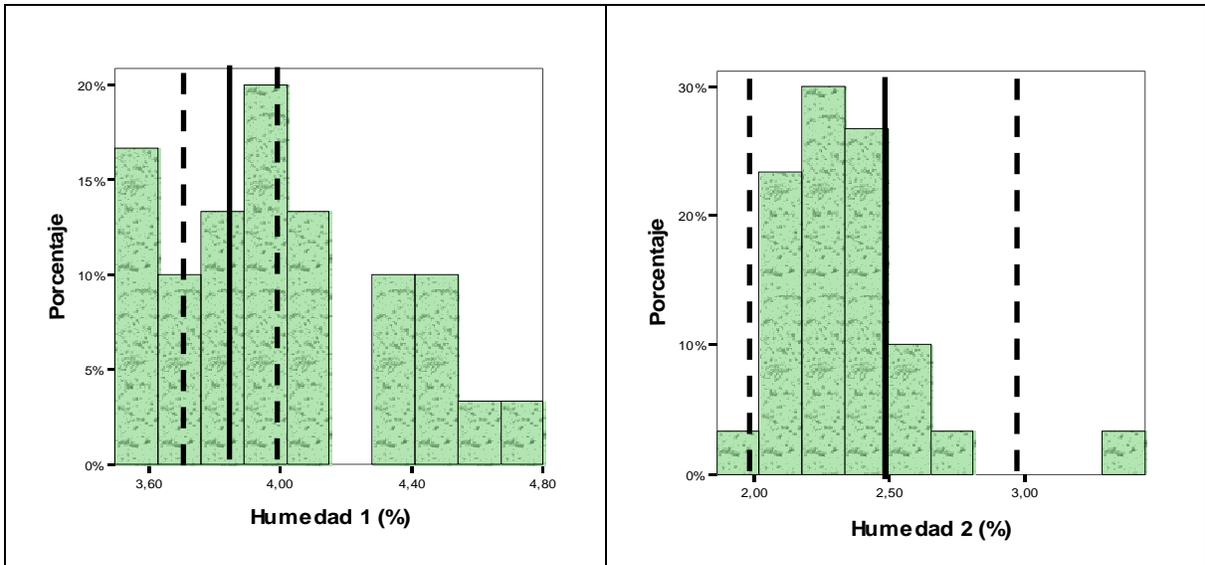


Figura 19. Histogramas de frecuencia de la humedad en los cereales expandidos en la situación inicial

Similar al comportamiento que presenta la humedad se encuentra la variable densidad, con una variación del 53,8% en la primera etapa en la salida del secador 1 (densidad 1) con una reducción del 19,2% en la salida del segundo secador (densidad 2). (Ver figura 20)

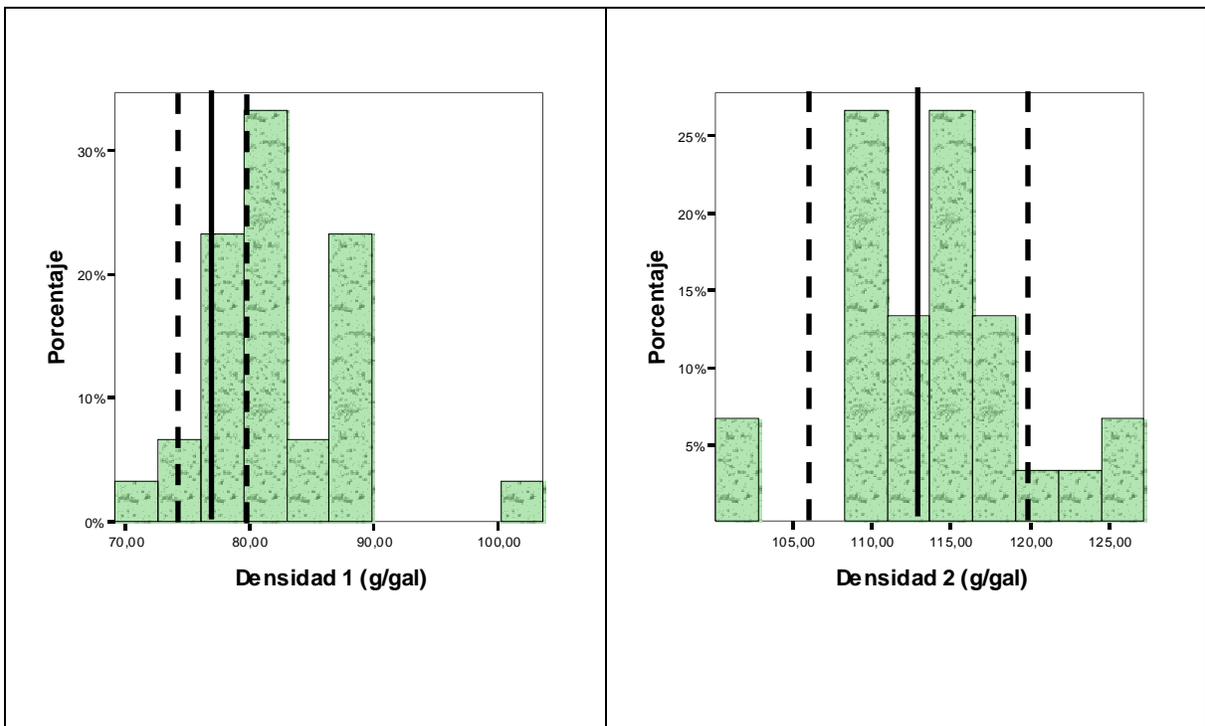
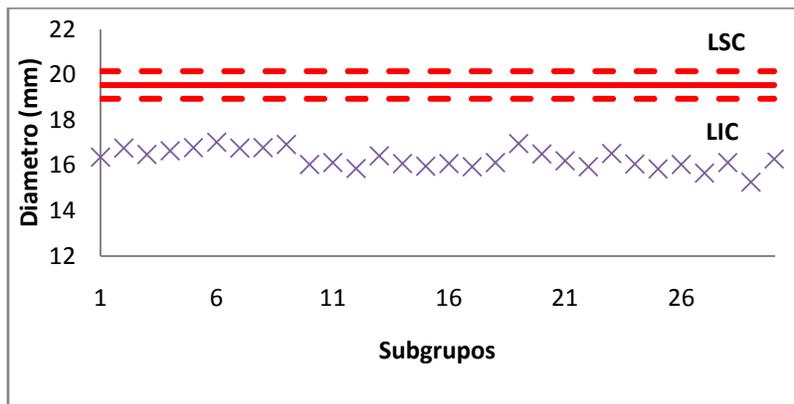


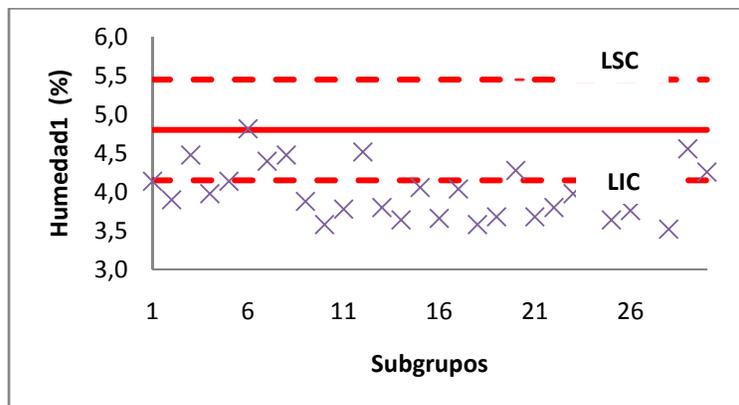
Figura 20. Histogramas de frecuencia de la densidad en los cereales expandidos en la situación inicial

Las características de calidad críticas en los cereales expandidos no se encuentran en control estadístico de proceso, la figura 21 representa la gráfica de control del comportamiento inicial del diámetro en función de los subgrupos, en dicha gráfica es posible identificar que todos los datos se encuentran fuera de los límites de control, lo que indica que el proceso es inestable y es necesario determinar cuales son las causas asignables a esta variación, para tomar acciones correctivas en el proceso ya que la totalidad de la producción se encuentra como un producto rechazado.



**Figura 21.** Situación inicial del diámetro en los cereales expandidos a través de la gráfica de control de X.

Igualmente ocurre con la variable humedad, tanto la humedad 1 (ver figura 22) como la humedad 2 (ver figura 23), poseen datos fuera de los límites de control, esta problemática se percibe con mayor pronunciación con respecto a la densidad (figura 24 y figura 25 respectivamente), puesto que para la humedad existe una serie de datos dentro de los límites de control.



**Figura 22.** Situación inicial de la humedad 1 en cereal expandido a través de la gráfica de control X

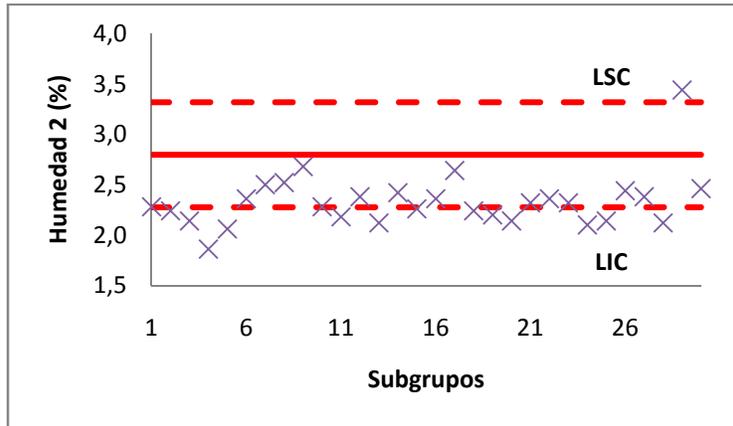


Figura 23. Situación inicial de la humedad 2 en cereal expandido a través de la gráfica de control X

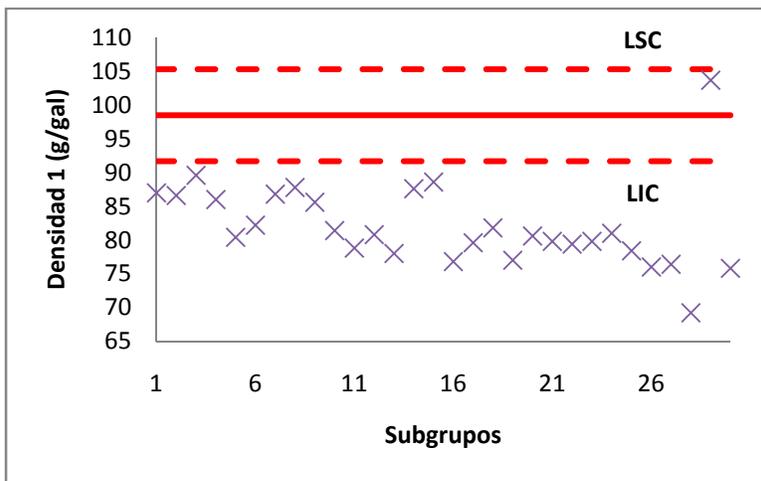


Figura 24. Situación inicial de la densidad 1 en cereal expandido a través de la gráfica de control X

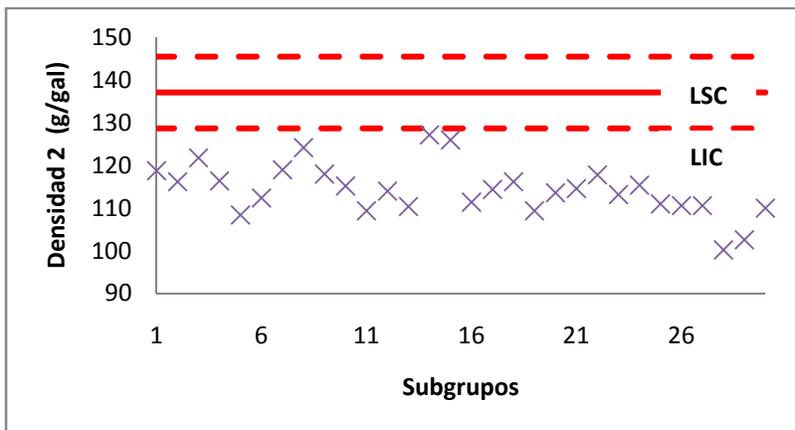
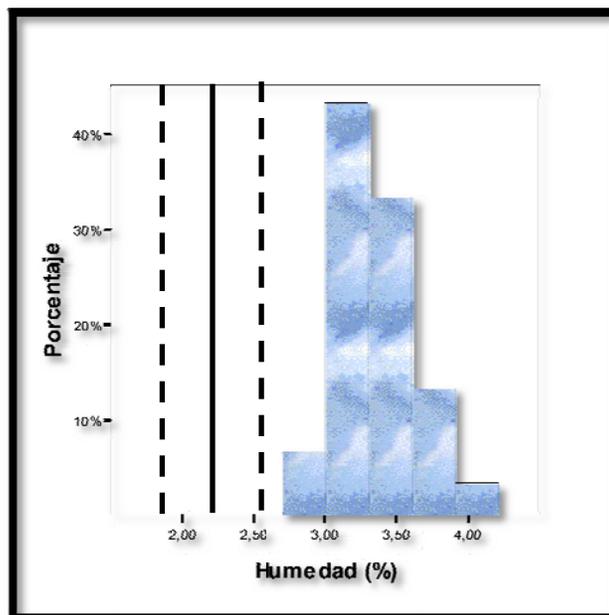


Figura 25. Situación inicial de la densidad 2 en cereal expandido a través de la gráfica de control X

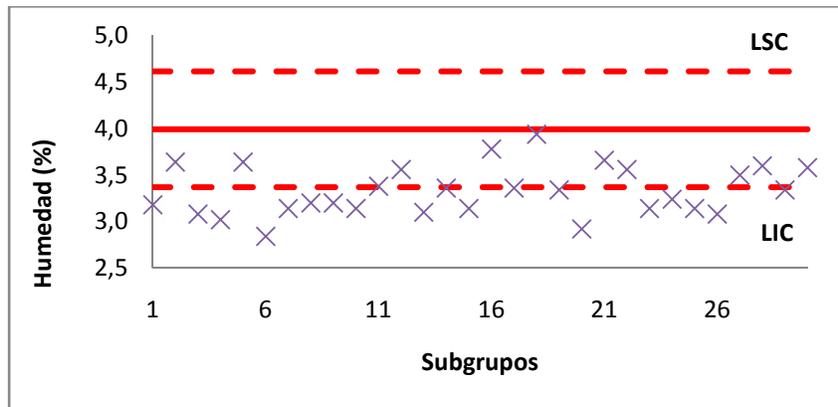
La humedad monitoreada en las hojuelas de maíz constituye una variable de calidad crítica o sensible en el proceso, ya que se puede observar en la figura 26 que el 100% de la producción no cumple con la especificación establecida para la misma. Lo que representa un lote de producción cuyas características no cumple con lo deseado por el Departamento de Aseguramiento de Calidad, lo que origina como consecuencia el rechazo de la producción total o tomar acciones de reproceso del producto, ambas acciones indican un retraso en la producción en esta línea.

En la figura 26 se presenta el histograma del porcentaje de frecuencia de la humedad en las hojuelas de maíz, en este gráfico se encuentra que el proceso se encuentra desplazado hacia la derecha con una media mayor al límite de especificación, lo cual justifica que el mayor porcentaje de productos se encuentra por encima del rango de especificación. El resto de las variables de calidad monitoreadas para este producto se presentan en los anexos (15 y 16) donde se ejemplifican las gráficas de control y los histogramas de frecuencia respectivamente.



**Figura 26.** Histograma de frecuencia de la humedad en las hojuelas de maíz original en la situación inicial

La figura 27 esboza el comportamiento de la humedad de las hojuelas de maíz en función de los subgrupos y refleja un estado fuera de control para esta variable, debido a la presencia de puntos que rebasan los límites de control, específicamente por debajo del límite inferior de control, indicando que el proceso no es satisfactorio y requiere procedimientos correctivos.



**Figura 27.** Situación inicial de la humedad en las hojuelas originales a través de la gráfica de control X

#### IV.5.1. ANALISIS DE LAS CAUSAS DE LAS VARIACIONES EN LOS PARAMETROS DE CALIDAD EN LOS CEREALES EXPANDIDOS.

En la figura 28 se muestra un diagrama causa – efecto (CE), en el cual se exponen las posibles causas de la variación del diámetro en el cereal expandido.

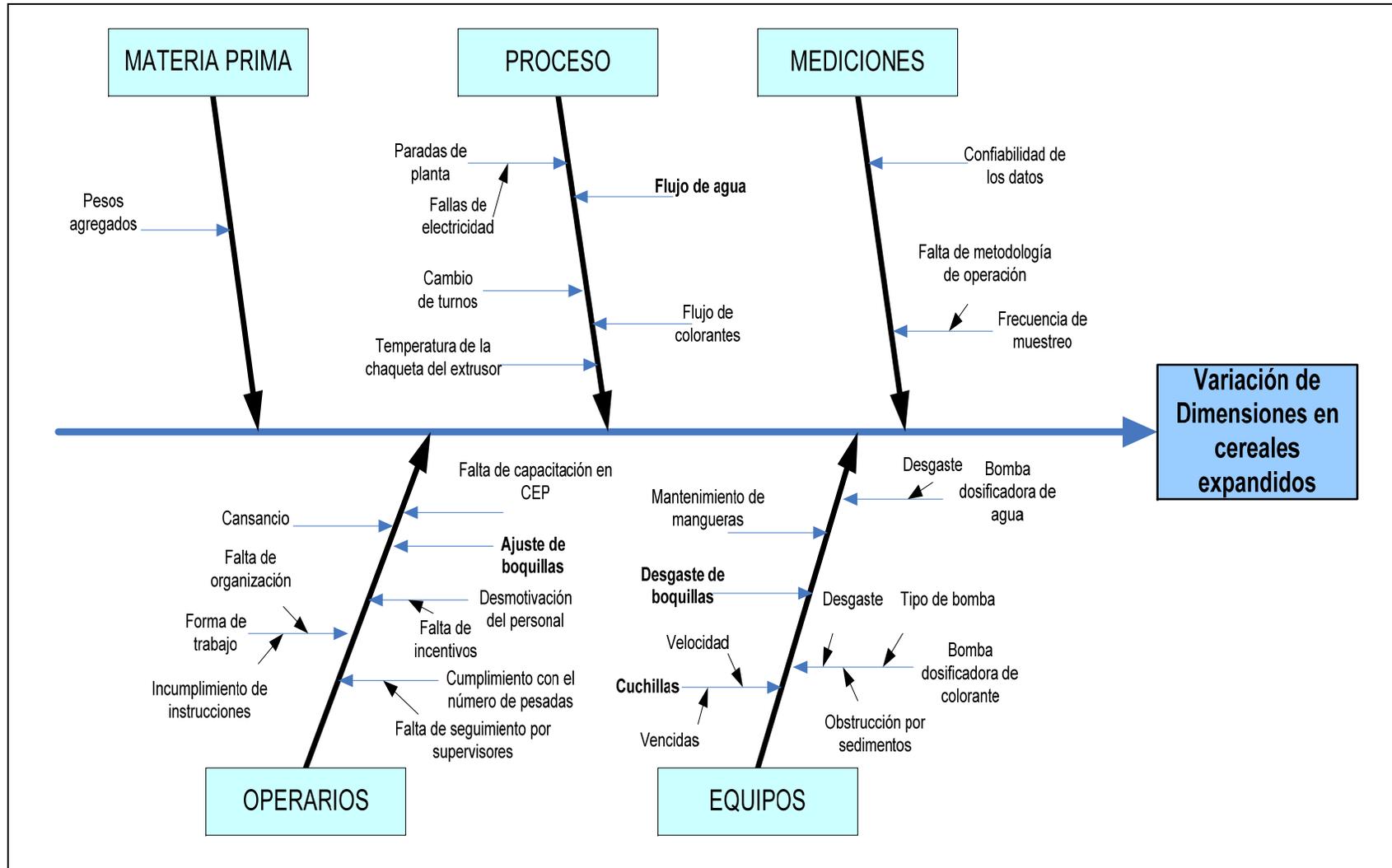


Figura 28. Causas de la variación de las dimensiones en el cereal expandido

Como se observa en la Figura 28 la variación de las dimensiones (diámetro y espesor) del cereal expandido es debido a un sin número de causas, que van desde flujo de agua y colorante en el extrusor, hasta la falta de metodología de operación y la pericia del operador del equipo.

La confirmación de las causas raíz se llevó a cabo en base a un consenso desarrollado con los facilitadores de calidad, los operadores y supervisores de la línea de cereal, en el cual se les dio prioridad a las fuentes de variación vinculadas con el proceso, específicamente el flujo de agua añadido al extrusor, el cual afecta al diámetro mientras que el espesor se ve influenciado por el estado de las cuchillas del extrusor, lo que incluye el mellado y la velocidad que el operador le otorga a las mismas.

Se comprobó que a mayor flujo de agua, menor será el diámetro del producto a la salida del extrusor, por esto se consideró como causa – raíz del problema las variaciones inherentes a la bomba dosificadora de agua.

Asimismo el flujo de colorante (que posee cierta cantidad de agua) ingresado al sistema, tiene influencia en el diámetro del producto, pero como no es posible modificar esta variable porque podría afectar la proporción de colores en el producto final se descarta como posible variable manipulable.

Y las otras posibles causas de variaciones que fueron solucionadas, y por ende descartadas como causa raíz son las siguientes:

- Adquisición de boquillas nuevas para el extrusor.
- Mantenimiento de mangueras dosificadoras de colorante.
- Cambio de cuchillas periódicamente debido a desgaste (mellado).

Por todo esto se manipula el flujo de agua ingresado al extrusor, con la finalidad de obtener un producto que cumplan con lo exigido por el departamento de control de calidad. Se disminuye el flujo de agua con el objetivo de aumentar el diámetro.

En figura 29 se muestra un diagrama causa – efecto (CE), en el cual se exponen las posibles causas de la variación de la humedad en el cereal expandido.

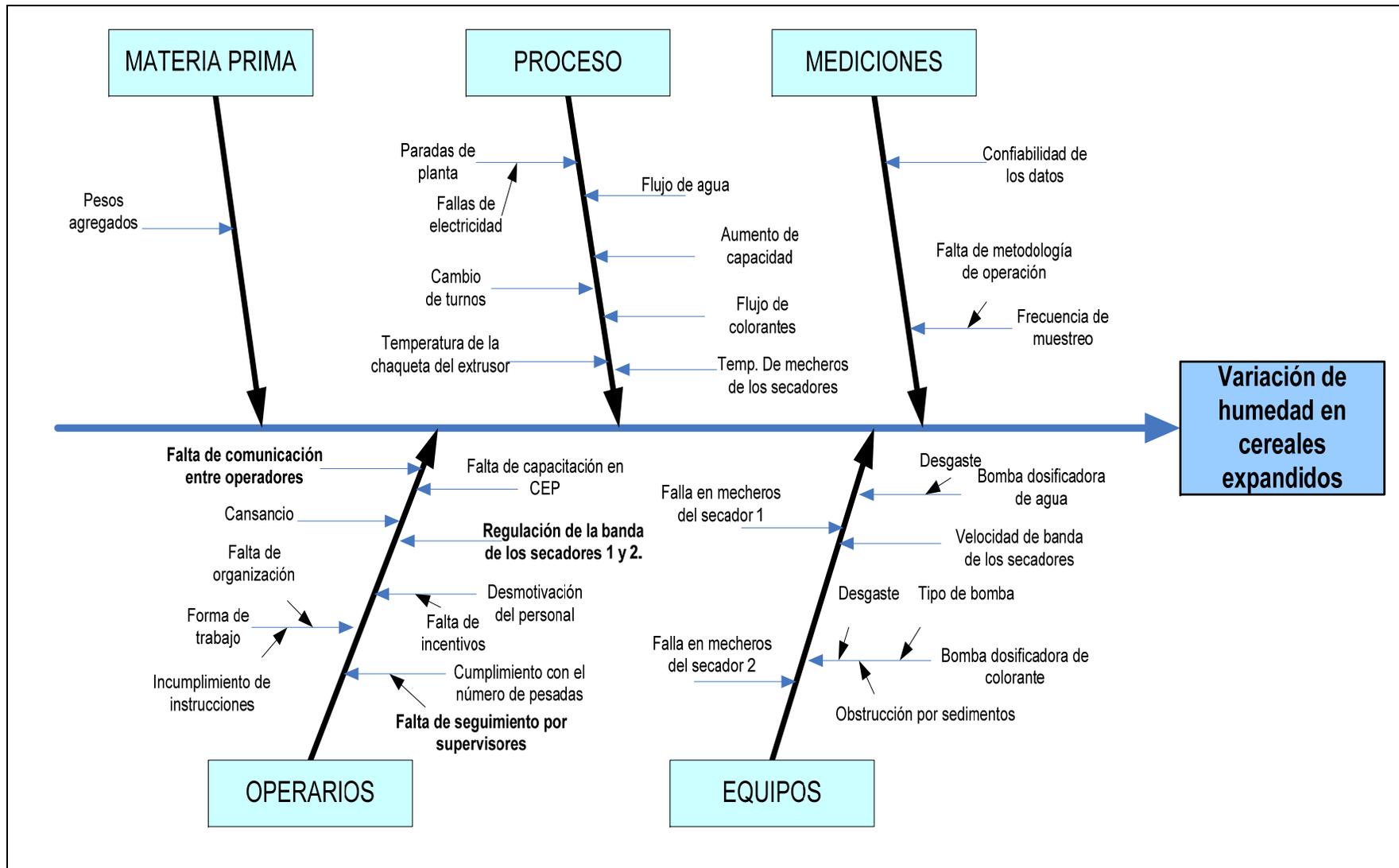


Figura 29. Causa de la variación en la humedad en el cereal expandido

En la figura 29 se presentan las causas que originan las variaciones en la humedad, en el cereal expandido, este parámetro de calidad se ve influenciado por la modificación que se realicen para obtener el ajuste del diámetro, puesto que involucra la cantidad de agua que tendrá el sistema, ya que indirectamente se logra disminuir el porcentaje de humedad que se encuentra fuera de especificación con la variación en el flujo de agua (disminución).

A pesar de ello se determinó, a partir de la lluvias de ideas realizadas en planta que la causa raíz de esta variación se enfoca en la falta de comunicación entre los operadores cuando ocurren cambios en la capacidad de producción, según sea el tamaño de la producción se requiere modificar los parámetros: temperaturas de los mecheros y la velocidad de las bandas de los secadores, en función de la capacidad de producción que se este manejando, dichas tareas les corresponden a los operadores de cada equipo respectivamente.

Esto requirió del apoyo del personal de producción, mediante la implementación de supervisión constante a los operadores durante el arranque del proceso productivo.

En figura 30 se muestra un diagrama causa – efecto (CE), en el cual se exponen las posibles causas de la variación de la densidad en el cereal expandido.

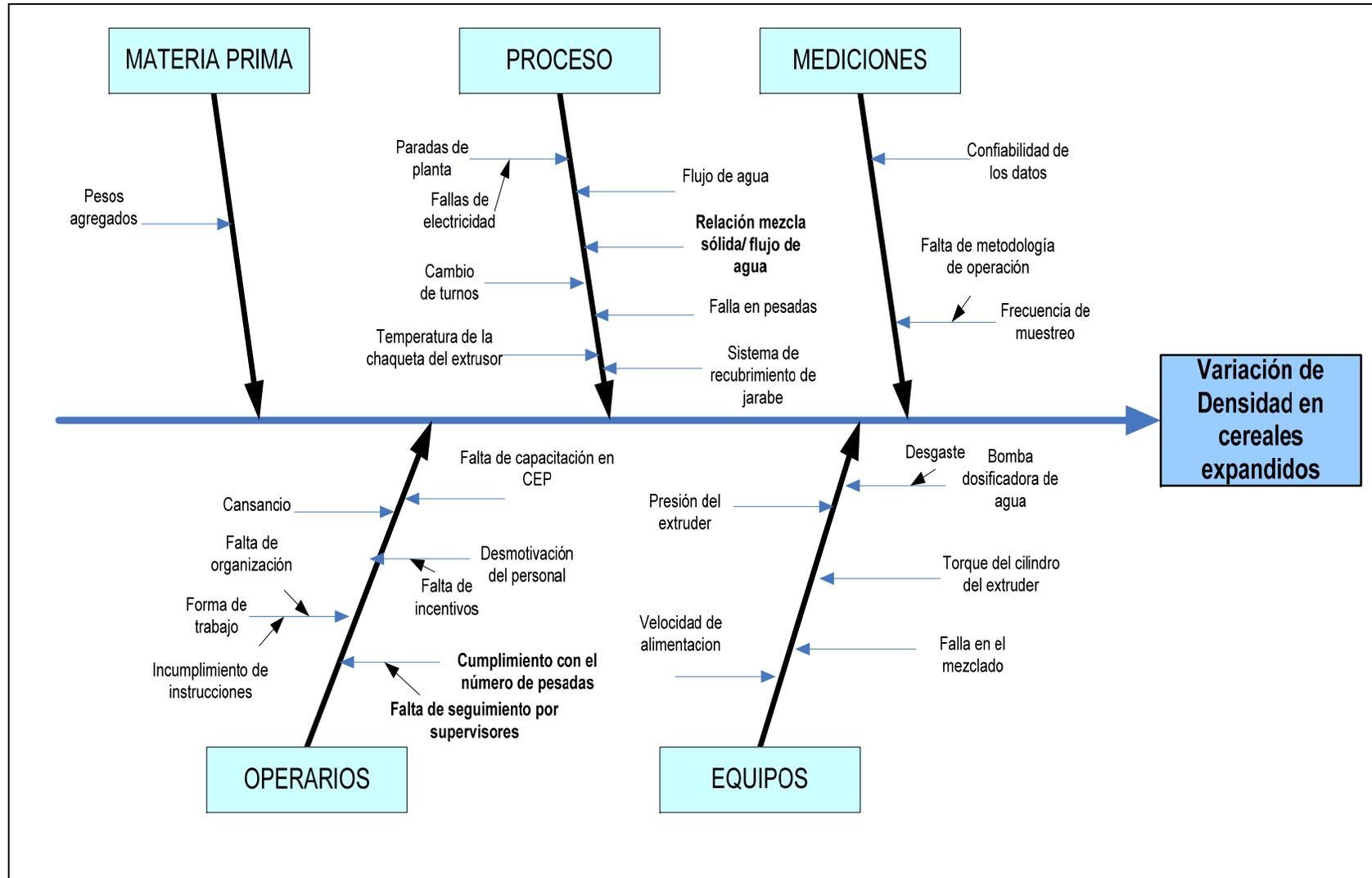


Figura 30. Causa de la variación de la densidad en el cereal expandido

En la figura 30 se representan el diagrama causa – efecto de la variación de la característica de calidad densidad para los cereales expandidos, la causa raíz de la variación de la densidad la constituye principalmente la relación entre la cantidad de mezcla sólida y el flujo de agua presente en el extrusor, las pesadas de mezcla sólida la realizan los operadores al inicio de cada producción para corregir errores en este punto del proceso se incrementa la supervisión del personal de producción, para garantizar los valores idóneos. Por otra parte se presenta nuevamente la situación de que la variación en este parámetro se ve influenciado por el ajuste realizado en el flujo de agua introducido al sistema en el extrusor para modificar las dimensiones del producto.

Cabe resaltar que el monitoreo de esta variable se realiza en dos etapas de la producción con la finalidad de lograr determinar posteriormente el porcentaje de recubrimiento en el cereal expandido, con una relación entre la humedad y densidad antes y después de la etapa de recubrimiento.

#### **IV.5.2. ANALISIS DE LAS CAUSAS DE LAS VARIACIONES EN LOS PARAMETROS DE CALIDAD EN LAS HOJUELAS ORIGINALES**

En la figura 31 se muestra un diagrama causa – efecto (CE), en el cual se exponen las posibles causas de la variación de la humedad en las hojuelas de maíz original.

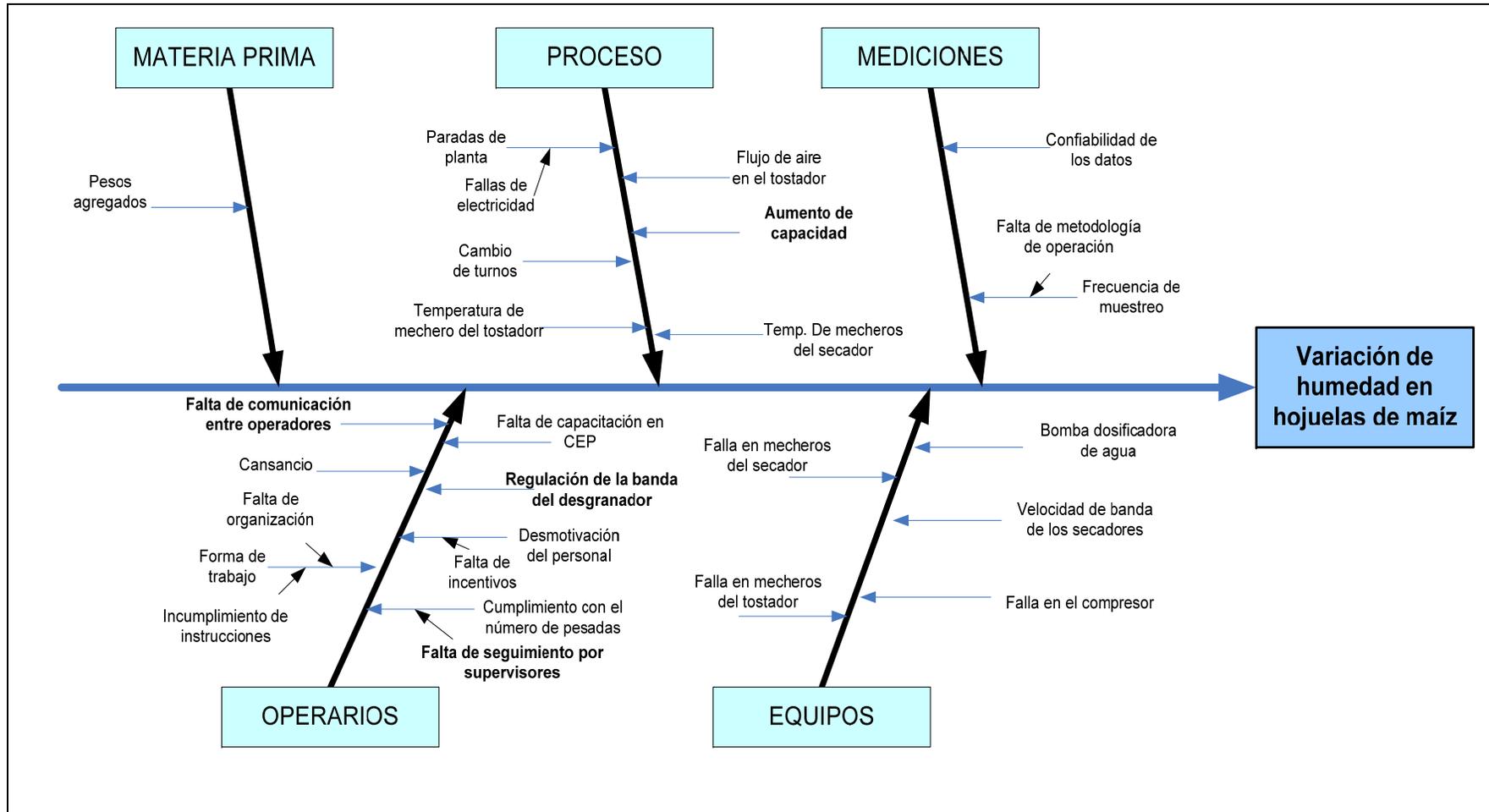


Figura 31. Causas de la variación de la humedad en las hojuelas de maíz original

En la figura 31 se observa el diagrama causa – efecto de la variación de la humedad en las hojuelas de maíz original, con esta herramienta se determinó que las posibles causas que generan dicha variabilidad, se aprecia que existen una gran gama de causas que van desde la falta de comunicación de los operadores hasta fallas en algunos equipos involucrados en el proceso.

Luego de la lluvia de ideas y la realización de una discusión con el personal de planta se decidió que la causa mas común para generar este tipo de variación, la arroja la pericia de los operadores, que por descuido de los paneles de control no logran verificar constantemente que las temperaturas de los mecheros concuerde con la velocidad del desgranador que es el que determina el tamaño de la producción. (Capacidad del proceso)

Mediante la manipulación de la velocidad del desgranador en el proceso se determina la camada de producción que se ejecutará, y según el tamaño de dicha camada se debe ajustar ciertos parámetros del proceso, esta tarea le corresponde a los operadores, por este motivo se les otorga la causa principal de la variación, es decir que la causa raíz del problema están sujetas a los operarios, que se encargan de la manipulación de los equipos correspondientes.

#### **IV.6. EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES EJECUTADAS A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS.**

Posterior a la selección de las causas asignables de las variaciones encontradas en la situación inicial y a la implementación de las acciones correctivas aplicada según fuese el caso, fue posible realizar un muestreo que permitió observar la efectividad de las acciones ejecutadas la cual va desde la disminución de la variación hasta la eliminación total de la problemática en algunos parámetros de calidad.

Se puede apreciar como el proceso de manufactura de los cereales expandidos se encuentra bajo control estadístico, luego de tomar las acciones correctivas, lo que permitió optimizar la producción mediante la eliminación de productos defectuosos que generaban actividades de reproceso cuando se encontraban alertados y cuando el estado

del producto era rechazado se procedía al desecho del mismo. Lo que implicaba pérdidas de dinero y tiempo.

A continuación se exponen una serie de gráficas de control correspondiente a las variables críticas para los cereales expandidos luego de las acciones correctivas

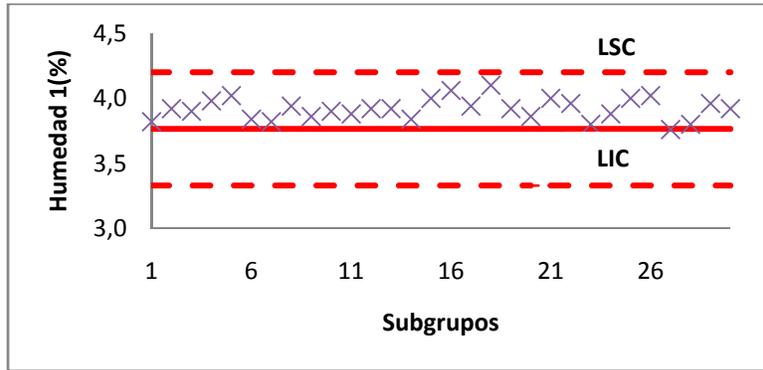


Figura 32. Situación final de la humedad 1 a través de la gráfica de control de X

Se aprecia en la figura 32 la situación final de la variable humedad en función de los subgrupos definidos, se visualiza los datos dentro de los límites de control lo que indica mejoras al proceso en esta etapa de producción adicionalmente se evidencia la presencia de un patrón de datos establecido por Juran que representados por la prueba 2, que implica nueve puntos seguidos en la zona mas cercana a la línea central representa una situación normal.

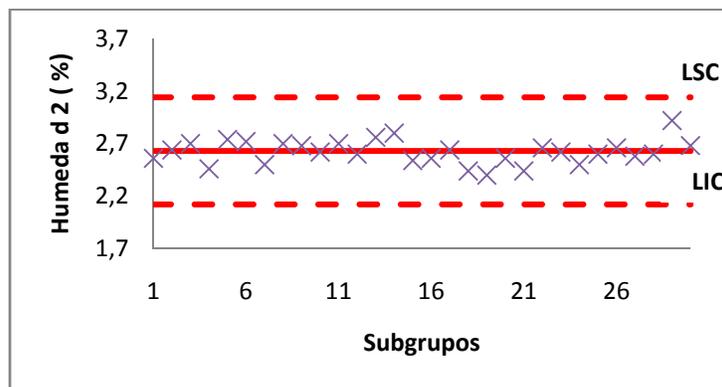
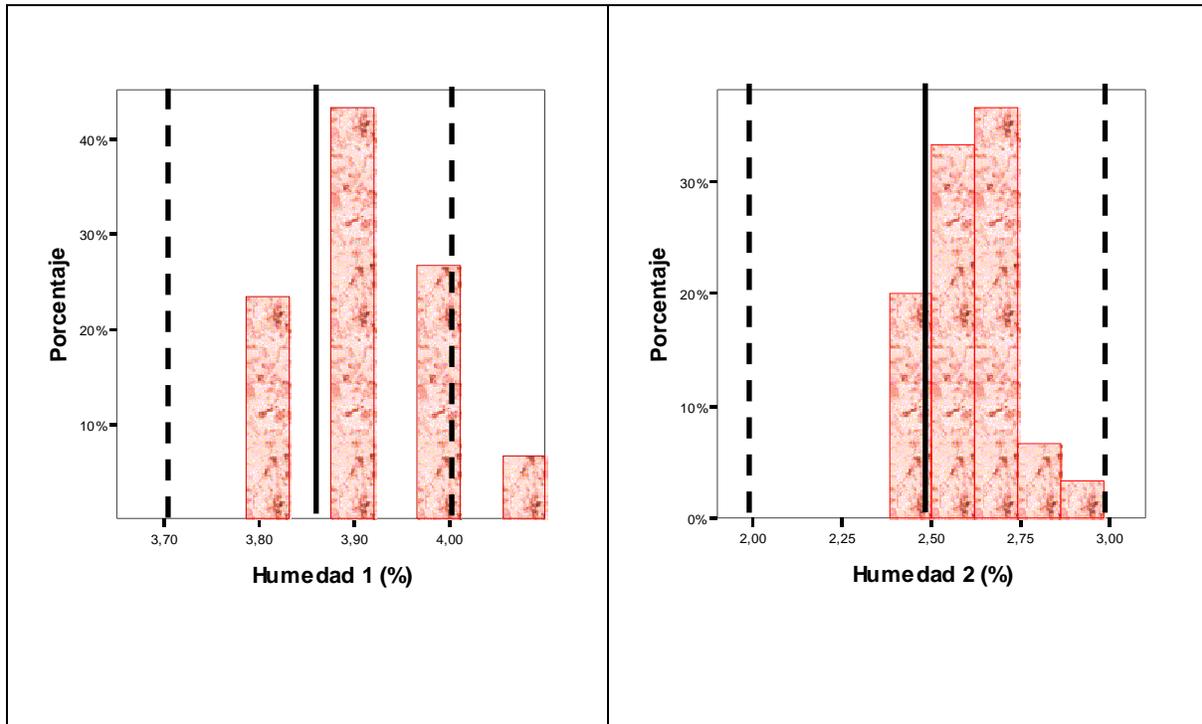


Figura 33. Situación final de la humedad 2 a través de la gráfica de control de X

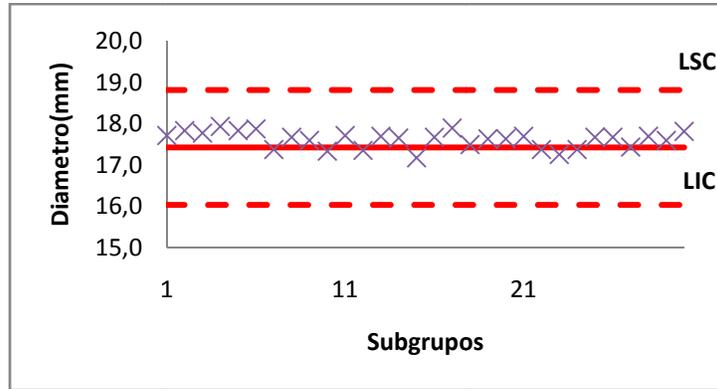
En la gráfica de control de la figura 33 se muestra la situación final de la humedad 2 en los cereales expandidos y se aprecia que la variable se encuentra en estado de control con presencia del patrón de datos de Juran (prueba 4) que indica al menos catorce puntos seguidos alternando por encima y por debajo de la línea central en la zona mas cercana al límite central de control.



**Figura 34.** Situación final de la humedad mediante Histogramas de frecuencia en cereales expandidos

Se aprecia en la figura 34 la distribución del porcentaje de frecuencia de la humedad monitoreadas en dos etapas del proceso de manufactura de los cereales expandidos, y la efectividad de las correcciones ejecutadas en el proceso con una tendencia de la media de los datos cercana al límite central de la especificación, y la reducción considerable de productos fuera de especificación.

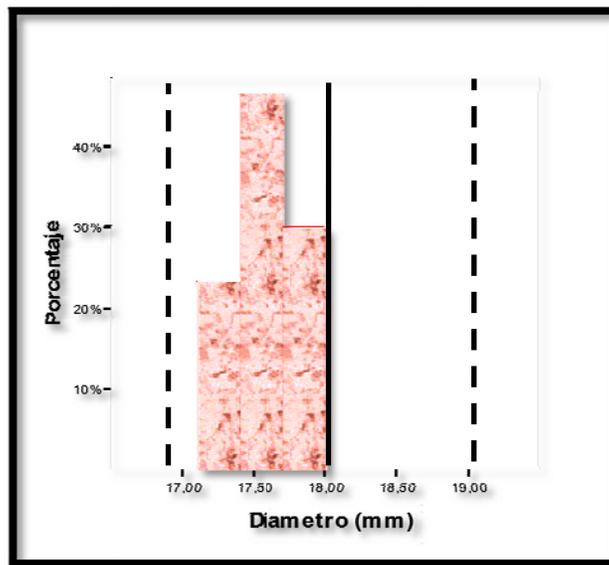
De manera similar se aprecian esta tendencia correctiva en las demás características de calidad, en la figura 35 se observa el estado final del diámetro en los cereales expandidos en función de los subgrupos a través de una gráfica de control de X.



**Figura 35.** Situación final del diámetro a través de la gráfica de control de X

Se obtiene como resultado la mejora considerablemente del tamaño de los cereales, es decir que se logro estabilizar el proceso, ya que los datos se encuentran dentro de los límites de control.

Con la finalidad de observar cuan fuertes fueron las mejoras realizadas respecto a la cantidad de producto que incumplían con las especificaciones de tamaño se muestra la figura 36, el histograma de frecuencia del diámetro indicando que el 100% de los productos cumplen con su especificación.

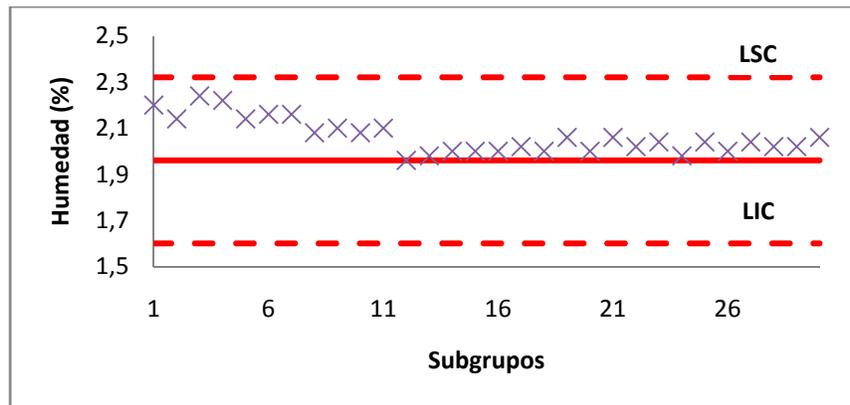


**Figura 36.** Situación final del diámetro mediante Histogramas de frecuencia en cereales expandidos

Asimismo la variables densidad y recubrimiento para los cereales expandidos, obtienen mejoras que permiten afirmar que las acciones aplicadas lograron corregir las fallas en el

proceso, para apreciar dichas arreglos se recomienda ver el anexo (17 y 18) donde se exponen las gráficas de control e histogramas de frecuencias de la situación final para las variables indicadas anteriormente.

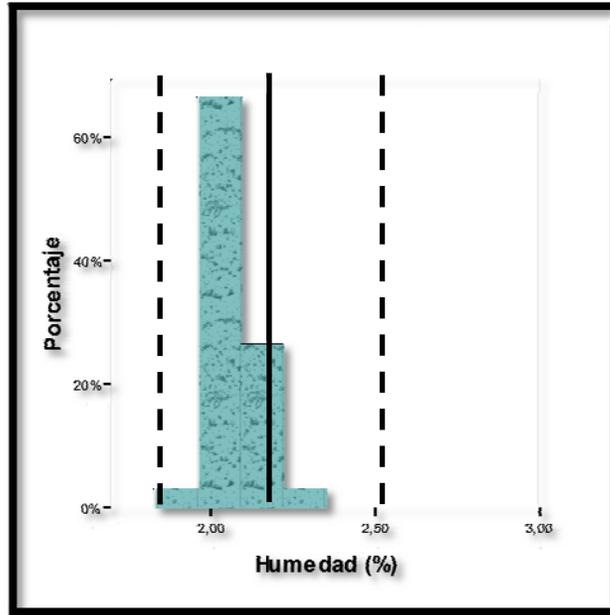
Para las hojuelas de maíz se obtuvo un proceso mejorado, considerando que se encuentra en estado estable y en control estadístico luego de las correcciones realizadas en el mismo. Puesto que los datos se ubican dentro de los límites de control, estos cambios se puede apreciar en la figura 37.



**Figura 37.** Situación final de la humedad en las hojuelas de maíz a través de la gráfica de control de X

Se puede deducir que la humedad no se ajusta rápidamente a los cambios realizados, pues ocurre un salto luego de un tiempo determinado, ya que esta variable fue controlada con la intervención de los operadores, se puede observar como inicialmente fue lento el proceso de aceptación de los cambios en este personal.

En el histograma de frecuencia de la humedad en estado final, mostrado en la figura 38 se verifica que el 100% de los productos cumple con las especificaciones con lo que se confirma que las acciones ejecutadas fueron las adecuadas.



**Figura 38.** Situación final de la humedad mediante Histogramas de frecuencia en hojuelas original

El resto de las características de calidad que fueron modificadas se ejemplifican mediante gráficos de control e histogramas de frecuencia en los anexos 19 y 20.

#### **IV.7. COMPARACIÓN DEL ESTADO INICIAL Y EL ESTADO FINAL DE LOS CEREALES EXPANDIDOS Y HOJUELAS ORIGINALES**

Se puede observar en las tablas 11 y 12 respectivamente los porcentajes de productos fuera de especificación, de lo que se puede decir que las mejoras realizadas fueron positivas, ya que permitieron reducir drásticamente la producción de productos rechazados a productos de calidad.

Se aprecia en la tabla 11 los porcentajes de los productos fuera de rango de especificación para los parámetros de calidad monitoreados en los cereales expandidos, antes y después de la implementación de las acciones correctivas en el proceso de manufactura.

**Tabla 11.** Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en los cereales expandidos

<b>Parámetro de Calidad</b>	<b>% Fuera de especificación en la situación inicial</b>	<b>% Fuera de especificación en la situación final</b>
Humedad 1 (%)	57,7%	6,7%
Humedad 2 (%)	3,8%	0%
Densidad 1 (g/gal)	53,8%	26,7%
Densidad 2 (g/gal)	19,2%	0%
Diámetro (mm)	90%	0%
Espesor (mm)	20%	0%
Recubrimiento (%)	40%	0%

Análogamente se aprecia en la tabla 12 los porcentajes de los productos fuera de rango de especificación para los parámetros de calidad monitoreados en las hojuelas de maíz, antes y después de la implementación de las acciones correctivas en el proceso de manufactura.

**Tabla 12.** Porcentaje de los parámetros de calidad fuera de especificación en las hojuelas originales

<b>Parámetro de Calidad</b>	<b>% Fuera de especificación en la situación inicial</b>	<b>% Fuera de especificación en la situación final</b>
Humedad (%)	100%	0%
Densidad 1 (g/gal)	0%	0%
Vitaminas (mg Ac. As/100g)	20%	0%

En el caso de los cereales expandidos se aprecia como la densidad 2, humedad 2, dimensiones y recubrimientos se ajustan al 100% a las especificaciones fijadas, obteniendo productos de calidad; de igual forma para las hojuelas de maíz se logra

constatar que todas las características de calidad monitoreadas cumplen con la especificación.

Por todo esto es posible confirmar que las acciones ejecutadas en los procesos arrojaron resultados positivos en ambos casos, incrementando la producción de productos de alta calidad.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se enumeran las conclusiones del proyecto presentado como trabajo especial de grado, y una serie de recomendaciones que permitirán darle continuidad y mejorar los resultados en la empresa.

### **V.1. CONCLUSIONES**

1. La implementación del sistema de control estadístico de procesos, en la línea de cereales expandidos en formas de aros y en la línea de hojuelas de maíz original en la empresa, permitió disminuir la variabilidad de los productos de dichas líneas.
2. Los porcentajes de las características de calidad dentro de especificación para los cereales expandidos, presentaron una notable mejora con la implementación del sistema de control estadístico.
3. Los porcentajes de las características de calidad dentro de especificación para las hojuelas de maíz, exhiben una valiosa mejora con la implementación del sistema de control estadístico.
4. Los métodos de ensayo elaborados y/o actualizados se consideran aptos para su aplicación, y fueron certificados por el método de media y rango mediante la determinación de repetibilidad y reproducibilidad.
5. Los planes de muestreo y los métodos de ensayo validados representan una contribución a la documentación necesaria, que requiere la empresa para obtener la certificación de las Normas Internacionales AIB.
6. La causa principal de las variaciones en el diámetro de los cereales expandidos la proporciona el flujo de agua que se ingresa al extrusor, mientras que las variaciones en el espesor de dicho producto la generan las cuchillas de extrusor.

7. A mayor flujo de agua en el extrusor menor será el diámetro de los aros de los cereales expandidos producidos por el equipo.
8. La variación de la densidad de los cereales expandidos se ven influenciadas por la relación mezcla solida/flujo de agua que ingresa al sistema en la etapa de extrucción.

## V.2. RECOMENDACIONES

A continuación se presentan una serie de recomendaciones que permitirán darle continuidad y mejorar los resultados en la empresa.

1. Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los equipos que conforman las líneas de producción de cereales expandidos y las hojuelas de maíz originales.
2. Involucrar a los operadores y personal de la planta que conforman las distintas etapas de las líneas productivas, preparándolos sobre la implementación e importancia de un sistema de Control Estadístico de Proceso.
3. Llevar un registro automático de los datos en el área de producción, lo cual disminuirá el grado de incertidumbre y desconfianza sobre la misma.
4. Divulgar los requisitos para la certificación de las Normas AIB a todo el personal de la empresa.

**CAPÍTULO VI****REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- (1) POTTER, N. (1996). **La ciencia de los alimentos**. (1era edición). México. Editorial Harla.
- (2) CASTILLO, A. (2004). **Seminario de extrusión**. (1 era edición). Turmero. Venezuela. Alfonzo Rivas & Cía.
- (3) BESTERFIELD, D. (1994). **Control de calidad**. (4ª edición). México. Prentice Hall Hispanoamericana.
- (4) CONTRERAS, J. (2004). **CEP Control estadístico de procesos. Preparado especialmente para: Bimbo**. Valencia- Venezuela. Editorial Global Team. Un equipo confiable.
- (5) MONTGOMERY, D. (1996). **Probabilidad y estadísticas aplicadas a la ingeniería**". México. McGraw Hill Interamericana.
- (6) HITOSHI, K. (2002). **Herramientas básicas para el mejoramiento de la calidad**. Bogotá: Grupo Editorial Norma.
- (7) DELGADO, H. (1990). **Desarrollo de una cultura de calidad**. México. McGraw – Hill.
- (8) MORALES, S. (2005). **Control estadístico del proceso**. Caracas – Venezuela. Fundametal. Centro de conocimiento aplicado.
- (9) GRANT, E. (1981). **Control estadístico de calidad**. (4ª edición). México. Compañía editorial continental, S.A.
- (10) DE LORENCIO FILHO, R. (1974). **Control estadístico de la calidad**. México. Editorial Parafino.
- (11) PUIG, X. (2005). **Control estadístico de procesos**. Caracas – Venezuela. Xena Asociados Consultores, A.C

- (12) JURAN, J.M. (s.f.). **Análisis y planeación de la calidad**. (3ª Edición). México: McGraw – Hill.
- (13) **AIB Internacional**. [Página Web en línea]. Disponible: <http://www.aibonline.org> Revisado el 24 de Mayo de 2009.
- (14) Norma Venezolana COVENIN-ISO 10013:1995. **Lineamientos para la elaboración de manuales de la calidad**
- (15) Norma Internacional ISO 17025. **Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración**. (3era Revisión)
- (16) Norma Internacional ISO 9001. **Sistema de gestión de la calidad-requisitos**.
- (17) Manual AIB. **Las normas consolidadas de AIB para la inspección**. Programa de prerrequisitos y de seguridad de los alimentos.
- (18) PERRRETTI, C. (2003). **Análisis del sistema de medición QS 9000**. Caracas – Venezuela. Fundametal. Centro de conocimiento aplicado.

**ANEXO 1:** Tamaño de las muestras según tablas MIL – STD 414/Z1.9. <sup>(3)</sup>

Tamaño del lote	Muestras requeridas
91-150	10
151-280	15
281-400	20
401-500	25
501-1.200	35
1.201-3.200	50
3.201-10.000	75
10.001-35.000	100
35.001-150.000	150

**ANEXO 2:** Constantes de las cartas de control de promedio – rango. <sup>(8)</sup>

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

---

---

**ANEXO 3: PASOS PARA LA ELABORACIÓN DE HISTOGRAMAS <sup>(8)</sup>**

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

1. Cuente el número de datos “N” de la muestra.
2. Determine el rango.

$$R = X_S - X_I \quad (1)$$

Donde:

X<sub>S</sub>: Observación de mayor valor

X<sub>I</sub>: Observación de menor valor

R: Rango (adimensional)

3. Determine el número de clases “N<sub>c</sub>”

$$N_c = (N)^{1/2} \quad (2)$$

4. Determine el intervalo, amplitud o ancho de clase “A<sub>c</sub>”

$$A_c = R / N_c \quad (3)$$

5. Determine los límites, comenzando con el valor menor como límite inferior de la primera clase.
6. Construya la tabla de frecuencias.
7. Grafique el histograma.

**ANEXO 4:** Procedimiento de elaboración de diagramas de causa – efecto

Para elaborar un diagrama de causa – efecto se debe seguir el siguiente procedimiento

- a) Escoja la característica de calidad.
- b) Busque todas las causas posibles que puedan afectar a la característica de calidad.
- c) Agrupe las causas por la afinidad que tengan entre sí y elabore un diagrama de CE conectado aquellos elementos que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.
- d) Asigne la importancia de cada factor, y señale los factores particularmente importantes que parecen tener un efecto significativo sobre la característica de calidad.
- e) Escriba cualquier información que pueda ser de utilidad.<sup>(6)</sup>

**ANEXO 5:**  
**PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO PARA EL CEREAL**  
**EXPANDIDO EN FORMA DE ARO**



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: CEREAL EXPANDIDO EN FORMA DE AROS

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Mezclado de Mezcla Sólida</b> 	Densidad (g/l) / Determinación de densidad en cereales	Reporte de Densidad	1 vez al día	0.6	0.68	Mezclado de Mezcla Sólida / Muestra Promedio de los tres turnos	Técnico de Aseg. De la calidad
	Humedad (%) / Determinación de Humedad	Reporte de humedades a vacío		-	10.5		
	Granulometría/ Determinación de granulometría	Reporte de Granulometría		-	40		



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: CEREAL EXPANDIDO EN FORMA DE AROS

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Extrucción</b> 	Temperatura (°C)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	100	100	Chaquetas del extrusor (1A, 2A, 1B, 2B)	Operador de Línea
				100	100		
				80	80		
				80	80		
				15	15	Chiller	
				40	40	Aceite de caja del extrusor	
	Velocidad (rpm)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	300	550	Transmisión	Operador de Línea
	Cuchillas (%)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	36	51	Extrusor	Operador de Línea
	Torque de ejes (%)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	65	70	Extrusor	Operador de Línea
	Presión (Psi)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	765	900-1020	Interna	Operador de Línea
30				50	Aceite de caja del extrusor		



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: CEREAL EXPANDIDO EN FORMA DE AROS

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Dosificación de colorante</b> 	Color (l/h)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	8	15	Tanque dosificador de color	Operador de Línea
<b>Secado N° 1 (HORNO PLANET)</b> 	Temperatura (°C)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	125	125	1er Horno	Operador de Línea
	Velocidad (rpm)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	4.44	4.44	Banda del 1er horno	Operador de Línea
	Densidad (g/l) / Determinación de densidad en cereales	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Tres veces por turno	75	80	Salida del 1er horno / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Dimensiones, espesor (E) y diámetro (D) (mm) / Determinación de dimensiones en productos terminados	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Con el arranque y dos veces en el turno	E	D	E	D
			6.1	17	7.3	19	



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: CEREAL EXPANDIDO EN FORMA DE AROS

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Secado N° 1 (HORNO PLANET)</b> 	Humedad (%) / Determinación de Humedad	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Tres veces por turno	3.5	4.1	Salida del 1er horno / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Deformes (%) / Determinación del porcentaje (%) Partidos y porcentaje (%) Deformes	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Tres veces por turno	-	10	Salida del 1er horno / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
<b>Sistema de Recubrimiento de Jarabe</b> 	Temperatura (°C)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	85	85	Calentamiento De pre mezcla	Operador de Línea
				110	110	Tubo de aislamiento	
	Velocidad del tambor (rpm)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	6	6	Tambor	Operador de Línea
	Presión (Psi)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	40	70	Aire de atomización	Operador de Línea
				40	40	Aire de control	
	Inclinación del tambor (°)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	0.14	0.14	Tambor	Operador de Línea
	Nivel del sensor LP8 (%)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	50	50	Tambor	Operador de Línea
	Velocidad (%)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	10	90	Bomba M17	Operador de Línea
10				20	Bomba M12		
°Brix / Determinación de índice de refracción y ° Brix	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Por tanque preparado	75	78	Tanque de prep. De Jarabe / Muestra puntual (jarabe)	Facilitador de Calidad	



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: CEREAL EXPANDIDO EN FORMA DE AROS

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Secado N° 2 (HORNO MITCHELL)</b> 	Temperatura (°C)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	125 135 140	125 135 140	Quemador N° 1 Quemador N° 2 Quemador N° 3	Operador de Línea
	Velocidad (rpm)	Control de Proceso Línea APV II	Cada hora	6	6	Banda del 2do horno	Operador de Línea
	Densidad (g/l) / Determinación de densidad en cereales	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Tres veces por turno	106	120	Salida del 2do horno / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Recubrimiento (%) / Determinación de porcentaje de recubrimiento en cereales expandidos	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Con el arranque y dos veces por turno	30	35	Salida del 2do horno / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Humedad (%) / Determinación de humedad	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Tres veces por turno	2	3	Salida del 2do horno / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Características sensoriales (color, olor, sabor y textura) / Procedimiento de evaluación sensorial en Línea	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Tres veces por turno	-	-	Salida del 2do horno / Muestra puntual (A la misma muestra que se le determina humedad y densidad)	Facilitador de Calidad
		Resultado de evaluación diaria	1 vez por turno todos los días			Salida del 2do horno / Muestra puntual	Técnico de Aseg. De la Calidad
	Acido ascórbico (mg ac. Asc / 100g) / Determinación de Vitamina C	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Una vez por turno	60.20	86.01	Salida del 2do horno / Muestra puntual	Facilitador de Calidad



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: CEREAL EXPANDIDO EN FORMA DE AROS

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Envasado</b> 	Sellado / Determinación de fugas	Control de Proceso Línea APV II	dos veces en el turno	-	-	Salida de la envasadora / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Detectores de Metales	Verificación diaria de detector de metal	dos veces por turno	1.0 Fe 1.2 NoFe 1.8 316SS	1.0 Fe 1.2 NoFe 1.8 316SS	Formadora de empaque	Facilitador de Calidad
	Control de peso	Control de Proceso Línea APV II	Una vez al turno los facilitadores y una vez cada hora desde el arranque el operador	-	-	Envasadora/ Muestra puntual	Facilitador de Calidad y operador de línea
	Humedad (%)/ Determinación de Humedad	Proceso de manufactura cereales Línea APV	Tres veces por turno	2	3	Salida de envasadora/ Muestra puntual	Facilitador de Calidad



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Preparación Jarabe de cocción (Slurry)</b> 	Densidad (g/ml)/Determinación de Densidad	Proceso de manufactura de línea Buhler	Una vez por turno	1.2	1.25	Tanque dosificador / Muestra puntual de Jarabe de cocción	Facilitador de Calidad
	Grados Brix / Determinación de índice de refracción y ° Brix		Una vez por turno	50	54		
<b>Proceso de cocción</b> 	Velocidad indicada en el panel de control del cocedor (rpm)	Panel de control	Continua	10	10	Paso 0. Posición de reposo	Operador de Línea
		Panel de control	Continua	10	10	Paso 1. Carga del cocedor	
		Panel de control	Continua	10	10	Paso 2. Limpieza tapa cocedor	
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 3. Premezcla/ carga	
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 4. Calentamiento	
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 5. Desairear	
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 6. Precocción. Rev. Cocedor adic. Vapor	
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 6. Precocción. Rev. de cocedor desairear	
Panel de control	Continua	5	5	Paso 7. Descarga presión precocción			



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Proceso de cocción</b> 	Velocidad indicada en el panel de control del cocedor (rpm)	Panel de control	Continua	10	10	Paso 8. Carga de líquidos	Operador de Línea
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 9. Cocción. Desairear	
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 9. Cocción. Adición de vapor	
		Panel de control	Continua	10	10	Paso 10. Control de producto.	
		Panel de control	Continua	5	5	Presión 11. Descarga presión de cocción.	
		Panel de control	Continua	2	2	Paso 12. Autorización al vacío	
		Panel de control	Continua	5	5	Paso 13. Vaciado	
	Posición del cocedor (°)	Panel de control	Continua	300	300	Paso 0. Posición de reposo	Operador de Línea
		Panel de control	Continua	0	0	Paso 1. Carga.	
		Panel de control	Continua	300	300	Paso 2. Limpieza tapa cocedor	
		Panel de control	Continua	250	250	Paso 5. Desairear. Posición inicio	
		Panel de control	Continua	60	60	Paso 5. Desairear. Posición inicio adición de vapor	
		Panel de control	Continua	250	250	Paso 6. Precocción. Inicio de desairear	
		Panel de control	Continua	60	60	Paso 6. Precocción. Inicio de adic. Vapor	
		Panel de control	Continua	325	325	Paso 7. Descarga presión precocción	
		Panel de control	Continua	145	145	Paso 8. Carga de líquidos	



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación	
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap			
<b>Proceso de cocción</b> 	Posición del cocedor (°)	Panel de control	Continua	250	250	Paso 9. Cocción. Inicio de desaire	Operador de Línea	
		Panel de control	Continua	60	60	Paso 9. Cocción. Inicio de adición de vapor		
		Panel de control	Continua	220	220	Paso 10. Control de producto. Chequeo de producto		
		Panel de control	Continua	325	325	Paso 11. Descarga presión de cocción.		
		Panel de control	Continua	100	100	Paso 13. Vaciado		
	Temperatura (°C)	Línea 2. Buhler I Control de proceso	Cada hora		60	60	Posición de reposo. mínima de inicio de cocción	Operador de Línea
		Panel de control	Continua		121	121	Paso 5. Desaireación.	
	Tiempo (min.)	Panel de control	Continua		5	5	Carga cocedor	Operador de Línea
		Panel de control	Continua		5	5	Paso 1. Carga cocedor	
		Panel de control	Continua		10	10	Paso 2. Limpieza tapa cocedor	
		Panel de control	Continua		15	15	Paso 3. Premezcla / carga.	
		Panel de control	Continua		10	10	Paso 4. Calentamiento.	
		Panel de control	Continua		20	20	Paso 5. Desairear.	
Panel de control		Continua		4	4	Paso 6. Precocción.		
Panel de control		Continua		0	0	Paso 6. Precocción. Intervalo de desaireación		
Panel de control		Continua		8	8	Paso 7. Descarga presión precocción.		
Línea 2. Buhler I Control de proceso	Cada hora		45	45	Cocción. Duración del paso			



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
	Tiempo (min.)	Panel de control	Continua	5	5	Paso 9.Cocción. Tiempo de intervalo desairear	Operador de Línea
		Panel de control	Continua	0	0	Paso 10. Control de producto. Tiempo de espera	
		Panel de control	Continua	0	0	Paso 11.Descarga presión de cocción.	
		Panel de control	Continua	6	6	Paso 11. Descarga presión de cocción. tiempo estimado	
		Panel de control	Continua	5	5	Paso 12. Autorización al vacío. Intervalo de rotación	
		Panel de control	Continua	10	10	Paso 12. Autorización al vacío. Intervalo pos. Reposo	
		Línea 2. Buhler I Control de proceso	Cada hora	15	15	Paso 13. Vaciado. Duración del paso	
		No aplica	-	2	2	Paso 13. Vaciado. Tiempo de espera de vaciado	
	Presión (KPa)	Panel de control	Continua	170	170	Paso 4. Calentamiento	Operador de Línea
		Panel de control	Continua	100	100	Paso 5.Desairear.	
		Panel de control	Continua	170	170	Paso 5. Desairear. (Presión adición vapor)	
		Línea 2. Buhler I Control de proceso	Cada hora	100	100	Paso 6. Precocción. Presión del cocedor desairear	



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Proceso de cocción</b> 	Presión (KPa)	Línea 2. Buhler I Control de proceso	Cada hora	170	170	Paso 6. Precocción. Presión del cocedor adic. Vapor	Operador de Línea
		Panel de control	Continua	1	1	Paso 7. Presión mínima cocedor para descarga de presión	
		Línea 2. Buhler I Control de proceso	Cada hora	100	100	Paso 9. Cocción. Desairear	
		Línea 2. Buhler I Control de proceso	Cada hora	175	175	Paso 9. Cocción. Adición de vapor	
		Panel de control	Continua	0	0	Paso 11. Presión mínima para descarga de cocción.	
	Humedad (%) / Determinación de Humedad	Proceso de manufactura y empacado Línea Buhler	Una vez por turno	35	37	Salida de las cocinas (1, 2, 3) / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Porcentaje (%) de granos sin cocinar / Determinación del porcentaje (%) de granos crudos	Proceso de manufactura y empacado Línea Buhler	Una vez por turno	-	3	Salida de las cocinas (1, 2, 3) / Muestra puntual	Facilitador de Calidad



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Desgranado (BSTA)</b> 	Velocidad (%)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	95	95	Banda de evaporación. Transportador BSTA	Operador de Línea
	Tiempo (min.)	Panel de control	Continua	8 ½	8 ½	Residencia en transportador BSTA	Operador de Línea
<b>Secado (DNTK)</b> 	Velocidad (%)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	70	70	Banda DNTK	Operador de Línea
	Temperatura (°C)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	90	90	Secador DNTK	Operador de Línea
	Humedad (%) / Determinación de Humedad	Proceso de manufactura y empaclado Línea Buhler	Una vez por turno	20	22	Secado. Salida del secador DNTK / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Tiempo (min.)	Panel de control	Continua	90	90	Secador DNTK	Operador de Línea
<b>Temperado</b> 	Velocidad (%)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	45	45	Banda de temperado	Operador de Línea
	Humedad (%) / Determinación de Humedad	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Una vez por turno	18	20	Temperado. Salida de banda de temperado	Facilitador de Calidad
	Tiempo (min.)	Panel de control	Continua	189	189	Banda de temperado	Operador de Línea



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Laminado</b> 	Temperatura (°C)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	20	22	Agua de enfriamiento	Operador de Línea
	Alimentación (%)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	38	38	Alimentación de los cilindros	Operador de Línea
	Velocidad (%)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	87	100	Motor 1	Operador de Línea
	Humedad (%) / Determinación de Humedad	Proceso de manufactura y empaclado Línea Buhler	Una vez por turno	17	18	Salida del Laminador	Facilitador de Calidad

<b>Tostado</b>	Temperatura (°C)	Línea 4 y 5.		275	295	quemador 1	
----------------	------------------	--------------	--	-----	-----	------------	--



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
		Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	194 250 189 185	210 279 220 208	quemador 2 Ciclón zona 1 Ciclón zona 2 Salida de aire	
	Velocidad (%)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	90	-	Transportador	Operador de Línea
	Humedad (%) / Determinación de humedad	Proceso de manufactura y empaçado Línea Buhler	Tres veces en el turno	1.8	2.3	Salida del tostador "MITCHELL", en la banda de enfriamiento / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
	Posición (amortiguación) (%)	Línea 4 y 5. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	40	60	Liberación zona 1	Operador de Línea
				50	61	Recirculación zona 1	
				40	60	Liberación zona 2	
				34	40	Recirculación zona 2	
	Densidad (g/l) / Determinación de densidad en cereales	Proceso de manufactura y empaçado Línea Buhler	Tres veces en el turno	125	161	Salida del tostador "MITCHELL" en la banda transportadora/ Muestra puntual	Facilitador de Calidad



# PLAN DE MUESTREO PARA PRODUCTO EN PROCESO

Producto: HOJUELAS ORIGINALES

Etapa del Proceso	Característica de Calidad / Método de Ensayo	Formato de Reporte	Frecuencia	Rango		Punto de Muestreo/ Muestra a evaluar	Responsable de la Evaluación
				Mínimo/ Min cap	Máximo/ Máx. cap		
<b>Línea 6. Rociado de Vitaminas</b> 	Velocidad (%)	Línea 6. Buhler 1. Control de proceso	Cada hora	10	10	Tambor de recubrimiento	Operador de Línea
				70	70	Transportador a la salida del tambor de recubrimiento	
				60	60	Banda del secador 2 (zona 1)	
				60	60	Banda del secador 2 (zona 2)	
	Acido ascórbico (mg ac. Asc / 100g) / Determinación de Vitamina C	Proceso de manufactura y empackado Línea Buhler	Dos veces por turno	40	-	Salida del tanque de recubrimiento / Muestra puntual	Facilitador de Calidad
Características sensoriales (color, olor, sabor y textura) / Procedimiento de evaluación sensorial en Línea	Proceso de manufactura y empackado Línea Buhler	Tres veces por turno Envasado: 1 vez por turno todos los días	-	-	Salida del tanque de recubrimiento / Muestra puntual	Facilitador de Calidad	



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DENOMINACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO

#### Para la transcripción del documento se debe:

- ✓ Utilizar el modo de edición justificado.
- ✓ Referenciar los títulos de las secciones por niveles numéricos, utilizando Sangría Francesa y letra negrita Arial Tamaño 12.
- ✓ Cumplir con la estructura definida; si existe alguna parte que no requiera, debe colocar en dicho punto "NO APLICA".
- ✓ Escribir el texto dentro de las secciones en letra Arial Tamaño 10.
- ✓ Si desea colocar alguna NOTA, debe escribirla en letra Arial Tamaño 9.
- ✓ En la redacción de las instrucciones se debe:
  - Describir paso a paso (una acción por oración) y secuencialmente la actividad
  - Usar el verbo en imperativo.
  - Incluir todos los aspectos técnicos de la actividad
  - Las referencias a otros documentos, tablas, figuras, dentro del texto de las secciones, se indica colocando entre paréntesis la identificación de la referencia: (ver Referencia).

**NOTA:** Esta sección no forma parte de la estructura del Documento, por lo que debe eliminarse al iniciar la elaboración de la instrucción.

Control de Cambio	
Sección donde se registra la naturaleza de la incorporación y modificación de los documentos del Sistema de Gestión de la Calidad. <b>Nota:</b> la naturaleza de la eliminación del documento quedará reflejado en el Acta de eliminación correspondiente.	
Objetivo	Alcance
Se describe brevemente lo que se logra con la realización del análisis	Se identifica cuales actividades o productos, considera y/o excluye el análisis; considerando además el alcance a nivel de compañía.



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DENOMINACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO

<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Equipos</b>
Se presenta un listado con los diversos materiales y/o utensilios que se requieren para realizar la actividad. Indicando la capacidad y/o apreciación del material a utilizar cuando aplique.	Se presenta un listado con los diversos reactivos, sustancias y/o medios de cultivo que se requieren para realizar la actividad. Indicando concentración y/o pureza cuando aplique.	Se presenta un listado con los diversos equipos e instrumentos que se requieren para realizar la actividad. Indicando parámetros como resolución, tipo, clase, etc.
<b>Referencias</b>	<b>Anexos</b>	
Se indica el código, nombre, o cualquier otra información del (los) Documento(s) relacionado(s) con la actividad que se está documentando (Gacetos, Normas, Libros o Textos, Leyes, etc.). En el caso de libros o textos, indique el (los) número(s) de la(s) página(s) de referencia.	Se muestran tablas, figuras, listados, y/o cualquier otro soporte del documento.	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DENOMINACIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO

Flujograma de actividades	Instrucciones
<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">1.- Se indica la actividad o paso en secuencia lógica a realizar.</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">2.-</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">3.-</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">4.-</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; text-align: center;">5.-</div>	<p>1.1. Se describe de forma clara y concisa y en forma de acción; el detalle de cada uno de los pasos requeridos para realizar la actividad.</p> <hr/> <p>2.1.</p> <hr/> <p>3.1.</p> <hr/> <p>4.1.</p> <hr/> <p>5.1.</p>
<b>Expresión de Resultados</b>	
<p>Se indica la presentación de los resultados del análisis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Fórmulas a aplicar (cuando aplique).</li> <li>Datos de referencia (cuando aplique).</li> <li>Unidades en la que se deben expresar los resultados (cuando aplique).</li> </ul>	



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

#### CONTROL DE CAMBIO

- El presente documento corresponde a la primera versión, por proceso de transferencia al Aplicativo en Lotus Note para el “Control de Documentos”
- El presente documento sustituye a la versión vigente:
  - **Fecha:** 15/12/2007
  - **Revisión:** 01
  - **Código:** ICC-018
- Se cambió:
  - La versión del Food Chemicals Codex en la sección de Referencia.

#### Objetivo

Determinar la pérdida de peso, mediante secado en estufa, analizador (método rápido) de humedad y en mufla, bajo condiciones específicas de tiempo y temperatura.

#### Alcance

Aplica a todas aquellas materias primas y productos terminados tanto de uso industrial como consumo masivo, que lo requiera según la especificación

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Materiales	Reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cápsulas de aluminio con tapa, previamente secadas destapadas en estufa de vacío a 100-110°C por una hora</li> <li>• Cápsulas de porcelana.</li> <li>• Desecador con sílica gel regenerada (Regeneración: seque a estufa a vacío entre 115 a 120 °C hasta que se torne azul, color que indica que la misma está apta para su uso. Colores diferentes indicarán que requiere regeneración o cambio).</li> <li>• Espátula metálica</li> <li>• Pinza metálica larga</li> <li>• Guantes térmicos (IPP: implemento de Protección Personal)</li> <li>• Platos de aluminio para la Sartorius</li> <li>• Trampa de vacío con botella lavadora de gas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ácido sulfúrico concentrado ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> )</li> <li>• Sílica gel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza analítica, con ± 0.0001 g de resolución</li> <li>• Bomba de vacío</li> <li>• Molino de maíz manual</li> <li>• Molino Wiley, con mallas de 1 y de 2 mm, Opera a 800 rpm. La distancia entre las cuchillas fijas y las rotativas no debe ser mayor a 0,076 mm o 0,03”.</li> <li>• Molino Cyclotec, con malla 1,0 mm</li> <li>• Mufla</li> <li>• Estufa de vacío: Capaz de calentar a 150 °C, dar vacío a 30 pulgadas de mercurio y mantener, internamente, constante y uniforme la temperatura a (±1°C).</li> <li>• Determinador de Humedad marca Sartorius o Metler o Ohaus</li> </ul>
Referencias	Anexos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manual de Métodos de Análisis de C.P.I. Método M50. Fecha Marzo 2007</li> <li>• Manual de Métodos de Análisis de C.P.I. Método M55. Fecha Noviembre 2006.</li> <li>• Food Chemicals Codex . Sixth Edition. 2008-2009. Pág. 878</li> </ul>	No Aplica	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

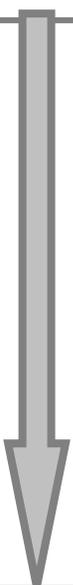
### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Flujograma de actividades	Instrucciones (Humedad por secado a vacío)		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">1.- Seque la capsula vacía</div> 	1.1. Encienda la estufa 2 horas antes de iniciar el secado. 1.2. Seque la cápsula vacía y destapada en la estufa por una hora (Use sus IPP)		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">2.- Enfríe la capsula vacía</div> 	2.1 Enfríe la cápsula seca tapada en el desecador, hasta que alcance temperatura ambiente.		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">3.- Prepare la muestra para análisis</div> 	3.1 Muela y transfiera las muestras a envases bien sellados, mezcle muy bien cada envase.		
	<b>Tipo de Muestra</b>	<b>Equipo o Molino a usar</b>	<b>Cantidad aproximada</b>
	Maíz	Molino Wiley con malla nº 2.	El peso contenido en 250 ml
	Fibra seca de maíz	Molino Cyclotec	200 g
	Gluten seco de maíz	Pasar por la malla Nº 20	200 g
	Maíz Macerado	Molino Manual, pasar por malla Nº 20	200 g
	Germen Seco	Molino Manual, pasar por malla Nº 16	200 g
	Gluten Eimco	Pasar a través del tamiz nº 8 Presecar en capsula de aluminio: 1 hr a 60°C	5 g
	Almidón Centrifuga	Pasar a través del tamiz nº 8 Presecar en capsula de aluminio: 1 hr a 60°C	5 g
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">4.- Pese la muestra</div> 	4.1 Tare la cápsula vacía y destapada. 4.2 Pese alrededor de $5 \pm 0.0001$ g de muestra. 4.3 Anote el peso de muestra con cuatro decimales $\pm 0.0001$ g en el reporte correspondiente. 4.4 Tare la cápsula con la muestra y anote el peso con cuatro decimales $\pm 0.0001$ g. 4.5 Retire la cápsula de la balanza y tape para evitar que la muestra absorba humedad.		

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Flujograma de actividades	Instrucciones (Humedad por secado a vacío)												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">5.- Seque la muestra</div> 	<p>5.1 Coloque en la estufa la cápsula destapada sobre su tapa. (Use sus IPP)</p> <p>5.2 Considere las siguientes condiciones de secado:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Muestra</th> <th>Temperatura, °C</th> <th>Tiempo, horas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Maíz</td> <td>115</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Otras muestras (incluye muestras presecadas)</td> <td>120</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Azúcar y muestras con alto contenido de azúcar</td> <td>100</td> <td>1 <b>(sin vacío)</b></td> </tr> </tbody> </table> <p>5.3 Comience a tomar el tiempo de secado cuando la estufa alcance la temperatura requerida.</p> <p>5.4 Encienda la bomba de vacío y abra la llave de entrada de vacío a la estufa.</p> <p><b>Nota:</b> Para poner en funcionamiento sólo una estufa, cierre la llave de entrada de vacío de la otra. Cuando esté en funcionamiento una estufa y se requiera el uso de la otra, cierre la llave de entrada de vacío y abra la de la segunda, cuando ésta alcance todo el vacío, vuelva a abrir la llave de entrada de la primera.</p> <p>5.5 Controle el burbujeo del ácido sulfúrico contenido en la trampa de vacío de la estufa a 2 burbujas por segundo.</p>	Muestra	Temperatura, °C	Tiempo, horas	Maíz	115	6	Otras muestras (incluye muestras presecadas)	120	4	Azúcar y muestras con alto contenido de azúcar	100	1 <b>(sin vacío)</b>
Muestra	Temperatura, °C	Tiempo, horas											
Maíz	115	6											
Otras muestras (incluye muestras presecadas)	120	4											
Azúcar y muestras con alto contenido de azúcar	100	1 <b>(sin vacío)</b>											
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">6.- Enfíe la muestra</div> 	<p>6.1 Apague la bomba de vacío 15 minutos antes que se cumpla el tiempo de secado.</p> <p>6.2 Cuando el vacío esté eliminado, saque la cápsula de la estufa con una pinza metálica y tape para evitar que la muestra absorba humedad. (Use sus IPP)</p> <p>6.3 Coloque la cápsula en el desecador para que se enfríe (hasta que alcance temperatura ambiente).</p>												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">7.- Reporte el resultado</div>	<p>7.1 Pese la cápsula con residuo y anote el peso con cuatro decimales <math>\pm 0.0001</math> g.</p>												



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

#### Expresión de Resultados

$$\text{Humedad, \%} = \frac{\text{peso de cápsula con muestra} - \text{peso de capsula con residuo} \times 100}{\text{peso de muestra}}$$

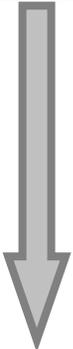
Humedad del maíz = % humedad x 1.044

1.044 = Factor del maíz considerando la pérdida de humedad al moler.

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Flujograma de actividades	Instrucciones (Humedad usando un determinador)												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 20px;">1.- Prepare la muestra</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 20px;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-bottom: 20px;">2.- Realice la determinación</div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 20px;">  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">3.- Reporte el resultado</div>	<p>1.1 Muela y transfiera las muestras a envases bien sellados, mezcle muy bien cada envase:</p> <table border="1" style="margin: 10px auto; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="padding: 5px;">Tipo de Muestra</th> <th style="padding: 5px;">Equipo o Molino a usar</th> <th style="padding: 5px;">Cantidad aproximada (g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Cereales expandidos</td> <td style="padding: 5px;">Licuadora</td> <td style="padding: 5px;">3</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cereales laminados</td> <td style="padding: 5px;">Licuadora</td> <td style="padding: 5px;">5</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Mezclas Sólidas</td> <td style="padding: 5px;">-</td> <td style="padding: 5px;">5</td> </tr> </tbody> </table> <p>2.1 Tome un platillo del desecador            2.2 Coloque en el equipo determinador de humedad, y siga las instrucciones del equipo.            2.3 Seleccione el programa de acuerdo a la muestra a analizar (ver indicaciones en el instrumento de medición)            2.4 Coloque la cantidad de muestra previamente pesada, y distribuya homogéneamente sobre el platillo de pesaje.            2.5 Cierre la tapa del determinador de humedad para dar inicio al proceso de secado, espere que finalice de manera automática</p> <p>3.1 Tome y reporte el resultado indicado en pantalla.            3.2 Limpie el residuo del platillo, y colóquelo en el desecador.</p> <p><small>Nota: toda muestra a ser ensayada se validará con pruebas en paralelo utilizando el método por estufa a vacío. Si es necesaria una grafica de corrección se puede desarrollar una, para relacionar los resultados obtenidos con los datos obtenidos a vacío.</small></p>	Tipo de Muestra	Equipo o Molino a usar	Cantidad aproximada (g)	Cereales expandidos	Licuadora	3	Cereales laminados	Licuadora	5	Mezclas Sólidas	-	5
Tipo de Muestra	Equipo o Molino a usar	Cantidad aproximada (g)											
Cereales expandidos	Licuadora	3											
Cereales laminados	Licuadora	5											
Mezclas Sólidas	-	5											

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Flujograma de actividades	Instrucciones (Otros Métodos)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">1.- Prepare el equipo y capsulas</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">2.- Pese la muestra</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">3.- Seque la muestra</div>  <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">4.- Reporte los resultados</div>	<p><u>Determinación de humedad para el Carbonato de Sodio:</u></p> <p>1.1 Encienda la mufla 2 horas antes para alcanzar una temperatura entre (275 a 300)°C.            1.2 Seque la cápsula de porcelana vacía por una (1) hora en la mufla            1.3 Saque la cápsula de la mufla con una pinza metálica (Use sus IPP) y coloque en desecador para enfriar hasta que alcance temperatura ambiente.</p> <hr/> <p>2.1 Tare la cápsula vacía y pese alrededor de <math>3 \pm 0.0001</math> g de muestra.            2.2 Anote el peso de muestra con cuatro decimales <math>\pm 0.0001</math> g en el reporte de humedades.            2.3 Tare la cápsula con la muestra y anote el peso con cuatro decimales <math>\pm 0.0001</math> g.            2.4 Retire la cápsula de la balanza.</p> <hr/> <p>3.1 Coloque la capsula en la mufla y deje secar por 3 horas.            3.2 Saque la cápsula de la mufla con una pinza metálica (Use sus IPP) y coloque en desecador para enfriar hasta que alcance temperatura ambiente.            3.3 Pese la cápsula con residuo y anote el peso con cuatro decimales <math>\pm 0.0001</math> g.</p> <hr/> <p>4.1 Calcule el porcentaje de humedad usando el siguiente modelo matemático</p>
<b>Expresión de Resultados</b>	
$\% \text{ de Humedad} = \frac{\text{peso de cápsula con muestra} - \text{peso de capsula con residuo} \times 100}{\text{peso de muestra}}$	



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

Control de Cambio		
<ul style="list-style-type: none"><li>• Para El presente documento corresponde a la primera versión, por proceso de transferencia al Aplicativo en Lotus Note para el “Control de Documentos”.</li><li>• El presente documento sustituye a la versión vigente:<ul style="list-style-type: none"><li>– <b>Fecha:</b> 17/12/2004</li><li>– <b>Revisión:</b> 00</li><li>– <b>Código:</b> ICC-083</li></ul></li><li>• Se agregó:<ul style="list-style-type: none"><li>– Flujograma de actividades</li></ul></li></ul>		
Objetivo	Alcance	
Determinar la relación que existe entre la masa de un cuerpo en g y la masa volumen.	Aplica a cereales expandidos y hojuela de maíz original y azucarada.	
Materiales	Reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Cronómetro.</li><li>• Cilindro plástico graduado de 500 ml.</li></ul>	No aplica	<ul style="list-style-type: none"><li>• Balanza semi-analítica, con <math>\pm 0,01</math> g. de resolución.</li></ul>
Referencias	Anexos	
Método de ensayo suministrado por Universal Foods.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Anexo N° 1. Tabla de equivalencia para densidad en hojuelas</li></ul>	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO MÉTODO DE ENSAYO

## DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

Flujograma de actividades	Instrucciones
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">1.- Preparación y pesaje de la muestra</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;">2.-Lectura en el cilindro</div> <div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">3.- Expresión de resultados</div>	<p>1.1. Coloque el cilindro en la balanza y tare.</p> <p>1.2. Agregue al cilindro muestra hasta <math>50 \pm 0,01</math> g.</p> <p>1.3. Golpee suavemente por 60 segundos el cilindro con muestra. Mida el tiempo con el cronómetro.</p>
	<p>2.1. Al finalizar el tiempo, observe la lectura en ml en el cilindro.</p>
	<p>3.1. Con la lectura obtenida en ml, ubique en la tabla del Anexo N° 1 el valor de densidad en g/l</p>
Expresión de Resultados	
No Aplica	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

**Anexo N° 1.** Tabla de equivalencia para densidad en hojuelas

Volumen en ml.	g/l	Volumen en ml	g/l	Volumen ml.	g/l	Volumen ml.	g/l
50	1000	290	172	530	94	770	65
60	833	300	167	540	93	780	64
70	714	310	161	550	91	790	63
80	625	320	156	560	89	800	63
90	556	330	152	570	88	810	62
100	500	340	147	580	86	820	61
110	455	350	143	590	85	830	60
120	417	360	139	600	83	840	60
130	385	370	135	610	82	850	59
140	357	380	132	620	81	860	58
150	333	390	128	630	79	870	58
160	313	400	125	640	78	880	57
170	294	410	122	650	77	890	56
180	278	420	119	660	76	900	56
190	263	430	116	670	75	910	55
200	250	440	114	680	74	920	54
210	238	450	111	690	72	930	54
220	227	460	109	700	71	940	53
230	217	470	106	710	70	950	53
240	208	480	104	720	69	960	52
250	200	490	102	730	68	970	52
260	192	500	100	740	68	980	51
270	185	510	98	750	67	990	51
280	179	520	96	760	66	1000	50



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO

#### Control de Cambio

- El presente documento corresponde a la primera versión, por proceso de transferencia al Aplicativo en Lotus Note para el “Control de Documentos”.
- El presente documento sustituye a la versión vigente:
  - **Fecha:** 17/12/2004
  - **Revisión:** 00
  - **Código:** ICC-082

#### Objetivo

Determinar el contenido de vitamina C por medio de la oxidación de ácido ascórbico a ácido deshidroascórbico a través de la titulación con el colorante 2,6-Dicloroindofenol.

#### Alcance

Aplica a muestras de producto en proceso y producto terminado que lo requiera según especificación.

Nota: Este método ha sido modificado con el fin de aplicarlo en muestras que contengan hierro ferroso, estaño estañoso, cobre cuproso, SO<sub>2</sub>, sulfitos o tiosulfato añadiéndole la solución EDTA.



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO

Materiales	Reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bureta de 50 ml, clase A, de exactitud <math>\pm 0,05</math> ml, de resolución 0,1 ml.</li> <li>• Fiolas de 125 ml.</li> <li>• Pipeta volumétrica de 5 ml, clase A, de resolución <math>\pm 0,015</math> ml.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solución patrón de ácido ascórbico USP 1mg/ml</li> <li>• Solución patrón de dicloroindofenol (DFIF). Nota: Conserve la solución en el refrigerador. Antes de usar estandarice la solución con solución de ácido ascórbico preparada del día, y espere que esté a temperatura ambiente.</li> <li>• Solución de EDTA al 5%</li> <li>• Solución extractora y estabilizadora ácido metafosfórico-ácido acético ácido metafosfórico-ácido sulfúrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Balanza semi-analítica de 0,01 g de resolución</li> <li>• Licuadora</li> </ul>
Referencias	Anexos	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficial Methods of Analysis-AOAC-Fifteenth 1990. Volumen II, págs. 1058-1059.</li> <li>• Norma Venezolana COVENIN 1295-82, Alimentos. Determinación de ácido ascórbico (vitamina C).</li> <li>• Manual de Preparación de Reactivos</li> </ul>	<p>No aplica</p>	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE ÁCIDO ASCÓRBICO

Flujograma de actividades	Instrucciones (Producto terminado o en Proceso)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">1.- Preparación de la muestra</div> <div style="font-size: 2em; margin: 10px auto;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">2.-Titulación de la muestra</div> <div style="font-size: 2em; margin: 10px auto;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">3.-Calculo y expresión de resultados</div>	<p>2.1. Usando la licuadora a baja velocidad, pulverice una cantidad suficiente de la muestra a analizar, para obtener aproximadamente entre 300 g.</p> <p>2.2. Pese 3 g de muestra en una fiola de 125 ml.</p> <p>2.3. Agregue una pequeña cantidad de agua destilada, agite para lograr humedecer la muestra.</p> <p>2.4. Añada 5,0 ml de solución extractora Acido Metafosfórico-acido acético-Acido sulfúrico.</p> <p>2.5. Añada 5,0 ml de solución EDTA, agite vigorosamente por varios segundos.</p>
	<p>2.1. Titule rápidamente con la solución DFIF (solución en la bureta) hasta obtener un color rosado claro persistente.</p>
	<p>3.1. Calcule y exprese el contenido de acido ascórbico equivalentes a 1 ml de la solución de DFIF. Ver expresión de resultado.</p>
Expresión de Resultados	
$\text{Acido Arcórbico, mg / 100 g} = \frac{V \times F \times 100}{\text{peso de muestra, g}}$	
<p>Donde:</p> <p>V= ml de dicloroindofenol (DFIF) consumidos en la titulación de la muestra después de restar el blanco</p> <p>F= Factor que es los mg de acido ascórbico equivalentes a 1 ml de la solución de DFIF</p> <p>P= peso en gramos de la muestra</p>	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES EN CEREALES

<b>Control de Cambio</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El presente documento corresponde a la primera versión, por proceso de transferencia al Aplicativo en Lotus Note para el “Control de Documentos”.</li> <li>• El presente documento sustituye a la versión vigente:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– <b>Fecha:</b> 20/08/2005</li> <li>– <b>Revisión:</b> 00</li> <li>– <b>Código:</b> ICC-089</li> </ul> </li> <li>• Se agregó:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– Todos los anexos.</li> </ul> </li> </ul>		
<b>Objetivo</b>	<b>Alcance</b>	
Establecer los pasos a seguir para determinar las dimensiones de los cereales en cualquier etapa de fabricación.	Aplica a los cereales expandidos.	
<b>Materiales</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Equipos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bolsa plástica.</li> <li>• Desecador de plástico</li> </ul>	“NO APLICA”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vernier con apreciación de 0.1 mm</li> </ul>
<b>Referencias</b>	<b>Anexos</b>	
Desarrollado con apoyo de Investigación y Desarrollo para el control de proceso, considerando que los cereales tienen una forma determinada por el proceso de manufactura.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N° 1. Mediciones en cereal en forma de almohadilla rellena</li> <li>• N° 2 Mediciones en cereal en forma de aro</li> </ul>	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES EN CEREALES

Flujograma de actividades	Instrucciones												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">1.- Captación de muestra.</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">2.- Acondicionamiento de la muestra.</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">3.- Medición de las dimensiones</div> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">4.- Reporte de resultados.</div>	<p>1.1. Tome muestra del cereal</p> <hr/> <p>2.1. Coloque la muestra en el desecador por cinco (5) minutos. 2.2. Una vez transcurrido los cinco (5) minutos retire la muestra del desecador</p> <hr/> <p>3.1. Mida con un vernier cada dimensión indicada</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Producto a evaluar</th> <th style="width: 33%;">Dimensiones a determinar</th> <th style="width: 33%;">Nº de unidades a evaluar</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Expandido en forma de letra</td> <td>Ancho, largo y espesor.</td> <td style="text-align: center;">2 de cada figura</td> </tr> <tr> <td>Expandido en forma de aro</td> <td>Diámetro y espesor.</td> <td style="text-align: center;">6</td> </tr> <tr> <td>Expandido en forma de animales</td> <td>Ancho, largo y espesor.</td> <td style="text-align: center;">3 de cada figura</td> </tr> </tbody> </table> <hr/> <p>4.1. Reporte con un decimal los resultados en la planilla correspondiente.</p>	Producto a evaluar	Dimensiones a determinar	Nº de unidades a evaluar	Expandido en forma de letra	Ancho, largo y espesor.	2 de cada figura	Expandido en forma de aro	Diámetro y espesor.	6	Expandido en forma de animales	Ancho, largo y espesor.	3 de cada figura
Producto a evaluar	Dimensiones a determinar	Nº de unidades a evaluar											
Expandido en forma de letra	Ancho, largo y espesor.	2 de cada figura											
Expandido en forma de aro	Diámetro y espesor.	6											
Expandido en forma de animales	Ancho, largo y espesor.	3 de cada figura											



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES EN CEREALES

#### Expresión de Resultados

$$X \text{ (mm o cm)} = \frac{\sum \text{del valor medido de la dimensión realizada}}{\text{N}^\circ \text{ de unidades medidas}}$$

**Donde X es la dimensión que se esté evaluando**

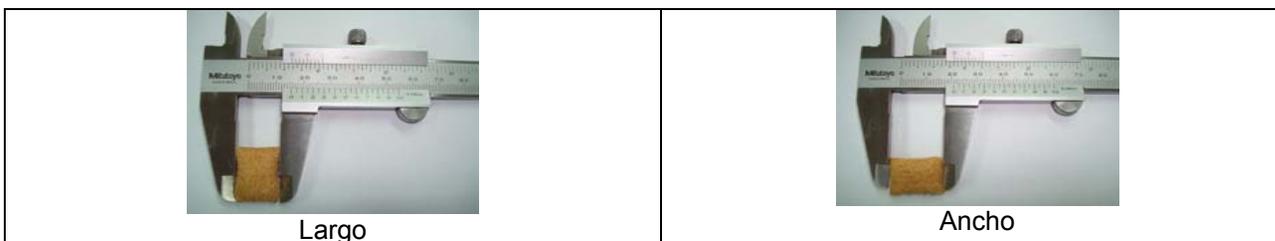
# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

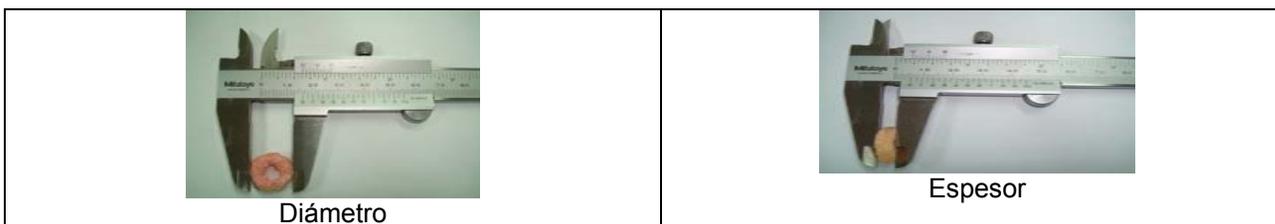
### DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES EN CEREALES

---

#### Anexo N° 1. Mediciones en cereal tipo almohadilla rellena



#### Anexo N° 2. Mediciones en cereal en forma de aro





# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO EN CEREALES EXPANDIDOS

#### Control de Cambio

- El presente documento corresponde a la primera versión, por proceso de transferencia al Aplicativo en Lotus Note para el “Control de Documentos”
- El presente documento sustituye a la versión vigente:
  - **Fecha:** 20/08/2005
  - **Revisión:** 00
  - **Código:** ICC-086

#### Objetivo

#### Alcance

Establecer los pasos a seguir para determinar el porcentaje de recubrimiento de los cereales expandidos.

Aplica a los cereales expandidos recubiertos.



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

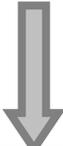
### DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO EN CEREALES EXPANDIDOS

Materiales	Reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"><li>• Envase metálico de 1 galón de capacidad</li><li>• Desecador de plástico</li></ul>	"NO APLICA"	<ul style="list-style-type: none"><li>• Balanza semi-analítica de 0,01 g de resolución.</li></ul>
Referencias	Anexos	
Desarrollados con asesoría de Beiker Perkin (APV). Instrucciones de Trabajo. Métodos de Ensayo. Determinación de Densidad Instrucciones de Trabajo. Métodos de Ensayo. Determinación de Humedad	"NO APLICA"	

# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO EN CEREALES EXPANDIDOS

Flujograma de actividades	Instrucciones
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;">1.- Toma de muestras</div> 	<p>1.1. Tome dos (2) muestras de aproximadamente 100 g del cereal en una bolsa plástica:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A la salida del Secador N° 1, espere cinco (5) minutos y</li> <li>• A la salida del Secador N° 2</li> </ul> <p>Nota: No mezcle las muestras.</p> <p>1.2. Coloque las muestras en el desecador por cinco (5) minutos</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;">2.- Obtención de datos de densidad y Humedad a la salida de los Secadores N° 1 y 2</div> 	<p>2.1. Determine la Densidad y %Humedad (Ver referencias) de las muestras tomadas y calcule el % de Recubrimiento utilizando la formula indicada en expresión de resultados.</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin-left: auto; margin-right: auto;">3.- Registro de los datos.</div>	<p>3.1. Registre los resultados en la planilla correspondiente.</p>



# INSTRUCCIÓN DE TRABAJO

## MÉTODO DE ENSAYO

### DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE RECUBRIMIENTO EN CEREALES EXPANDIDOS

#### Expresión de Resultados

$$\% R = \frac{[D_2 - (D_1 - D_1^*)]}{D_2} * 100$$

Donde:

$$D_1^* = \left( \frac{(H_1 - H_2) * D_1}{100} \right)$$

Reporte los resultados con un decimal.

Donde:

%H<sub>2</sub> = Porcentaje Humedad en la salida del secador II.

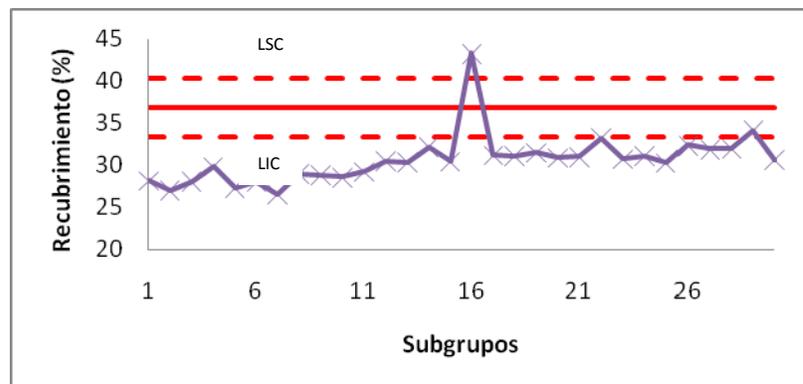
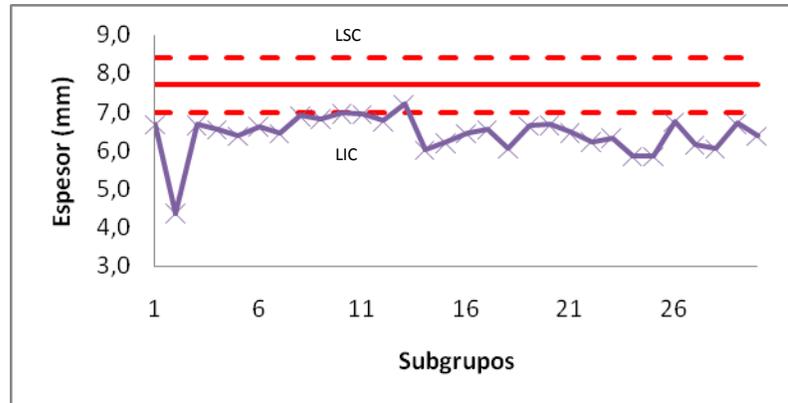
%H<sub>1</sub> = Porcentaje Humedad en la salida del secador I.

D<sub>2</sub> = Densidad dos (2) en la salida del secador II.

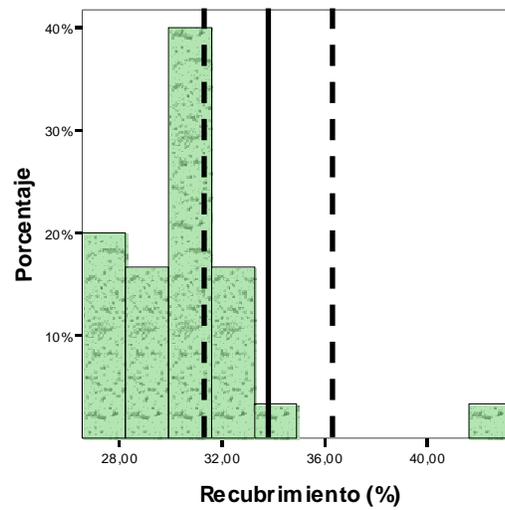
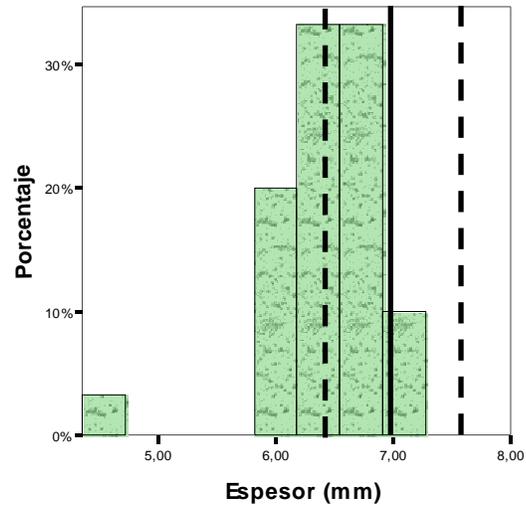
D<sub>1</sub> = Densidad uno (1) en la salida del secador I.

% R = Porcentaje de recubrimiento.

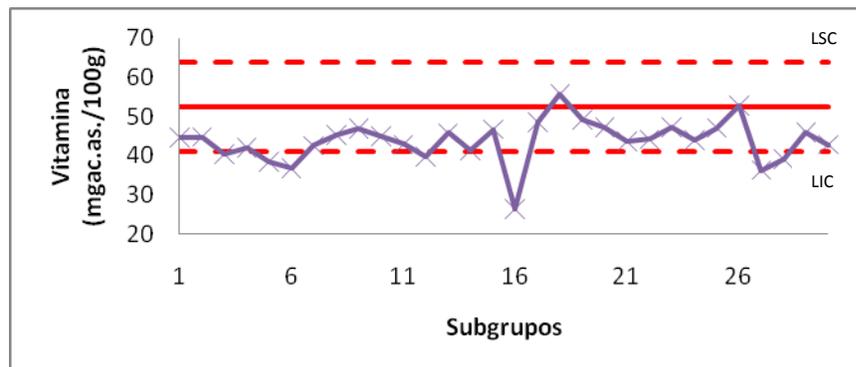
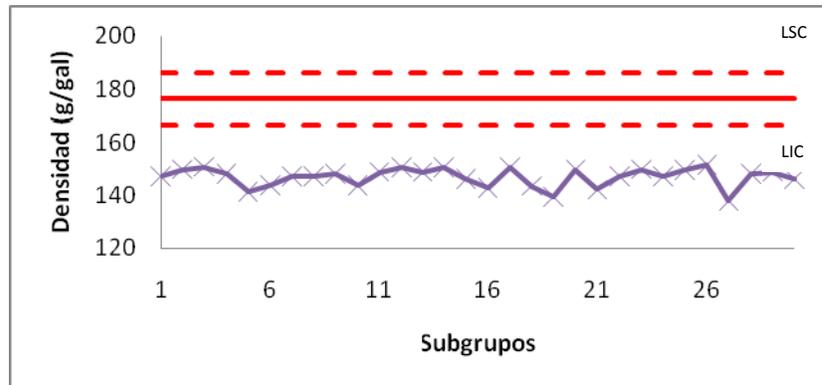
**ANEXO 13:** Situación inicial de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de gráficas de control de X.



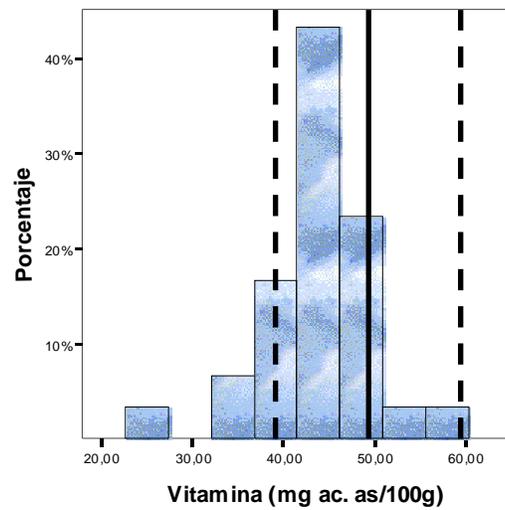
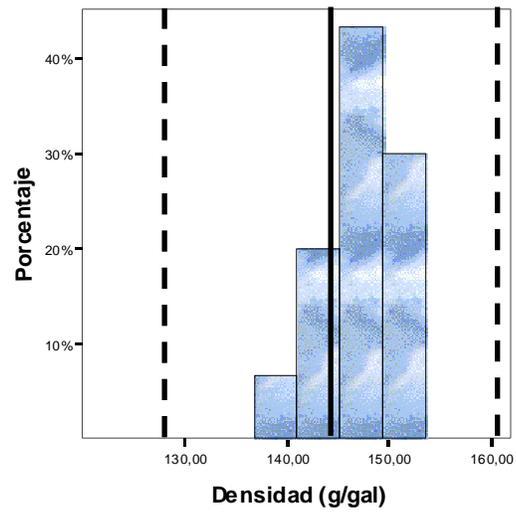
**ANEXO 14:** Situación inicial de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de histogramas de frecuencia.



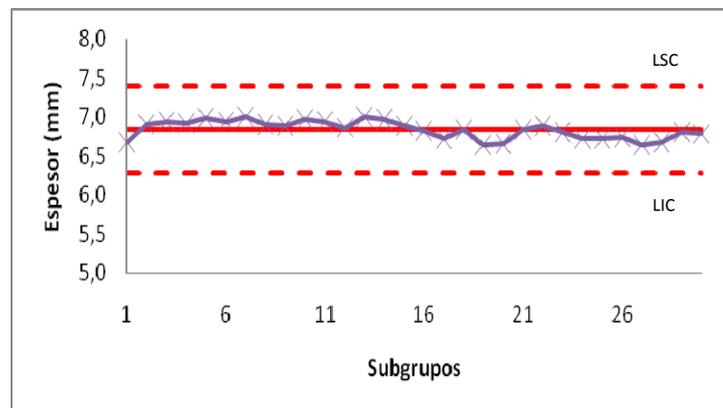
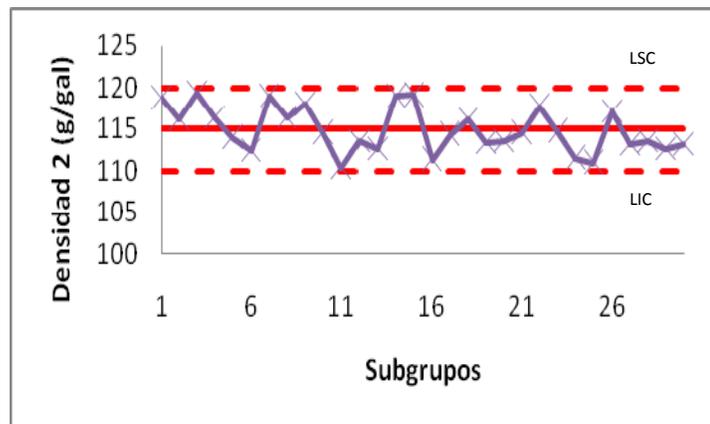
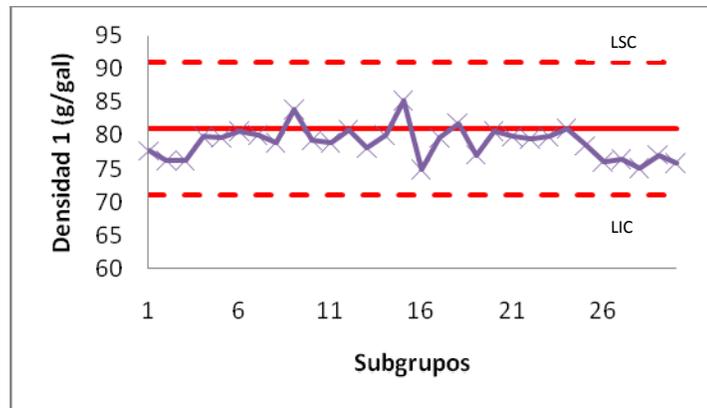
**ANEXO 15:** Situación inicial de las características de calidad concernientes a las hojuelas de maíz a través de gráficas de control de X.

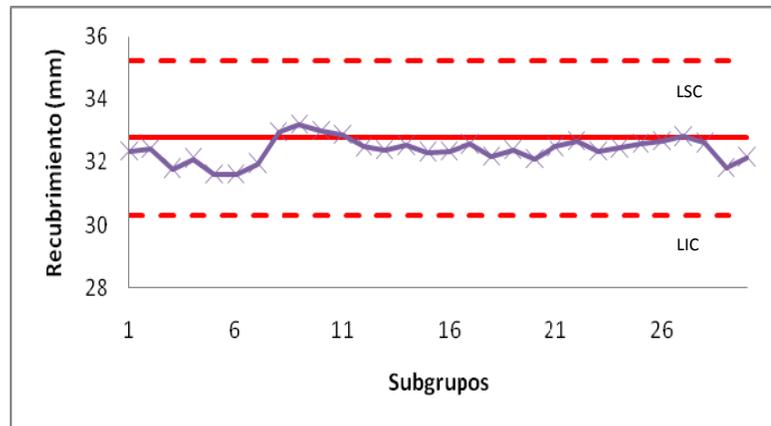


**ANEXO 16:** Situación inicial de las características de calidad concernientes a hojuelas de maíz a través de histogramas de frecuencia.

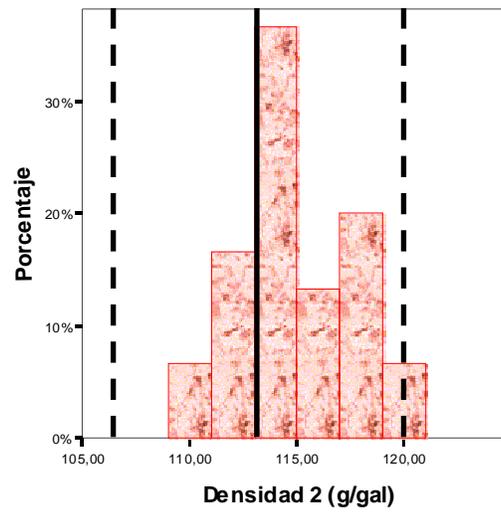
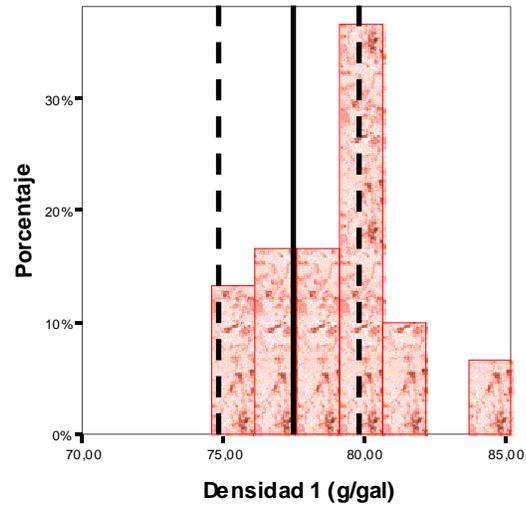


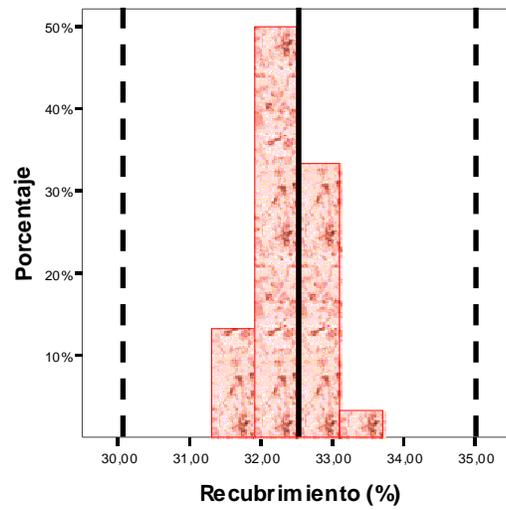
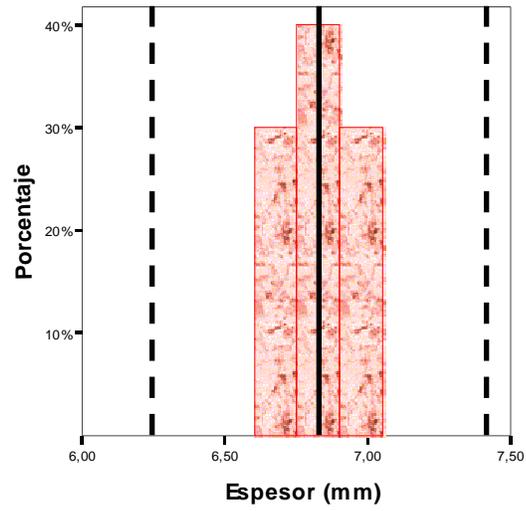
**ANEXO 17:** Situación final de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de gráficas de control de X.



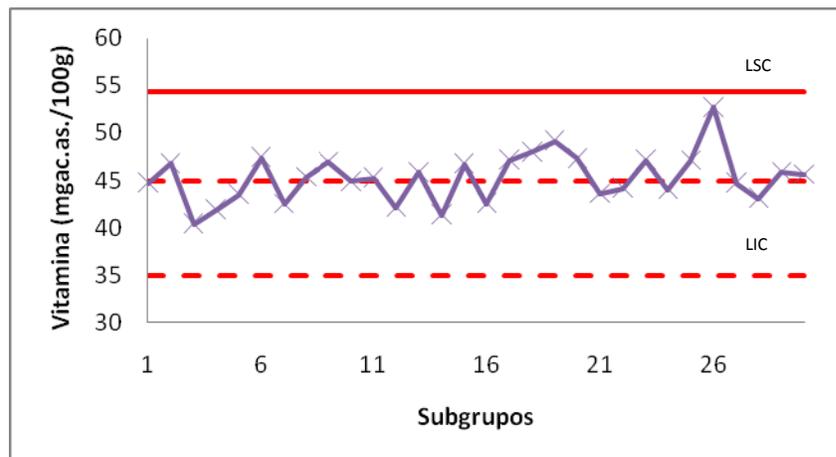
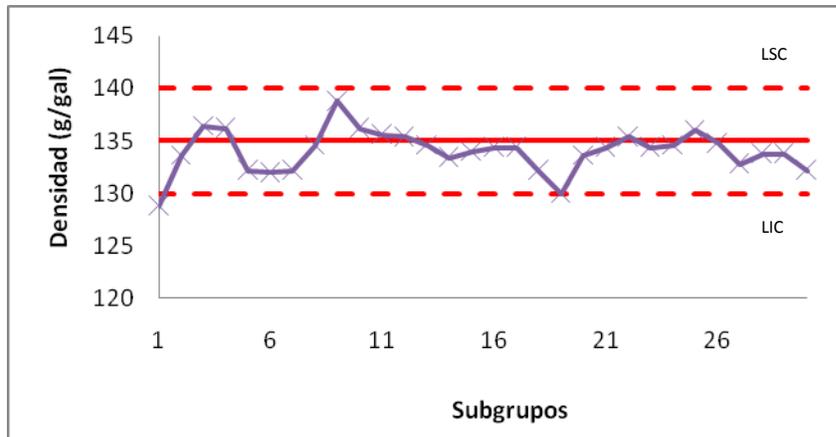


**ANEXO 18:** Situación final de las características de calidad concernientes a los cereales expandidos a través de histogramas de frecuencia.





**ANEXO 19:** Situación final de las características de calidad concernientes a las hojuelas de maíz a través de gráficas de control de X.



**ANEXO 20:** Situación final de las características de calidad concernientes a las hojuelas de maíz a través de histogramas de frecuencia.

