



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

"APLICACION DE CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS
(CEP) EN LA INDUSTRIA HARINERA: GRAFICA DE
CONTROL X - R"

**MEMORIA DE DESEMPEÑO PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A :
GLORIA HEIDI ROMO GONZALEZ**

ASESORA: M. EN C. ROSALIA MELENDEZ PEREZ

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO

2005

m340587



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Gloria H. Romo González

FECHA: 18 - NOV - 2004

FIRMA: Gloria H. Romo González

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



Departamento de
Exámenes Profesionales

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos:

La Memoria de desempeño profesional: Aplicación de control estadístico de procesos (CEP) en la industria harinera: gráfica de control X-R.

que presenta la pasante: Gloria Heidi Romo González
con número de cuenta: 9401388-9 para obtener el título de:
Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 20 de Octubre de 2004

PRESIDENTE	<u>IBQ. Fernando Beristain</u>	
VOCAL	<u>Dra. Sara Esther Valdés Martínez</u>	
SECRETARIO	<u>MC. Rosalía Meléndez Pérez</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>MC. María del Carmen Valderrama Bravo</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>MC. Enrique Martínez Manrique</u>	

AGRADECIMIENTOS

- A la M. en C. Rosalía Meléndez Pérez, por su valioso e incomparable apoyo para la realización de este trabajo.
- A los profesores Fernando Beristain, Dra. Sara Valdés, M. en C. Enrique Martínez, M. en C. Ma. Carmen Valderrama en la revisión del presente trabajo.
- A la empresa Molinera, por la información que me proporcionaron para la realización de este trabajo y por la confianza que depositaron en mí.

DEDICATORIAS

- Principalmente a mi hija Iliana quien gracias a ella tuve la oportunidad de llevar a cabo este trabajo, y es el motivo más grande que tengo para seguir adelante.
- A mi esposo Miguel Angel, por compartir conmigo cada instante de la vida y ser excelente como pareja y persona.
- A mis padres a quien debo todo lo que soy, gracias por todo su apoyo brindado en mi vida.
- A Carolina y Anabell, gracias por su compañía, amistad y por ser unas excelentes hermanas.
- A mis amigos Jessica, Alberto, Apolinar, Fabiola, Rubén, Roberto, Ibeth, Juan Pablo, por ser únicos.
- A mis amigos de la Facultad, Salvador Salas, Dense Pardo, Enrique Fuentes e Ivan Aguilar por su grata compañía durante la carrera.

INDICE

INDICE	2
1. JUSTIFICACIÓN	3
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
2.1 CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS (CEP)	6
2.1.1 <i>Gráfica de control</i>	7
2.1.1.1 <i>Gráficas de control de variables</i>	9
2.1.1.2 <i>Las gráficas de control de atributos</i>	10
2.1.2 <i>Gráfica \bar{X}</i>	11
2.1.3 <i>Gráfica R</i>	12
2.1.4 <i>Criterios de interpretación de gráficas de control de \bar{X}-R</i>	13
2.2 HABILIDAD DE PROCESO	19
2.3 TRIGO	21
2.3.1 <i>Clasificación</i>	21
2.3.2 <i>Conformación del grano de trigo</i>	24
2.3.3 <i>Composición y propiedades de las harinas</i>	28
2.4 MOLIENDA	34
2.5 * DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO DE MOLIENDA	34
2.4.1 <i>Recepción</i>	35
2.4.2 <i>Acondicionamiento</i>	36
2.4.3 <i>Molienda</i>	36
2.4.4 <i>Almacenamiento</i>	37
3. METODOLOGÍA	37
3.1 CUADRO METODOLÓGICO	37
3.2 DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLÓGICO	39
3.2.1 <i>Objetivos</i>	39
3.2.2 <i>Recopilación de información</i>	40
3.2.3 <i>Selección de datos</i>	40
3.2.4 <i>Determinación de la media aritmética \bar{X} y el rango R y de los límites de control central, inferior y superior</i>	41
3.2.5 <i>Elaboración e interpretación de las gráficas de control de \bar{X}-R</i>	43
4. RESULTADOS	44
5. CONCLUSIONES	59
6. REFERENCIAS	61
7. LISTA DE CUADROS, TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICAS	63

1. Justificación

La empresa harinera se encuentra ubicada en la zona industrial de Naucalpan, pertenece al grupo MASECA desde el año de 1996, cuenta con dos molinos que trabajan las 24 horas del día los 365 días del año, con una producción de 288 toneladas de harina al día, produce tres tipos de harina, dos de las cuales vende a su cliente principal que es Gamesa. Está certificada por el sistema de calidad internacional AIB (American Institute of Baking), además cuenta con herramientas de calidad como Buenas Prácticas de Manufactura (BPM), HACCP (Análisis de Riesgos y Puntos Críticos de Control) y actualmente está en camino de obtener la certificación ISO 9001 2000.

El área de Control de Calidad cuenta con un Espectrofotómetro, que es un equipo que permite tener resultados en un minuto aproximadamente, en donde se determina la cantidad de proteína, humedad y cenizas de la harina, el cual es de gran ayuda en la determinación de cada muestra y sobre todo al comienzo o cambio de molienda, ya que para el supervisor del molino el resultado de la cantidad de cenizas es un punto muy importante para saber si tiene que realizar o no ajustes al mismo, el área también tiene un cernidor para asegurar la granulometría, mufla para determinar cenizas, estufa para determinar humedad, alveógrafo para determinar la resistencia a la expansión y elasticidad hasta su rompimiento de la película de una muestra de masa y farinógrafo para determinar la resistencia de la masa, que es graficada por medio de un registrador mecánico.

Es importante señalar que los equipos tienen una calibración cada seis meses realizada por personal externo y el cernidor y el alveógrafo así como las balanzas analíticas son verificados diariamente por los analistas.

El área de Control de Calidad se compone de seis integrantes: 1 practicante, 3 analistas que rolan turnos de ocho horas, 1 analista en turno mixto y el jefe de Control de Calidad.

Las actividades del jefe de Control de Calidad son; verificar los resultados que obtienen los analistas, desarrollar nuevas formulaciones que solicite ventas y resolver las necesidades que se presentan en la empresa o con los clientes.

El analista de Control de Calidad en turno mixto coordina las actividades que se llevan a cabo en el laboratorio, apoya al analista en turno, se encarga de la parte administrativa del laboratorio (elaborar certificados para los clientes de acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis, impartir cursos de Buenas Prácticas de Manufactura al personal de la empresa, realiza autoinspecciones a la planta de acuerdo al sistema de calidad AIB).

El analista que rola turnos se encarga de realizar análisis fisicoquímicos [determinación de humedad de la harina, cenizas, gluten, prueba de suciedad (fifth test) y aseguramiento de la granulometría], reológicos (determinación de resistencia de la masa mediante el alveógrafo y el farinógrafo) y se elaboran galletas para verificar el comportamiento del harina, midiendo el diámetro y la altura de las mismas, además de la revisión de las unidades de transporte, auditorías internas de sanidad mediante recorridos en el molino durante su turno y la verificación de los pesos de los sacos en el área de empaque.

La actividad del practicante es apoyar en sus actividades al analista que rola turnos.

La empresa cuenta con ocho silos para producto terminado, los cuales son llenados en 10 horas aproximadamente cada uno, el analista de Control de Calidad asigna el lote correspondiente al silo de harina que se produce, y analiza una muestra cada hora en el transcurso de su turno de 8 horas, y al día siguiente el analista en turno mixto determina únicamente la media aritmética de los datos para elaborar el certificado correspondiente, debido a que en el área de Control de Calidad no cuenta con gráficas de control como herramienta de Control Estadístico de Procesos.

Como se puede observar, los lotes no se analizan por una sola persona y por lo tanto existen diferencias en los resultados y la forma de muestrear hace que el analista trabaje más y que la información, aunque sea extensa, no se pueda emplear en su totalidad, por no ser homogénea, aunado a que la calibración de los equipos en algunas ocasiones no se realice a tiempo.

Por lo tanto en este trabajo se propone como herramienta estadística las gráficas de control de \bar{X} -R, para detectar las causas que ocasionen la variabilidad en los parámetros de humedad, granulometría y cenizas, además de un muestreo que permita que la información que se obtenga de los parámetros antes mencionados, se pueda emplear en su totalidad para realizar dichas gráficas.

La razón por la que se realizaron las gráficas de Control \bar{X} -R para los parámetros de humedad, granulometría y cenizas es debido a que de los resultados de estos depende la aceptación del producto para algunos clientes. Estas gráficas de Control se realizaron y analizaron para los meses de Julio a Octubre del 2003 por semana y para el mes de Octubre por día, para saber cuál de los dos estudios es más conveniente.

En el cuadro 3.1 se muestra el cuadro metodológico empleado en el desarrollo del trabajo.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Control Estadístico de Procesos (CEP)

La calidad de los productos y los servicios se ha convertido en un factor de decisión importante en la mayoría de los negocios del mundo actual, independientemente de si el consumidor es un individuo o una corporación.

La palabra calidad significa; buena condición para el uso, es decir, es el conjunto de características de un producto o servicio, que satisfaga las necesidades del consumidor (Montgomery, Runger , 2002). (Besterfield,1995) asocia el concepto de calidad con productos o servicios excelentes, que satisfacen nuestras expectativas y, más aún las rebasan, se trata de una cualidad cuya valoración dependerá de lo que se perciba.

El control estadístico de la calidad, se define como aquellos métodos estadísticos y de ingeniería que se usan para medir, monitorear, controlar y mejorar la calidad. El Control estadístico de proceso y muestreo de aceptación son dos de los más importantes elementos del control estadístico de la calidad.

El proceso de manufactura debe ser estable o repetible y capaz de operar con poca variabilidad. El control estadístico de procesos (CEP), es una actitud (un deseo de todos los individuos en la organización para el mejoramiento continuo de la calidad y productividad por medio de la reducción sistemática de la variabilidad). Es un conjunto de herramientas aplicables a cualquier proceso, cuyo objetivo es la eliminación de la variabilidad en el proceso, dichas herramientas son (Hines, 1993):

- 1.- El histograma
- 2.- El diagrama de Pareto
- 3.- El diagrama de causa y efecto
- 4.- El diagrama de concentración de defectos
- 5.- La gráfica de control
- 6.- El diagrama de dispersión
- 7.- La hoja de verificación

La gráfica de control es la herramienta más empleada en el control estadístico de procesos.

2.1.1 Gráfica de control

La gráfica de control, es una técnica de monitoreo en línea cuya capacidad radica en detectar causas asignables de variación, su origen data de 1924, es creada por Shewhart, su teoría sobre la variación es la siguiente: todos los procesos, incluso los buenos, se caracterizan por una cierta cantidad de variación si se miden con un instrumento de suficiente resolución (Mendenhall, 1997).

Cuando esta variabilidad se limita solo a una variación aleatoria o probabilística, se afirma que el proceso estará en un estado de control estadístico. Sin embargo, puede existir otra situación en la cual la variabilidad del proceso también sea afectada por alguna causa asignable, tal como un mal ajuste de una máquina, un error o fatiga del operador, materia prima inadecuada, componentes de la máquina desgastados, cambios en la humedad y temperatura del área, etc. Estas causas de variación asignables suelen tener un efecto adverso en la calidad del producto, por lo que es importante tener alguna técnica sistemática para detectar serias desviaciones de un estado de control estadístico tan rápido como sea posible después de que ocurran. Las gráficas de control se emplean principalmente para este propósito (Hines, 1993; Mendenhall, 1997).

Los objetivos principales de las gráficas son: mejorar la calidad, aumentar la uniformidad, reducir o evitar la producción de desechos y proporcionar información acerca de la actuación de las máquinas y los operarios, para que pueda hacerse la investigación del proceso y aplicarse las acciones correctivas antes de que se fabriquen muchas unidades no conformables¹.

Estas gráficas también pueden utilizarse para estimar parámetros estadísticos de un proceso, tales como la media, la desviación estándar y la proporción de unidades no conformables o incidentales y, mediante esta información, determinar la habilidad de un proceso para cumplir con las especificaciones.

¹ Conformable, es el término que algunos autores utilizan actualmente para referirse a unidades que no cumplen con las especificaciones establecidas.

La habilidad de un proceso se refiere al desempeño del mismo y esta se logra después de alcanzar una profunda mejora de la calidad. Durante el ciclo del mejoramiento de la calidad, la gráfica de control indicará que ya no es posible mejorar más si no se está dispuesto a hacer una fuerte inversión monetaria.

Cabe señalar que mediante los estudios de la habilidad de un proceso, se abordan muchos de los problemas de las decisiones administrativas que ocurren en el ciclo del producción, incluyendo las decisiones sobre fabricar o comprar un insumo, las mejoras en la planta y los procesos que reduzcan la variabilidad, y los acuerdos contractuales con clientes o proveedores respecto de la calidad del producto. Lo ideal es que dicha gráfica de control quede a cargo del operario, suponiendo que cuente con el tiempo y capacitación necesarios, sin embargo si el operario no puede hacerse cargo de ella, será responsabilidad del área de Control de Calidad (Besterfield,1995;Montgomery,Runger,2002).

La gráfica de control típica, se muestra en la figura 2.1, es una representación de una característica de la calidad (c) que se ha calculado de una muestra, ésta se presenta en la figura 2.1 en el eje vertical. El número de muestra o el tiempo se encuentra en la figura 2.1 en el eje horizontal (m). La gráfica contiene una línea central (LC) que representa el valor promedio de la característica de la calidad correspondiente al estado bajo control. Se dice que una gráfica está bajo control estadístico, si sólo están presentes las causas de variación fortuitas, y no lo está si están presentes las causas atribuibles. Las otras dos líneas horizontales llamadas el límite de control superior (LCS) y el límite de control inferior (LCI), se escogen de tal modo que si el proceso está bajo control casi todos los puntos muestrales se localizarán entre ellos. En general, en tanto los puntos se localicen dentro de los límites de control, el proceso está bajo control y no es necesaria ninguna acción. Sin embargo, un punto que se localice fuera de los límites de control, se interpreta como evidencia que el proceso está fuera de control, y se requiere investigación y acciones correctivas para encontrar y eliminar las causas responsables de este comportamiento. Los puntos muestrales de la carta de control suelen unirse con segmentos de recta, para que sea más sencillo visualizar cómo ha evolucionado la secuencia de puntos con el tiempo o con el número de muestra (Montgomery,Runger,2002).

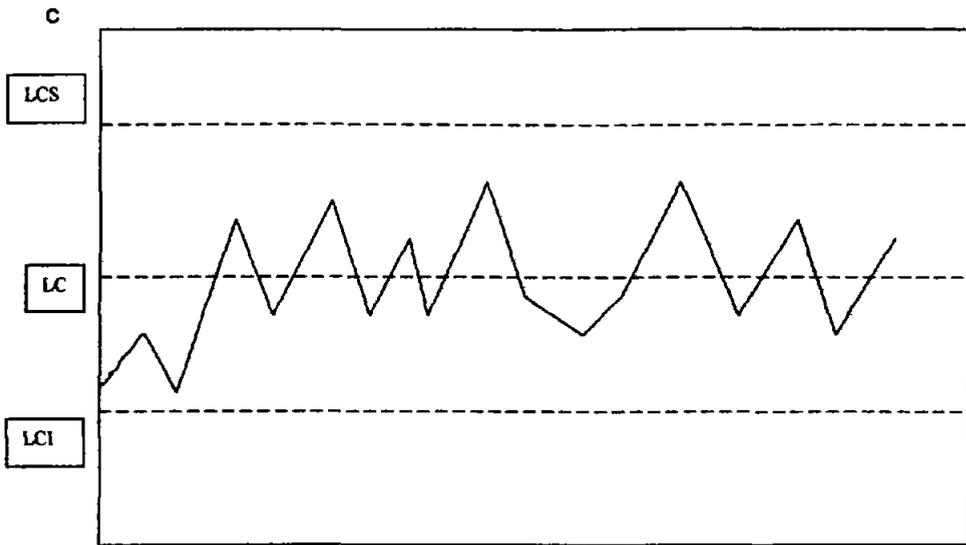


Figura 2.1* Gráfica de control típica

m

Las gráficas de control pueden clasificarse en dos tipos:

- gráficas de control de variables
- gráficas de control de atributos

2.1.1.1 Gráficas de control de variables

Para poder adoptar este tipo de gráficas es necesario medir los parámetros de calidad, es decir, los valores de la variable aleatoria continua, que generalmente tienen un comportamiento similar al de una distribución Normal.

- Las gráficas de control por variables suponen algunos costos; las mediciones de los parámetros tienen que hacerse y registrarse, se requiere de tiempo y equipo de cómputo para realizar los gráficos y calcular las medias aritméticas y los límites, y también la de personal con buena capacidad técnica para interpretar las gráficas, sin

embargo la cuestión de si es rentable o no utilizar los gráficos para un parámetro de calidad determinado la dará la evidencia de los propios gráficos.

Existen 3 formas recomendadas y diferentes para seleccionar las muestras:

- 1- tomando n elementos consecutivos cada determinado tiempo en la línea de producción
- 2- tomando n elementos al azar cada determinado tiempo de la producción almacenada o acumulada
- 3- separando las muestras, según las máquinas, o los operadores o los moldes.

La determinación de los límites de control, permiten detectar las causas explicables de la variación y, decidir en la forma más eficiente, según la causa de error, si el proceso está fuera de control y se requiere una acción correctiva.

Aunque el proceso este bajo control, el grafico puede presentar:

- ciclos repetidos
- tendencias
- cambios bruscos en el nivel del proceso
- puntos cerca de los límites
- estratificación

2.1.1.2 Las gráficas de control de atributos

Se utilizan cuando las características de calidad no se miden en una escala continua o siquiera cuantitativa, cada unidad de un producto puede juzgarse como conformable o no conformable con base en si posee o no ciertos atributos.

Esto suele hacerse para lograr economía y simplicidad en la operación de inspección. Los diagramas de control por atributos requieren un tamaño de muestra más grandes a diferencia de los de variables (Hines, 1993; Montgomery, Runger, 2002).

2.1.2 Gráfica \bar{X}

El control sobre la calidad promedio mediante la gráfica de control para medias, suele llamarse gráfica \bar{X} .

1.- Suponiendo que se conoce la media μ y la desviación estándar σ del proceso y que el parámetro de calidad tiene una distribución normal.

Se usa μ como la línea central (LC) de la carta de control, y los límites 3-sigma superior e inferior pueden colocarse en (LCS,LCI) (Montgomery, Runger,2002):

$$LC = \mu$$

$$LCS = \mu + 3\sigma / \sqrt{n}$$

Y

$$LCI = \mu - 3\sigma / \sqrt{n}$$

Cuando no se conocen los parámetros μ y σ , por lo general se estiman con base en muestras preliminares, las cuales se toman cuando se considera que el proceso está bajo control. Se recomienda el uso de por lo menos 20 a 25 muestras preliminares.

Se necesita la relación entre el rango R de una muestra de una población normal con parámetros estadísticos conocidos y la desviación estándar de esa población. Puesto que R es una variable aleatoria, la cantidad $W = R/\sigma$, llamada el rango relativo, también es una variable aleatoria. Los parámetros de la distribución de W se han determinado para cualquier tamaño de muestra n.

A la media de la distribución de W se le llama d_2 , a la desviación estándar de W se le llama d_3 . Debido a que $R = \sigma W$

$$\mu_R = d_2 \sigma$$

$$\sigma_R = d_3 \sigma$$

Sea R_i el rango de la i-ésima muestra, y sea

$$R = 1/m \sum R_i$$

El rango promedio. Entonces R es un estimador de μ_R y un estimador de σ es

$$\sigma = R / d_2$$

Por lo tanto, como límites de control superior e inferior de la carta \bar{X} barra pueden usarse

$$LCS = \bar{X} + (3/ d_2 n) R$$

$$LCI = \bar{X} - (3/ d_2 n) R$$

Se define la constante

$$A_2 = 3/ d_2 \sqrt{n}$$

Una vez que se han calculado los valores muestrales \bar{X} y R , los parámetros de la carta de control \bar{X} pueden definirse:

$$LCS = \bar{X} + A_2 R$$

$$LC = \bar{X}$$

$$LCI = \bar{X} - A_2 R$$

Donde A_2 es el coeficiente de R para determinar la distancia de la línea central para los límites de control en un gráfico \bar{X} . Se encuentra en tablas para varios tamaños de muestras en el anexo 1.

2.1.3 Gráfica R

En este caso la línea central será R . Para determinar los límites de control, se necesita una estimación de σ_R , y la desviación estándar de R .

Puesto que no se conoce σ , σ_R puede estimarse como:

$$\sigma_R = d_3 \sigma = d_3 (R/ d_2)$$

Y como límites de control superior e inferior:

$$LCS = R + (3 d_3 / d_2) R = [1 + (3 d_3 / d_2)] R$$

$$LCI = R - (3 d_3 / d_2) R = [1 - (3 d_3 / d_2)] R$$

Al hacer $D_3 = 1 - (3 d_3 / d_2)$ y $D_4 = 1 + (3 d_3 / d_2)$ se obtiene

$$LCS = D_4 \bar{R}$$

$$LC = \bar{R}$$

$$LCI = D_3 \bar{rR}$$

Donde \bar{R} es el rango muestral promedio, y las constantes D_3 es el coeficiente de \bar{R} para determinar el límite de control inferior 3σ de un gráfico para \bar{R} y D_4 es el coeficiente de \bar{R} para determinar el límite de control superior 3σ de un gráfico para \bar{R} se encuentran en tablas para varios tamaños de muestras en el anexo 1.

En general en la gráfica \bar{X} se observa el promedio de cada uno de los parámetros (que en este caso son humedad, granulometría y cenizas), por otra parte, la variabilidad del proceso se observa con una gráfica de amplitud o rango \bar{R} o bien con una carta de desviación estándar (S) (Montgomery, Runger, 2002).

2.1.4 Criterios de interpretación de gráficas de control de \bar{X} - \bar{R}

Los modelos de comportamiento empleados para la interpretación de las cartas son los siguientes (Montgomery, 1991):

- 1.- Agrupamiento
- 2.- Cambio gradual de nivel
- 3.- Cambio repentino de nivel
- 4.- Cambio sistemático
- 5.- Ciclos

1.-Modelo de Agrupamientos

La característica principal es que en las cartas de control se encuentran puntos esparcidos fuera de los límites de control en forma de pequeños grupos; lo cual nos indica que hay causas asignables de variación. Fig. 2.2.1

Este tipo de distribución se observa en las cartas \bar{X} - R y en las cartas p, siendo menos frecuente en la X- R de lecturas individuales por ser menos sensibles.

Las causas de esta distribución pueden ser:

Para \bar{X} (R debe estar bajo control)

- Dificultades al medir
- Cambio en la calibración o en el instrumento de medida
- Las mediciones han sido tomadas por diferentes personas
- Cambio en la distribución por un período limitado

Para R

- Saltos en los datos
- Mezcla en la distribución

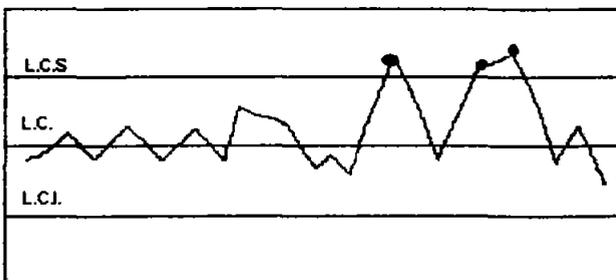


Figura 2.2.1 Modelo de agrupamiento de datos. (Montgomery, 1991).

2.- Modelo de Cambio gradual de nivel

Un cambio en el nivel de las mediciones indican que, algunos elementos del proceso influyen en ello; operarios nuevos que están siendo capacitados, cambios en el proceso, programas graduados, cambio en el equipo de trabajo. Fig. 2.2.2

Las causas que influyen para que la distribución presente cambio gradual son;

Para X (R debe estar bajo control)

- Introducción gradual de materiales nuevos
- Mejora en la supervisión
- Mejora de conocimientos del proceso del operador
- Cambio de un programa de mantenimiento
- Introducción al programa de control

Para R

Disminuye el valor de R

- Mejora en las instalaciones
- Mejora en los métodos
- Capacitación de los operarios

Aumenta el valor de R

- Las instalaciones se hacen cada vez más insuficientes
- Descuido de los métodos}
- El operario descuida el trabajo

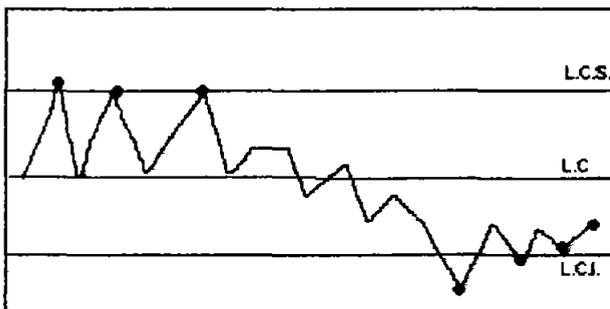


Fig. 2.2.2 Modelo de cambio gradual de nivel (Montgomery, 1991).

3.- Modelo de Cambio repentino de nivel

Se presenta cuando se comparan dos partes de gráfico de datos tomados en diferentes períodos y se detecta que los puntos que se encuentran difieren notablemente. Fig 2.2.3

Esto puede ser causado por la introducción de un material nuevo o muestreo diferente.

Las causas más comunes de variación son:

Para \bar{X} (R debe estar bajo control)

- Cambio en la calidad del material
- Operario nuevo
- Inspector nuevo
- Prueba para modificar se ha modificado
- Maquinaria nueva
- El método se modificó

Para R

- Operario
- Equipo nuevo
- Diferencias en materiales
- Mantenimiento inadecuado
- Improvisación de operarios

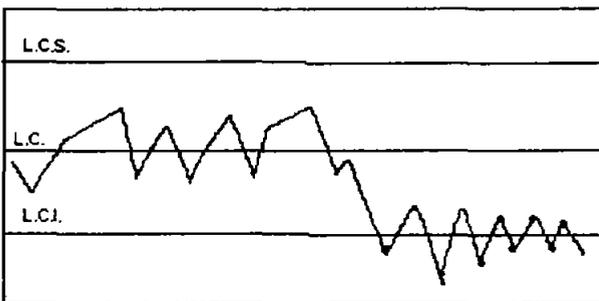


Fig. 2.2.3 Modelo de cambio repentino de nivel (Montgomery, 1991).

4.- Modelo de Cambio sistemático

Una de las características de una gráfica es que punto a punto, su comportamiento es impredecible; en las gráficas que se catalogan en este apartado el cambio es predecible. Se percibe una variación sistemática en el proceso o en los datos. En el proceso la variación puede ser causada por turnos, mientras que en los resultados es el resultado del tamaño de muestra empleado para la gráfica de control. Fig. 2.2.4

La variación en \bar{X}

- Diferencia entre cambios
- Diferencia entre pruebas
- Diferencias en las líneas de ensamble
- Manera de dividir los datos
-

R

- Sistema de agrupación de datos
- Cambio de proveedores

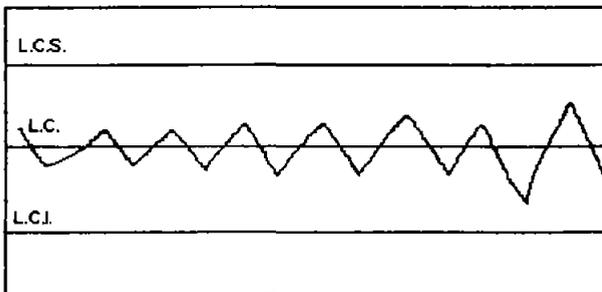


Fig.2.2.4 Modelo de cambio sistemático (Montgomery,1991).

5.- Ciclos o periodicidad

Los ciclos son tendencias pequeñas que se repiten en un modelo de comportamiento
Fig 2.2.5

Pueden ser casi imperceptibles en el gráfico, un ingeniero descubre que cada siete puntos hay un punto más bajo que otros, un operario percibe que cada tres muestras, la muestra tiene un valor determinado y constante. La variación se da a una determinada hora del día. La variación se da al inicio o al final de una jornada de trabajo.

X (Debe estar bajo control R)

- Efectos ambientales debidos a cambios de temperatura y humedad
- Fatiga del operario
- Rotación de personal
- Diferencia de mediciones
- Fluctuación en el voltaje
- Turnos

R

- Mantenimiento de inventarios
- Fatiga del operario
- Rotación de puestos
- Turnos

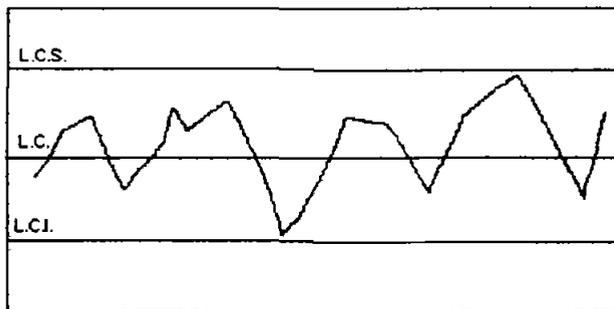


Fig.2.2.5 Modelo de ciclos o periodicidad (Montgomery, 1991).

2.2 Habilidad de proceso

La Habilidad de proceso, se refiere al desempeño del mismo.

La habilidad de proceso, tiene aplicación en muchas partes del ciclo productivo, incluyendo el diseño del producto y del proceso, la búsqueda de proveedores, la planeación de la producción y la manufactura misma, hay tres métodos que se utilizan en el análisis de la habilidad de proceso, los cuales son: histogramas, diagramas de control y diseño de experimentos, sin embargo en este caso solo nos enfocaremos en los diagramas de control (Montgomery, 1991).

2.2.1 Habilidad de proceso mediante un diagrama de control

Las gráficas de control son la técnica principal en el análisis de la habilidad de un proceso, se pueden utilizar gráficas de control de atributos y de variables, sin embargo estas últimas (gráficas de Control \bar{X} -R) proporcionan mayor información para analizar la habilidad de proceso, permiten estudiar los procesos sin tomar en cuenta las especificaciones, a diferencia de las gráficas de control de atributos y además permiten analizar a la vez la variabilidad instantánea (habilidad de proceso a corto plazo) y la variabilidad en el tiempo (habilidad de proceso a largo plazo).

La desviación estándar se determina de la siguiente forma:

$$\sigma = R/d_2$$

La capacidad de un proceso, estadísticamente, se describe como la distancia que existe entre el promedio del proceso (\bar{X}) y los límites de especificación. Esta distancia se define como Z.

Si las especificaciones son bilaterales, se procede de la siguiente forma:

$$Z_s = LSE - \bar{X} / \sigma$$

$$Z_i = LIE - \bar{X} / \sigma$$

En donde Z_s = valor Z de la tabla de distribución normal que codifica el área hasta el punto LSE.

Z_i = Valor z de la tabla de distribución normal que codifica el área hasta el punto LIE.

LSE = Límite superior de especificación

LIE = Límite inferior de especificación

Una vez consultados los valores de Z en el anexo 2.

$$P(\text{total}) = P(Z_s) + P(Z_i)$$

El criterio de capacidad de proceso es el siguiente:

$$P_{\text{total}} \quad 99.73\% \text{ para } \pm 3 \sigma$$

Un proceso se considera hábil si el 99.73% de los elementos caen dentro de los límites de especificación para $\pm 3 \sigma$

Las características más importantes del trigo se presentan a continuación.

2.3 Trigo

Los cereales son las semillas secas de los miembros de la familia de las gramíneas que se cultivan para obtener granos y tienen gran importancia en la alimentación humana, debido a que constituyen una de las principales fuentes de energía en forma de hidratos de carbono, además de contener proteínas grasas, vitaminas y minerales. Dentro de la familia de las gramíneas se encuentra clasificado el trigo, que cuenta con aproximadamente 600 géneros y más de 5000 especies. Tiene su origen en Asia Menor y se estima que apareció hace aproximadamente 9000-7000 años a.c. La planta original silvestre se llama Einkorn (unigrano) que en alemán significa grano solitario. Esto hace referencia a que en cada espiga hay un solo grano.

La preponderancia de los cereales como plantas alimenticias se debe a su capacidad de adaptación a una extensa variedad de suelos y condiciones climáticas; su relativa facilidad de cultivo y su alta rentabilidad. El trigo es el cereal básico en las regiones templadas, con una incidencia de lluvia de 30 a 90 cm³/año. Sin embargo, se observan plantaciones con intervalos desde 30 hasta 230 cm³ (Probst,2000;Scade,1981).

2.3.1 Clasificación

Desde el punto de vista botánico, todos los trigos, sean silvestres o cultivados se hallan incluidos en el género *Triticum*, estos a su vez se dividen en tres especies, las cuales son: *Triticum aestivum*, también llamado trigo común, este comprende el mayor porcentaje de producción con referencia a las otras dos especies, se emplea para elaborar pan blanco, el *Triticum durum*, comprende el trigo ámbar y rojo se emplea para la elaboración de pasta, el *Triticum Compactum* incluye el trigo rojo y blanco, y se emplea para la elaboración de pasteles o panes suaves.

El *Triticum aestivum* se agrupa en cuatro categorías, las cuales son. Duro rojo de primavera, duro rojo de invierno y blanco de primavera y de invierno.

Existen varias formas para clasificar los diferentes tipos de trigo.

- La clasificación de los trigos de acuerdo al color de la semilla se usa a veces como un medio de diferenciación. Se encuentran los trigos rojos y trigos blancos.
- La época de siembra también se usa para clasificación, se encuentra el trigo que se siembra en primavera y se recoge el otoño siguiente "trigo de primavera", y el trigo que se siembra en invierno y se recoge el siguiente otoño "trigo de invierno".
- Los trigos también pueden ser clasificados por su aspereza en duros y blandos, términos que se refieren a la calidad del almidón o endospermo del grano. En el trigo duro el endospermo es áspero al tacto y difícil de comprimir; sin embargo, el endospermo del trigo blando tiene una consistencia harinosa y puede ser apretado fácilmente con la mano hasta formar una masa sólida. El término "harina fuerte o dura" se refiere a una harina apta para producir pan de una textura adecuada y al mismo tiempo absorber comparativamente grandes cantidades de agua, dando así una gran producción de pan de cada saco de harina (Scade, 1981)
- El uso final de los trigos también puede ser una clasificación, como se muestra a continuación en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.3.1 Clasificación del trigo en función al uso final (Probst,2000)

Tipo de trigo	Características	Tipo de Gluten	Uso	Variedades
Grupo 1 Trigo Fuerte		Fuerte	Industria panadera	Anáhuac, Pavón, Guasave
Grupo 2 Trigo Medio fuerte		Medio Fuerte	Pan hecho a mano	Esmeralda, México, Opata
Grupo 3 Trigo suave	Extensible	Débil	Galletas	Salamanca
Grupo 4 Trigo tenaz	Baja extensión	Tenaz	Galletas y pasteles	Ciano, Genaro
Grupo 5 Trigo cristalino	Duro	Cristalino	Pastas y macarrones	Mexicali, Altar

De acuerdo al cuadro 2.3.1:

Los trigos fuertes o duros (llamados también trigos del tipo I), son generalmente los más altos en proteínas, altos en peso específico, tienen buena fuerza general, elasticidad normal del gluten, excelente volumen del pan y buen rendimiento de harina, estos trigos son ideales para pan de caja.

Los trigos Medio Fuertes (trigos del grupo II), son generalmente más bajos en proteínas, más bajos en fuerza general y el pan resulta de menor volumen en comparación al obtenido con los trigos del grupo I. este segundo grupo de trigos se usa generalmente para pan francés o pan dulce de fermentación, también son adecuados para galleta salada.

Los trigos suaves (trigos del grupo III), son de gluten elástico y extensible, tiene baja fuerza general, bajo volumen del pan, pero son ideales para la industria galletera.

Los trigos tenaces (trigos del grupo IV), son semejantes químicamente a los del grupo III, pero la masa hecha con los trigos de esta serie, es notablemente más tenaz que la masa hecha con los trigos del grupo III. Estos trigos son utilizados en la fabricación de pasteles.

Los trigos cristalinos (trigos del grupo V), se usan principalmente en la fabricación de harina o semolina para pastas (Probst,2000)

2.3.2 Conformación del grano de trigo.

Botánicamente el grano de trigo no es considerado una semilla sino un fruto; este es de forma alargada y en su ápice tiene un haz de pequeños filamentos o pelusas, figura A. En la estructura del grano se consideran tres partes principales, las cuales son: el afrecho o salvado, el endospermo y el germen o embrión. Los porcentajes de los componentes de un grano de trigo se muestran en el cuadro 2.2 (Hoseney,1991).

Cuadro 2.3.2 Composición de un grano de trigo (Probst,2000).

Componente	%
Endospermo	80-85
Salvado	13-17
Germen	2-3

Afrecho o Salvado

En el cuadro 2.3.2 se muestra que el trigo contiene de un 13 a 17% de Salvado.

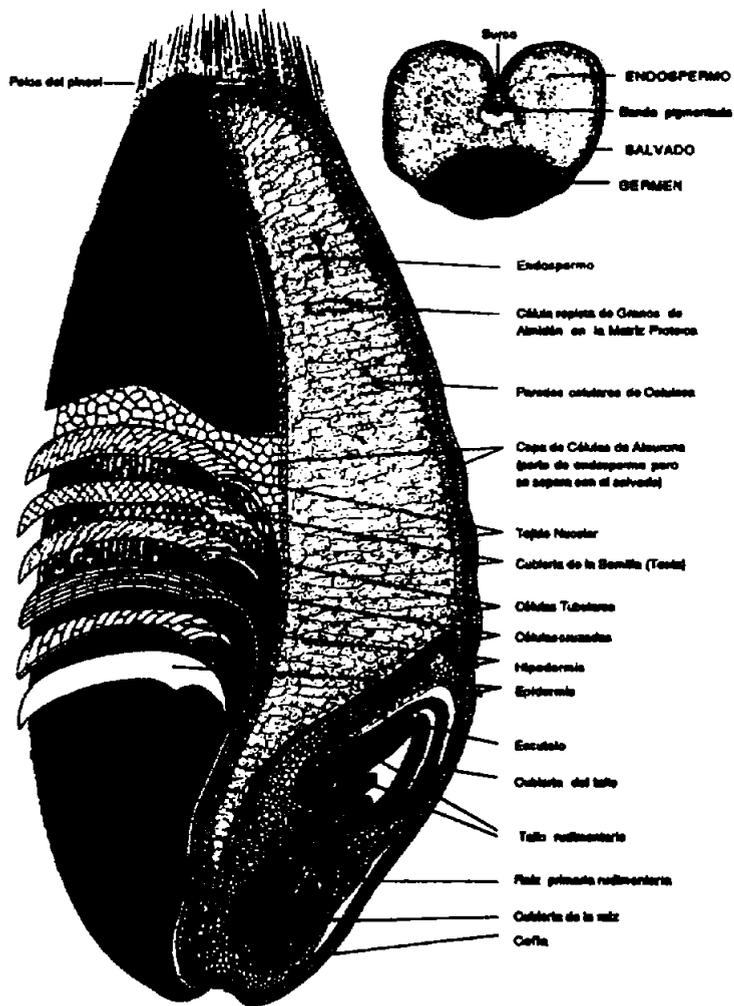


Figura A. Corte longitudinal y transversal de un grano de trigo.

Esta es la parte externa, sirve de cubierta protectora, las capas de salvado son ricas en proteínas, celulosa, hemicelulosa y ceniza, el salvado está formado por una capa externa y otra interna. La externa recibe el nombre de pericarpio y a su vez se compone de la epidermis, epicarpio, celdas transversales y endocarpio. La parte interna está compuesta por la testa que contiene los pigmentos que dan el color rojo (carotenoides) a las variedades rojas: el epistermo que es una cubierta delgada y ligeramente coloreada y por último la aleurona constituida por celdas grandes, bien definidas y sin almidón, la aleurona hace contacto con el endospermo, consiste de las paredes celulares de mayor contenido de proteína, sin embargo no contienen proteínas formadoras de gluten. Estas capas celulares son ricas en vitaminas del complejo -B y en enzimas proteolíticas (proteasas).

El pericarpio es removido durante la molienda, sus capas interiores (testa, epispermo, aleurona) se remueven más fácilmente que las exteriores (epidermis, epicarpio, celdas transversales, endocarpio), ya que tienen una textura más firme debido a su alto contenido de fibra (Probst,2000).

Endospermo

Es la parte que se transforma en harina. El trigo contiene de un 80 a 85% de este. (cuadro 2.3.2) Las células del endospermo contienen los gránulos de almidón embebidos en una matriz proteica hecha principalmente de proteínas formadoras de gluten.

Las proteínas (gluten) de mejor calidad se obtienen del centro del grano y en su exterior del endospermo se concentra la materia mineral.

Existen tres tipos de células almidonosas del endospermo, que se diferencian en su forma, tamaño y localización en el grano, las cuales son: periféricas, prismáticas y células centrales. Las células periféricas son las que están unidas a la capa de la aleurona.

Las células prismáticas son largas y están orientadas en forma perpendicular a la superficie del grano y están localizadas principalmente en la región dorsal del grano. Las células centrales llenan la porción central de las dos partes del grano que se unen.

Las células centrales del endospermo contienen una mayor cantidad de gránulos de almidón que las capas externas o subaleuronas, las proteínas más externas del endospermo almacenan las proteínas formadoras del gluten. Cabe señalar que del total de las proteínas solamente las del endospermo forman parte de las proteínas que proveen de estructura al pan.

La textura del endospermo puede ser en apariencia vítrea y translúcida, o harinosa y opaca, esto depende del tipo de trigo, ya sea duro o suave. En las células de granos vitreos los gránulos de almidón están empacados fuertemente en una matriz de proteínas, mientras que las células de granos harinosos están menos compactadas con gránulos de almidón. Así mismo la razón de la dureza de los trigos, es debido a la interfase entre el almidón y la proteína almacenada. Los trigos duros contienen una capa de proteína soluble en agua alrededor de sus gránulos de almidón, la cual no existe en los trigos suaves.

Las partículas de harinas obtenidas de trigos duros presentan una ruptura durante su molienda, que es predominantemente alrededor de la pared celular, observándose que la línea de ruptura cruza los gránulos de almidón y la matriz de proteínas, por lo que el porcentaje de almidón dañado en tales tipos de trigos tiende a ser alta. Por otro lado en trigos suaves, la adhesión entre los gránulos de almidón y la matriz de proteína es más débil, lo que representa una mayor proporción de gránulos intactos, por lo que el almidón dañado es considerablemente bajo (Hoseney, 1991; Scade, 1981).

Embrión o Germen

Es la menor parte en el grano de trigo, constituye aproximadamente el 2.5% (cuadro 2.3.2) y está situado en la parte inferior al dorso del grano; lo componen la plumula o punta del tallo; este se encuentra dentro de una cubierta llamada epitelio, la cual está rodeada de una capa de células epiteliales que forman el escudillo.

La otra parte del embrión es la raíz, muy pequeña y que está encerrada en una cubierta; la raíz en su extremo inferior está provista de la cofia o vaina; también está encerrada en el escudillo. El germen contiene proteínas, ceniza, azúcar y la mayor proporción de aceite del grano.

El germen, segrega las enzimas que durante la germinación absorbe y conduce el material alimenticio al endospermo. Esta actividad enzimática afecta el comportamiento del harina en el proceso de panificación, ya que provocan una falta de control durante la fermentación, por lo que es importante la eliminación del germen durante la molienda. (Probst,2000).

2.3.3 Composición y propiedades de las harinas

El grupo de compuestos del trigo se presenta en el cuadro 2.3.3:

Cuadro 2.3.3 Composición del trigo por grupo de compuestos (Probst,2000).

Componente	%
Carbohidratos	70-72
Proteínas	9-15
Grasa	2.0-2.2
Fibra	2.0-2.5
Cenizas	1.7-1.8
Humedad	Variable
Total	100

Carbohidratos

Los carbohidratos principales que se encuentran en la harina son la glucosa, la sacarosa y la maltosa, también hay intermediarios entre la glucosa y el almidón.

Los carbohidratos de la harina son necesarios para el crecimiento de la levadura durante el proceso de fermentación, y su presencia determina las propiedades gaseosas de la harina (Scade, 1981).

El almidón es un compuesto orgánico con un peso molecular elevado, el tamaño de los gránulos de almidón en el trigo oscila entre 0.02 y 0.05 mm, este es insoluble al agua fría, pero en agua caliente se hincha, llegando incluso a romperse si el agua se encuentra en exceso. A este último efecto se le denomina gelatinización del almidón, ya que los cambios que se originan por la acción del calor conducen a la formación de un gel; ésta se lleva a cabo aproximadamente a una temperatura de 60°C, dependiendo de la concentración de sólidos, pH y otros factores.. La capacidad de gelatinización se debe a las fuerzas originadas por la disposición regular de los cristales de almidón en el interior del gránulo. Los gránulos de almidón también pueden romperse por acción mecánica. Estos almidones al ser tratados con ácidos diluidos pierden su poder de gelatinización y se les denomina almidón Linter. Las funciones del almidón son las siguientes:

- Diluir el gluten a una consistencia deseable.
- Aporta los azúcares necesarios para la acción de la levadura a través del rompimiento de los gránulos de almidón
- Provee una superficie apropiada para los enlaces fuertes con la parte adhesiva del gluten
- Se torna flexible más no se desintegra durante la gelatinización induciendo a los gránulos de almidón a incrementar su volumen, provocando que la película de gluten se fije y se torne rígida para perder su potencial de expansión, dando al pan una estructura que le permite la permeación de gas, de forma tal, que al salir del horno no se colapse por la temperatura del ambiente.

El almidón juega un papel muy importante en la formación de la estructura de la malla tridimensional formada por el gluten, mediante el proceso de gelatinización. Este tiene como papel fundamental absorber el agua adicionada para la formación de la masa y fijar la estructura de la hogaza durante el proceso de homeado.

También proporciona maltosa mediante la acción de las α y β amilasas para la fermentación, sobre el almidón, proporciona una superficie adecuada para lograr una fuerte unión con el gluten y flexibilidad para la expansión de la hogaza mediante la gelatinización parcial (Probst,2000).

El almidón está compuesto por Amilasa en aproximadamente 19-26% y Amilopectina 74-81%, el primero está constituido por compuestos de cadena lineal fácilmente atacables por la beta amilasa, dando lugar a azúcares de bajo peso molecular (reductores) o dextrinas. Por otra parte la fracción Beta, está constituida por compuestos de estructura ramificada que no son degradados por la beta amilasa (Probst,2000).

Proteínas

La cantidad de proteína de una variedad de trigo es un factor ambiental, pero la calidad es un factor hereditario. Un trigo de buena calidad produce siempre un pan aceptable en un intervalo amplio de contenido de proteínas y un trigo de mala calidad produce un pan no aceptable aún con alto contenido de proteínas. Sin embargo, es difícil elaborar un pan con harinas con un contenido de proteínas menor al 8%.

Aunque la composición de aminoácidos de la proteína del gluten no está relacionada en forma directa con la calidad del harina, las propiedades reológicas de la masa si dependen del número y naturaleza de los enlaces cruzados que se forman; los grupos iónicos de las proteínas pueden gobernar las propiedades viscoelásticas de la masa a través de cuatro tipos de enlace: de hidrógeno, amida (de los ácidos aspártico y glutámico), sulfhidrido y disulfuro, y por interacciones hidrofóbicas.

El harina contiene dos proteínas de importancia en panadería. La glutenina y la gliadina, las cuales al mezclarse con agua forman la sustancia llamada gluten. La glutenina, (glutelina) es de alto peso molecular, es insoluble en soluciones salinas y neutras, pero es soluble o dispersable en soluciones diluidas de ácidos o bases, ésta da fuerza y estabilidad a la estructura del pan, las gluteninas son moléculas de más diversos tipos, La glutenina insoluble está formada por subunidades de polipéptidos, cada uno de ellos mantenidos de manera compacta por enlaces de disulfuro intramoleculares.

Estas subunidades están ligadas, a su vez, en una forma más o menos lineal por enlaces de disulfuro interpolipeptídicos, por otro lado, la gliadina (prolamina) es de bajo peso molecular, es una proteína soluble en etanol. Las proteínas de la gliadina son cadenas de polipéptidos que se mantienen en una forma helicoidal compacta por los enlaces disulfuro (S-S) intramoleculares. Se ha encontrado que las fracciones de gliadina con diferentes pesos moleculares afectan significativamente las propiedades de mezclado, las gliadinas de alto peso molecular refuerzan más a las masas que las de bajo peso molecular.

El bajo nivel de cargas potenciales positivas y negativas de las proteínas del gluten hacen que las fuerzas de repulsión entre las moléculas de proteína sean pequeñas y las cadenas puedan interaccionar entre sí con facilidad. Esta condición parece ser necesaria para la formación de la masa. Las proteínas del gluten tienen contenidos apreciablemente bajos de aminoácidos básicos de baja densidad de carga y junto con los numerosos extremos laterales de amida tienen un potencial para la formación de puentes de hidrógeno intermoleculares e intramoleculares en la masa, que son los responsables de la cohesividad de estas proteínas, facilitando la formación de una matriz estable para la retención de gas.

El gluten contiene concentraciones muy pequeñas de albúminas, globulinas solubles en agua o en soluciones salinas neutras, lectinas, protioninas y enzimas. El gluten húmedo extraído de una porción de masa pesa tres veces más que la proteína presente en el harina. Al cocer el gluten húmedo de una buena harina para pan, se hincha y alcanza una forma consistente y esférica, en cambio las masas hechas de harina blanda o débil producen un gluten que tiende a desbordarse y a aplastarse durante la cocción.

Las gluteninas cuando se hidratan, forman una masa muy tenaz y elástica, mientras que las gliadinas dan lugar a una masa más fluida, viscosa y poco elástica. El gluten en conjunto, muestra propiedades de cohesión, elasticidad y viscosidad intermedias. Un balance adecuado de elementos elásticos y viscosos es esencial en la masa, si se desea elaborar un pan de buena calidad (Probst,2000).

Enzimas

Las enzimas más importantes del trigo son las diastásicas, las cuales degradan el almidón para convertirlo en maltosa y otros azúcares, dichas enzimas se encuentran en el germen del trigo. Los componentes más importantes de las enzimas diastásicas son las α y β amilasas; la beta amilasa transforma el almidón a maltosa y sólo puede actuar sobre el grano que ha sido lesionado durante la molienda. La alfa amilasa produce dextrinas. Durante el proceso de fermentación la maltosa se desdobra formando dos moléculas de glucosa las cuales pueden fermentar fácilmente, durante este proceso se forma bióxido de carbono y alcohol, debido a la acción de la levadura sobre el azúcar (sacarosa). El punto crítico del proceso de fermentación es la producción de gas debido a la acción de la levadura sobre la maltosa.

Cuando se homea una harina de poca actividad diastásica, la corteza del pan resulta de poco color con un mal aspecto y se produce poco gas, esto debido a la falta de azúcares para realizar las reacciones de Maillard.

En cambio, si existe exceso de actividad diastásica se provoca cierta pegajosidad a la miga, debido a que durante el proceso de panificación se desdobra una gran cantidad de almidón, del cual parte queda intacto, pero al mismo tiempo no es suficiente para ligar toda el agua de la masa en el momento de la gelatinización.

El trigo, contiene además otras enzimas como la maltasa, la invertasa y también enzimas proteolíticas, de estas últimas : proteasa o proteinasa es el ejemplo, la cual desdobra las proteínas en compuestos más sencillos como peptonas, polipéptidos, etc. El exceso de actividad proteolítica provoca que el gluten pierda elasticidad y disminuya la retención de gas (Hoseney, 1991).

Grasa

La grasa representa aproximadamente el 2% del harina, puede estar en forma de fosfolípidos, lipoproteínas y glucolípidos, se encuentra principalmente en el germen. Esta grasa tiende a enranciar durante el almacenamiento, debido a eso debe eliminarse (Scade,1981).

Vitaminas

El trigo y la harina contiene el complejo vitamínico B, en cantidades que varían de acuerdo al tipo de trigo y al grado de extracción de la harina. Los trigos duros, las harinas integrales y el salvado, son los más ricos en tiamina, riboflavina , ácido nicotínico y piridoxina. Las harinas blancas sólo contienen pequeñas cantidades pero estas se enriquecen añadiéndoles tiamina y ácido nicotínico.

Minerales

El trigo contiene pequeñas cantidades de fosfato potásico con trazas de fosfato de magnesio, calcio y sal de hierro, principalmente en el salvado y en el germen.

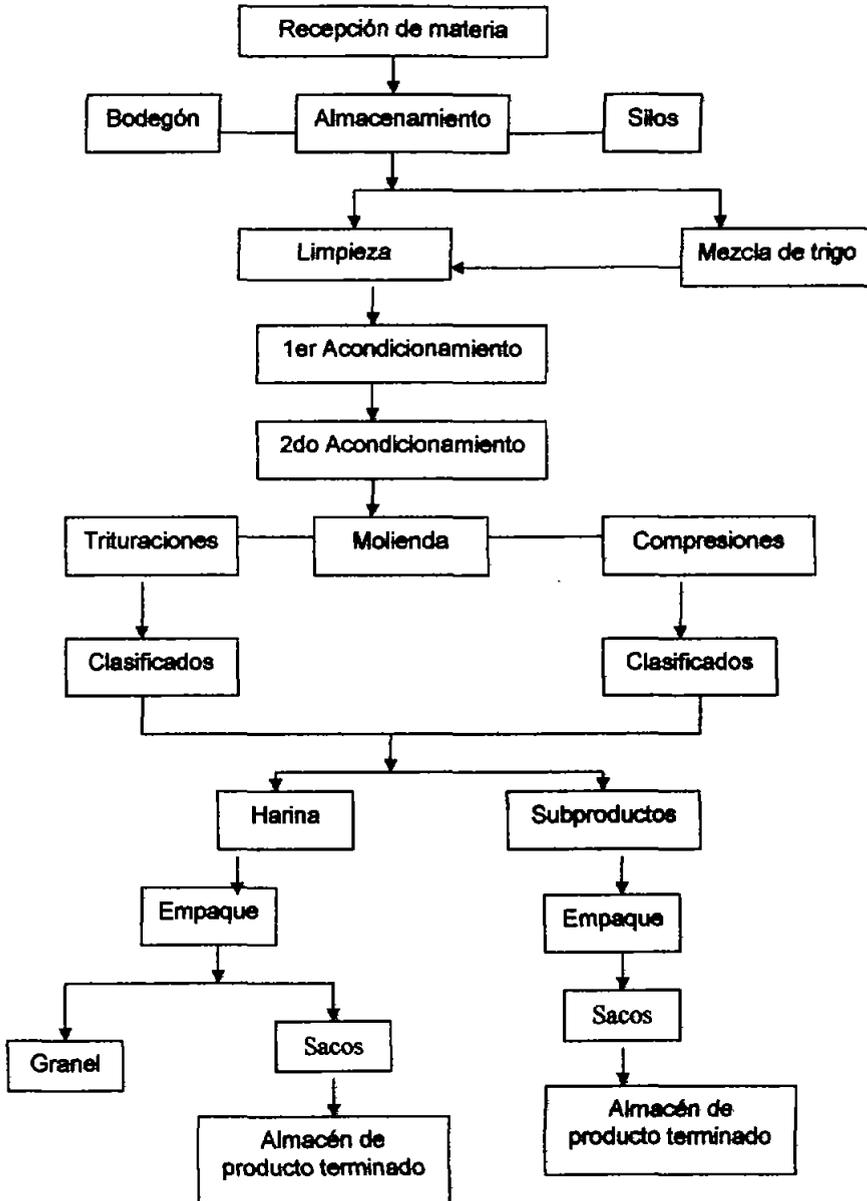
Por tanto, la cantidad de minerales aumenta con el grado de extracción, y puede determinarse quemando una muestra de harina hasta convertirla en ceniza.

Color de la harina

El color de la harina depende de la clase de trigos, del sistema de molienda, y de la utilización de agentes blanqueantes. Estos cambian el color de la harina, oxidando los pigmentos carotenoides en el endospermo, y en algún grado cambian también la materia colorante del salvado (Scade,1981).

2.4 Molienda

2.5 * Diagrama de bloques del proceso de molienda



Para la obtención de harina, se requiere una serie de trituraciones, compresiones y clasificados en donde se involucra la separación de salvado y el germen del endospermo. El proceso de molienda de trigo se presenta en el cuadro 2.5*, consta básicamente de las siguientes etapas:

2.5.1 Recepción de materia prima

2.5.2 Acondicionamiento de trigo

2.5.3 Molienda de trigo

2.5.4 Almacenamiento

2.4.1 Recepción

La empresa recibe trigo mediante camiones y/o furgones, antes de realizar la descarga del mismo, tiene que pesarse, llevarse al laboratorio de Control de Calidad para realizar las pruebas de Calidad, las cuales se basan en el contenido de materias extrañas, peso hectolítrico, impurezas, granos dañados, granos quebrados y chupados, trigos de otras clases y contenido de humedad. Posteriormente es llevado a los silos donde se almacena mediante elevadores de cangilones (NMX-FF-055-1984, NMX-FF-036-1996).

En la empresa se mezclan trigos duros y suaves con la finalidad de dar los atributos de calidad requeridos por los clientes, además de reducir costos. La mezcla de trigos se realiza empleando un medidor de flujo volumétrico mediante una rosca, en la cual se comienza a uniformar la mezcla mientras es transportado.

En la etapa de limpieza se eliminan las impurezas físicas que traiga el trigo, tales como: piedras, soya, maíz, metales, paja, cáscara, centeno, cebada y polvo; originados en el campo, almacenamiento o en el manejo y transportación del trigo, para evitar efectos adversos en la calidad del harina, dicha limpieza se realiza mediante dos separadoras, las cuales son cribas vibratorias, en este caso se separan piedras, paja, en general partículas de mayor tamaño que el trigo, posteriormente pasa por un combinador, en donde por densidad separa el trigo chupado o seco del trigo sano, posteriormente pasa por dos despedregadoras en donde también por densidad se separan las piedras y por último pasa por 2 pulidoras, en donde se elimina la suciedad (polvo) que tiene el trigo.

2.4.2 Acondicionamiento

El acondicionamiento del trigo se realiza para reducir la dureza del endospermo para así ser fácilmente convertido en harina y para endurecer el salvado para resistir la pulverización.

El acondicionamiento involucra la adición de agua al trigo y posteriormente dos reposos de aproximadamente 12 horas cada uno. Los trigos duros requieren mayor humedad (16.5%) (Hoseney,1991) y tiempos de acondicionamiento de 8 a 24 horas, debido a que la penetración de la humedad es más lenta por la estructura celular cristalina más dura del endospermo. En cambio, Los trigos suaves requieren menor humedad (15.0-15.5%) (Hoseney,1991) y menor tiempo de reposo, ya que la penetración de la humedad a través de la estructura celular del endospermo más débil, es más rápida.

2.4.3 Molienda

La molturación de la mayoría de los granos de cereal, particularmente de los que tienen surco, se hace con molino de rodillos. Este sistema se presta a un proceso de reducción gradual. La molienda consiste en dos etapas Trituración y Reducción. En la trituración se fragmenta el trigo y se separa gradualmente el salvado, para obtener el endospermo, para esto se usan pares de rodillos corrugados, que giran en sentidos opuestos. En el entrehierro (donde los rodillos se aproximan entre sí), las dos superficies llevan la misma dirección. Los dos rodillos funcionan generalmente con velocidades distintas, girando el más rápido. Generalmente a dos veces y media la velocidad del más lento. De esta manera además de la acción de compresión al pasar una partícula suficientemente grande por el estrecho espacio entre los dos rodillos, hay una acción de corte a acusa de la velocidad diferencial.

Posteriormente se pasa a un cernidor y un purificador para separar y clasificar las fracciones molidas, los cernidores constan de una serie de mallas en una caja suspendida de tal manera que se produce un movimiento de agitación rotatorio. En la reducción se emplean rodillos lisos, los cuales actúan sobre las partículas del endospermo para obtener harinas durante varias etapas, por último al igual que en la trituration, las harinas se obtienen de un proceso de cernido (Desrosier,1996;Hoseney,1991). El porcentaje de extracción de molienda es la relación en peso de la cantidad obtenida de harina, expresada como porcentaje del trigo, es decir :

$$\% \text{ Extracción de harina} = (\text{cantidad de harina/cantidad de trigo}) \times 100$$

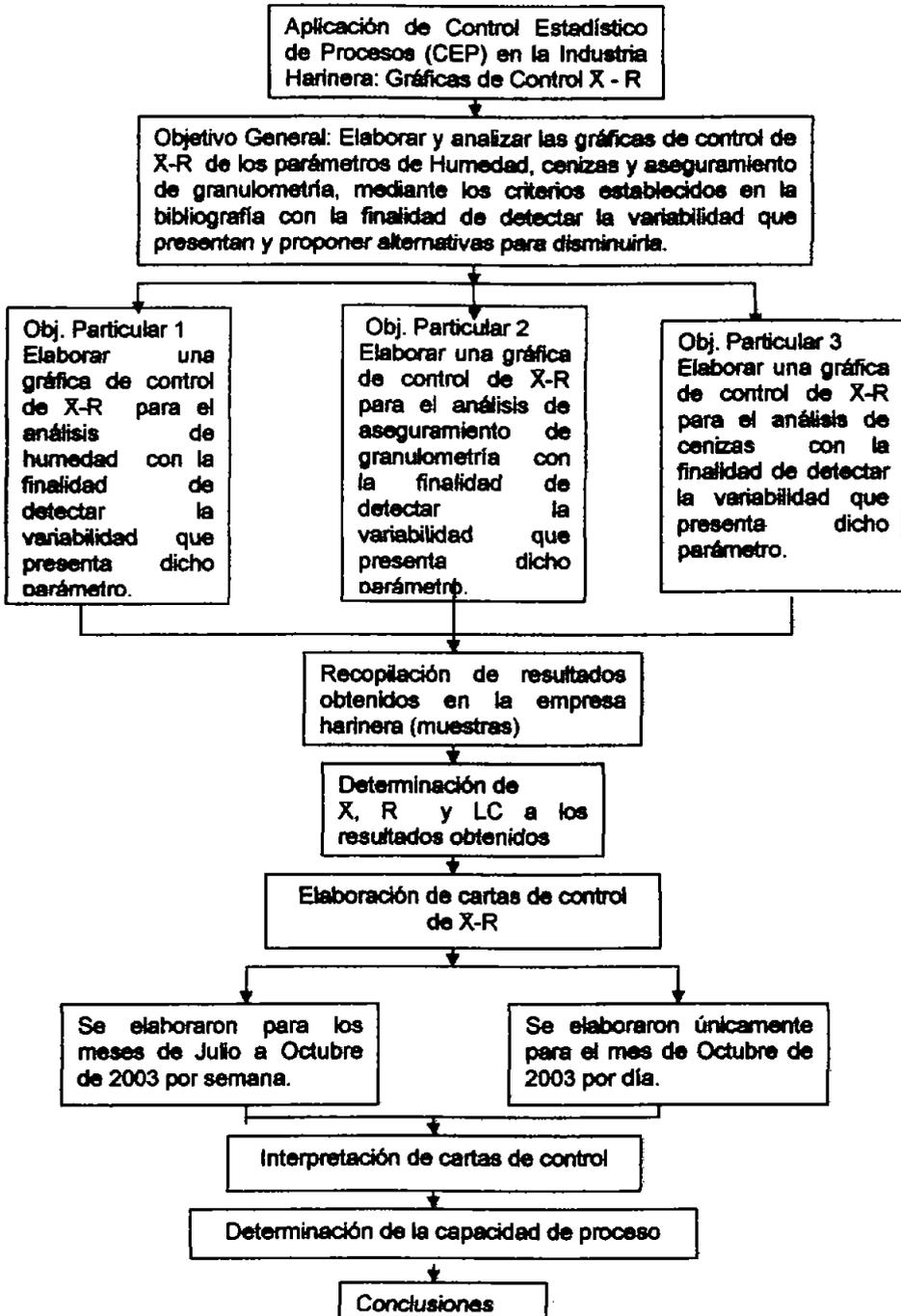
El % de extracción, es muy significativo cuando es expresado en conjunto con el % de cenizas o el color del harina, ya que se presenta una relación inversa, teniendo mayor % de extracción, pero menor calidad del harina.

2.4.4 Almacenamiento

Cuando la harina se destina a vender a granel, esta pasa por cuatro tolvas de 20 ton cada una y posteriormente se va tomando para llenar los vehículos con esta. Cuando se empaqueta en sacos de 44Kg, pasa a un equipo automatizado "carrusel" en donde se empaquetan 3000 sacos/ 8 horas y posteriormente pasan al almacén de producto terminado.

3. METODOLOGÍA

3.1 Cuadro Metodológico



Enseguida se presenta la descripción de cada una de las etapas que comprenden el cuadro metodológico.

3.2 Descripción del cuadro metodológico

3.2.1 Objetivos

3.2.1.1 Objetivo general

Elaborar y analizar las gráficas de control de \bar{X} -R de los parámetros de Humedad, cenizas y aseguramiento de granulometría, mediante los criterios establecidos en la bibliografía con la finalidad de detectar la variabilidad que presentan y proponer alternativas para disminuirla.

3.2.1.2 Objetivo Particular 1

Elaborar una gráfica de control de \bar{X} -R para el análisis de humedad con la finalidad de detectar la variabilidad que presenta dicho parámetro.

Objetivo Particular 2

Elaborar una gráfica de control de \bar{X} -R para el análisis de aseguramiento de granulometría con la finalidad de detectar la variabilidad que presenta dicho parámetro.

Objetivo Particular 3

Elaborar una gráfica de control de \bar{X} -R para el análisis de cenizas con la finalidad de detectar la variabilidad que presenta dicho parámetro.

Una vez establecido el cuadro metodológico, se procedió a realizar la recopilación y selección de los datos en el laboratorio de control de calidad de la empresa.

3.2.2 Recopilación de información

El área de control de calidad de la empresa proporcionó la información de los parámetros de humedad, cenizas y aseguramiento de granulometría del harina elaborada con trigos suaves, de los meses de julio a septiembre de 2003 por semanas, y debido a que del mes de octubre al mes de marzo incrementa la producción de harina, y por lo tanto suceden algunos ajustes en el ritmo de trabajo el área proporcionó información por día, únicamente del mes de Octubre de 2003.

Se obtuvo la información de los parámetros de humedad, cenizas y aseguramiento de granulometría del harina, a partir del formato empleado para el registro de ellos denominado "Análisis de la producción". Las pruebas de humedad y ceniza se realizan en un equipo de pruebas rápidas el cual mediante luz infrarroja, determina la cantidad de estos en harina, y el aseguramiento de la granulometría se efectúa mediante un cernidor con las mallas 90x y 110x.

3.2.3 Selección de datos

Como se mencionó anteriormente, los datos de los parámetros de humedad, cenizas y aseguramiento de granulometría que proporcionó la empresa, no son homogéneos, ya que no se tiene completa la información diaria registrada en el formato mencionado anteriormente. Debido a eso para la elaboración de las gráficas de control, se tuvo que reducir el número de muestras hasta ajustar el tamaño de muestra homogéneo y en el mes de Octubre de 2003 para cada día de la semana se calculó la \bar{X} empleando una $n^2 = 2$ y por otra parte para los meses de Julio a Octubre de 2003 para obtener la \bar{X} para cada semana, se empleó una $n = 3$.

Los analistas de la empresa rolan tres turnos, estos se distribuyen cada semana, es decir, el analista que está en la mañana la primera semana, la segunda está en la noche y la tercera semana está en la tarde, hasta la cuarta semana vuelve a estar en el primer turno. Por otra parte los puntos graficados de acuerdo al día pertenecen al mes

² n = tamaño de muestra

de Octubre de 2003 y son los días: 1,2,3,4,8,9,10,11,15,16,17,18,21,22,23 y las semanas graficadas pertenecen a los meses de julio a octubre de 2003 y son las semanas 28 a la 43.

Cabe señalar que el practicante sólo está el primero y parte del segundo turno, así como el analista en turno mixto y durante estos meses no hubo cambio de personal.

3.2.4 Determinación de la media aritmética \bar{X} y el rango R y de los límites de control central, inferior y superior.

Se determinaron la media aritmética y el rango de la siguiente forma:

$$\text{Media Aritmética } \bar{X} = \sum_{i=1}^N x_i / n$$

En donde n= número de muestra

x_i = Cada uno de los valores de los parámetros (humedad, cenizas, y granulometría).

$$\text{Rango } R = X \text{ máximo} - X \text{ mínimo}$$

En donde X = valor de los parámetros (humedad, cenizas, granulometría).

Para determinar los límites para los gráficos de Media Aritmética se empleó:

Límite Central (LC)

$$\text{LC} = \bar{X} \quad \text{En donde } \bar{X} = \text{Media Aritmética (Cada uno de los valores de los parámetros / número de muestra)}$$

Límite de Control Inferior (LCI)

$$\text{LCI} = \bar{X} - A_2 R \quad \text{En donde } \bar{X} = \text{Media Aritmética de la Media Aritmética de los datos.}$$

A_2 = Constante coeficiente de R para determinar la distancia de la línea central para los límites de control en un gráfico \bar{X} . Ver Anexo 1

$R =$ Media aritmética del rango

Límite de Control Superior (LCS)

$LCS = \bar{X} + A_2 R$ En donde \bar{X} = Media Aritmética de la Media aritmética de los datos.

$A_2 =$ Constante coeficiente de R para determinar la distancia de la línea central para los límites de control en un gráfico \bar{X} . Ver Anexo 1

$R =$ Media aritmética del rango

Para determinar los límites para los gráficos de Rango se empleó:

Límite Central (LC)

$LC = R$ En donde $R =$ Media Aritmética (Cada uno de los valores de los parámetros / número de muestra) del R

Límite de Control Inferior (LCI)

$LCI = D_3 R$ En donde $D_3 =$ Coeficiente de R para determinar el límite de control inferior 3σ de un gráfico para R . Ver Anexo 1

$R =$ Media aritmética del rango

Límite de Control Superior (LCS)

$LCS = D_4 R$ En donde $D_4 =$ Coeficiente de R para determinar el límite de control superior 3σ de un gráfico para R . Ver Anexo 1

$R =$ Media aritmética del rango

3.2.5 Elaboración e interpretación de las gráficas de control de \bar{X} -R

Las gráficas de Control \bar{X} -R se elaboraron mediante el programa de computación Excel (Microsoft office XP). En el eje Vertical se presentan los valores numéricos de los parámetros de humedad, granulometría y ceniza y en el eje horizontal se encuentran los subgrupos, es decir las semanas y los días de cada mes.

Los modelos de comportamiento empleados para la interpretación de las cartas son los siguientes:

- 1.- Agrupamiento
- 2.- Cambio gradual de nivel
- 3.- Cambio repentino de nivel
- 4.- Cambio sistemático
- 5.- Ciclos

4. RESULTADOS

Una vez determinados la media aritmética y el rango para cada uno de los meses, se calcularon los límites de control para las gráficas y se presentan de la siguiente forma:

Cuadro 4.1 \bar{X} y R de humedad, granulometría y cenizas del mes de octubre de 2003.

OCTUBRE DE 2003						
\bar{X}			R			
n =2	LCI	LC	LCS	LCI	LC	LCS
Humedad	12.8	12.9	13	0	0.051	0.166
Granulometría	17.76	19.3	20.84	0	0.819	2.67
Cenizas	0.462	0.492	0.522	0	0.016	0.052

Cuadro 4.2 \bar{X} y R de humedad, granulometría y cenizas del mes de julio a octubre de 2003.

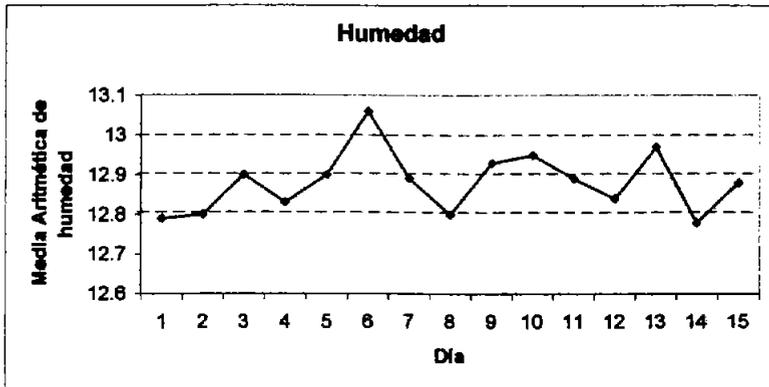
JULIO A OCTUBRE DE 2003						
\bar{X}			R			
n =3	LCI	LC	LCS	LCI	LC	LCS
Humedad	12.6	12.77	12.9	0	0.17	0.438
Granulometría	16.14	19.24	22.33	0	3.025	7.786
Cenizas	0.461	.487	0.514	0	0.026	0.669

- En el cuadro 4.1 se observa que en los valores de humedad y ceniza hay menos diferencia entre ellos en comparación con el cuadro 4.2, debido a que el tamaño de la muestra es menor, en cambio en el cuadro 4.2 estos valores presentan mayor diferencia debido a que es más grande el tamaño de la muestra, es decir entre mas grande sea la muestra habrá mayor diferencia en los valores.

- Otra razón por la que hay más diferencia entre los límites de granulometría contra los de humedad y cenizas, es que estos últimos parámetros se determinan en el mismo equipo de pruebas rápidas, a diferencia del parámetro de granulometría que se asegura en un cernidor. El equipo de pruebas rápidas tiene mayor confiabilidad debido a que sólo puede haber diferencias entre los analistas, en el momento de colocar la muestra en el equipo, en cambio en el cernidor hay menor confiabilidad en comparación con el equipo de pruebas rápidas, ya que puede haber error al pesar la muestra para colocarla en el cernidor (muestra inicial) y al manipular las mallas y pesar la muestra (final) para determinar el valor del parámetro.

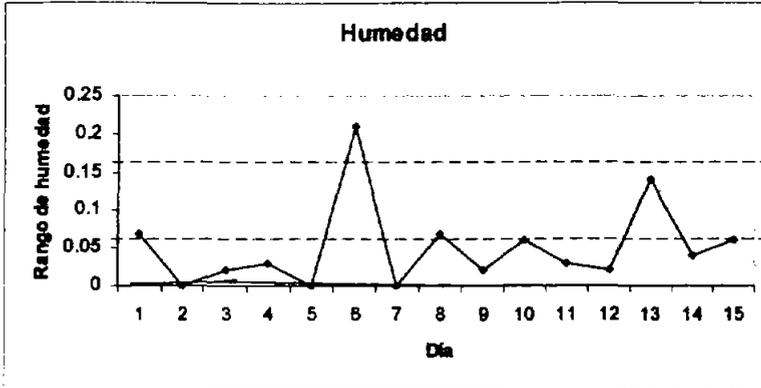
ELABORACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS GRÁFICAS DE CONTROL DE X-R

De acuerdo con los criterios establecidos en la bibliografía, antes mencionados, el parámetro de Humedad fue analizado encontrándose la siguiente información:



Gráfica 4.1. Media Aritmética de Humedad. Mes de octubre de 2003, en donde $n=2$

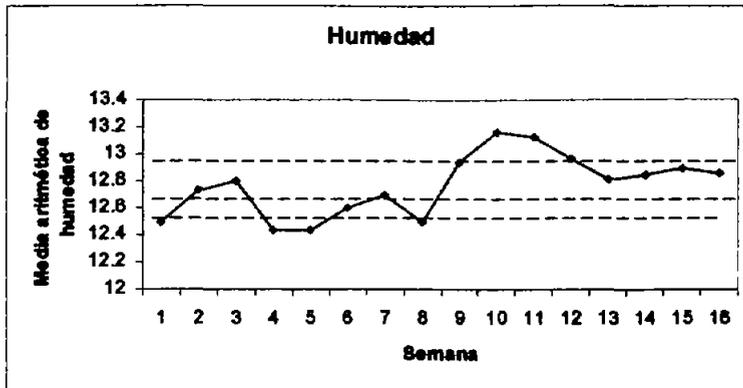
- La gráfica 4.1 tiene el punto 6 fuera del límite de control superior, es decir los datos de humedad no se encuentran dentro de esta media aritmética. Por otra parte también se observa que presenta ciclos, aproximadamente cada 3 datos los valores tienen un comportamiento ascendente, de acuerdo a los criterios establecidos en la bibliografía esto puede ser debido a la diferencia que existe entre los analistas al colocar la muestra, fatiga por parte de éstos, efectos ambientales debidos a cambios de temperatura y humedad.



Gráfica 4.2. Rango de Humedad. Mes de octubre de 2003, en donde $n=2$

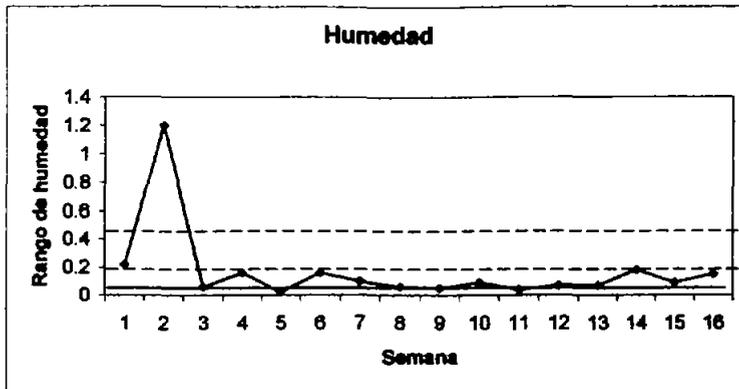
- En la gráfica 4.2 el punto 6 se encuentra fuera del límite de control superior, esto indica que hay mucha diferencia en el valor superior y el inferior del parámetro de humedad.

Las gráficas 4.3 y 4.4 del parámetro de humedad, analizadas por semanas presentan la siguiente información.



Gráfica 4.3. Media Aritmética de Humedad Meses de Julio a octubre de 2003, en donde $n=3$

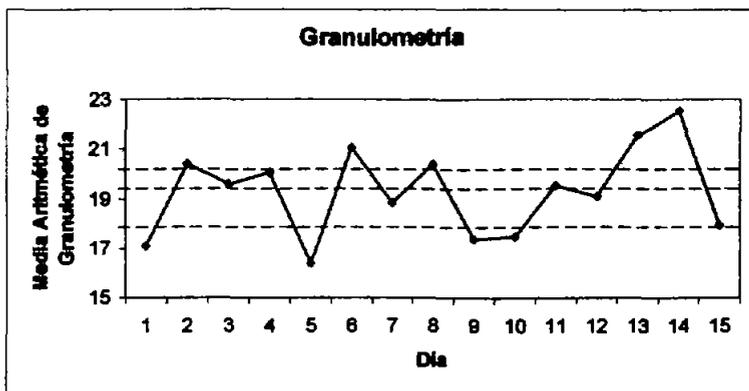
- La gráfica 4.3 indica que 9 de 16 puntos no se encuentran dentro de los límites de control superior e inferior, también se aprecia que hay agrupamiento de datos por parte de las semanas 4,5 y 9,10,11,12., de acuerdo a los criterios establecidos en la bibliografía, probablemente, esto se presenta debido a la falta de calibración de los equipos, y la diferencia que existe entre los analistas, ya que cada persona realiza el trabajo de manera diferente, aunado a que en ocasiones el practicante o el analista en turno mixto ayudan al analista en turno. En las semanas 9,10,11,12 , se observa que en los puntos 9 y 10 hay un incremento del parámetro que indica de acuerdo a los criterios establecidos mencionados anteriormente, probablemente que hay fatiga o aburrimiento por parte de los analistas y los puntos 11,12 y 13 tienen un comportamiento descendente, lo cual indica que hay una mejora ya que se acerca la fecha de la auditoría de AIB.



Gráfica 4.4. Rango de Humedad Meses de Julio a octubre de 2003, en donde $n=3$

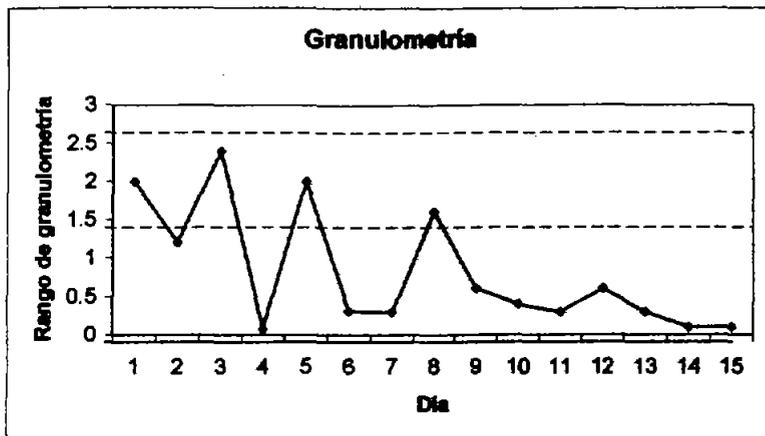
- La gráfica 4.4 indica que el punto 2 no se encuentra dentro del límite de control superior, sin embargo en la gráfica 4.3, el mismo punto si se encuentra dentro de los límites de control superior e inferior, esto indica que en las muestras de humedad existe mucha diferencia entre el valor superior e inferior que se emplearon para elaborar la gráfica 4.4, sin embargo la media aritmética de los valores de humedad se encuentra dentro de los valores aceptables.

Por otra parte el parámetro de Granulometría fue analizado encontrándose la siguiente información:



Gráfica 4.5. Media Aritmética de Granulometría Mes de octubre de 2003, en donde $n=2$

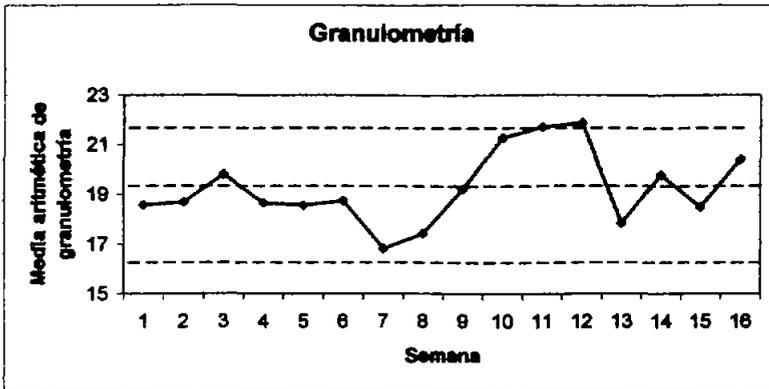
- En la gráfica 4.5 de acuerdo a los criterios establecidos en la bibliografía, existe agrupamiento en los puntos de los días 9,10 y 13,14. Probablemente esto se debe principalmente a la falta de calibración de los equipos, y la diferencia que existe entre los analistas, ya que cada persona realiza el trabajo de manera diferente, aunado a que en ocasiones el practicante o el analista en turno mixto ayudan al analista en turno. Por otra parte también se observa de acuerdo a los criterios establecidos en las referencias, presenta un comportamiento cíclico, ya que se puede predecir que después de cada 3 puntos el siguiente punto baja la tendencia de la gráfica.



Gráfica 4. 6. Rango de Granulometría. Mes de octubre de 2003, en donde $n=2$

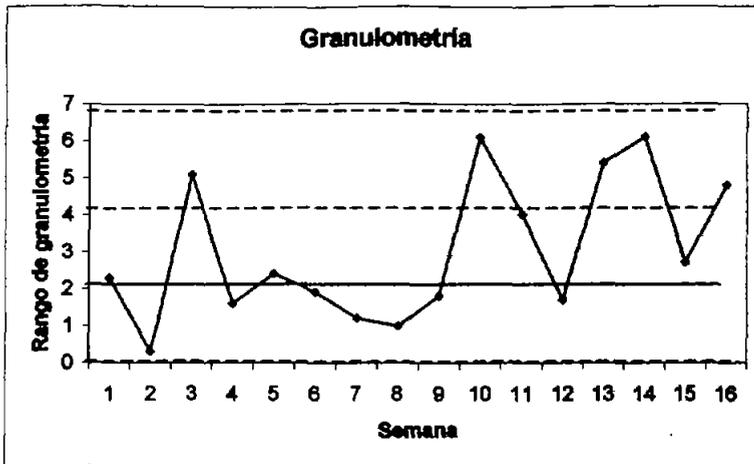
- En la gráfica 4.6 de acuerdo a los criterios establecidos en la bibliografía, se observa que hay un cambio de nivel descendente a partir del día 9, lo cual indica que hay una mejora, ya que se acerca la fecha de la auditoría de AIB y por lo tanto hay mejoras en las instalaciones, mejora en la capacitación de los operarios y mejora en los métodos.

Las gráficas 4.7 y 4.8 también corresponden al parámetro de granulometría y son analizadas por semanas.



Gráfica 4.7. Media Aritmética de Granulometría Meses de Julio a octubre de 2003, en donde $n=3$

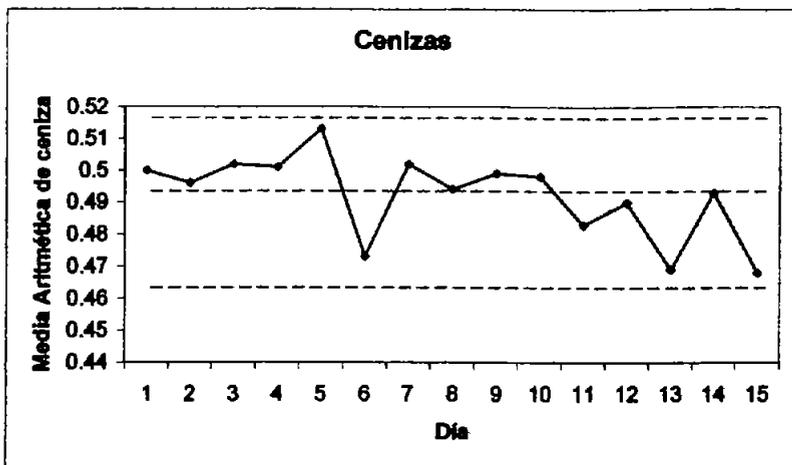
- En la gráfica 4.7 Los puntos 3,6,9 y 15 tienen un comportamiento similar ascendente, lo cual indican de acuerdo a los criterios establecidos que probablemente el analista está fatigado o aburrido en el trabajo. Por otro lado en las semanas 8,9,10,11,12 se observa que hay un incremento, lo cual indica que también hay fatiga o aburrimiento por parte de los analistas además de que el parámetro de granulometría aumentó, los puntos 13 y 15 tienen un comportamiento descendente, lo cual indica que hay una mejora, se reduce el tamaño de partícula y a además se acerca la fecha de la auditoría de AIB.



Gráfica 4.8. Rango de Granulometría .Meses de Julio a octubre de 2003, en donde $n=3$

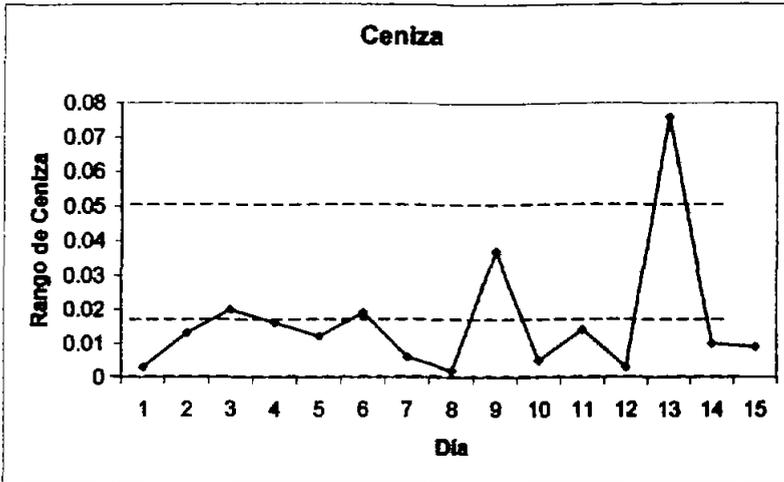
- Se observa en la gráfica 4.8 que a partir de las semanas 9,10,11,12, hay un cambio gradual de nivel, incrementa la tendencia de la gráfica, lo cual indica de acuerdo a los criterios establecidos en la bibliografía, que probablemente se están descuidando los procedimientos para llevar a cabo los análisis.

El parámetro de cenizas presenta la siguiente información:



Gráfica 4.9. Media Aritmética de Cenizas. Mes de octubre de 2003, en donde $n=2$

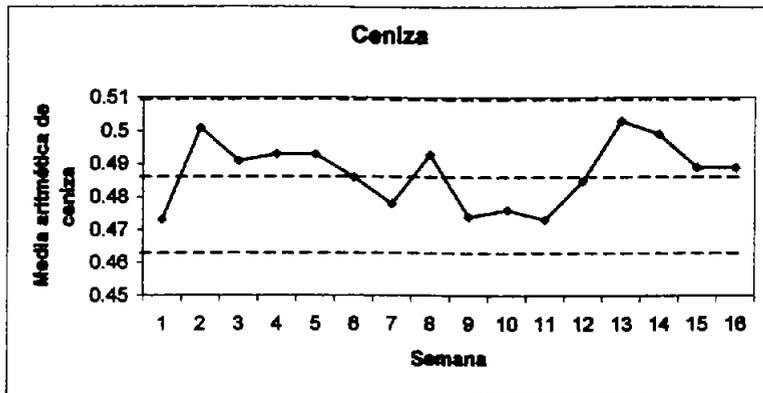
- Se observa en la gráfica 4.9 un cambio gradual de nivel descendente, a partir del día 9 lo cual indica de acuerdo a los criterios establecidos en la bibliografía que hay una mejora, en este caso en el parámetro, debido a que son más satisfactorios para los clientes los resultados de ceniza bajos. Y además se acerca la fecha de la auditoría de AIB, se mejora la supervisión, los programas de mantenimiento, y se van introduciendo materiales nuevos.



Gráfica 4.10. Rango de Cenizas Mes de octubre de 2003, en donde $n=2$

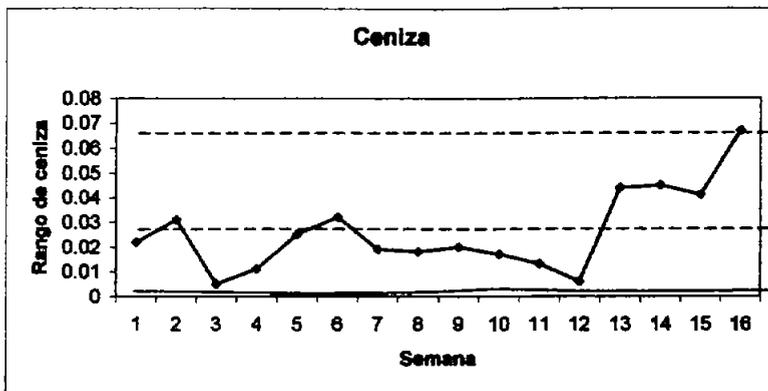
- Puede observarse en la gráfica 4.10 que el punto que corresponde al día 13 se encuentra fuera del límite de control superior, sin embargo en la gráfica 4.9 el mismo se encuentra dentro de los límites de control tanto superior como inferior, esto indica que entre el valor superior e inferior del dato de ceniza, hay mucha diferencia, sin embargo la media aritmética de los datos de ceniza se encuentran dentro de los valores aceptables.

Las gráficas 11 y 12 de ceniza son por semanas, presentando a continuación la siguiente información.



Gráfica 4.11. Media Aritmética de Ceniza Meses de Julio a octubre de 2003, en donde $n=3$

- En la gráfica 4.11 las semanas 12 y 13 presentan un incremento del parámetro, y además indica de acuerdo a los criterios establecidos que probablemente hay fatiga o aburrimiento por parte de los analistas y a partir del punto 13 tiene un comportamiento descendente, lo cual indica de acuerdo a los criterios establecidos que probablemente hay una mejora en el parámetro, se acerca la fecha de la auditoría de AIB. Las semanas 6 y 12 presentan ciclicidad, es decir vuelven a repetirse los valores que reportan los analistas.



Gráfica 4.12. Rango de Ceniza Meses de Julio a octubre de 2003, en donde $n=3$

- Se observa que a partir de la semana 13, incrementa la tendencia de la gráfica, lo cual indica de acuerdo a los criterios establecidos en la bibliografía que probablemente se están descuidando los procedimientos para llevar a cabo los análisis.

Mediante las gráficas de control, se puede determinar la **Habilidad de proceso** únicamente para los meses de julio a octubre de 2003 debido a que el conjunto de estos meses cuenta con más datos, para ello se emplean las especificaciones de los parámetros de la siguiente manera:

Especificaciones:

Granulometría 15 % mínimo – 21% máximo

Cenizas .43% mínimo - .53% máximo

Humedad 11% mínimo – 13.5% máximo

Cuadro 4.3. Habilidad de proceso de los parámetros de humedad, granulometría y cenizas del mes de julio a octubre de 2003.

JULIO A OCTUBRE DE 2003					
	σ	Zs	ZI	P(Zs)*	P(ZI)*
Humedad	.028	26.07	-63.21	#	#
Granulometría	.504	3.49	-8.41	.998	#
Cenizas	.0043	10	-13.25	#	#

* Valores de tablas del anexo 2

No se encuentran los valores en la tabla del anexo 2

De acuerdo a los resultados obtenidos no es posible determinar la habilidad de proceso debido a que los valores de Zs y Zi no se encuentran en las tablas de las áreas de la curva normal, ya que estos valores sólo se presentan hasta +/- 3.80 y los valores que se obtenían de Zs y Zi superan a estos.

5. CONCLUSIONES

En base a las gráficas de control se observa:

- Que en los últimos puntos que corresponden al mes de Octubre tanto en las gráficas con una $n=2$ como con una $n=3$, se presenta una tendencia descendente, esto debido a que en este mes la empresa es auditada y pide a sus trabajadores que mejoren en todos los aspectos.
- También se observa que al presentarse el criterio de análisis de agrupamiento de datos, indica que falta calibración a los equipos empleados y algunos analistas tienden a reportar resultados similares probablemente debido a fatiga o aburrimiento.

En general:

1. Los objetivos fueron cumplidos. Ya que mediante la elaboración y la interpretación de las gráficas de control se detectó las causas de variabilidad de los parámetros de humedad, cenizas y granulometría que presentaban estas.
2. En este caso empleando un tamaño de muestra pequeño $n = 2$, se observó que no hubo mayor ventaja al elaborar gráficas por día, debido a que se observa la misma tendencia al elaborarse por semana.
3. La interpretación de las gráficas de control elaboradas en este trabajo presentan un panorama muy general de la utilización de éstas, porque la información proporcionada por el área de Control de Calidad no es representativa y homogénea para obtener un análisis adecuado debido a que como se mencionó anteriormente la forma de tomar la muestra en la empresa (1 determinación cada hora no es representativa para un análisis estadístico ya que su tamaño es muy pequeño) y por lo tanto el análisis de habilidad de proceso no se puede determinar.

Debido a esto se propone que:

- La forma en que se muestrea actualmente se modifique para que de esta manera se construyan gráficos de control en donde se pueda observar los beneficios que estos pueden aportar. La propuesta es la siguiente: el muestreo del lote del producto sea de 2 muestras durante el transcurso del turno de ocho horas de 5 determinaciones, cada una (por ejemplo: una muestra 1 hora después del inicio de la molienda y otra 4 horas antes de llenar el silo, debido a que si se toma muy cercana a la hora de salida del analista, este no realizaría adecuadamente su trabajo) y solo un analista lo trabaje, para que se construya un gráfico por lote de $n= 5$ con dos subgrupos. Para empezar se puede construir un gráfico de control diario en donde se tendrían 4 subgrupos (en un día se producen 2 lotes) y 20 determinaciones, y posteriormente se pueden construir por semana una vez que se observe que el proceso está controlado (ver anexo 3). O en su defecto se aporta la información necesaria para un muestreo de aceptación (ver anexo 5).
- Además de una adecuada vigilancia de la calibración en los equipos y de la capacitación del personal que lleve a cabo las determinaciones (ver anexo 4).

6. REFERENCIAS

- 1.- Besterfield D.H. (1995). **"Control de Calidad"**, 4ª edición, editorial Prentice Hall Iberoamericana, México.
- 2.- Daniel W.W. (1993). **"Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud"**, 3ª edición, editorial Limusa, México.
- 3.-Desrosier W. N. (1996). **"Elementos de Tecnología de Alimentos"**, 5ª edición, editorial Continental, México.
- 4.-Grant L. E.; Leavenworth S. R. (1987). **"Control Estadístico de Calidad"**, 1ª edición, editorial Continental, México.
- 5.- Hines W. W.; Montgomery C. D. (1993). **" Probabilidad y Estadística para Ingeniería"**, 2ª edición, editorial Continental, México.
- 6.- Hosney R.C.(1991). **"Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales"**, 1ª edición, editorial Acribia, España.
- 7.-Mendenhall W., Sincich T. (1997). **" Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias"**, 4ª edición, editorial Prentice Hall, México.
- 8.-Montgomery C.D., Runger C.G. (2002). **"Probabilidad y Estadística Aplicadas a la Ingeniería"**, 1ª edición, editorial Limusa, México.
- 9.- Montgomery D.C. (1991). **"Introducción al Control Estadístico de la Calidad"** 2ª edición, editorial Iberoamericana, México.
- 10.- Probst S.A de C.V. (2002). Manual **"Los aditivos utilizados en la Industria molinera"**, México.

11.-Scade J. (1981). **"Cereales"**, editorial Acribia, España.

12.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial Norma Mexicana. **NMX-FF-055-1984**.
Productos Alimenticios no Industrializados para uso humano-Cereales-Trigo-Método de prueba.

13.- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial Norma Mexicana. **NMX-FF-036-1996**.
Productos Alimenticios no Industrializados-Cereales-Trigo.

7. LISTA DE CUADROS, TABLAS, FIGURAS Y GRÁFICAS

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Figura 2.1* Carta de control típica

Figura 2.2.1 Modelo de agrupamiento de datos

Figura 2.2.2 Modelo de cambio gradual de nivel

Figura 2.2.3 Modelo de cambio repentino de nivel

Figura 2.2.4 Modelo de cambio sistemático

Figura 2.2.5 Modelo de ciclos o periodicidad

Cuadro 2.3.1 Clasificación del trigo en función a su uso final

Cuadro 2.3.2 Composición de un grano de trigo

Cuadro 2.3.3 Composición del trigo por grupos de compuestos

Cuadro 2.5 * Diagrama de bloques del proceso de molienda

Figura A Corte longitudinal y transversal de un grano de trigo.

3. METODOLOGÍA

Cuadro 3.1 Cuadro metodológico

4. RESULTADOS

Cuadro 4.1 \bar{X} y R de humedad, granulometría y cenizas del mes de octubre de 2003.

Cuadro 4.2 \bar{X} y R de humedad, granulometría y cenizas del mes de julio a octubre de 2003.

Gráfica 4.1 Media aritmética de humedad mes de octubre de 2003

Gráfica 4.2 Rango de humedad mes de octubre de 2003

Gráfica 4.3 Media aritmética de humedad meses de julio a octubre de 2003

Gráfica 4.4 Rango de humedad meses de julio a octubre de 2003

Gráfica 4.5 Media aritmética de granulometría mes de octubre de 2003

Gráfica 4.6 Rango de granulometría mes de octubre de 2003

Gráfica 4.7 Media aritmética de granulometría meses de julio a octubre de 2003

Gráfica 4.8 Rango de granulometría meses de julio a octubre de 2003

Gráfica 4.9 Media aritmética de cenizas mes de octubre de 2003

Gráfica 4.10 Rango de cenizas mes de octubre de 2003

Gráfica 4.11 Media aritmética de cenizas meses de julio a octubre de 2003

Gráfica 4.12 Rango de cenizas meses de julio a octubre de 2003

ANEXO 3

Cuadro 3. 1 Muestreo para harina suave.

ANEXO 4

Cuadro 4.1 Capacitación de analistas

ANEXO 5

Gráfica 1. Plan secuencia de muestreo

Cuadro 1. Cálculos requeridos en plan de muestreo secuencial

Figura 1. Diagrama de flujo de muestreo secuencial

ANEXO 1

Factores para el cálculo de las líneas centrales y los límites de control de 3σ de las gráficas \bar{X} , S y R

n	d_2	A_2	D_3	D_4
2	1.128	1.880	0	3.267
3	1.693	1.023	0	2.574
4	2.059	0.729	0	2.282
5	2.326	0.577	0	2.114
6	2.534	0.483	0	2.004
7	2.704	0.419	0.076	1.924
8	2.847	0.373	0.136	1.864
9	2.970	0.337	0.184	1.816
10	3.078	0.308	0.223	1.777

Derechos reservados de ASTM, 1916 Race street, Filadelfia, P.A. 19103. (1)

ANEXO 2

Áreas de la curva normal $P(z \leq z_0)$ los valores en el cuerpo de la tabla son áreas entre α y z .

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.50	.6915	.6950	.6985	.7019	.7054	.7088	.7123	.7157	.7190	.7224
0.60	.7257	.7291	.7324	.7357	.7389	.7422	.7454	.7486	.7517	.7549
0.70	.7580	.7611	.7642	.7673	.7704	.7734	.7764	.7794	.7823	.7852
0.80	.7881	.7910	.7939	.7967	.7995	.8023	.8051	.8078	.8106	.8133
0.90	.8159	.8186	.8212	.8238	.8264	.8289	.8315	.8340	.8365	.8389
2.00	.9772	.9778	.9783	.9877	.9793	.9798	.9803	.9808	.9812	.9817
2.10	.9821	.9826	.9830	.9834	.9838	.9842	.9846	.9850	.9854	.9857
2.20	.9861	.9864	.9868	.9871	.9875	.9878	.9881	.9884	.9887	.9890
2.30	.9893	.9896	.9898	.9901	.9904	.9906	.9909	.9911	.9913	.9916
2.40	.9918	.9920	.9922	.9925	.9927	.9929	.9931	.9932	.9934	.9936
2.50	.9938	.9940	.9941	.9943	.9945	.9946	.9948	.9949	.9951	.9952
2.60	.9953	.9955	.9956	.9957	.9958	.9960	.9961	.9962	.9963	.9964
2.70	.9965	.9966	.9967	.9968	.9969	.9970	.9971	.9972	.9973	.9974
2.80	.9974	.9975	.9976	.9977	.9977	.9978	.9979	.9979	.9980	.9981
2.90	.9981	.9982	.9982	.9983	.9984	.9984	.9985	.9985	.9986	.9986
3.00	.9987	.9987	.9987	.9988	.9988	.9989	.9989	.9989	.9990	.9990
3.10	.9990	.9991	.9991	.9991	.9992	.9992	.9992	.9992	.9993	.9993
3.20	.9993	.9993	.9994	.9994	.9994	.9994	.9994	.9995	.9995	.9995
3.30	.9995	.9995	.9995	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9996	.9997
3.40	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9997	.9998

Daniel W. Wayne. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud. Editorial Limusa. 1993

ANEXO 3

Cuadro 3.1 Formato de muestreo para harina suave

HARINA SUAVE

Mes: Lote: Trigo: Silo:

Turno	Muestra	No. De Determinación	Humedad %	Cenizas %	Granulometría		
					9xx	11xx	Total
Turno 1	Muestra 1	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
	Muestra 2	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
Turno 2	Muestra 1	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
	Muestra 2	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
Turno 3	Muestra 1	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
	Muestra 2	1					
		2					
		3					
		4					
		5					
	X						
	R						

ANEXO 4

Capacitación de analistas

La capacitación del analista, se llevará a cabo en el transcurso de una semana, ésta la llevará a cabo el jefe de Control de Calidad o el analista del turno mixto, de la siguiente forma:

Día 1.

- Historia de la planta.
- Mención de las actividades y responsabilidades como analista del laboratorio de Control de Calidad.
- Revisar la bitácora de "procedimientos", en donde se encuentran los procedimientos de las técnicas que se realizan en el laboratorio de Control de Calidad.

Día 2, 3, 4.

- Práctica con los equipos

Día 5.

- Evaluación.

ANEXO 5

Muestreo de Aceptación

El propósito del muestreo para aceptación es la aceptación o el rechazo de un producto con base en la conformidad respecto a un estándar, hay varias maneras de clasificar los planes de muestreo para aceptación. Una clasificación importante es por atributos y por variables, siendo estos últimos objetos de nuestro estudio.

Los planes de muestreo por variables especifican el número de artículos que hay que hay que muestrear, y el criterio para juzgar los lotes cuando se obtienen datos de las mediciones respecto a la característica de calidad que interesa, se utilizan sobre todo en el muestreo de materiales sueltos que vienen en bolsas, tambores o bidones o cualquier otro envase, estos planes se basan generalmente en la media y la desviación estándar muestrales de la característica de calidad.

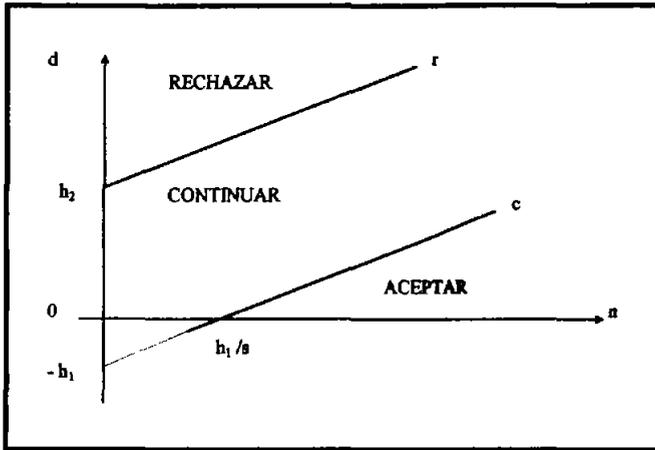
PLAN SECUENCIAL:

Se aplica cuando la prueba de inspección es destructiva, cuando cada unidad inspeccionada se deteriora o hasta quedar inutilizable, entonces se inspecciona unidad por unidad del lote sometido y para cada resultado se debe tomar cualquiera de las tres decisiones:

- se rechaza el lote
- se continua inspeccionando
- se acepta el lote

Se representa gráficamente por dos líneas paralelas con inclinación o pendiente positiva, ubicadas en el primer cuadrante de un sistema de coordenada cartesiano, que forma el eje horizontal de n = número de unidades inspeccionadas, y en el eje vertical de d = número de unidades defectuosas encontradas, como se muestra en la gráfica 1

**Gráfica 1
PLAN SECUENCIAL DE MUESTREO**



En la curva r = recta de rechazo, c = recta de aceptación, h_2 y $-h_1$ son las ordenadas al origen y s es la pendiente de la recta. Usando probabilidades sucesivas y basándose en una curva OC que pasa por dos puntos específicos, se pueden calcular las ecuaciones de las rectas de rechazo y de aceptación de la siguiente forma que se muestra en el cuadro 1.

Es más conveniente tener el plan de muestreo en forma tabular, donde se tabulan los valores necesarios del tamaño de muestra (n) anotando el número de aceptación (c) correspondiente (como seguramente no será entero se redondea al inmediato inferior) y el número de rechazo (r) correspondiente (redondeando al inmediato superior).

La aceptación de un lote requiere como mínimo una muestra de h_1/s unidades (redondeando al entero superior) y, el rechazo de un lote sometido requiere como mínimo h_2 unidades defectuosas (redondeando al entero superior). Para evitar la continuación de la inspección, se recomienda cortar la gráfica y la tabla en un valor máximo de n , correspondiente a 3 veces el tamaño de la muestra, si para la aceptación se adoptara un plan simple que pase por los 2 puntos dados en la curva OC.

Cuadro 1
CÁLCULOS REQUERIDOS EN PLAN DE MUESTREO SECUENCIAL

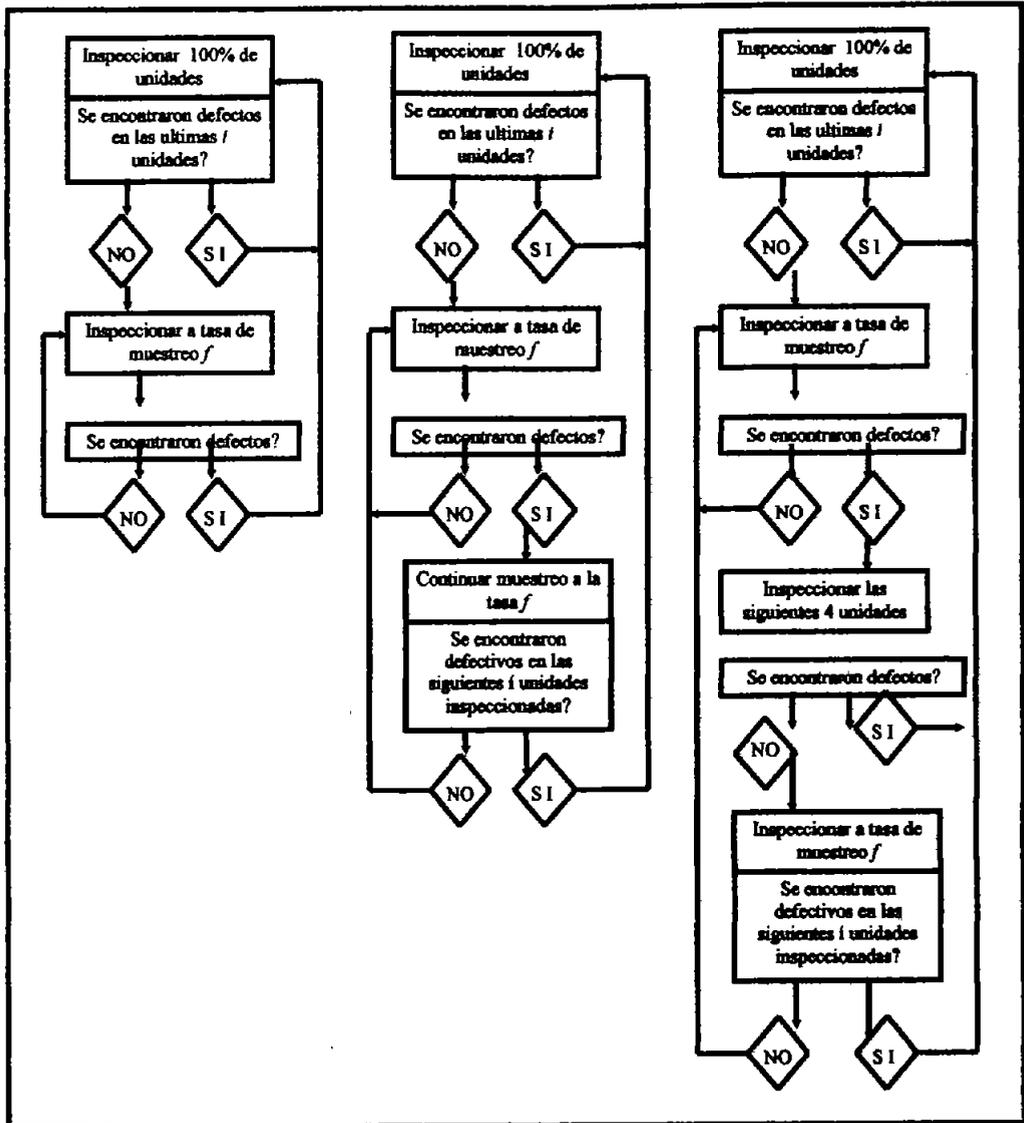
PARÁMETRO	ECUACIÓN
r	$h_2 + sn$
c	$-h_1 + sn$
b	$\log^{1-\alpha}/\beta$
a	$\log^{1-\beta}/\alpha$
g ₁	\log^{p_2}/p_1
g ₂	$\log^{1-p_1}/1-p_2$
h ₁	$b/g_1 + g_2$
h ₂	$a/g_1 + g_2$
s	$g_2/g_1 + g_2$

PLANES CONTINUOS DE MUESTREO:

Existen diferentes planes continuos de muestreo de aceptación ya publicados y, se consideran eficientes si se adoptan como incentivos en la eliminación de fallas del proceso de producción, los más comúnmente utilizados se describen en la figura No. 1

Existen gráficas o curvas para determinar los valores de *f* y de *i* para valores dados de AOQL, del sistema Dodge para muestreo de aceptación continua pero también parte de la Norma MIL-STD-1235 consta de varias curvas de características, trazos del porcentaje del producto aceptado sobre la base de muestreo contra el porcentaje de producto presentado defectivo y las funciones AOQ y AFI.

Figura No. 1
 DIAGRAMA DE FLUJO DE MUESTREO CONTINUO



Resumiendo, los planes continuos no tienen una curva característica de operación real, es decir no hay probabilidades de aceptación de un grupo de unidades del producto como lo hay en el muestreo por lotes; la medida de la efectividad, es la función de calidad promedio de salida (AOQ), existiendo planes continuos especiales.