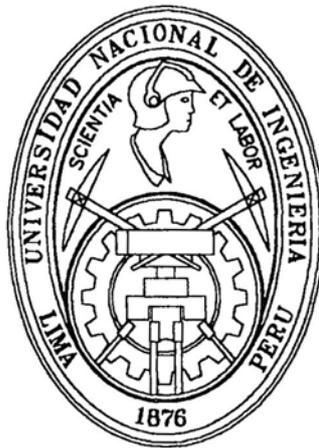


Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Industrial y de Sistemas



**Aplicación del Control
Estadístico de Procesos en una
Planta de Alimentos
Balanceados**

Informe de Suficiencia

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO INDUSTRIAL

Carlos Antonio Gómez Aquino

**Lima – Perú
2002**

DEDICATORIA

**A mi familia; esposa, hijos, padres y hermanos;
por tan larga espera.**

AGRADECIMIENTO

A la Facultad de Ingeniería Industrial y Sistemas de la UNI, por darme la formación profesional y la posibilidad de concluir una tarea pendiente.

A los propietarios y al personal profesional, administrativo y operativo de San Fernando, que apoyó, allá por el año 94, el inicio de mi incursión en el mundo de la Calidad Total y del Control Estadístico de Procesos.

A mis padres y hermanos que apoyaron y solventaron mis estudios.

A mi esposa y mi hija, que sin saberlo presionaron para que llegue este momento.

INDICE

	Pag.
INDICE	1
DESCRIPTORES TEMATICOS.....	4
RESUMEN EJECUTIVO	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPITULO I: ANTECEDENTES	9
1.1 DIAGNOSTICO ESTRATEGICO	9
1.1.1 Fortalezas y Debilidades.....	9
1.1.2 Oportunidades y Riesgos	9
1.1.3 Relación del CEP con el planeamiento estratégico de la empresa..	10
1.2 DIAGNOSTICO FUNCIONAL	10
1.2.1 Productos	10
1.2.2 Clientes	11
1.2.3 Proveedores	12
1.2.4 Procesos	12
1.2.5 Mapa de procesos de la Planta de Alimentos Balanceados	12
1.2.6 Organización de la Empresa	13
1.2.7 Organización de la Planta	14
CAPITULO II: MARCO TEORICO	15
2.1 DEFINICION DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS	15
2.1.1 Principios del Control Estadístico de procesos	15
2.1.2 Beneficios del Control Estadístico de procesos	15
2.2 CONCEPTO DE VARIACION	16
2.2.1 Variación Común o inherente	16
2.2.2 Variación Especial o asignable	16
2.3 DEFINICION DE INDICADOR	16
2.3.1 Indicador de Gestión	17

2.3.2	Indicador de Control	17
2.3.3	Indicador de Proceso	17
2.3.4	Indicador de Actividad	17
2.4	GRAFICO DE CONTROL	17
2.4.1	Gráficos de control para variables	18
2.4.2	Gráficos de control para atributos	18
2.5	RELACION ENTRE ESPECIFICACIONES Y LIMITES DE CONTROL ...	18
2.6	CAPACIDAD DE PROCESOS	19
CAPITULO III: PROCESO DE TOMA DE DECISIONES		21
3.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
3.1.1	Altos costos de crianza	21
3.1.2	Inestabilidad de los procesos de fabricación del alimento	21
3.2	ALTERNATIVAS DE SOLUCION	22
3.2.1	Control por especificaciones	22
3.2.2	Control Estadístico de Procesos	23
3.3	METODOLOGIA DE SOLUCION	24
3.3.1	Determinación de las características a controlar	24
3.3.2	Determinación de las herramientas estadísticas a utilizar	25
3.3.3	Desarrollo de las herramientas estadísticas	27
3.3.4	Gestión del control estadístico de procesos	27
3.3.5	Esquema general de la metodología de desarrollo del CEP	28
3.4	TOMA DE DECISIONES	28
3.4.1	Implantación del Control Estadístico de Procesos	28
3.4.2	Decisiones tomadas sobre los procesos a partir de los resultados estadísticos	30
3.5	ESTRATEGIAS ADOPTADAS	31
3.5.1	Capacitación al personal	31
3.5.2	Acciones para asegurar el mejoramiento continuo de los procesos.	31
CAPITULO IV: EVALUACION DE RESULTADOS		32
4.1	RESULTADOS ECONOMICOS	32
4.2	RESULTADOS DE MEJORAS	32
4.3	RESULTADOS SOBRE EL PROCESO DE CALIDAD TOTAL DE LA	

EMPRESA.....	33
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
5.1 CONCLUSIONES	34
5.2 RECOMENDACIONES	34
BIBLIOGRAFIA	36
ANEXOS	37

DESCRIPTORES TEMATICOS

- 1. Industria Avícola**
- 2. Alimento Balanceado**
- 3. Control estadístico de procesos**
- 4. Gráficos de control**
- 5. Capacidad de proceso**
- 6. Indicadores de gestión**
- 7. Calidad total**
- 8. Mejoramiento continuo**
- 9. Herramientas estadísticas**
- 10. Variación común y variación especial**

RESUMEN EJECUTIVO

La Planta de Alimentos Balanceados forma parte de una empresa líder de la industria avícola y es la encargada de suministrar alimentos a las diferentes granjas del grupo.

Esta empresa presenta costos de crianza mayores a los niveles internacionales, siendo el costo del alimento el de mayor contribución, entre el 65% y 70% del costo en promedio por tipo de crianza. Esta situación hace que la empresa no sea muy competitiva en el mercado internacional y esté constantemente amenazada por la importación de productos, de países como Chile, Venezuela y Colombia.

Entonces, se está frente a la necesidad reducir el costo de la producción del alimento balanceado y de lograr eliminar la inestabilidad de los procesos correspondientes, que son una fuente de dicho costo elevado. Esta inestabilidad se manifiesta a través de las mermas, reprocesos, incumplimientos, etc.

Para ello, dentro del proceso de calidad total de la empresa, se determinó la aplicación del Control Estadístico de Procesos, como el método que permitiría estabilizar y mejorar los procesos, dando como consecuencia la reducción de los costos del alimento y de crianza, y la satisfacción del cliente interno, en lo que a cumplimientos se refiere.

Los resultados obtenidos son halagadores, lo que demuestra que la decisión tomada fue acertada por los beneficios económicos y por el reforzamiento del proceso de calidad de la Planta y de toda la empresa.

INTRODUCCION

La Empresa es la mayor productora y comercializadora de productos cármicos de aves y porcinos del país. Se dedica a la crianza de pollos, pavos y gallinas ponedoras, cerdos y producción de alimento balanceado, contando con más de doscientos centros de producción ubicados desde Huarmey hasta Ica. Las operaciones comprenden además el procesamiento de las carnes teniendo como productos finales alimentos semielaborados, precocidos y embutidos. Cuenta con canales de comercialización que le permiten llegar a todo el país.

Emplea cerca de 3,000 personas; 2,500 operarios dedicados a las actividades productivas y 500 empleados de los cuales 200 son de producción, 100 de administración y 200 de comercialización. Sus oficinas centrales administrativas y comerciales están ubicadas en Lima.

El nivel de las operaciones en el año 2001 fue de \$300 millones y tiene como participación del mercado nacional el 48% en pollo, 65% en pavos, 12% en cerdos, 20% en embutidos, 8% en huevos y 40% en el negocio de genética.

La empresa inició su proceso de calidad total en diciembre de 1992 y se decidió por esa opción con el fin de asegurar su existencia, al tomar conciencia de sus ineficiencias ante los cambios producidos en la economía peruana que lo afectaban directamente, como la eliminación del dólar MUC para la importación de insumos, la recesión, el fin de la exoneración del IGV para el pollo y la fijación del precio por el mercado.

La Planta de Alimentos Balanceados (AABB) Forma parte de la empresa e inicio a sus operaciones de fabricación de alimentos balanceados en el año 1977, actualmente toda su producción es destinada íntegramente a las granjas del Grupo. La creación de la planta, ubicada en Lurín, respondió a la estrategia de integración vertical, característica de la industria avícola, conocidas inclusive internacionalmente como integraciones en lugar de empresas.

Los procesos principales desarrollados en la Planta de Alimentos Balanceados son: Producción, Almacenamiento y Despacho, teniendo como procesos de soporte el Mantenimiento y el Análisis de laboratorio.

Como parte del proceso de calidad, para el año 1995 se decidió el desarrollo del sistema de aseguramiento de la calidad, que debido al tamaño de la empresa se inició en algunas áreas, para luego ir incorporando a las otras. Dentro de este sistema se consideró la estandarización de procesos, el despliegue de funciones de calidad (QFD) y el control estadístico de procesos, como mejor alternativa al control por especificación.

El personal de la empresa y de la Planta de AABB, no tenía formación ni cultura estadística, de ahí que se tuviera que dar primero capacitación (96 horas) a un grupo de profesionales, los cuáles fueron capacitados por la Sociedad Nacional de Industrias.

Se esperó que como resultado de esta capacitación, este grupo de profesionales implante el uso de las herramientas estadísticas en sus respectivas áreas, situación que no se dió debido a que se comprobó que el tema resultaba, para el personal capacitado, difícil de comprender, aplicar y de transmitir a sus subalternos. Además otra limitación era que la capacitación no había comprendido una metodología de implantación del CEP, lo que trajo consigo que el personal no supiera por donde iniciar su trabajo. Cabe indicar que en algunas áreas de la empresa se llegó a elaborar extensas listas de indicadores, sin ninguna coherencia, que no hicieron mas que desanimar un poco al personal en

el tema. Otra situación que afectó el desarrollo del CEP, fue que hasta el año 1999 la empresa contaba con diferentes sistemas de información, dificultando el levantamiento de la misma.

Ante esto se tomó la decisión de contar con un grupo reducido de profesionales que se especializaran en el tema, que dirigieran y asesoraran el proceso de implantación del CEP en toda la empresa y desarrollaran una metodología para que se haga efectiva su aplicación.

Justamente, el objetivo del presente informe es mostrar la metodología que se desarrolló, tomando un área específica para mostrarla. Además muestra la relación del CEP con la solución de problemas estratégicos de la empresa, como el alto costo de crianza y las debilidades que se generan a partir de éstos.

Cabe indicar, finalmente, que llegar hasta la metodología, tal como se muestra en este informe, ha sido resultado de varios ajustes y cambios, característico del proceso de calidad total de la empresa, que apostó por un desarrollo desde adentro, es decir con sus propios profesionales.

CAPITULO I ANTECEDENTES

1.1 DIAGNÓSTICO ESTRATÉGICO

1.1.1 Fortalezas y Debilidades

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> • Proceso de Calidad Total • Identificación del personal • Imagen de la empresa • Cobertura del mercado • Contar con línea genética • Integración vertical • Realiza planeamiento de la empresa • Poder de negociación con los proveedores 	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiente control presupuestal • Costos no competitivos en el mercado global • No toda la información es oportuna • Procesos inestables • Deuda en dólares • Mantenimiento de negocios que compiten con los clientes

1.1.2 Oportunidades y Riesgos

Oportunidades	Riesgos
<ul style="list-style-type: none"> • Globalización • Acceso a nuevas tecnologías • Quiebra de otras empresas del sector • Integración con la agricultura • Expansión de autoservicios 	<ul style="list-style-type: none"> • Recesión económica • Reducción del poder adquisitivo • Fusión de empresas acopiadoras de granos • Volatilidad de los precios de los insumos (macro insumos) • Incursión de competencia extranjera

1.1.3 Relación del CEP con el planeamiento estratégico de la empresa

La empresa dentro del planeamiento estratégico, que realiza siguiendo el esquema del Hoshin Kanri, lanza la política anual. Así se han tenido políticas tales como: excelencia operativa, satisfacción de las necesidades y expectativas del cliente, reducción de la variación de los procesos y reducción de costos mejorando la calidad.

En todos los casos mencionados, el CEP es una herramienta fundamental para el cumplimiento de la política. La excelencia operativa pasa por la eliminación de defectos, la satisfacción del cliente por la capacidad de procesos, la reducción de la variación por el uso de gráficos de control y la reducción de costos por un mejoramiento de los procesos. Y todos estos puntos forman parte de los conceptos, principios y beneficios del CEP explicados en el punto 2.1.

1.2 DIAGNOSTICO FUNCIONAL

1.2.1 Productos

Los productos de la Planta son los diferentes tipos de alimentos balanceados para la crianza de las aves y cerdos. Así tenemos:

- Alimento para pollos abuelos (levante y postura)
- Alimento para pollos reproductores (levante y postura)
- Alimento para pollos de engorde o pollos de carne
- Alimento para pavos reproductores (levante y postura)
- Alimento para pavos comerciales
- Alimento para reproductores de ponedoras (levante y postura)
- Alimento para gallinas ponedoras (levante y postura)
- Alimento para cerdos

Estos productos tienen varias versiones de fórmulas, donde básicamente varía el nivel de energía en función a la estación del año. Por ejemplo en verano el alimento contiene mayor nivel de energía.

Los principales ingredientes, denominados macro insumos, son el maíz amarillo duro y la soya. El primero representa entre el 60 y 70% de la dieta, mientras que la soya alrededor del 20%. Los demás ingredientes son líquidos y los llamados micro insumos que completan el 100% de la dieta del animal.

La producción del alimento es principalmente en polvo (80% del volumen de producción) y también peletizado. La meta a largo plazo que se ha fijado la empresa es que el 100% sea peletizado por los beneficios nutricionales y de costos.

El alimento se distribuye a granel o en sacos. En el primer, caso se destina para las granjas que tienen silos de almacenamiento y representa el 75% de la producción.

1.2.2 Clientes

Los clientes de la Planta son las diferentes granjas de la empresa, las cuales consumen el 100% de su producción. Así tenemos:

Crianza de	Granjas	Cantidad
Pollo	De abuelos	1
	De reproductores	5
	De engorde	50
Pavo	De reproductores	1
	Comerciales	6
Ponedoras	De reproductores	2
	De ponedoras	9
Cerdo	Multiplicadoras	2
	De engorde	6

1.2.3 Proveedores

La planta tiene dos principales proveedores. El Area de Logística, que le abastece todos los insumos y materiales y el Area de Nutrición, que le brinda las fórmulas o recetas de todos los alimentos.

En el caso de los macro insumos la empresa importa 400,000 TM de maíz y 200,000 TM de soya anuales, ambos de Estados Unidos.

1.2.4 Procesos

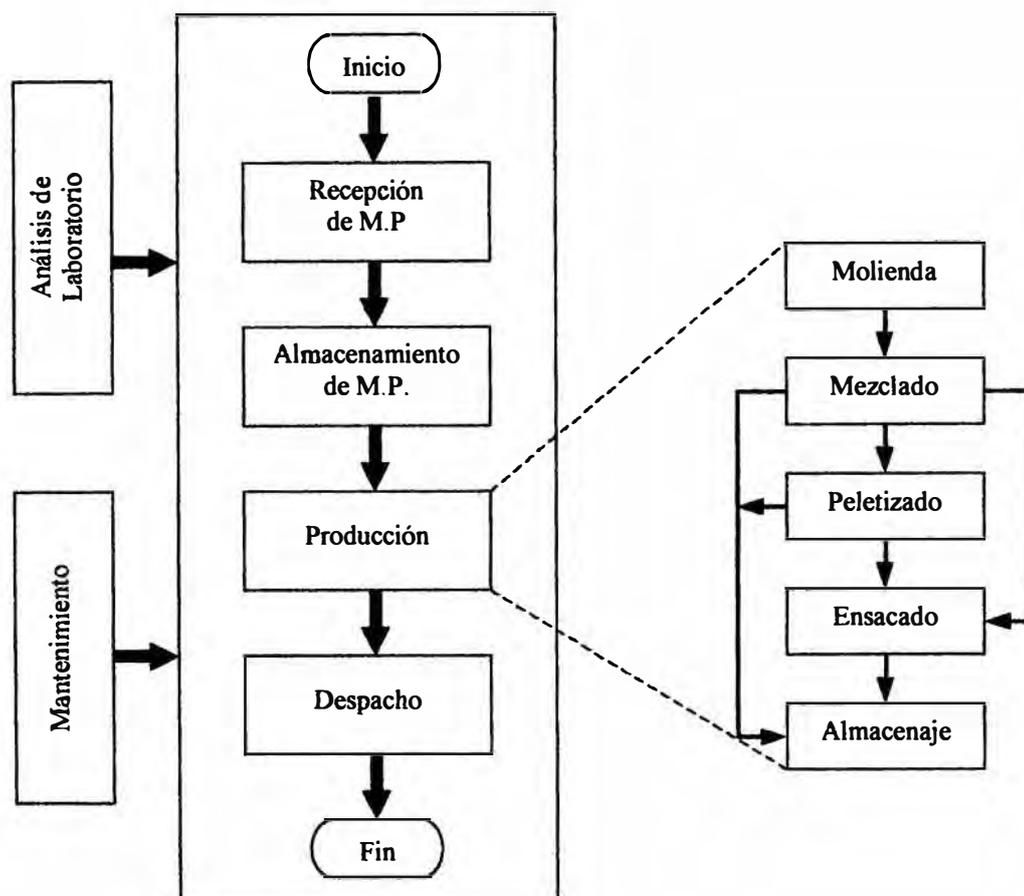
La Planta de AABB cuenta con dos líneas de producción, con capacidades de 2.5 TM y 1 TM por lote. Actualmente opera los tres turnos llegando a una producción semanal de 6200 TM.

Posee una capacidad de almacenamiento de 18000 TM para insumos a granel. Este almacén esta ubicado en otro local frente a la planta, de ahí que se utilice un almacén de tránsito, que sirve para la entrega de los insumos para la producción diaria. Además cuenta con un laboratorio que se encarga de realizar los análisis a los insumos y productos terminados.

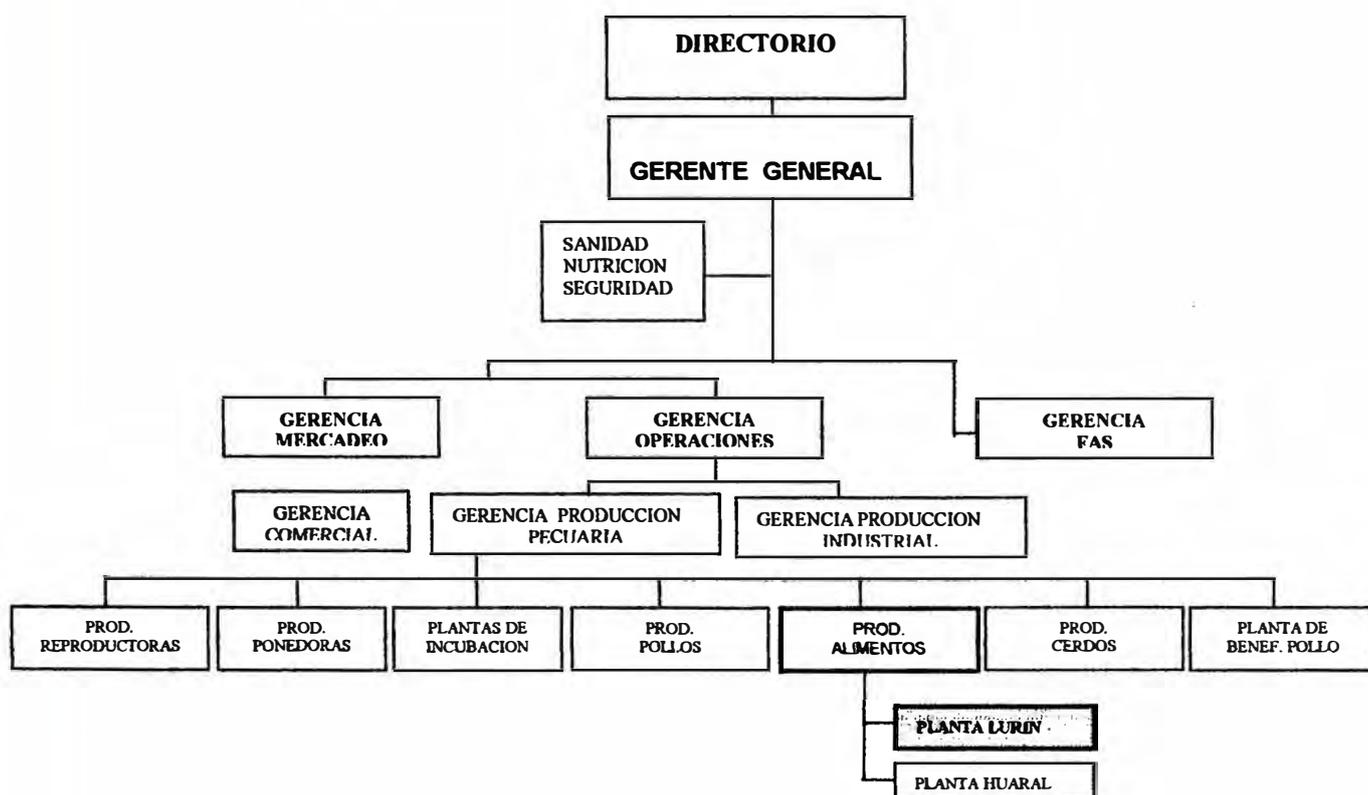
Para la realización del despacho, tiene flota de camiones propios y de terceros, del tipo granelero y de plataforma.

Finalmente, el mantenimiento ha sido tercerizado desde el año 1997. El proveedor está encargado de planificar, programar y ejecutar el mantenimiento en coordinación estrecha con el Supervisor de Producción.

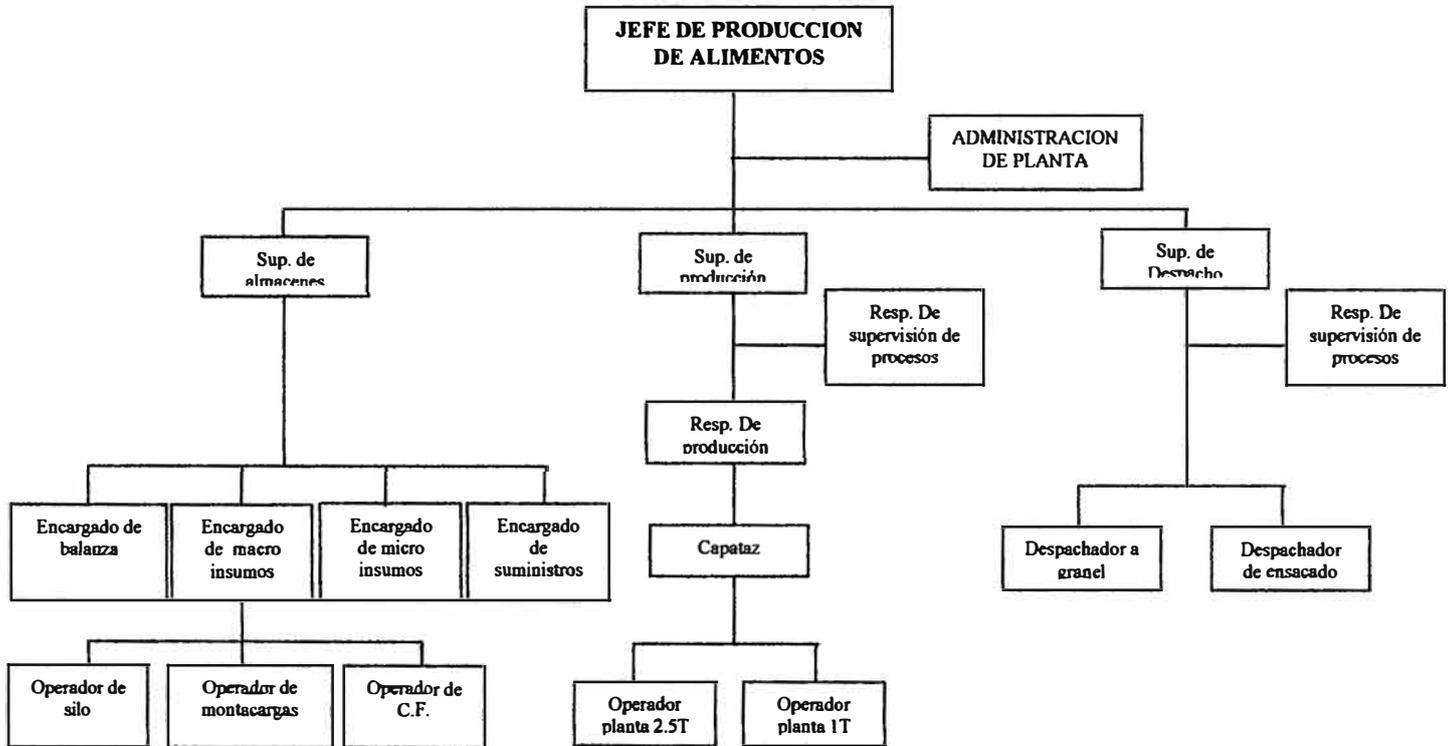
1.2.5 Mapa de procesos de la planta de alimentos balanceados



1.2.6 Organización de la empresa



1.2.7 Organización de la planta



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 DEFINICION DEL CONTROL ESTADISTICO DE PROCESOS

Método objetivo para administrar la operación de un proceso, mediante la compilación sistemática de información sobre el mismo, utilizando dicha información para controlar y alterar el proceso de modo que se prevenga la ocurrencia de problemas.

2.1.1 Principios del Control Estadístico de Procesos

- Gestión basada en hechos.
- Establecimiento de estándares de calidad mensurables.
- Capacidad del proceso para cumplir con especificaciones.
- Reducción de la variación. Predicción.
- Autocontrol. Decisión en los niveles de la organización que ejecutan los procesos.
- Método preventivo y proactivo.

2.1.2 Beneficios del Control Estadístico de Procesos

- Mejora la uniformidad y calidad de los productos y procesos.
- Incrementa la productividad al reducir desperdicios y reprocesos.
- Mejora la capacidad de operarios y supervisores para diagnosticar y corregir problemas.
- Enriquece el puesto y motiva a la superación personal.

- Facilita la toma de decisiones en todos los niveles al proporcionar data objetiva.
- Mejora la eficacia del sistema de aseguramiento de la calidad.

2.2 CONCEPTO DE VARIACION

Cambios en la cantidad o magnitud de algún indicador, producido por los diferentes factores (materiales, métodos, máquinas, mano de obra, etc.) que intervienen en el desempeño y los resultados de los procesos. La variación esta presente en todos los aspectos de nuestra vida. Lo importante es determinar cuanto de la diferencia entre dos valores, se debe a la variación y cuanto, si lo hay, debido a un cambio real.

2.2.1 Variación Común o inherente

Fluctuaciones aleatorias propias del proceso, generadas por una combinación de causas naturales. Afectan a todo lo relacionado con el proceso y tienden actuar a lo largo de él, de una manera predecible.

2.2.2 Variación Especial o Asignable

Fluctuaciones no aleatorias generadas por causas identificables. Son impredecibles y no tienen relación con el diseño del proceso. No afectan a todos y sólo surgen en circunstancias especiales. Proviene de dos tipos de factores: Externos (temperatura, polvo, humedad, etc) e Internos (deterioro, desgaste, fallas de operación, desajustes, imperfecciones en el funcionamiento del proceso, etc).

2.3 DEFINICION DE INDICADOR

Es un criterio que juzga o mide objetivamente el desempeño de un proceso. Esta medición permite comprender lo que ocurre, permite evaluar el impacto

de los cambios introducidos a un proceso o determinar cuando iniciar una acción correctiva.

2.3.1 Indicador de Gestión

Mide los resultados, finales e intermedios, del proceso.

2.3.2 Indicador de Control

Mide una característica mensurable del producto de un proceso. Dicha característica es demandada por el cliente.

2.3.3 Indicador de Proceso

Mide las condiciones de operación necesarias para lograr las características del producto (indicador de control). Estas condiciones son las causas de las características del producto (efecto).

2.3.4 Indicador de Actividad

Mide la realización de las actividades (en cantidad, calidad, oportunidad) para asegurar que la gestión sea exitosa.

2.4 GRAFICO DE CONTROL

Herramienta estadística en la que se registra de manera gráfica y cronológica el comportamiento de un indicador de manera comparativa contra límites, denominados límites de control superior e inferior (LSC, LIC). Esta herramienta permite controlar y verificar la estabilidad de un proceso en el tiempo a partir de la diferenciación de la variación común de la variación asignable. El gráfico de control es la herramienta básica el CEP y se le conoce como la "voz del proceso".

2.4.1 Gráfico de Control para variables

- Se usa para indicadores que pueden ser medibles (peso, longitud, temperatura, etc.).
- Permiten observar que tanto difieren entre sí las muestras
- Trabajan por pares, mostrando el comportamiento de la tendencia central y de la dispersión en forma simultánea.
- Principales Gráficos:

$\bar{x} - R$: media Rango

$\bar{x}_m - R_m$: Media móvil Rango móvil

$\bar{x} - S$: media desviación estándar

$\bar{x}_m - S_m$: media móvil desviación estándar móvil

$I - R_m$: Valor individual Rango móvil

2.4.2 Gráfico de Control para atributos

- Se usa para indicadores que pueden ser contados y en los que es posible establecer sólo su existencia o ausencia.
- Trabaja un solo gráfico que da información del comportamiento de la tendencia central.
- Principales Gráficos:

\bar{p} : fracción defectuosa (limite constante y limite variable)

$n\bar{p}$: unidades defectuosas

\bar{c} : número de defectos

\bar{u} : defectos por unidad (limite constante y limite variable)

2.5 RELACION ENTRE ESPECIFICACIONES Y LIMITES DE CONTROL

Las especificaciones son valores de un indicador que se deben cumplir, y que son fijadas por el cliente o por diseño. Mientras que los límites de control reflejan la variación del proceso.

Cuando relacionamos ambas dimensiones se pueden dar los siguientes estados de un proceso:

CONTROL ESTADISTICO	Control	ESTADO LIMITE	ESTADO IDEAL
	Falta de control	ESTADO DE CAOS	ESTADO AL BORDE DEL CAOS
		Presencia de productos no conformes	100% de productos conformes
CONFORMIDAD CON LAS ESPECIFICACIONES			

2.6 CAPACIDAD DE PROCESOS

Desde la aparición de las especificaciones, ha estado presente la inquietud de lograr que los productos y procesos cumplan siempre con ellas. Inicialmente esto sólo se realizaba seleccionando al 100% la producción, separando lo que cumplía de lo que no cumplía la especificación. Esto no ayudaba a mejorar ni ha tener la seguridad futura de que el proceso era capaz de cumplir con dichas especificaciones.

Entonces, la capacidad es la potencialidad del proceso para cumplir con las especificaciones fijadas. Por lo tanto la capacidad depende de la estabilidad del proceso (afectado sólo por variaciones comunes), lo que nos asegura que de mantenerse las condiciones actuales de operación, el proceso siempre podrá cumplir con dichas especificaciones.

Si el valor de la variación natural (6σ) del proceso es menor al Rango de las especificaciones, entonces se afirma que el proceso es capaz.

Para medir la capacidad del proceso se cuenta con los índices Cp, índice de capacidad teórica, y Cpk, índice de capacidad práctica; donde:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6 * \sigma(x)} \quad \text{y} \quad C_{pk} = \min \left[\frac{LSE - \bar{x}}{3 * \sigma(x)}, \frac{\bar{x} - LIE}{3 * \sigma(x)} \right]$$

$\sigma(x)$ = Desviación estándar teórica de la población.

LIE, LSE = Límites de especificación, inferior y superior respectivamente.

Interpretación:

$C_p > 1$ Proceso es capaz

$C_{pk} > 1$ Proceso es capaz

$C_{pk} = C_p$ Proceso está centrado con respecto a los límites de especificación

$C_{pk} > 0$ La media (\bar{x}) está entre los límites de especificación.

$C_{pk} = 0$ La media (\bar{x}) está sobre uno de los límites de especificación.

$C_{pk} < 0$ La media (\bar{x}) está fuera de los límites de especificación.

$C_{pk} < C_p$ La capacidad práctica nunca es mayor que la teórica.

		CAPACIDAD	
		CAPAZ	INCAPAZ
Posición entre los límites de especificación	Centrado	NO HAY PRODUCTOS DEFECTUOSOS	PRODUCCION MINIMA DE PRODUCTOS DEFECTUOSOS
	Descentrado	EXISTENCIA DE DEFECTUOSOS POSIBLES DE EVITARSE	ALTA EXISTENCIA DE DEFECTOS

CAPITULO III

PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1.1 Altos costos de crianza

Con la finalidad de competir en el mercado global, la empresa enfrenta el problema de que los costos de producción de aves son mayores a los niveles internacionales, el cual en el caso del pollo se encuentra en 0.60 US\$/Kg.

Y, dentro de la estructura de costos de producción, el referido al alimento balanceado es el más representativo, de ahí que reducir el costo de producción del alimento se convierta en un factor clave de éxito.

PRODUCTO	% DEL COSTO DE PRODUCCION CORRESPONDIENTE AL ALIMENTO
Pollo	68%
Pavo	70%
Huevo	65%
Cerdo	70%

3.1.2 Inestabilidad de los procesos de fabricación del alimento

Los procesos de la planta de alimentos balanceados tenían altas variaciones que ocasionaban que esté fuera de control estadístico. Presentaba características tales como:

- Mermas y reprocesos, sin que se conozca su verdadera magnitud.

- Incumplimiento de especificaciones en los productos terminados.
- Indicadores que no estaban bien definidos, lo que hacía incomprendible algunos resultados.
- Descontrol en la adición de algunos insumos.
- Mala identificación de las materias primas y productos terminados.
- Presencia de hongos en insumos.
- Continuas paradas de planta.
- Mantenimiento de máquinas deficiente.
- Incumplimiento del programa de entrega de alimentos a las granjas.
- Quejas de los clientes internos.

Todo lo anterior hacía urgente la necesidad de implementar mejoras que permitan primero estabilizar el proceso, para luego entrar en un fuerte trabajo de reducción de la variación.

3.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCION

3.2.1 Control por especificaciones

Consiste en establecer de forma clara todas las especificaciones de los productos terminados y los procesos, para que a partir de ello el personal de la planta sepa cuales son los valores que debe alcanzar. Igualmente se utilizan las especificaciones para realizar los ajustes de las máquinas, a través de la aplicación del Pre-control (ver anexo 1).

La gran debilidad de este método, es que sólo ayuda a aceptar o rechazar el producto, pero no nos ayuda a mejorar, ya que no permite diferenciar las variaciones asignables de las comunes, las cuales tienen un tratamiento diferente. Mientras que en el caso de las primeras hay que eliminar la causa que la genera; en el caso de las comunes, la única manera de reducirlas es modificando el proceso.

Además, el control por especificaciones, no permite asegurar el comportamiento futuro, ya que no nos da información de la variación y capacidad del proceso, e inclusive puede generar frustración al personal que lo aplica al no desaparecer los problemas.

3.2.2 Control Estadístico de Procesos

La empresa está en un proceso de Calidad Total, que fomenta una cultura basada en cero defectos y, por tanto, cero inspecciones. Esto sólo se logra a través de métodos de prevención o proactivos como el Control Estadístico de Procesos, el cual, entonces, es fundamental para el mejoramiento continuo y para el aseguramiento de la calidad.

A través del CEP, cuando nuestro proceso cumple con las especificaciones, podemos afirmar que no es fruto de la suerte sino que se le ha logrado controlar para que esto suceda así. Entonces el CEP nos permite estar seguros del comportamiento futuro del proceso bajo las condiciones actuales. Permite además, distinguir entre los tipos de variación, y por lo tanto modificar el proceso sólo cuando es necesario (presencia sólo de variaciones comunes) y no cuando estamos frente a situaciones especiales, en cuyo caso sólo debemos eliminar la causa específica que genera esa situación. No existe otro método objetivo que nos permita realizar dicha distinción.

Permite también, establecer la cultura de identificar las causas de los problemas de una manera objetiva, optimizando el uso del tiempo y de otros recursos.

Por estas razones, y otras ya enunciadas en el punto 2.1, la empresa decidió el desarrollo e implantación del CEP, a nivel de toda la organización, es decir para todo los procesos productivos, comerciales, logísticos y administrativo financieros.

3.3 METODOLOGIA DE SOLUCION

A partir de este momento se describe las etapas que se siguieron para el desarrollo del CEP en la Planta de Alimentos Balanceados. Cabe indicar que esta metodología se aplicó también a los demás procesos de la empresa, generalizándose su uso.

3.3.1 Determinación de las características a controlar

Consiste en realizar el despliegue de indicadores para cada uno de los procesos definidos en la sección 1.2.5, yendo de adelante hacia atrás.

Del mapa de procesos notamos que la Planta de Alimentos Balanceados, además de la producción de alimentos, brinda el servicio de entrega, el cual también debe satisfacer requerimientos del cliente. Por esta razón, el despliegue de indicadores se realizó tanto para el producto como para el servicio de entrega.

Veamos primero el caso del producto:

Se utilizó la matriz de despliegue (ver anexo 2), en la cual se establecen relaciones causa-efecto entre las características de calidad del producto terminado con las condiciones de los procesos y las características de las materias primas que influyen sobre aquellas, indicando el nivel de dicha relación (alta, media o baja).

Como se puede apreciar, esta matriz se utiliza para desplegar los indicadores de control y de proceso, además permite priorizar las actividades de control.

Luego para cada proceso se determinan indicadores que permitan medir la productividad, efectividad, los costos, los cumplimientos de programa,

cargas de trabajo u otros relacionados al producto (indicadores de actividad y de gestión).

En el caso del servicio de entrega, tenemos:

Al igual que en el caso del producto, se utilizó la matriz de despliegue para definir los indicadores de control y de procesos relativos al servicio y la relación entre ambos.

Algunas de esas características de calidad de servicio demandadas por las granjas son:

- Cumplimiento de entrega (fecha y cantidad)
- Horario de entrega
- Distribución del alimento en granja
- Conformidad documentaria
- Buen estado de las tolvas de los camiones graneleros

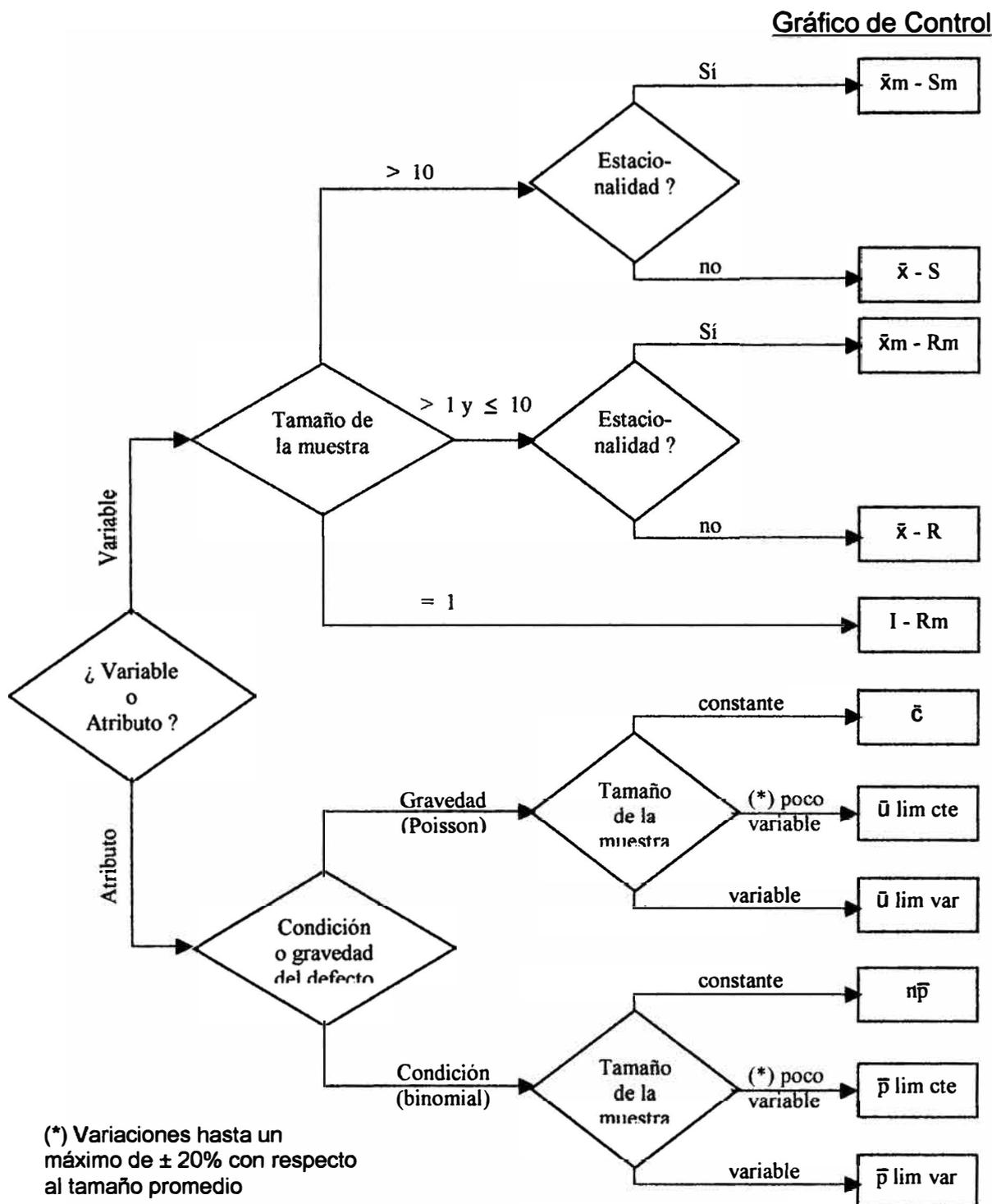
Entre algunas de las condiciones de los procesos relacionadas a estas características, tenemos:

- Programa de compras
- Stocks de materias primas
- Cumplimiento del programa de producción
- Cumplimiento del programa de mantenimiento de vehículos
- Programa de despacho

Finalmente se procede también a desarrollar otros indicadores relativos a la gestión y a las actividades relativas al servicio.

3.3.2 Determinación de las herramientas estadísticas a utilizar

Concluida la fase de despliegue, para cada indicador se determinó la herramienta estadística siguiendo el flujo siguiente:



Además, otro criterio que se consideró fue la facilidad de cálculo, en virtud al nivel del personal que va aplicar la herramienta. Para estos

casos los gráficos de control más recomendables son: $\bar{x} - R$, $I - R_m$ y gráficos para atributos de límites constantes.

Cabe indicar, que según se dio el caso, también se definió el uso de otras herramientas estadísticas, como diagrama de Pareto, gráfico de secuencia, hojas de verificación o estratificación.

3.3.3 Desarrollo de la herramienta estadística

En esta etapa se determinó:

- Tamaño específico de la muestra
- Frecuencia de la toma de datos
- Método de muestreo
- Fórmula matemática del indicador
- En el caso de variables, la precisión de la medición
- Además se levantó datos, históricos si ya existía o se tuvo que generar la información, con el fin de calcular los primeros límites de control.
- El formato de la herramienta que será utilizado, que contempla también la hoja de verificación respectiva para la toma sistemática de los datos.

3.3.4 Gestión del Control Estadístico de Procesos

El concepto de gestión está referido a las responsabilidades que se definieron sobre el manejo de los indicadores y sobre las acciones a tomar a partir de los mismos.

Para ello se elaboró la Matriz de Indicadores (ver anexo 3) donde, además de ser un resumen de la relación de indicadores, se estipula el

responsable del manejo de cada uno de ellos, dando una visión general del sistema de indicadores referidos al Control Estadístico de Procesos.

3.3.5 Esquema general de la metodología de desarrollo del CEP

#	ETAPA	PROPOSITOS
1	Despliegue de indicadores	<ul style="list-style-type: none"> - Saber donde centrar los esfuerzos de control y mejoramiento. - Brindar información para análisis del proceso.
2	Determinar Herramientas Estadística	<ul style="list-style-type: none"> - Escoger correctamente la herramienta estadística que nos dé información veraz sobre el proceso
3	Desarrollo de la herramienta estadística	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer la variación total del proceso. - Levantamiento sistemático de data. - Asegurar el uso correcto de los datos - Conocer el estado de los procesos.
4	Elaborar Matriz de Indicadores	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer el mapa de indicadores - Fijar las responsabilidades sobre los indicadores
5	Estabilización	<ul style="list-style-type: none"> - Eliminar las variaciones especiales
6	Control	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar sistemáticamente los procesos - Trasladar las decisiones a los niveles de la organización que ejecutan el proceso.
7	Mejoramiento	<ul style="list-style-type: none"> - Controlar y mejorar los procesos. - Cumplir con las especificaciones.

3.4 TOMA DE DECISIONES

3.4.1 Implantación del CEP

Para la implantación se consideró tres etapas:

1ª Etapa: Estabilización

A partir del cálculo de los primeros límites de control (ver punto 3.3.3), los indicadores que estaban bajo control estadístico, estado ideal o

estado límite, pasaron directamente a la 2ª etapa. Los que no, ya sea que se encuentren en estado de caos o estado al borde del caos, sus procesos correspondientes fueron revisados a fin de eliminar las causas de la presencia de las variaciones especiales.

Sólo cuando se logró estabilizar los procesos, se pudo pasar también en estos casos, a la 2ª etapa.

2ª Etapa: Control

A cada persona encargada del manejo del indicador, se le entregó el formato de la herramienta estadística con los límites de control ya establecidos y las instrucciones para su manejo.

En esta etapa, dichas personas, registran la información en el momento que esta sucede, de manera tal que el proceso se controla en tiempo real. La herramienta estadística está donde se realiza el trabajo (ver ejemplo en anexo 4).

Esta etapa es clave porque la entropía es una propiedad natural de los procesos, de manera que el control estadístico es un logro y no fruto del azar.

3ª Etapa: Mejoramiento

Se inició con aquellos indicadores que reflejaban falta de capacidad del proceso (estado límite).

Dentro de estos se diferenció aquellos que tenían sólo problemas de descentramiento ($C_p > 1$ y $C_{pk} < 1$), de los que tenían problemas tanto de variación como de descentramiento ($C_p < 1$ y $C_{pk} < 1$), ya que cada situación requiere trabajos diferentes.

Logrado que los procesos sean capaces, se continuo con el mejoramiento, mediante la reducción de la variación y de la presencia de defectos (ver ejemplo en anexo 5).

3.4.2 Decisiones tomadas sobre los procesos a partir de los resultados estadísticos

- En la adición de macroinsumos (maiz y soya), se cambió los parámetros de operación y tolerancias de la dosificadora.
- Para la obtención de la granulometría especificada, el criterio para el giro de los martillos y cambio de cribas se modificó de estar en función del tiempo de uso a estar en función al tamaño de partícula (ver anexo 5).
- Para incrementar la durabilidad del pelets, se modificó el nivel de humedad, el método de enfriamiento, el método de ajuste de rodillos de las máquinas y la velocidad del enfriamiento. Además se reemplazó algunas partes de la máquina.
- Para mejorar la productividad (TM/HH) se trabajó en reducir la cantidad de versiones de alimentos, lo que generó la reducción del número de paradas y como consecuencia el número de horas extras. El número de paradas también se logró gracias a la identificación de fallas en las máquinas, trabajándose sobre ellas. Además se modificó el programa de producción de las dos líneas (de 2.5 TM y e 1 TM), para mejorar su balance de operación.
- En la adición de líquidos se mejoró la presión de aire y se ajustó los parámetros de operación de la dosificadora.

3.5 ESTRATEGIAS ADOPTADAS

3.5.1 Capacitación del personal

El personal profesional de la Planta fue capacitado en Estadística Básica, las 7 Herramientas de la Calidad, Control Estadístico de Procesos y Conceptos y modelamiento de procesos.

Al personal no profesional se le capacitó y entrenó en las herramientas estadísticas que les correspondía utilizar y en algunos conceptos de procesos y Control Estadístico de Procesos.

La capacitación es permanente, cada cierto tiempo se dictan cursos de actualización y se profundiza en otros temas relacionados.

3.5.2 Acciones para asegurar el mejoramiento continuo de los procesos

- Paralelamente al CEP se trabajo en la estandarización de los procesos, a través de la elaboración de procedimientos. Esta estandarización es dinámica, puesto que va incorporando las mejoras.
- Se ha iniciado la automatización del manejo de indicadores, con sus respectivos gráficos de control.
- Desarrollo del sistema de aseguramiento de la calidad según la norma internacional ISO 9002:1994; llegando a certificar en octubre del 2000.
- Desarrollo de auditorías de calidad, donde uno de los puntos de revisión son las mejoras.

CAPITULO IV EVALUACION DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS ECONOMICOS

- Reducción del costo (US\$ / TM) de fabricación del alimento:

1996	1997	1998	1999	2000
9.50	6.10	5.70	5.60	5.50

Estos datos no incluyen el costo de los macroinsumos, ya que el precio de éstos fluctúa de acuerdo al mercado internacional de granos.

- Ahorros acumulados por un importe alrededor de US\$ 1,500,000 en el período 1997 - 2000, debido a trabajos de mejoramiento utilizando el CEP. Igualmente este valor no considera la variación de precios de los macroinsumos.

4.2 RESULTADOS DE MEJORAS

- Reducción del porcentaje de lotes de productos terminados defectuosos del 0.09% en 1999 a 0.06% en el 2000.
- Reducción de las variaciones de los procesos. Pasar de procesos con valores de Cp menores a 0.5 a procesos con valores de Cp y Cpk mayores a 1.5.

- Reducción del número de quejas de los clientes internos de 35 a 20 por mes, en 3 años.

4.3 RESULTADOS SOBRE EL PROCESO DE CALIDAD TOTAL DE LA EMPRESA

- Incremento en la motivación del personal, al poder ellos mismos medir los resultados de su trabajo y de su contribución a la Planta y por lo tanto a la empresa.
- Predisposición del personal para emprender cambios.
- Desarrollo de la cultura estadística y de la gestión basada en hechos.
- Mayor eficacia del sistema de aseguramiento de la calidad.
- Modelo para otras áreas de la empresa, en la aplicación del CEP y el uso de las herramientas estadísticas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El Control Estadístico de Procesos permitió identificar una serie de oportunidades de mejora que habían estado conviviendo con el proceso y ya se habían considerado como parte natural de él.
- Definitivamente los beneficios económicos alcanzados han sido muy provechosos para la empresa, ya que cada año que pasa se consolida más en su liderazgo. Y, a decir del Gerente General, en gran parte se debe al manejo de datos, es decir a la creación de una cultura estadística.
- A la fecha, no todos los indicadores definidos han sido implementados lo que de alguna manera no debe haber permitido alcanzar logros mayores a los obtenidos hasta el momento.
- Varios procesos tienen nuevos estándares de calidad, mucho mejores a los que se tuvieron al inicio del CEP, haciendo cada vez más exigente la calidad de la gestión y la operación.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe concluir con la implantación de los indicadores, tendiendo a que todos ellos sean manejados a través de gráficos de control y no sólo como tabla de datos, como es el caso de varios de ellos.

- Es claro que el énfasis inicial de los gráficos de control está en las características del producto terminado (indicadores de control), para poder cumplir con las especificaciones, pero cada vez más el énfasis debe ir trasladándose hacia los indicadores de procesos y de actividad.
- Concluir con la automatización en el manejo de las herramientas estadísticas, ya sea concluyendo el software de desarrollo propio o adquiriendo un software de los que ya existen en el mercado.
- Debido a que muchos procesos han alcanzado valores de C_p y C_{pk} mayores a 1.5, se puede comenzar a reducir la frecuencia de muestreo de algunos indicadores.
- Igualmente se puede iniciar estudios de correlación, donde se cuantifique de manera más exacta la influencia de algunos factores sobre los resultados que se van obteniendo.

BIBLIOGRAFIA

- “Understanding Statistical Process Control”** Donald J. Wheeler & David S. Chambers
Editorial SPC Press 1992
- “Administración de la Calidad Total para Ingenieros”** Mohamed Zairi
Panorama Editorial 1993
- “Guía para el control de calidad”** Kaoru Ishikawa
Editorial UNIPUB 1985

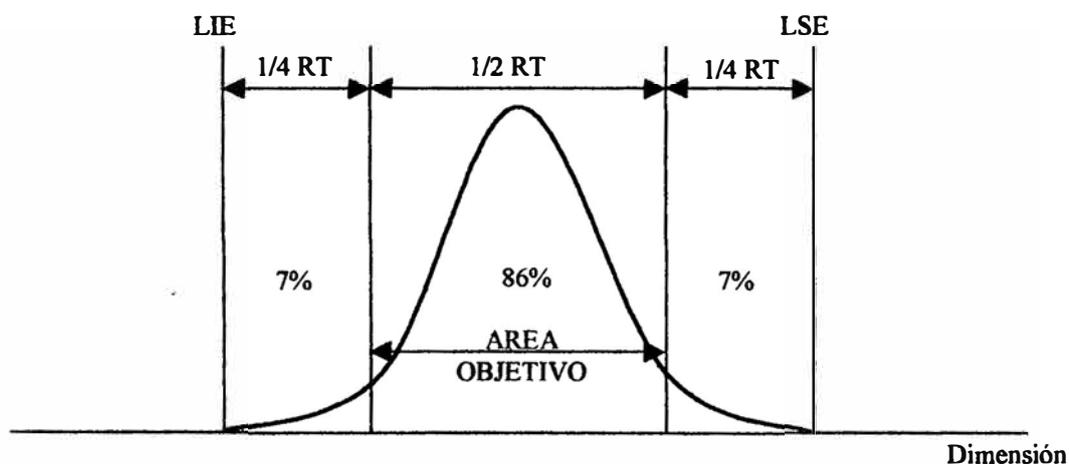
ANEXO 1 PRE-CONTROL

Método de control alternativo a los gráficos de control, que utiliza a las especificaciones para determinar la condición "fuera de control". Es decir que todo punto fuera de especificación es considerado "fuera de control"

Este método parte del supuesto que el proceso esté normalmente distribuido y su rango de tolerancia es equivalente a 6σ .

Para calibrar un equipo, cinco unidades consecutivas deben caer dentro del área objetivo ($1/2 RT$).

Cuando se está realizando el proceso, el control se hace tomando una muestra de dos piezas consecutivas (**A** y **B**) y según la posición en que cae, el operador toma la acción respectiva, según la tabla adjunta.



Pedir ayuda	A		B
	B		A
Ajustar el proceso	A,B		
			A,B
Seguir		A,B	
	A	B	
	B	A	
		A	B
		B	A

Donde:

RT = Rango de tolerancia = LSE – LIE
 LSE = Límite superior de especificación
 LIE = Límite inferior de especificación

ANEXO 2

EJEMPLO DE MATRIZ DE DESPLIEGUE DE INDICADORES

CONDICIONES DE PROCESOS			Características del alimento peletizado			
			Durabilidad	Nivel de micotoxinas	Carga de hongos	Nivel de proteínas
Recepción de M.P.	Características de la materia prima	Nivel de micotoxinas		●		
		Carga de hongos			●	
		Nivel de proteínas				●
		Humedad	●		▽	
		Grasa				▽
		Fibra				▽
		Peso específico	●			
Almacena miento de M.P.		Humedad relativa			●	
		Temperatura del almacén			▽	
		Presencia de insectos		●		
Producción	Molienda	Granulometría del maíz	●			
		Granulometría de la soya	●			
	Mezclado	% de grasa				▽
		% de melaza				▽
		% de fibra				▽
	Peletizado	RPM de peletizado	○			
		Presión vapor (Kg/cm ²)	●			
		Temperatura	●			
		% de Agua	●			
		Amperaje de peletera	○			

● Alta relación ○ Mediana relación ▽ Baja relación

Interpretación:

Para obtener la durabilidad deseada debemos concentrar nuestro control en la humedad y peso específico de la materia prima (durante el proceso de recepción). También en la granulometría del y de la soya en el proceso de molienda y en la presión de vapor, temperatura y % de agua en el proceso de peletizado. Mientras que en el caso del nivel de micotoxinas, carga de hongos y nivel de proteínas, depende fundamentalmente de las mismas características de las materias primas.

ANEXO 3

EJEMPLO DE MATRIZ DE INDICADORES

PROCESOS				INDICADOR			H. ESTADISTICA					ORGANIZACION												
Recepción	Almacenamiento	Producción		Nombre	Unidad	Frecuencia	I - Rm	X - R	X - S	p lim cte	u lim cte	np	Jefe Producción	Sup. Producción	Sup. Procesos	Resp. Producción	Operador Planta	Sup. Despacho	Despachador	Sup. Almacén	Enc. macro insumo	Laboratorio	Mantenimiento	
		Molenda	Mezclado																					Peletrado
		C		Granulometria	micrones	x Lote	x										x							
			C	Durabilidad	% (de gr)	x Lote	x										x							
P				Nivel de micotoxinas	ppm	x Lote				x													x	
P				Carga de Hongos	ufc/gr	x Lote				x													x	
P				Nivel de proteínas	% (de gr)	x Lote	x																x	
P		C		Grasa	% (de gr)	x Lote	x																x	
	P			Temperatura	°C	Día		x														x		
			G	Productividad	TM/H-H	Semana		x						x										
			P	Amperaje de peletera	amperios	x Lote			x															
	G			Merma	% (de Kg)	Semana	x								x								x	
		A	A	Cumplim. de Programa	% (de TM)	Semana	x								x				x					
				Cumplim. de Programa	%	Semana				x													x	x
				Parada de máquinas	% (de hrs)	Semana	x																	x
			G	Quejas	#	Semana						x												x
			G	Costo del alimento	US\$ / Kg	Mes	x							x										
			P	Rechazos	#	x Lote						x												x

Donde:

G: Indicador de gestión

P: Indicador de proceso

C: Indicador de control

A: Indicador de actividad

ANEXO 4

CONTROL DE GRANULOMETRIA

Proceso: MOLIENDA

Molino: N° 3

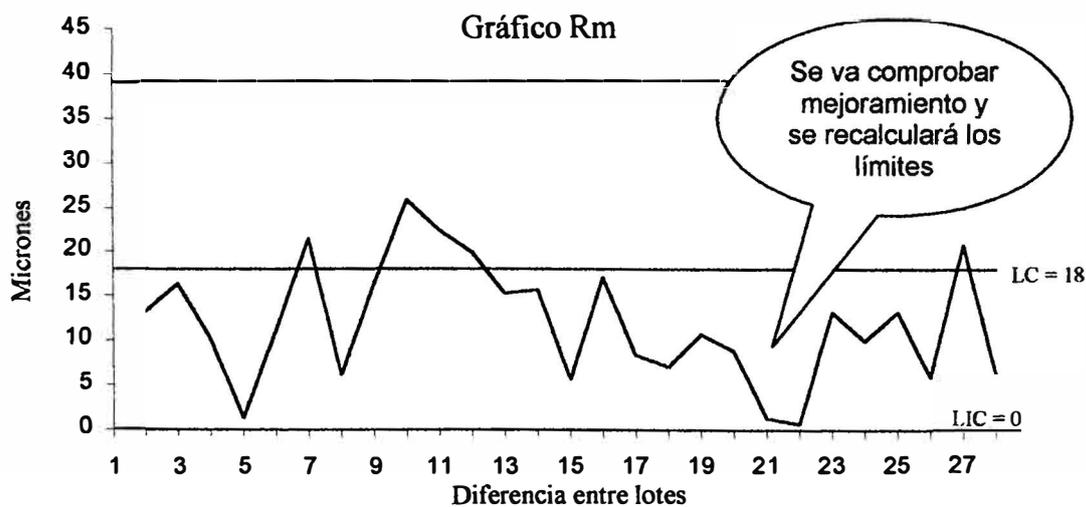
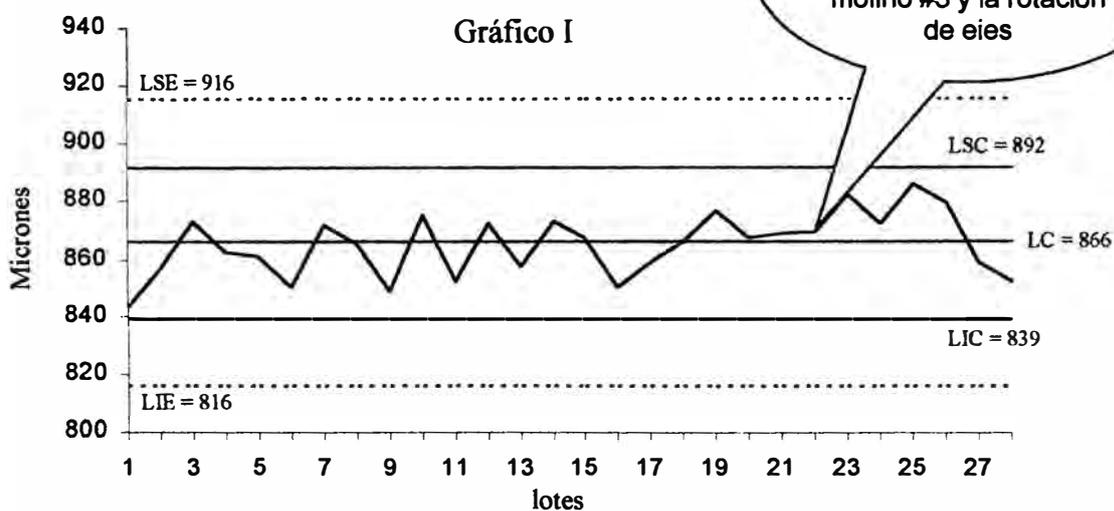
Turno: Todos

Zaranda #1: 1/8"

Insumo: MAIZ AMARILLO (AMERICANO)

Indicador: Granulometria (micrones)

Herramienta Estadística: Gráfico de Control I – Rm



Los gráficos de control muestran que el proceso está bajo control estadístico y que además es un proceso capaz (cálculos en la siguiente página).

Data:

# de Lote	Fecha	Turno	Tipo de Zaranda 2	Vidas de Martillos	Proceso(1) Ajuste(2)	Granulometria (Micrones)	Surface Area (cm ²)/Gramo	Partículas por Gramo
1	03/01/02	1	1/8	1ra.Vida	1	843.41	55.31	1594.64
2	03/01/02	2	1/8	1ra.Vida	1	856.77	54.54	1543.63
3	04/01/02	1	1/8	1ra.Vida	1	873.2	53.89	1553.87
4	04/01/02	2	1/8	1ra.Vida	1	862.82	54.22	1529.11
5	05/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	861.42	54.54	1595.88
6	07/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	850.26	54.89	1564.33
7	08/01/02	1	3/16	2da.Vida	1	871.66	54.03	1573.72
8	08/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	865.59	54.19	1548.93
9	09/01/02	1	3/16	2da.Vida	1	849.23	55.03	1588.07
10	09/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	875.15	53.74	1536.38
11	10/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	852.72	55.01	1622.69
12	10/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	872.64	53.91	1553.16
13	11/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	857.31	54.78	1612.82
14	11/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	873.13	53.86	1545.46
15	12/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	867.37	54.2	1572.37
16	14/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	850.29	54.99	1590.36
17	14/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	858.78	54.56	1572.78
18	15/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	865.78	54.27	1573.95
19	15/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	876.41	53.76	1555.6
20	16/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	867.49	54.23	1581.86
21	16/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	868.87	54.08	1556.09
22	17/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	869.48	54.07	1561.79
23	17/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	882.62	53.45	1540.53
24	18/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	872.59	53.91	1551.65
25	18/01/02	2	5/32	2da.Vida	1	885.8	53.21	1511.45
26	19/01/02	1	5/32	2da.Vida	1	879.82	53.54	1533.17
27	21/01/02	1	5/32	3ra.Vida	1	859.06	54.53	1567.17
28	21/01/02	2	5/32	3ra.Vida	1	852.64	54.94	1602.44

Calculo del Cp y Cpk:

De la data, obtenemos el valor de $\sigma = 10.90$ y $\bar{x} = 865.08$

$$Cp = \frac{LSE - LIE}{6 * \sigma(x)} = \frac{916 - 816}{6 * 10.90}$$

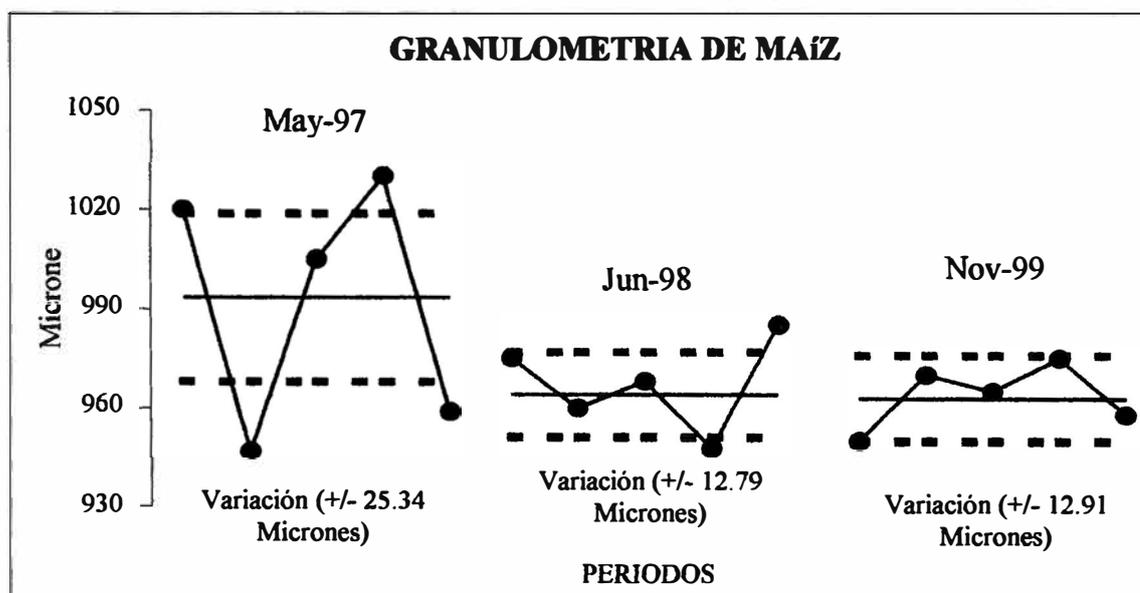
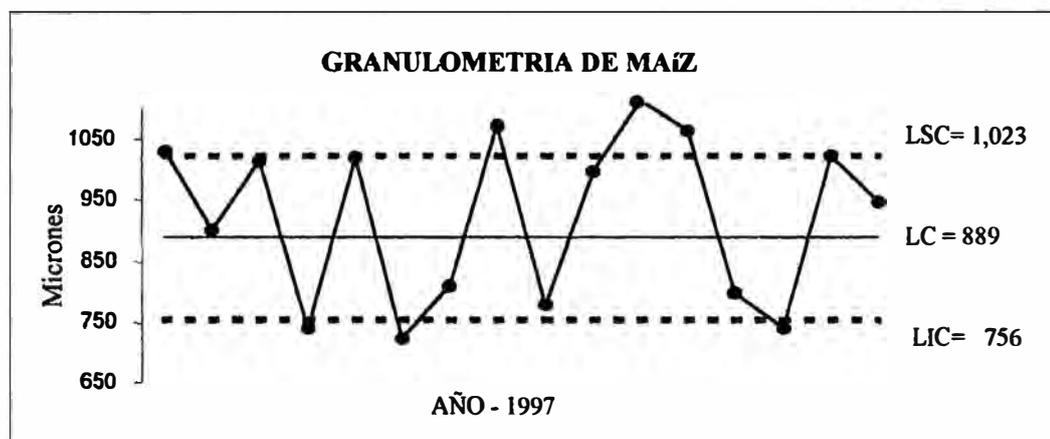
$$Cp = 1.53$$

$$Cpk = \min \left[\frac{LSE - \bar{x}}{3 * \sigma(x)}, \frac{\bar{x} - LIE}{3 * \sigma(x)} \right] = \min \left[\frac{916 - 865.08}{3 * 10.90}, \frac{865.06 - 816}{3 * 10.90} \right]$$

$$Cpk = 1.50$$

El proceso no sólo es capaz, sino que además esta centrado con respecto a las especificaciones.

ANEXO 5 PROCESO DE MEJORAMIENTO



EVALUACION TECNICA DEL PROCESO

AÑO	LSE	PROM	STD
1997	974	993.25	50.67
1998	974	963.90	25.57
1999	974	962.95	25.81

Reducción de la variación : 51.03

Mejoras realizadas:

- Giro de los martillos en función al tamaño de partícula y no en función del tiempo de uso.
- Cambio de cribas, en función al tamaño de partículas y no a en función del tiempo de uso.