

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**POSTGRADO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE SISTEMAS DE CALIDAD Y**  
**CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**



**MEJORAS DEL PROCESO DE EMPAQUETADO DE LECHE EN POLVO**  
**EN PRESENTACIÓN DE 1 KG EN UNA EMPRESA DE SERVICIO Y**  
**PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL**

Ing. Orlibetsh Elgui Gutiérrez Vásquez

Tutora: M.Sc. Mairett Rodríguez

Maracay, Junio del 2012

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA**  
**POSTGRADO DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE SISTEMAS DE CALIDAD Y**  
**CONTROL ESTADÍSTICO DE PROCESOS**



**MEJORAS DEL PROCESO DE EMPAQUETADO DE LECHE EN POLVO**  
**EN PRESENTACIÓN DE 1 KG EN UNA EMPRESA DE SERVICIO Y**  
**PRODUCCIÓN AGROINDUSTRIAL**

Ing. Orlibetsh Elgui Gutiérrez Vásquez

Tutora: M.Sc. Mairett Rodríguez

**Trabajo de grado presentado para optar por el título de Especialista en Gerencia de Sistemas de Calidad y Control Estadístico de Procesos.**

Maracay, Junio del 2012

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios poderoso y a su hijo Jesucristo, por darme la oportunidad de existir, las fuerzas para continuar hacia adelante, la salud y los conocimientos que me ha regalado.

A mis padres, Orlando Gutiérrez y Bethsmirna de Gutiérrez, que me han apoyado incondicionalmente a lo largo de mi vida.

A mi novio Johnn Tinjacá, por su apoyo y sus palabras de aliento para alcanzar todas mis metas.

A mi tutora, la profesora Mairett Rodríguez por dedicarme su tiempo y conocimientos para que este trabajo saliera adelante; y por ser una gran persona.

Al profesor Wilfre Machado, regalarme parte de sus conocimientos y experiencia profesional durante sus asesorías.

A las profesoras Margarita Cobo y Fanny Molina, por apoyarme participando en este trabajo como asesoras.

A mis jefes en VENALCASA s.a., por permitirme crecer profesionalmente y apoyarme directa o indirectamente.

Al personal administrativo del postgrado por apoyarme cuando lo requerí.

A todas aquellas personas que de una u otra forma hicieron un aporte en este trabajo.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Dios padre, mis amados padres, mi hermana y mi adorado novio, por estar siempre conmigo confiando en mí, estando plenamente seguros que culminaría satisfactoriamente esta etapa de mi carrera profesional. De no ser por su amor, su incondicional apoyo y colaboración nunca hubiera logrado una de los mejores triunfos en mi vida.

## TABLA DE CONTENIDO

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN .....                                                                                                                                          | 1  |
| OBJETIVOS.....                                                                                                                                              | 3  |
| REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....                                                                                                                                | 4  |
| Procesos.....                                                                                                                                               | 4  |
| Características de un proceso .....                                                                                                                         | 4  |
| Tipos de procesos.....                                                                                                                                      | 6  |
| Mejora del proceso .....                                                                                                                                    | 7  |
| Ciclo de mejora .....                                                                                                                                       | 8  |
| Herramientas de mejora.....                                                                                                                                 | 10 |
| Conformación de las muestras .....                                                                                                                          | 13 |
| Ventajas y desventajas del muestreo.....                                                                                                                    | 14 |
| Requisitos de Una Buena Muestra .....                                                                                                                       | 15 |
| Tipos de Muestreo .....                                                                                                                                     | 16 |
| Antecedentes .....                                                                                                                                          | 21 |
| METODOLOGIA .....                                                                                                                                           | 23 |
| Entorno .....                                                                                                                                               | 23 |
| Diseño.....                                                                                                                                                 | 24 |
| 1.Evaluación de la disconformidad del peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1 del proceso productivo. ....                                   | 24 |
| 2. Determinación de las causas probables de la variación del peso neto en el producto empacado en presentación de 1 Kg, por la línea de producción 1. ....  | 26 |
| 3.Presentación de un plan de acciones correctivas que permitan disminuir las desviaciones en el peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1..... | 29 |
| RESULTADOS Y DISCUSION.....                                                                                                                                 | 33 |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| CONCLUSIONES .....               | 48 |
| RECOMENDACIONES .....            | 49 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 50 |
| ANEXOS.....                      | 53 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                       |    |
|-------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1. Ventajas y desventajas del muestreo. ....   | 14 |
| Cuadro 2. Resumen de las actividades planteadas. .... | 32 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Descripción gráfica del proceso.....                                                       | 5  |
| Figura 2. Descripción del proceso: límites, elementos y factores de un proceso.....                  | 6  |
| Figura 3. Ciclo pdca de mejora continua.....                                                         | 10 |
| Figura 4. Esquema tecnológico del proceso de empaquetado de leche en polvo.....                      | 23 |
| Figura 5. Esquema de la inspección por muestreo .....                                                | 26 |
| Figura 6. Esquema del análisis de la relación entre la CCP y los factores del proceso<br>.....       | 27 |
| Figura 7. Diagrama del proceso de empaquetado de leche en polvo. ....                                | 36 |
| Figura 8. Diagrama de Ishikawa para la “Variación de la CCP”. ....                                   | 37 |
| Figura 9. Diagramas de correlación entre los factores causantes de variación y la CCP<br>en kg. .... | 41 |

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 10. Grafico de control $\bar{X}$ y R para la CCP .....          | 43 |
| Figura 11. Grafico de control $\bar{X}$ y R para la CCP ajustada ..... | 45 |
| Figura 12. Capacidad del proceso para la CCP. ....                     | 46 |

## RESUMEN

VENALCASA S.A. es una empresa empaquetadora de leche en polvo en presentación de 1 Kg que se ve en la necesidad de mejorar la línea 1 del proceso productivo. Para ello, se evaluó la disconformidad del peso neto del producto envasado, diseñando un método de muestreo por conglomerados en una etapa, obteniéndose que las observaciones se encontraban por encima de las especificaciones del cliente (0,99 – 1,01 Kg), con un contenido neto promedio de 1,09 Kg y una desviación 0,11 Kg, ocasionando pérdidas de dinero por regalía innecesaria que merma la competitividad de la organización y del cliente (8,60 % del producto/turno de trabajo  $\approx$  19.180,00 Bs./mes); posteriormente, se determinó que las causas probables de la variación del peso neto, tras un análisis causa – efecto y de correlación de Pearson, eran los factores maquinaria, específicamente la velocidad del tornillo sin fin y el tiempo de activación del mismo, y la materia prima. Por lo que, se presentó un plan de acciones correctivas que permitió reducir las desviaciones, realizando ajustes pertinentes, después de registrar las observaciones de cambio en el entorno del proceso causadas por los factores que originaban la variabilidad, y se comprobó la efectividad del mismo al alcanzar que el proceso se encontrase en estado de control estadístico, pero se evidenció una clara tendencia a la inestabilidad y descontrol en el tiempo ( $C_p < 1$  y  $C_{pk} < 1$ ) de no ser modificado. Por último, se verificó al final del proceso la inexistencia de posibles variaciones elaborando un plan de inspección basado en el método de muestreo por conglomerado en una etapa, para así comprobar la efectividad del proceso de control y mejora.

**Palabras claves:** Mejora de proceso, herramientas de mejora, muestreo por conglomerado, capacidad del proceso.

## ABSTRACT

VENALCASA S.A. is a packing of milk powder in 1 Kg presentation seen in the need to improve the line 1 of the production process. To do this, we assessed the discomfort of the net weight of the packaged product, designing a cluster sampling method in one step, obtaining the observations were above the customer's specifications (0.99 to 1.01 kg) with a net average of 1.09 kg and 0.11 kg deviation, causing loss of money for unnecessary royalty undermines the competitiveness of the organization and the customer (8.60% of product/work shift  $\approx$  19180.00 Bs./month), after which it was determined that the probable causes of the variation of the net, after analyzing cause - effect and Pearson correlation factors were machinery, specifically the speed of the worm and the activation time of the same , and the raw material. So, it presented a corrective action plan which reduced the deviations, making adjustments, after recording observations of change in the process environment caused by factors that originated the variability, and found its effectiveness to achieve the process is found in a state of statistical control, but showed a clear tendency to instability and lack of time ( $C_p < 1$  and  $C_{pk} < 1$ ) not be modified. Finally, late in the process verified the absence of possible variations to develop an inspection plan based on the method of cluster sampling in one step, in order to test the effectiveness of process control and improvement.

**Keywords:** Improvement of process improvement tools, cluster sampling, process capability.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la economía globalizada demanda alta competitividad de las empresas, con el fin de cubrir las necesidades y exigencias del mercado. Por lo tanto, se hace necesario el perfeccionamiento de sus procesos, el cual se logra a través de un análisis al interior de la organización, detectando debilidades para darles una solución efectiva en el menor tiempo posible (Bernal, 2007).

La mejora de los procesos es un método de mejora continua de la calidad que se basa en la reducción sistemática de la variación de aquellas características que más influyen en la calidad de los productos o servicios. Las herramientas utilizadas para la reducción de la variación son, fundamentalmente, el seguimiento, control y la mejora de los procesos causantes de estas características. La mejora de los procesos es una actividad enfocada hacia la prevención, por lo que los gastos que implican su implantación más que un coste son una buena inversión para la adecuación del producto o servicio a las necesidades y exigencias del cliente (Vilar y Delgado, 2005).

Venezolana de Alimentos La Casa S.A (VENALCASA, S.A.), es una empresa que comparte la premisa de la mejora de los procesos como vía para la disminución de las posibles variaciones de las características medidas, responsables de la mala calidad del producto o servicio ofertado. La misma está integrada por diversas unidades de negocio del sector agroindustrial y de servicio; entre ellas se encuentra el de empaquetado en presentación de 1 Kg. de leche en polvo completa recibida al granel, cuyo proceso productivo presenta variabilidad en una de las características de calidad para el cliente, el peso neto del producto terminado, lo que ha traído como consecuencia continuas devoluciones del producto y con ello un incremento considerable de los costes motivados a las pérdidas del tiempo de trabajo, tecnología

empleada (maquinarias) y material empleado (recurso humano, insumos del proceso, material de empaque, transporte, etc.), como lo refiere Vinué (2006).

Por lo tanto, se hizo fundamental implantar mejoras en el proceso de empaquetado de leche en polvo en presentación de 1 kg, desarrollando un análisis y monitoreo con apoyo de las herramientas de mejora, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo a la naturaleza del problema y a la etapa del propio proceso de mejora en cual nos encontramos. Estas mejoras permitieron disponer de un objetivo permanente de incrementar la satisfacción de los clientes utilizando como base el ciclo de mejora continua (Cuatrecasa, 2005).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Implantar mejoras en el proceso de empaquetado de leche en polvo en su presentación de 1 Kg en una empresa de servicio y producción agroindustrial.

### **Objetivos Específicos**

1. Evaluar la disconformidad del peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1 del proceso productivo.
2. Determinar las causas de variación del peso neto en el producto empacado en presentación de 1 Kg, por la línea de producción 1.
3. Presentar un plan de acciones correctivas que permitan disminuir las desviaciones en el peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### I. PROCESOS

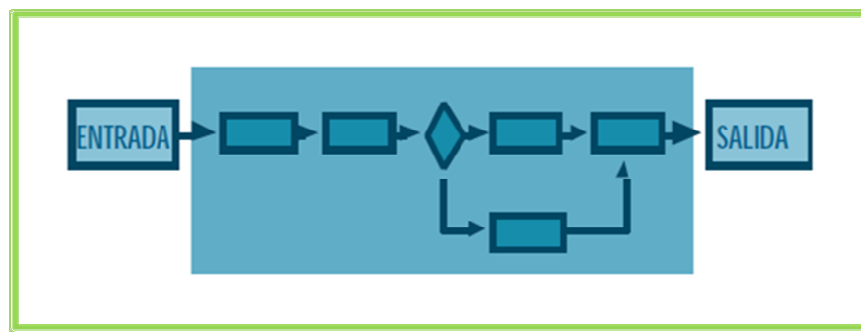
De acuerdo a Camison *et al.* (2007), se puede definir un proceso como el conjunto de actividades realizadas por un individuo o grupo de individuos cuyo objetivo es transformar entradas en salidas que serán útiles para un cliente. También se puede definir un proceso como, la secuencia de actividades lógicas diseñadas para generar una salida (output) preestablecido para unos clientes identificados a partir de un conjunto de entradas (inputs) necesarios que van añadiendo valor. Entre los ejemplos de procesos se puede señalar: el proceso de desarrollo de producto, el proceso de producción, el proceso de distribución, el proceso de venta, etc.

Evans y Lindsay (2008) señalan que, un proceso es una combinación única de herramientas, métodos, materiales y personal dedicados a la labor de producir un resultado medible. Todos los procesos tienen una variabilidad estadística inherente que puede evaluarse por medio de métodos estadísticos. La Capacidad del proceso es una propiedad medible de un proceso que puede calcularse por medio del índice de capacidad del proceso (ej.  $C_{pk}$  o  $C_{pm}$ ) o del índice de prestación del proceso (ej.  $P_{pk}$  o  $P_{pm}$ ). El resultado de esta medición suele representarse con herramientas estadísticas que permitan deducir cuántos componentes serán producidos fuera de los límites establecidos en la especificación. La capacidad del proceso puede subdividirse en: 1) Medición de la variabilidad del proceso y 2) Contrastar la variabilidad medida con una tolerancia o especificación predefinida.

#### ■ Características de un proceso

Todo proceso, para ser considerado como tal, debe cumplir una serie de características (figura 1), tales como:

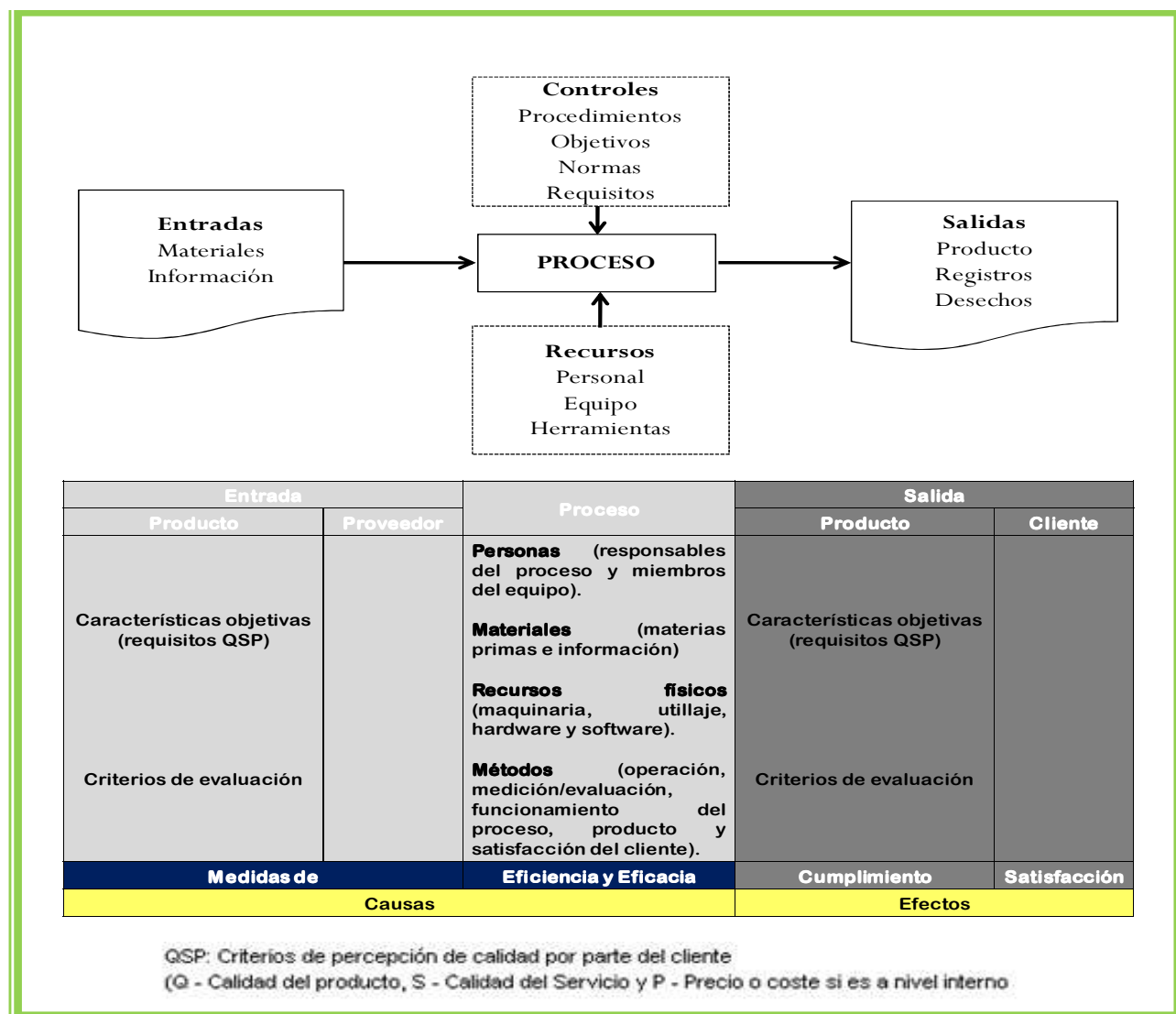
1. Posibilidad de ser definido. Siempre debe tener una misión, es decir, una razón de ser.
2. Presentación de unos límites, por lo que se debe especificar su comienzo y su terminación.
3. Posibilidad de ser representado gráficamente (figura 2).



**Figura 1. Descripción gráfica del proceso.**

Fuente: Pérez (2009).

4. Posibilidad de ser medido y controlado, a través de indicadores que permitan hacer un seguimiento de su desarrollo y resultados e incluso mejorar.
5. Existencia de un responsable, encargado de la eficiencia y la eficacia del mismo.
6. Tiene capacidad de transformar unas entradas en salidas. Cuenta con los siguientes elementos: un input o entrada, suministrado por un proveedor externo o interno, el cual cumple con unas determinadas características preestablecidas; el proceso, como secuencia de actividades que se desarrollan gracias a unos factores tales como las personas, métodos y recursos; y output o salida, que será el resultado del proceso e irá destinado a un cliente externo o interno (figura 1).



**Figura 2. Descripción del proceso: límites, elementos y factores de un proceso.**

Fuente: Pérez (2009).

### ■ Tipos de procesos

Los procesos de una empresa se clasifican en tres grupos, según su función en la empresa y su efecto sobre el cliente (Canela y Griful, 2005)

- ✓ Procesos operativos: se encuentran ligados a los flujos de material y de información con impacto directo sobre el cliente. Son propios de la actividad de la empresa; por ejemplo, las compras, ventas y producción.
- ✓ Procesos de soporte: no se encuentran ligados al flujo de material, pero proporcionan los recursos y el apoyo necesario para el funcionamiento satisfactorio de los operativos. Ejemplo de procesos de soporte es el proceso de formación, informático, de logística, mantenimiento de equipos de producción.
- ✓ Procesos estratégicos: son aquellos mediante los cuales la empresa desarrolla sus estrategias y define los objetivos. Por ejemplo, el proceso de planificación presupuestaria, diseño de producto y/o servicio, planificación de la calidad.

## **II. MEJORA DEL PROCESO**

Montgomery (2007) indica que, para que un producto cumpla con los requerimientos del cliente, generalmente deberá fabricarse con un proceso que sea estable o repetible. Para ser mas específico, es necesario que el proceso opere con poca variabilidad en las dimensiones objetivo o nominales de las características de la calidad del producto.

Según Vilar y Delgado (2005), para disminuir la variación en un proceso es necesaria la mejora de los procesos, la cual consiste en optimizar la efectividad y la eficiencia, mejorando también los controles, reforzando los mecanismos internos para responder a las contingencias y las demandas de nuevos y futuros clientes. La mejora del proceso es toda acción destinada a cambiar la “forma en que queremos que ocurra” un proceso. Estas mejoras lógicamente se deben reflejar en una mejora de los indicadores del proceso. Para mejorar los procesos, se debe considerar:

1. Es necesario hacerlo ocurrir tal y como se quiere que ocurra:

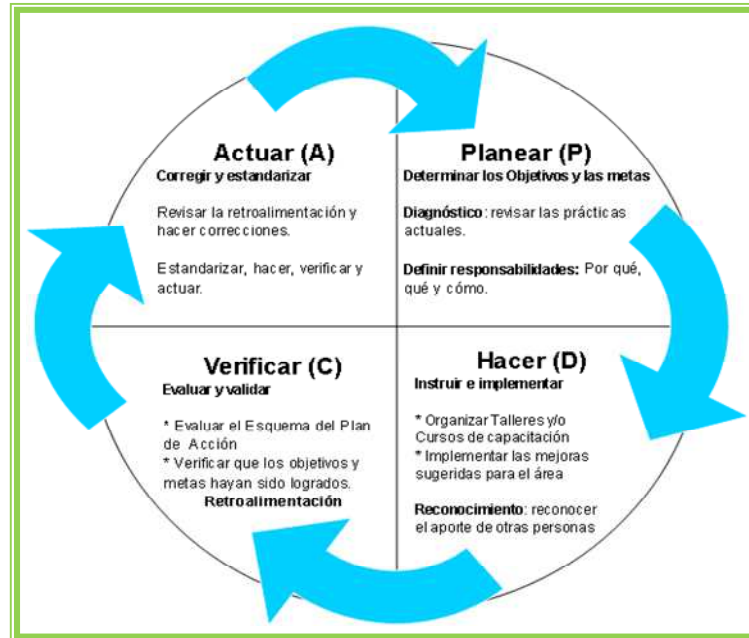
- 1.1. Definir la forma de ejecutar del proceso, es decir, definir un conjunto de pautas o de instrucciones sobre cómo debe ser ejecutado el proceso.
- 1.2. Ejecutar las actividades del proceso, de acuerdo a las instrucciones anteriormente establecidas.
- 1.3. Comprobar que el proceso se ha desarrollado según estaba previsto (según las instrucciones).
- 1.4. Garantizar que la próxima repetición del proceso se va a desarrollar de acuerdo con las instrucciones. ¿Qué desviaciones respecto a las instrucciones se han producido?, ¿Cómo se pueden evitar en próximas ocasiones?

2. Mejorarlo una vez que lo hemos hecho ocurrir.

Cuando a pesar de realizar correctamente las actividades definidas para el proceso sigue habiendo problemas (quejas de los destinatarios, despilfarro de recursos, etc.) o el proceso no llega a adaptarse a lo que necesita el cliente (necesidad de reestructurar el proceso) es necesario aplicar el ciclo de mejora.

El ciclo de Deming o ciclo de mejora actúa como guía para llevar a cabo la mejora continua y lograr de una forma sistemática y estructurada la resolución de problemas. Está constituido por cuatro actividades que forman un ciclo que se repite de forma continua. También se le conoce como ciclo PDCA (figura 3), por las siglas en ingles de Plan, Do, Check y Act. Dentro de cada fase pueden diferenciarse distintas subactividades:

- ✓ Planificar (Plan): en esta primera fase cabe preguntarse cuáles son los objetivos que se quieren alcanzar y la elección de los métodos adecuados para lograrlos. Conocer previamente la situación de la empresa mediante la recopilación de todos los datos e información necesaria será fundamental para establecer los objetivos. La planificación debe incluir el estudio de causas y los correspondientes efectos para prevenir los fallos potenciales y los problemas de la situación sometida a estudio, aportando soluciones y medidas correctivas.
- ✓ Realizar (Do): consiste en llevar a cabo el trabajo y las acciones correctivas planeadas en la fase anterior. Corresponde a esta fase la formación y educación de las personas y empleados para que adquieran un adiestramiento en las actividades y actitudes que han de llevar a cabo. Es importante comenzar el trabajo de manera experimental, para comprobar su eficacia en la fase siguiente y formalizar la acción de mejora en la última etapa.
- ✓ Verificar (Check): es el momento de verificar y controlar los efectos y resultados que surjan de aplicar las mejoras planificadas. Se ha de comprobar si los objetivos marcados se han logrado; y en caso de no ser así planificar de nuevo para tratar de superarlos.
- ✓ Actuar (Act): una vez que se comprueba que las acciones emprendidas dan resultado deseado, es necesario realizar su normalización mediante una documentación adecuada, describiendo lo aprendido, como se ha llevado a cabo, etc. Se pretende formalizar el cambio o acción de mejora de forma generalizada introduciéndolo en procesos o actividades (Cuatrecasas, 2005).



**Figura 3. Ciclo PDCA de mejora continua.**

Fuente: Cuatrecasas (2005).

La mejora continua y su implantación por medio del ciclo PDCA, se lleva a cabo utilizando herramientas estadísticas adecuadas para cada etapa.

### ■ Herramientas de mejora

El conjunto de herramientas para resolver problemas se denominan como control estadístico de procesos, y son muy útiles para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del mismo proceso mediante la reducción de la variabilidad (Montgomery, 2007). Cuatrecasas (2005) señala que, esta metodología utiliza fundamentalmente gráficos que permiten monitorizar la estabilidad (calidad) de un proceso de producción o de suministro de un servicio, de forma que se detecte, cuanto antes, cualquier situación inadecuada, permite eliminar las causas especiales de variabilidad en la obtención del resultado final.

Estas se caracterizan por su fácil comprensión y sencilla aplicación. Disponen de capacidad de integración entre sí, facilitada por su compatibilidad, lo que lleva a obtener incremento en los resultados. Estas se clasifican en siete herramientas:

#### 1. Hoja de recogida de datos.

La hoja de recogida de datos sirve para recoger los datos necesarios y poder realizar un posterior análisis de éstos. Su principal utilidad proviene del empleo de datos objetivos a la hora de examinar un fenómeno determinado. Como sirven de base para adoptar decisiones, es importante que el método de recogida y el análisis de los propios datos garanticen una interpretación correcta del fenómeno estudiado (Camison *et al.*, 2007).

#### 2. Histograma.

Los histogramas son diagramas de barras que muestran el grado y la naturaleza de la variación dentro del rendimiento de un proceso. Este muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de valores mediante la representación con barras.

El histograma como distribución de frecuencias tiene muchas utilidades, y se aplican en la elaboración de informes, análisis, estudios de las capacidades de proceso, la maquinaria y el equipo y el control.

#### 3. Diagrama de Ishikawa o causa efecto.

El diagrama causa-efecto es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de la causa (Verdoy *et al.*, 2006).

#### 4. Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención. Es definitiva, es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el principio de Pareto, a menudo denominado regla 80/20, la cual indica que el 80% de los problemas son originados por un 20% de las causas. Este principio ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos o triviales.

#### 5. Estratificación de datos.

La estratificación consiste en dividir los datos recogidos en grupos homogéneos para facilitar una mejor comprensión del fenómeno estudiado. A cada grupo homogéneo se le denomina estrato. Esta técnica permite investigar los aspectos más significativos o las áreas más importantes donde es necesario centrar la atención.

La estratificación se utiliza en la hoja de recogida de datos, en los histogramas, en el análisis de Pareto y en los gráficos de control. También se puede aplicar cuando estemos estudiando la relación entre dos variables empleando los diagramas de correlación.

#### 6. Diagrama de correlación o dispersión.

El diagrama de correlación o dispersión sirve para determinar si existe relación entre dos variables, normalmente de causa y efecto. Se aplica después de la utilización del diagrama de espina, donde ya se haya identificado todas las posibles causas del efecto, y conviene verificar la existencia de la relación de las causas más probable. Esta herramienta permite conocer cómo al variar una causa probable varía el efecto.

## 7. Gráficos de control.

El gráfico de control es una herramienta gráfica que se utiliza para medir la variabilidad de un proceso. Consiste en valorar si el proceso está bajo control o fuera de control en función de unos límites de control estadísticos calculados.

La aplicación de este instrumento es muy amplia. Se utiliza en las fases de control de los niveles de calidad de diversas actividades, inmediatamente después de la recogida de datos (Camison *et al.*, 2007). Los gráficos de control se clasifican en:

- 7.1. Gráficos de control por variable: miden una característica continua, es decir, que puede tomar infinitos valores dentro de un intervalo. El más utilizado es el gráfico  $\bar{X} - R$  que registra la media del proceso y el recorrido o rango de cada muestra y se utiliza para controlar y analizar un proceso empleando valores relativos a la calidad del producto tales como temperatura, peso, volumen, concentración, etc.
- 7.2. Gráficos de control por atributos: miden una característica discreta, es decir que indican si sucede una cosa u otra. Entre los diversos tipos de gráficos existentes, los más conocidos son los gráficos  $p$  (porcentaje de piezas defectuosas), los gráficos  $pn$  (cantidad de unidades defectuosas) y los gráficos  $c$  (número de defectos por unidad encontrados en la muestra).

## III. CONFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS

El muestreo es el procedimiento mediante el cual se obtiene una muestra. La muestra debe ser representativa de la población que se desea estudiar y reflejar las características de los elementos que la componen. Solamente en este caso se pueden

inferir los resultados de la muestra a la población (Grande y Abascal, 2009). En el cuadro 1, se señalan las ventajas y desventaja de aplicar el muestreo como una herramienta de la investigación.

**Cuadro 1. Ventajas y desventajas del muestreo.**

| Ventajas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Desventajas                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Costos reducidos.</li> <li>2. Mayor rapidez para obtener resultados.</li> <li>3. Mayor exactitud o mejor calidad de la información debido a los siguientes factores: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Volumen de trabajo reducido.</li> <li>- Puede existir mayor supervisión en el trabajo.</li> <li>- Se puede dar mejor entrenamiento al personal.</li> <li>- Menor probabilidad de cometer errores durante el procesamiento de la información.</li> </ul> </li> <li>4. Factibilidad de hacer el estudio cuando la toma de datos implica técnicas destructivas.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. El error de muestreo, producto de la variabilidad intrínseca que poseen los elementos de todo universo o población. El término error no debe entenderse como sinónimo de equivocación.</li> </ol> |

Fuente: Vivanco (2005)

Según Lohr (2000), durante el proceso de muestreo se debe manejar los siguientes conceptos:

- ✓ **Unidad de observación:** objeto sobre el cual se realiza una medición. Ésta es la unidad básica de observación, a veces llamada elemento. En los estudios de

poblaciones humanas, con frecuencia ocurre que las unidades de observación son los individuos.

- ✓ Población objetivo: es la colección completa de observaciones que se desean estudiar.
- ✓ Muestra: es un subconjunto de una población.
- ✓ Población muestreada: es la colección de todas las unidades de observación posibles que podrían extraerse en una muestra; en otras palabras, es la población de donde se extrae la muestra.
- ✓ Unidad de muestreo: contienen las unidades del universo estadístico y se utilizan para seleccionar la muestra. Es la unidad donde se realiza la muestra.
- ✓ Marco de muestreo: es una lista física de unidades de muestreo, utilizada como instrumento para la selección de muestras.

### ■ Requisitos de Una Buena Muestra

Lohr (2000) señala que, para disponer de una muestra perfecta, la misma debe ser una versión a escala de la población, que refleje cada una de las características de toda la población; y debe cumplir las siguientes condiciones:

1. La muestra debe ser representativa, es decir, que sus características sean tan similares como sea posible a las del lote que procede. Se debe obtener un conjunto de unidades de muestra tales que la calidad de la muestra que constituyen no sean ni mejor ni peor que la del lote completo.

2. Debe estar a salvo de presentar un sesgo de selección; este ocurre cuando alguna parte de la población objetivo no está en la población muestreada. Por ejemplo, las muestras por conveniencia son sesgadas, es decir, si seleccionamos las unidades más fáciles de elegir, la muestra no sería representativa de las unidades más difíciles de elegir.
3. Tener repuestas precisas para los puntos de interés y no disponer de sesgos de medición. El sesgo de medición ocurre cuando el instrumento con que se mide tiene una tendencia a diferir del valor verdadero en alguna dirección. Por ejemplo, que una pesa añada de manera errónea 5 kilogramos a cada persona en un estudio de salud.

### ■ Tipos de Muestreo

Para llevar a cabo un muestreo se debe definir cuál es la vía a tomar, la del muestreo no probabilístico o la del muestreo probabilístico y dentro de estos qué clase de muestra es la más conveniente:

1. **Muestreo no probabilístico:** Seijas (2006) señala que, este tipo de muestreo incluye todos los métodos en que las unidades no se seleccionan por procedimientos al azar o con probabilidades conocidas de selección. A veces se les denomina también métodos no aleatorios de muestreo. Este procede de algún modo a ciegas, ya que no es posible calcular el error que puede introducir en sus apreciaciones. El mismo autor indica que, entre los muestreos no probabilísticos se tienen:
  - 1.1. Muestreo intencional u opináticas: cuando la selección de los elementos y la determinación del tamaño de la muestra no se hacen de forma objetiva siguiendo criterios técnicos, sino según el arbitrio, la intuición o la experiencia

del encuestador. Este muestreo se denomina discrecional, intencional, estimativo u opinático, para diferenciarlo del muestreo aleatorio o muestreo estadístico propiamente dicho. Esta forma de proceder en el muestreo es ampliamente utilizada, sin embargo, en las ciencias sociales.

1.2. Muestreo por cuotas: el investigador predetermina la cantidad de elementos de cada categoría que habrá de integrar la muestra y decide cual muestra tomar. El uso de este tipo de muestreo, pese a que carece de base teórica satisfactoria, es bastante generalizado en la investigación de mercado.

1.3. Muestreo sin normas: se seleccionan las muestras circunstancialmente o sin ninguna norma o erráticamente, pudiendo o no representar al universo.

**2. Muestreo probabilístico:** el muestreo probabilístico es cuando se puede determinar de antemano la probabilidad de selección de cada uno de los elementos de la población siendo esta distinta de cero; por lo tanto se debe calcular con antelación la probabilidad de obtener cada una de las muestras posibles. La selección de una de las muestras posibles debe ser un experimento aleatorio o de azar (Seijas, 2006). Según Grande y Abascal (2009), entre los métodos de muestreos probabilísticos se encuentran los siguientes:

2.1. Muestreo aleatorio simple: consiste en que todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos. Se caracteriza por la sencillez de selección de muestras, todos los individuos tienen la misma probabilidad de ser seleccionados, se puede medir y señalar el error o la precisión y requiere una localización previa de todos los elementos de la población. El muestreo aleatorio simple es útil para hacer estimaciones en poblaciones homogéneas.

- 2.2. Muestreo estratificado: considera la existencia de grupos con diferentes comportamientos o características. Se caracteriza por su mayor complejidad en el diseño del muestreo, necesita conocer el peso relativo de cada estrato, tiene mayor precisión en las estimaciones, permite obtener estimaciones en los estratos (con menor precisión que en la población) y el tamaño de la muestra es menor que el necesario en el muestreo aleatorio simple. Este muestreo se emplea cuando las poblaciones son heterogéneas en su composición o comportamiento, pero existen grupos homogéneos definidos por una característica controlable.
- 2.3. Muestreo por conglomerado: es cuando la unidad de muestreo se encuentra compuesta por dos o más elementos de la población, y se denomina conglomerado. En consecuencia, la población ha de estar dividida en grupos sin solapamiento para elegir una muestra de estos y estudiar todos sus componentes. Se caracteriza porque los conglomerados se encuentren formados por grupos heterogéneos con relación a las variables de interés como la población general. Su utilidad radica cuando la selección individual de elementos que componen la muestra es muy costosa. Es frecuente que los conglomerados estén definidos como áreas o zonas de terreno delimitados, de modo que todas las unidades de esta zona pertenezcan al conglomerado; por lo cual a este tipo de muestreo se le denomina también muestreo por áreas.
- 2.4. Muestreo bietápico: es cuando en el muestreo por conglomerados se prosigue en el análisis y dentro de cada conglomerado se vuelven a seleccionar, también de forma aleatoria, nuevos subconglomerados. Se seleccionan, en primer término y de forma aleatoria, los conglomerados o áreas, y en una segunda etapa, las unidades últimas o más elementales del conjunto poblacional, sin necesidad de tener que seleccionar ningún otro tipo de unidad intermedia.

- 2.5. Muestreo polietápico o por agrupamiento: consiste en la generalización del muestreo bietápico utilizando más de dos etapas. En una primera etapa, se seleccionan los conglomerados (unidades primarias). En una segunda, se seleccionan dentro de cada uno de ellos unos nuevos conglomerados (unidades secundarias), de manera que después de múltiples etapas se pueda llegar a la selección de las unidades elementales (o últimas), unidades de conglomerados dentro de conglomerados, incluidos a su vez en otros conglomerados, y así sucesivamente.

El muestreo polietápico es una forma menos eficiente que el muestreo aleatorio simple, pero facilita la elección de los elementos de la muestra aleatoria, especialmente cuando no se dispone de una lista de las unidades de la población.

De igual manera, Malhotra (2004) indica que además de los métodos probabilísticos mencionados anteriormente se tienen:

- 2.6. Muestreo sistemático: la muestra es elegida al seleccionar un punto de inicio al azar y luego eligiendo algún elemento en sucesión del marco de muestreo. El intervalo de muestreo  $i$ , se determina al dividir el tamaño de la población  $N$  entre el tamaño de la población  $n$  y aproximarle al dígito más cercano.

El muestreo sistemático es similar al muestreo aleatorio simple en que cada elemento de la población tiene una probabilidad de selección conocida y equitativa. Sin embargo, es diferente al muestreo aleatorio simple en que solo las muestras permisibles de tamaño  $n$  que pueden determinarse tienen probabilidad cero de ser seleccionadas. Este tiene como ventajas que es menos costoso y más fácil que el muestreo aleatorio simple, porque la selección aleatoria se hace una vez; los números aleatorios no tienen que concordar con

los elementos individuales como en el muestreo aleatorio simple; si algunas listas contienen millones de elementos, se puede ahorrar considerable tiempo y con ello reducir los costos de muestreo; si se dispone información de la población relacionada con la característica de interés, se puede utilizar el muestreo sistemático para obtener una muestra más representativa y confiable (error de muestreo bajo) que en el muestreo aleatorio simple; y por último, este puede utilizarse sin el conocimiento de la composición (elementos) de un marco de muestreo.

- 2.7. Submuestras interpenetrantes: este método consiste en la división aleatoria de una muestra, generalmente también aleatoria, en un cierto número de grupos del mismo número de unidades. Se emplea para medir la concordancia entre los resultados de muestras sucesivas, en la obtención rápida de resultados provisionales y en la comparación de los resultados obtenidos por diferentes agentes o entrevistadores.
- 2.8. Muestreo repetido – Muestras especiales: es utilizado cuando es necesario estudiar una misma variable o característica en dos o más ocasiones sucesivas. Es necesario decidir si conviene: a) mantener los mismos elementos en la muestra, b) sustituirlos parcialmente, esto es, tomar dos muestras con parte común, o c) tomar dos muestras independientes en ambas ocasiones. Estas muestras deben ser de una misma población dinámica a intervalos regulares, para tener idea de su evolución. Entre los métodos especiales se tienen, el muestreo o análisis sucesional, el cual suele emplearse como uno de los tipos de muestreo de aceptación, o inspección por muestreo. Son empleados especialmente en el campo de la industria. En lugar de fijar de antemano el número de unidades que han de constituir la muestra, se van examinando las unidades sucesivas obtenidas, para decidir después de observar cada una de ellas si debe aceptarse un lote, rechazarlo o continuar con el muestreo.

#### IV. ANTECEDENTES

Las organizaciones tienen claro que a través de los procesos se hace llegar el producto al cliente, condicionando su satisfacción y la probabilidad de que en el futuro sigan contando con la organización. Esto se motiva a que, el diseño y desarrollo del producto parte de las expectativas del cliente y su influencia se debe extender hasta la salida del producto terminado, traduciendo sus necesidades en especificaciones internas de las distintas funciones (Cuatrecasas, 2005).

Al incluir dentro de la cultura organizacional la coexistencia controlada de la Mejora Continua, se podría garantizar el camino a la competitividad y al logro de los objetivos. Por lo tanto, Garaicoa (2004), diseñó un sistema para el control estadístico del proceso de producción en una empresa enlatadora de atún ubicada en Ecuador, empleando herramientas estadísticas para elevar la calidad de la empresa y mediante la utilización de un software facilitando el proceso de análisis y almacenamiento de resultados. Así mismo, González (2005), realiza la validación retrospectiva y control estadístico de procesos en una industria farmacéutica ubicada en Chile, trazando las bisectrices para los procesos de fabricación de tres productos farmacéuticos, al examinar la variabilidad de los procesos en el tiempo; apoyándose en herramientas de calidad que faciliten su interpretación y haciendo uso de distintos parámetros estadísticos como la media ( $\mu$ ), desviación estándar ( $\sigma$ ), índices de capacidad ( $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $C_{pm}$ ) y cartas de control.

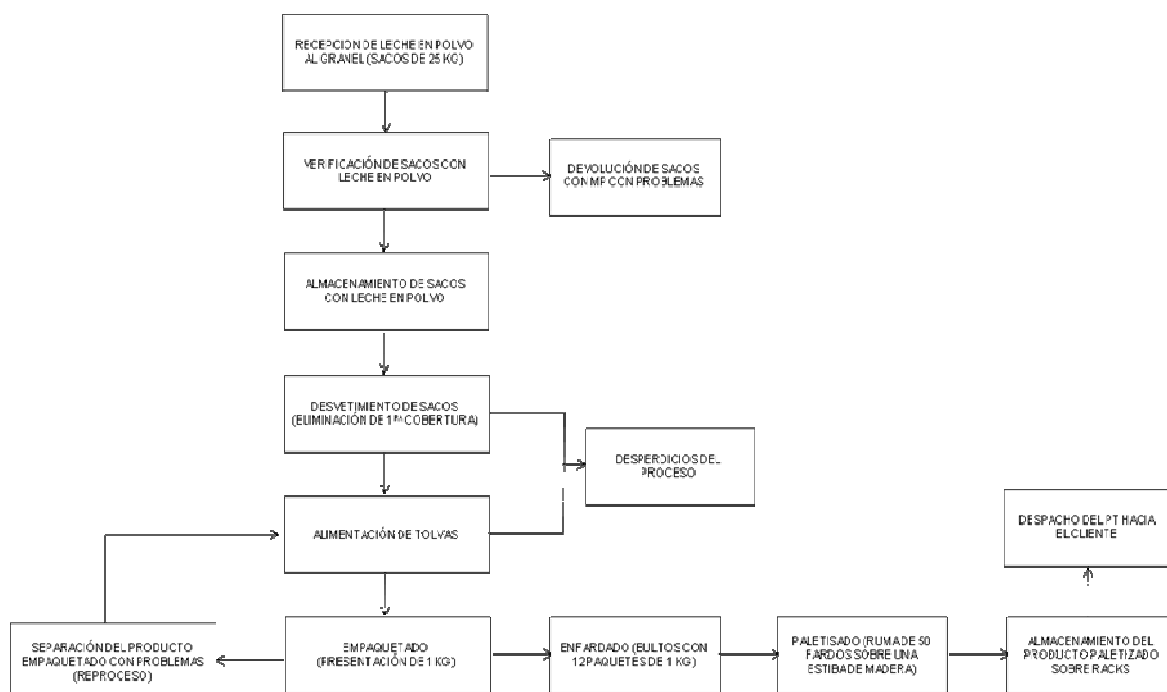
Igualmente, Sacoto y Esquivel (2008), aplicaron un sistema de control estadístico de procesos en las áreas de producción de cemento de una empresa ubicada en Ecuador; utilizando técnicas de control estadístico para la solución de problemas que ocurren diariamente en los procesos industriales, específicamente en el proceso de producción del cemento que contempla una diversidad de operaciones unitarias para su aplicación.

En todos estos estudios se ha contemplado la importancia de analizar las causas de variación en las diferentes etapas de los procesos productivos y el levantamiento de información pertinente que permita la aplicación de técnicas estadísticas. Estos sistemas para el control del proceso encamina a las empresas a lograr la optimización de los mismos, evitando pérdidas de tiempo y económicas, traduciéndose en beneficios rentables.

## METODOLOGIA

### Entorno

El proyecto se llevo a cabo en la empresa “Venezolana de Alimentos la Casa, S. A. (VENALCASA, S.A)”, ubicada en la avenida Sucre de Catia, Caracas, Venezuela; específicamente en la “Planta Empaquetadora de Leche Catia”; en donde su proceso productivo se encuentra compuesto por cuatro líneas que disponen una máquina empaquetadora de doble boca y una máquina enfardadora, con una capacidad operativa total de 44 TM/día (22 TM/Turno). El área de estudio fue la línea 1 del proceso productivo de empaquetado la cual cuenta con una capacidad operativa de 46 paquetes/minuto. En la figura 4, se puede visualizar el esquema tecnológico del proceso.



**Figura 4. Esquema tecnológico del proceso de empaquetado de leche en polvo.**

Fuente: VENALCASA S.A. (2011)

## **Diseño**

Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo, se realizó una serie de actividades, las cuales se describen a continuación:

### **1. Evaluación de la disconformidad del peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1 del proceso productivo.**

Para efectos de este trabajo de investigación se justificó la necesidad de disminuir la variación de la característica en estudio por los costes asociados tanto para la empresa como para el cliente. La característica de estudio se encuentra definida por el peso neto del producto empaquetado en presentación de 1 Kg correspondiente a la línea de producción 1, y se denominó como característica de control del producto (CCP).

Por lo tanto, para estimar las discrepancias presentes en la CCP con respecto a las especificaciones establecidas por la empresa y el cliente, se diseñó al final del proceso operativo un plan de muestreo para evaluar el producto terminado de la línea de producción 1 y obtener criterios de decisión.

De acuerdo a los métodos de muestreo probabilístico descritos por Vivanco (2005), la técnica de muestreo ideal para alcanzar este objetivo fue el muestreo por conglomerado en una etapa; motivado a que, la forma en cómo se dispone el producto terminado es en fardos compuestos con los empaques de leche en polvo de presentación 1 Kg. En este proceso de muestreo los conglomerados son la unidad de muestreo y la inferencia de los mismos permitió que no sea necesaria la observación directa de todos los elementos que componen la población, teniendo en cuenta:

- ✓ Población objetivo: lote de producto terminado, compuesto por los empaques de leche en polvo de presentación 1 Kg de la línea productiva 1 y organizados en

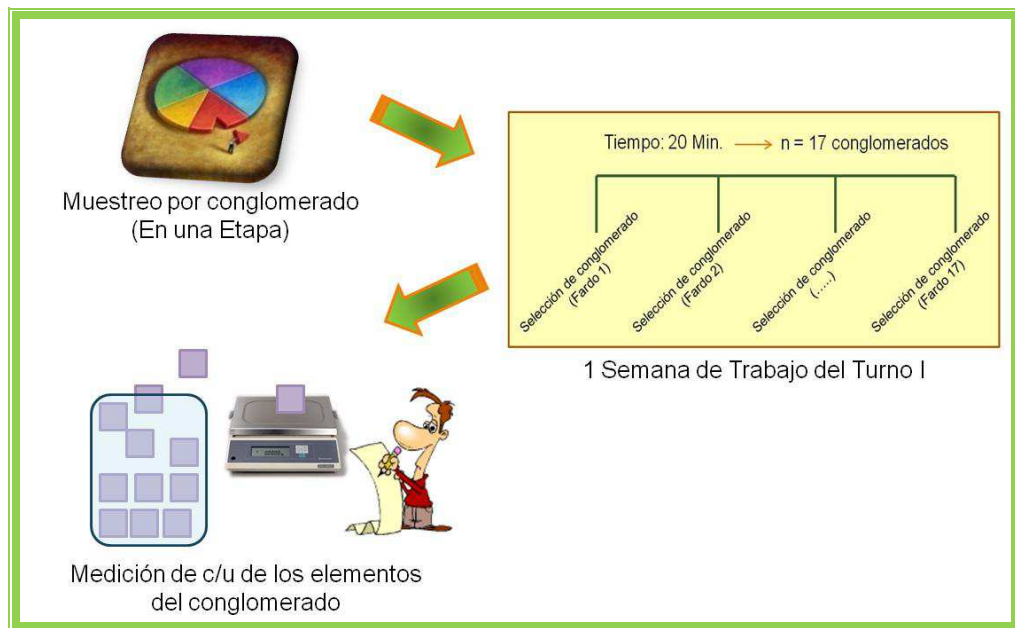
fardos, correspondiente a una semana de producción del turno 1 en VENALCASA S.A.

- ✓ Marco de muestreo: formato de registro del número de fardos (1 fardo = 12 paquetes de leche en polvo en presentación de 1 Kg), para un lote de producción (equivalente a una semana de producción).
- ✓ Unidad de muestreo: los fardos compuestos con los empaques de leche en polvo de presentación 1 Kg.
- ✓ Unidad de observación: los paquetes de leche en polvo en presentación de 1 Kg de los fardos seleccionados.
- ✓ Variable estadística: peso en Kg de cada empaque de leche en polvo que conforma el fardo.
- ✓ Tiempo de almacenamiento: el producto permanece alojado por un tiempo no mayor a tres días.

Para aplicar el muestreo por conglomerado en una etapa se requiere conocer el número de conglomerados necesarios para conseguir la cantidad específica de información concerniente a un parámetro poblacional, por lo que para efectos de este trabajo se realizó una selección sistemática cada 20 minutos, basado en lo que indica Vilar y Delgado (2005).

Por último, se midió el peso neto de cada empaque de leche en polvo de presentación 1 Kg, como elementos que conforman los conglomerados (fardos) seleccionados para la muestra, haciendo uso de una balanza analítica verificada y calibrada, para evitar la presencia de sesgo (figura 5). Posteriormente, se consideró analizar e identificar los

factores causales que afectan la variabilidad de la CCP (actividad # 2), con el fin de corregirlos, tal como lo indican Septién y Hernández (2002).



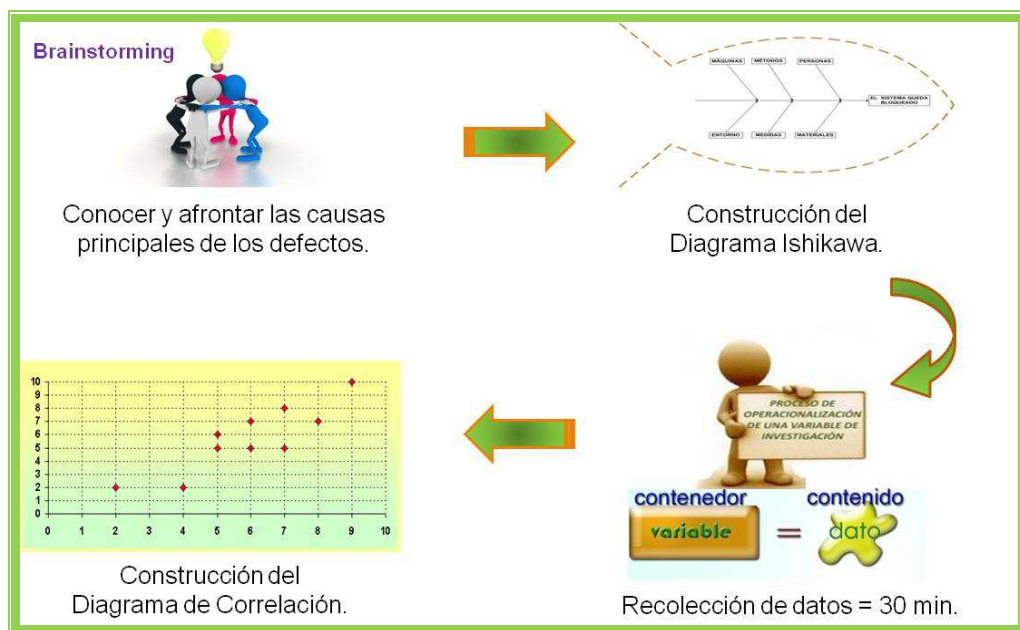
**Figura 5. Esquema de la inspección por muestreo.**

## **2. Determinación de las causas probables de la variación del peso neto en el producto empacado en presentación de 1 Kg, por la línea de producción 1.**

Una vez comprobada la presencia de desviaciones de la CCP, se determinó la relación de las causas probables que influyen en las mismas con respecto a los factores del proceso; para ello se efectuó previamente la descripción de las etapas del proceso de empaquetado de la leche en polvo en presentación de 1Kg, específicamente en la línea de producción 1, tomando como base el esquema tecnológico establecido por la empresa en sus manuales (figura 4) y construyendo el diagrama de flujo de operación de dicho proceso. Seguidamente, se aplicaron herramientas estadísticas, permitiendo que el control se ejecute sobre los factores del proceso y no sobre la característica del producto (Vilar y Delgado, 2005); las mismas consistieron en:

## 2.1. Diagrama de Ishikawa y Diagrama de correlación

Para visualizar la relación entre la CCP y los factores/niveles (parámetros de control) del proceso de empaquetado se diagnosticó el proceso por medio de la construcción del diagrama de Ishikawa, completándose con la técnica de la lluvia de ideas (Brainstorming) para conocer y afrontar las causas principales de los defectos (variación del CCP). La explicación de la relación causa – efecto se demostró con la Prueba de Correlación de Pearson; para ello, se llevó a cabo la operacionalización de las variables, con el fin de monitorearlas durante el proceso y recolectar los datos cada 30 minutos (figura 6). Los datos fueron graficados en el software estadístico Statgraphics Centurión 16.1.15 e interpretados para establecer procedimientos normalizados, reducir costes, obtener mejoras del proceso y ofrecer calidad de servicio (Stefanko y Peloquin, 2009).



**Figura 6. Esquema del análisis de la relación entre la CCP y los factores del proceso.**

## 2.2. Gráfico de control para la valoración de las variables del proceso y de los factores que lo afectan

Según Vilar y Delgado (2005), la cuantificación de la variación de la CCP o del factor del proceso asociado, de acuerdo al diagrama de correlación, se efectuó a partir de la utilización de un gráfico de control por variable; construido con los datos que deberán proporcionarse al establecer el tamaño y la frecuencia muestral, es decir el número de observaciones necesarias para representar cada punto del gráfico de control y los intervalos de tiempo en los que se van a recoger dichas observaciones. Tanto el tamaño como la frecuencia muestral fueron seleccionadas de acuerdo a la particularidad del gráfico, de la siguiente manera:

### a) Tamaño de la muestra:

Obtuvo un tamaño mayor ya que es la primera evaluación de la variación del proceso. En estudios futuros, la empresa puede seleccionar muestras de menor tamaño, siempre y cuando el proceso sea conocido y se encuentre correcto y repetitivo. La misma permitió definir la función del gráfico a utilizar:

$$\begin{aligned} n < 10 & \text{ en gráficos } (\bar{X}, R) \\ n > 10 & \text{ en gráficos } (\bar{X}, S) \end{aligned}$$

### b) Frecuencia muestral:

Se empleo un programa de seguimiento durante el proceso, por 5 días laborales continuos, para el control y mejora del proceso enfocado en la línea de producción 1. Para establecer el intervalo idóneo, se realizó la toma de muestra (paquetes de 1 Kg) en periodos que por experiencia existe la posibilidad de actuación de una causa especial (parada y arranque de máquinas, relevo de operarios, cambio de

materia prima, etc.). En general, la recolección de muestras debe ser cada 30 minutos (Maldonado, 2003).

Dichos datos se introdujeron en el software estadístico Statgraphics Centurión 16.1.15 (XV), el cual admitió la construcción del gráfico y la consideración de los límites de control que marcan la tolerancia natural del proceso, para conocer dónde y cuándo han sucedido los cambios o causas especiales (denominadas también como causas asignables) de variación; con el fin de tomar acciones correctoras que permitan eliminar la causa que ha originado la condición de fuera de control, como lo señalan Asilahijani *et al.* (2010).

### **3. Presentación de un plan de acciones correctivas que permitan disminuir las desviaciones en el peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1.**

Para la eliminación de todas las condiciones del sistema de empaquetado que contribuyen a la aparición de las causas asignables, se planteó un plan de acción para controlar los parámetros que se encuentren fuera de control. Estos parámetros fueron los valores que proporcionan el valor objetivo de la CCP y/o una disminución de la variación del proceso.

La acción correctora se basó en la creación e implementación de una hoja de registro de todas las observaciones de cambio en el entorno del proceso causadas por los factores que originaban la variabilidad en la CCP, de acuerdo a los resultados obtenidos en el objetivo 2 de este estudio. Una vez determinados los ajustes pertinentes, se realizó una nueva recogida de datos, siguiendo la metodología descrita en la actividad # 2.2, para comprobar la efectividad de los mismos al alcanzar que el proceso se encontrase en estado de control.

Cuando se consiguió que la CCP se encontrara en estado de control estadístico, se dedujo la capacidad del proceso para garantizar la aptitud de generar un producto que cumpla con las especificaciones. El análisis de la capacidad del proceso, comparando la variación natural del proceso y la variación permitida por las especificaciones del producto, se obtuvo mediante la elaboración del histograma de frecuencias tomando muestras del proceso cada 20 minutos durante 5 jornadas laborales (una semana), por no ser posible disponer de todos los datos del universo por razones de incremento en los costos, y utilizando el software estadístico Statgraphics Centurión 16.1.15 (XV) para su diseño (Novoa y Artiles, 2009). Por consiguiente, la capacidad del proceso se estimó por la ecuación:

$$\bar{x} \pm 3S$$

Por otro lado, el uso del histograma para estimar la capacidad del proceso admitió proporcionar una impresión visual del desempeño del proceso.

Logrado que la CCP se encuentre en estado de control y sea capaz el proceso de cumplir con los requerimientos, se verificó al final del proceso productivo 1 la inexistencia de posibles variaciones en la CCP basándose en el concepto de mejora continua (Maldonado, 2003). Esto se logró elaborando un plan de inspección basado en el método de muestreo por conglomerado en una etapa diseñado en el primer punto de esta investigación, considerando el tamaño de la muestra  $n$  con la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N^2 (t_{n-1, \alpha/2})^2 \sigma_c^2}{d^2 + N (t_{n-1, \alpha/2})^2 \sigma_c^2}$$

Donde,

$N$  = total de conglomerados.

$n$  = número de conglomerados seleccionados.

$\sigma_c^2$  = desviación estándar de conglomerado.

$t_{n-1, \alpha/2}$  = valor tabulado de la distribución t-studen.

$d$  = error asociado a la estimación, llamado precisión.

**Cuadro 2. Resumen de las actividades planteadas.**

| Objetivo | Qué hacer?                                                                                                                                            | Como hacerlo?                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tiempo                                                                                                                                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Evaluación de la disconformidad del peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1 del proceso productivo.                                    | Diseño del método de muestreo por conglomerado en una etapa; para posteriormente seleccionar una muestra representativa que permitió dar a conocer si las observaciones presentan desviaciones con respecto a las especificaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Semana 1<br>(Recolección de muestras para el método de muestreo)                                                                                                                   |
| 2        | Determinación de las causas probables de la variación del peso neto en el producto empacado en presentación de 1 Kg, por la línea de producción 1.    | Primeramente, se describió las etapas del proceso de empaquetado de la leche en polvo en presentación de 1Kg, específicamente en la línea de producción 1 y se construyó el diagrama de flujo de operación de dicho proceso. Luego, se aplicaron las herramientas estadísticas, específicamente el diagrama Ishikawa, el diagrama de correlación y el gráfico de control para conocer los factores causantes de la variabilidad de la CCP.                                                                                                                         | Semana 2<br>(Recolección de datos para el diagrama Ishikawa y del diagrama de control)                                                                                             |
| 3        | Presentación de un plan de acciones correctivas que permitan disminuir las desviaciones en el peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1. | Se registró las observaciones de cambio en el entorno del proceso causadas por los factores que originaban la variabilidad en la CCP, obtenidos en el objetivo 2 de este estudio. Luego, se realizaron los ajustes pertinentes y se comprobó la efectividad de los mismos al alcanzar que el proceso se encontrase en estado de control. Posteriormente, se dedujo la capacidad del proceso y se verificó al final del proceso la inexistencia de posibles variaciones en la CCP elaborando un plan de inspección basado en el primer punto de esta investigación. | Semana 3<br>(Recolección de datos para el diagrama de control una vez ajustado y la capacidad del proceso)<br><br>Semana 4<br>(Recolección de muestras para el plan de inspección) |

## RESULTADOS Y DISCUSION

### **1. Evaluación de la disconformidad del peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1 del proceso productivo.**

En vista de que, la selección de una muestra aleatoria simple ocasionaría costos excesivamente altos, por disponer de una población grande, la aplicación del muestreo por conglomerados en una etapa permitió seleccionar como conglomerados los fardos que contienen el producto terminado de tamaño homogéneo, durante la primera semana del desarrollo de este trabajo, y la medición de todos los elementos incluidos dentro de los conglomerados (Lohr, 2000). Durante la selección de muestras de forma sistemáticas (cada 20 min. postproceso y 5 jornadas laborales) se obtuvo un tamaño de muestra  $n = 17$  conglomerados del lote, las cuales se sometieron a inspección para la determinación del destino del mismo en función de la información procedente de la muestra; considerando que las especificaciones establecidas por el cliente se encuentran entre 0,99 – 1,01 ( $\pm 10$  gr) y un máximo de 3 conglomerados defectuosas en la muestra, para que el lote sea aceptable por el mismo.

Los resultados de dicha inspección, indicaron que con un 95% de confianza el contenido neto de producto terminado dentro de la población se ubica entre 1,02 Kg y 1,16 Kg; con un contenido neto promedio de leche en polvo en los paquetes producidos de 1,09 Kg; una desviación de 0,11 Kg; y, de 17 conglomerados que conformaban la muestra, 15 se encontraban fuera de las especificaciones establecidas.

Por otro lado, en cuanto a la inspección de aceptación de la CCP se puede clasificar como defectuoso al contabilizar el número de elementos de cada conglomerado que se encuentran por encima de los requisitos establecido por el cliente (sobrepeso). En teoría, el lote no se rechaza ya que la CCP no causa ningún daño en salubridad pública o penalización legal por la legislación metrológica, pero ocasiona pérdidas de

dinero por regalía innecesaria que merma la competitividad de la organización y del cliente (8,60 % del producto/turno de trabajo  $\approx$  19.180,00 Bs/mes); ya que persiste, de igual manera, la insatisfacción del cliente por ser propietario de la materia prima, acarreándole incremento de costos e ineficiencia del recurso considerando que dicho producto debe salir al mercado a precio regulado o subsidiado por lo que su margen de ganancia se hace despreciable. La inspección por muestreo no garantiza la calidad, de allí la importancia de utilizar herramientas como el control estadístico de proceso (Maldonado, 2003).

## **2. Determinación de las causas probables de la variación del peso neto en el producto empacado en presentación de 1 Kg, por la línea de producción 1.**

En la figura 7, se presenta en forma de diagrama de flujo las etapas del proceso de empaquetado de leche en polvo. Así mismo, a continuación se describen cada una de las etapas del mismo:

- ✓ **Recepción de la materia prima.** Consistente de leche en polvo de origen Bielorrusa, Nueva Zelanda, Argentina, Honduras o Brasileira; la cual debe ser inspeccionada por parte del personal especializado para garantizar que cumpla con los requisitos físicos descritos en la norma COVENIN: 1481:2001. La misma se recibe en sacos de 25 Kg de doble cobertura, primeramente un saco de papel y en el interior un saco de polietileno.
- ✓ **Almacenamiento.** La materia prima aceptada en base a sus propiedades físicas, es almacenada en un galpón a temperatura ambiente. Estos se organizan en el almacén haciendo una distribución de cada 30 sacos sobre una estiba de madera y resguardadas sobre los rack, o formando arrume de todos los sacos (en forma de muro), de acuerdo al volumen de producto a almacenar.

- ✓ **Ensacado o desvestido.** Antes de dar inicio al proceso de empaquetado, los sacos de materia prima son desprovistos de la cobertura de papel y se pasa hacia el área de alimentación con la cobertura plástica sellada para mantener la asepsia del producto.
- ✓ **Alimentación de tolva.** El saco se vuelca sobre las tolvas, previamente abierta la cobertura plástica con una cuchilla estéril. En esta etapa se debe verificar que las tolvas se encuentren en condiciones asépticas para contener el producto.
- ✓ **Empaquetado.** El producto pasa de la tolva de alimentación hacia la máquina empaquetadora para que sea dosificado el empaque con apoyo de un tornillo sin fin y sellado mediante mordaza vertical y transversal radial a calor constante controlada por un sistema de termorreguladores auto parametral. Posteriormente, se corta por medio de una cuchilla de acero, puesta en la misma mordaza sellante. Al final de este proceso, es necesario verificar que el sellado, codificación y peso neto del producto se encuentre dentro de las especificaciones y crear registros de los datos obtenidos.
- ✓ **Enfardado.** Los paquetes pasan hacia la máquina enfardadora con ayuda de una banda transportadora. En esta etapa se forman bultos o fardos de 12 paquetes de leche en polvo. El sellado de los fardos se obtienen mediante mordaza vertical y transversal radial a calor constante controlada por un sistema de termorreguladores auto parametral y el corte es por medio de una cuchilla de acero, puesta en la misma mordaza sellante. Al final de este proceso, es necesario verificar que el sellado y peso para garantizar que cumplan con las especificaciones. También, se toman fardos de muestra para evaluar las características físicas microbiológicas en las que se encuentra el producto posteriormente al proceso.

- ✓ **Paletizado.** Proceso de organización de 50 fardos de producto terminado sobre estibas o paletas de madera. Luego, el paletizado se envuelve verticalmente, con papel poliestrech, a través de una máquina de mesa giratoria.
- ✓ **Almacenamiento.** Las paletas con producto terminado se encuentran almacenadas sobre rack, en un galpón específico a temperatura ambiente, hasta el momento de su despacho. El tiempo máximo de permanencia del producto terminado en el almacén es de dos días y el traslado es sobre las mismas paletas.

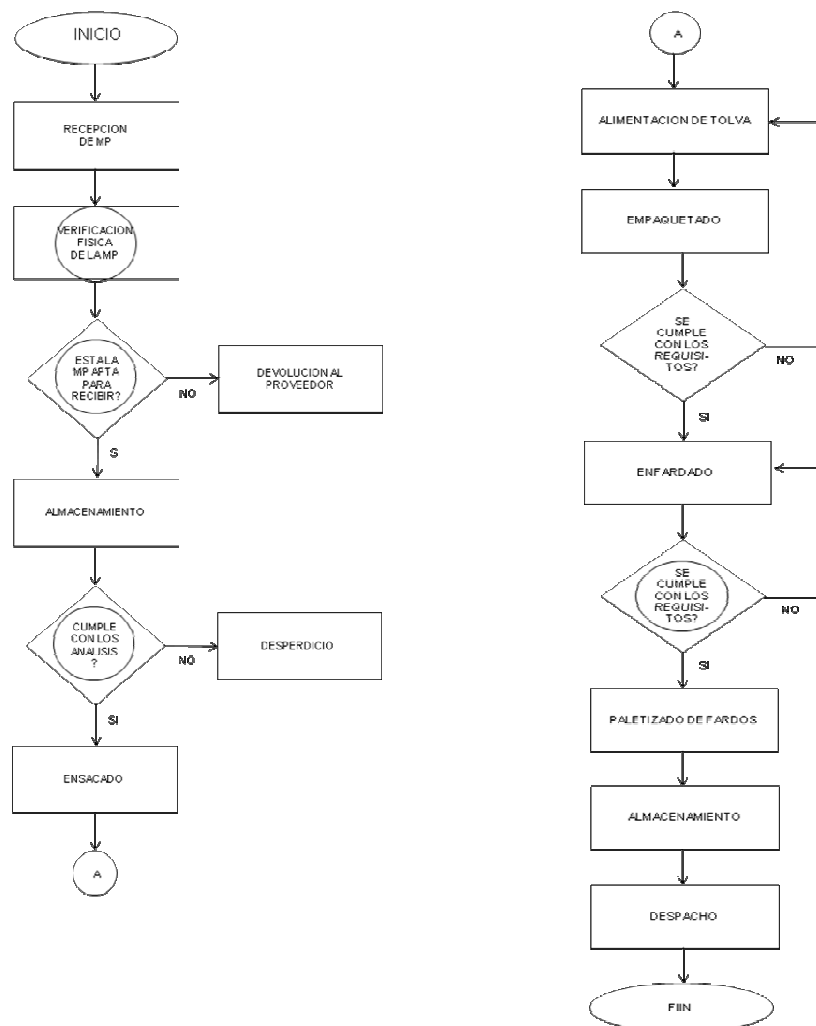
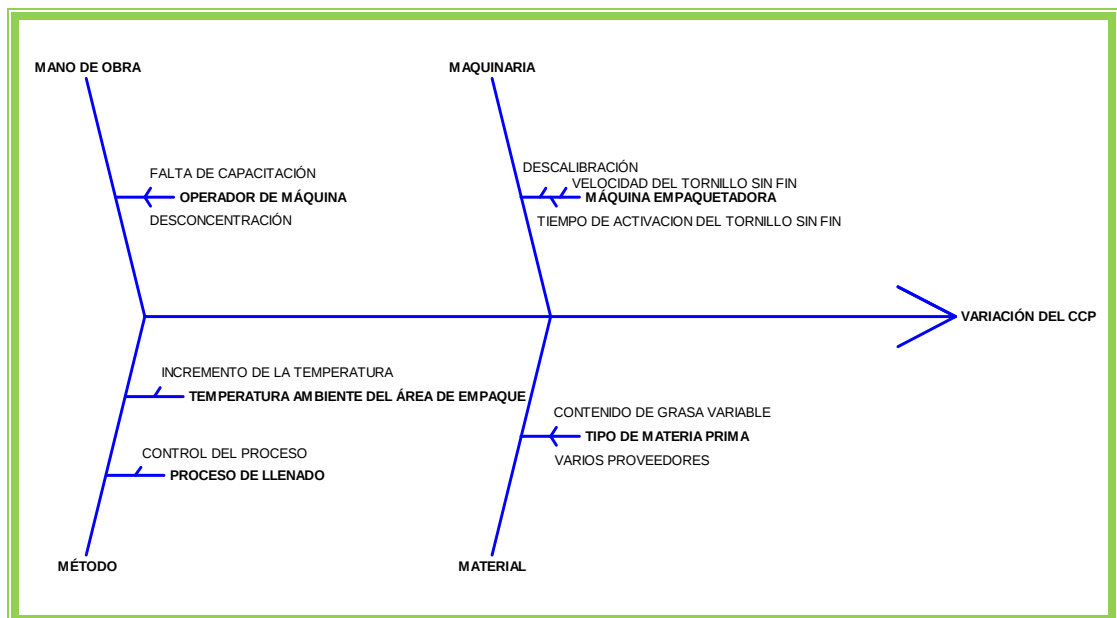


Figura 7. Diagrama del proceso de empaquetado de leche en polvo.

En el proceso de de empaquetado de la leche en polvo, visualizado en las figura 7, cada etapa del proceso aumenta el valor agregado del producto a niveles de satisfacción del cliente, pero la actividad de recepción de la materia prima, la alimentación de tolva y el empaquetado juegan una relación causa efecto en el contenido neto del producto (Camison *et al.*, 2007).

## 2.1. Diagrama de Ishikawa y Diagrama de correlación

Los factores contribuyentes que pueden ocasionar un efecto en la CCP, de acuerdo al resultado de la observación minuciosa del proceso y una sesión de tormenta de ideas junto con los operadores de máquina y supervisores, son expresados en un diagrama Ishikawa; también denominado diagrama causa – efecto o diagrama de espina. En la figura 8, se aprecia la clasificación de las causas encontradas utilizando la categoría de “las cuatro M” definidas por Ishikawa: mano de obra, maquinaria, materiales y métodos (Camison *et al.*, 2007).



**Figura 8. Diagrama de Ishikawa para la “Variación de la CCP”.**

Para poder determinar tendencias, controlar el proceso o tomar acciones pertinentes en función al diagrama Ishikawa, se evaluó la asociación lineal para cada causa que constituyó las variaciones en la CCP, con el fin de poner de manifiesto que tan fuerte es su relación lineal estadísticamente.

Los análisis de correlación se consiguieron definiendo las causas de variación y, dentro de lo posible, midiéndolas al momento de la recolección de muestras, de forma sistemática (cada 30 min. por 5 jornadas laborales), durante el proceso para la elaboración del grafico de control descrito en el punto 2.3 (Cuatrecasas, 2005), en la semana 2 del estudio. Una vez recopilada toda la información, se ejecutó un análisis o valoración de la información obtenida y se graficó el comportamiento existente entre las variables, haciendo uso del programa de gestión y análisis de valores estadísticos Statgraphics Centurión 16.1.15 (XV). Los resultados emanados son como sigue:

#### **2.1.1. Mano de Obra**

##### **Operador de máquina**

- Desconcentración: durante el proceso el operador de máquina realiza a la vez varias tareas, tales como: barrido del producto esparcido, ruptura de los empaques con defectos para reproceso, traslado del producto para reproceso hacia el área de tolva, verificación del peso neto del producto empaquetado; por lo que en ocasiones cuando ejecuta una tarea descuida otra. Este operador debe contar con un ayudante de máquina, pero con frecuencia no lo dispone motivado a escases de personal.
- Falta de capacitación: la mayoría de los operadores son relativamente nuevos e inexpertos en la materia, por lo que requiere de una capacitación más completa para optimizar la operatividad de la máquina en aquellas situaciones que

contribuyen negativamente en el proceso. Por ejemplo, ajuste de la velocidad del tornillo sin fin ubicado en la tolvilla dosificadora.

### **2.1.2. Maquinaria**

#### **Máquina empaquetadora**

- Descalibración: la máquina puede presentar descalibración en el lector de las fotoceldas presente en el material de empaque (papel trilaminado), las cuales indican a la empaquetadora en donde ejecutar el corte y sellado. Si la máquina empaquetadora realiza el corte y sellado centímetros antes de las fotoceldas, se disminuye la capacidad del envase ocasionando que rebose el producto del mismo. Para evitar esta causa la empresa dispone de un plan de mantenimientos preventivos en toda la línea del proceso. Este factor se estudió midiendo el tamaño en cm del empaque del producto (A) y determinando la reciprocidad que presenta con la CCP (B).
- ✓ Velocidad del tornillo sin fin: corresponde a los r.p.m., dependiendo del contenido de grasa de la materia prima se va a requerir que la velocidad del tornillo sin fin en el dosificador incremente o disminuya, para permitir el empuje del kilogramo de leche exacto al empaque evitando que se adhiera a las paredes de la tolvilla de dosificación.
- Tiempo de activación del tornillo sin fin: concierne a los microsegundos que debe permanecer activo el tornillo sin fin en la tolvilla dosificadora para que se obtenga un kilogramo de la materia prima en el empaque, esto dependerá del contenido de grasa de la materia prima.

### **2.1.3. Método**

#### **Proceso de llenado**

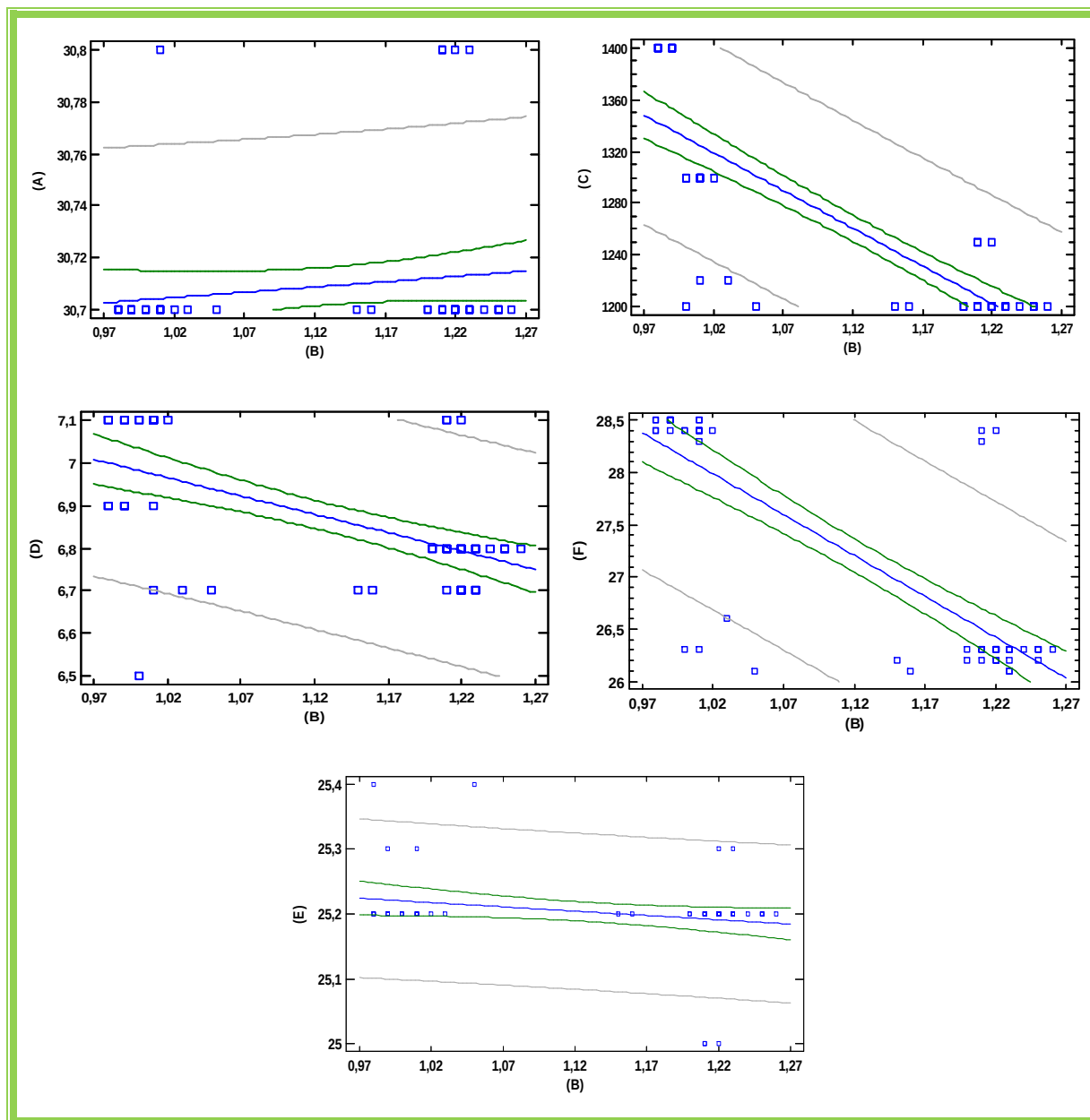
- ✓ Control del proceso: para controlar el proceso pesan cada 10 minutos un empaque con producto tomando como referencia que el mismo no se encuentre por debajo del peso mínimo permisible; y no se considera el límite máximo acordado por el cliente, como dueño de la materia prima. No presentan control alguno a nivel del proceso; por lo que en ningún momento realizan cartas del control y el muestreo no se basa en algún criterio estadístico propio del proceso. Además, de no contar con personal calificado para las inspecciones de calidad o de los procesos.

#### **Temperatura ambiente del área de empaque**

- ✓ Incremento de la temperatura: cuando la temperatura ambiente en el área de empaquetado puede incrementar hasta aproximadamente 40 °C, lo que causa que la materia prima se adhiera a las paredes de la tolvilla o boca dosificadora y la dosis establecida del producto se encuentre por debajo. Esto ocurre principalmente cuando el aire que acondiciona el ambiente presenta deficiencia.

### **2.1.4. Material**

- ✓ Tipo de materia prima: dependiendo del proveedor la materia prima varía en su contenido graso; a mayor contenido graso se incrementa la densidad de la misma haciendo que la dosificación de un kilogramo en el empaque no sea posible, ya que el tamaño del empaque es estándar y viene dado por las fotoceldas impresas en el mismo, obteniéndose pérdida de producto y un peso neto por debajo del kilogramo.



**Figura 9. Diagramas de correlación entre los factores causantes de variación (tamaño del empaque en cm (A), velocidad del tornillo sin fin (C), tiempo de activación del tornillo sin fin (D), temperatura ambiente del área de empaquetado (E), contenido graso del producto (F)) y la CCP en Kg (B).**

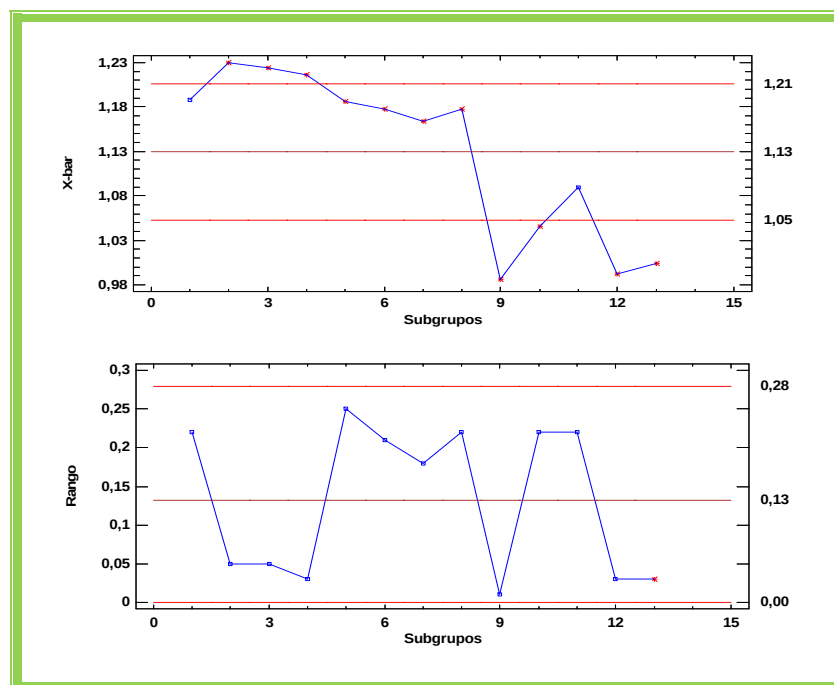
Los resultados arrojados en la figura 9, indican con un 95% de confianza que:

- ✓ El factor mano de obra y el factor proceso de llenado, descrito en el diagrama Ishikawa, no fueron posibles de operacionalizarse y correlacionarse directamente con la CCP; por lo que no se determinó su relación estadística con respecto a la variabilidad del CCP.
- ✓ Se halla una relación relativamente débil entre las variables A y B, es decir entre el tamaño del empaque y la CCP, respectivamente; por lo que con un coeficiente de correlación igual 0,15, no hay una relación lineal estadísticamente significativa ( $P = 0,2245$ ).
- ✓ Se presenta una relación lineal estadísticamente significativa entre las variables C y B, es decir la velocidad del tornillo sin fin y la CCP, respectivamente, ya que el coeficiente de correlación fue igual a -0,84 ( $P = 0,0000$ ). Conviniendo realizar ajustes de esta velocidad entre los 1200 – 1400 r.p.m., dependiendo del contenido graso de producto, con el propósito de obtener la dosificación correcta en el empaque.
- ✓ El coeficiente de correlación entre D y B, es decir el tiempo de activación del tornillo sin fin y la CCP, respectivamente, fue de -0,58, indicando una relación lineal estadísticamente significativa ( $P = 0,0000$ ) entre las variables. Por lo que, a mayor contenido graso del producto se hace necesario incrementar el tiempo de activación del tornillo sin fin para que efectué una dosificación dentro de las especificaciones, lo cual oscila entre 6,50  $\mu$ s – 7,30  $\mu$ s.
- ✓ No existe una relación lineal estadísticamente significativa ( $P = 0,0553$ ) entre las variables E y B, es decir la temperatura ambiente del área de empaquetado y la CCP, respectivamente, ya que su coeficiente de correlación fue igual a -0,24.

- ✓ El contenido graso del producto y el CCP (F-B, respectivamente) obtuvo un coeficiente de correlación igual a -0,80, indicando la existencia de una relación estadísticamente significativa ( $P = 0,0000$ ) entre estas variables. Motivado a la naturaleza de la materia prima, a mayor contenido graso del producto se incrementa la variación de la CCP, siendo necesario controlar minuciosamente los otros factores que permiten mitigar este problema.

En general, el análisis de correlación por la Prueba de Pearson determinó que se deben desarrollar acciones dirigidas al control de los factores maquinaria, específicamente la velocidad del tornillo sin fin y el tiempo de activación del mismo, y la materia prima utilizada para el proceso.

## 2.2. Gráfico de control para la valoración de las variables del proceso y de los factores que lo afectan.



**Figura 10. Gráfico de Control  $\bar{X}$  y R para la CCP**

La aplicación del gráfico de control como herramienta de calidad para conocer el funcionamiento del proceso, para su posterior control, llevo a la obtención de un gráfico de control por variables  $(\bar{X}, R)$ , puesto que al presentar gráficamente la variación producida en el proceso en un tiempo determinado (una semana), se estimo a partir de la toma de 13 muestras, cada una de tamaño  $n = 5$  ( $n < 10$ ), de acuerdo a Montgomery (2007). Bajo el supuesto de que los datos provienen de una distribución normal, se obtuvo a partir de una media igual a 1,13 Kg y una desviación estándar igual a 0,06 Kg, de 13 puntos no excluidos, 7 se encuentran fuera de los límites de control en el gráfico de medias, mientras que no existieron puntos fuera de límites en la grafica de rangos (recorrido muestral), tal como lo muestra la figura 10. Por lo que, puede considerarse que el proceso está fuera de control con un nivel de confianza del 95%, como lo indican Verdoy *et al.* (2006).

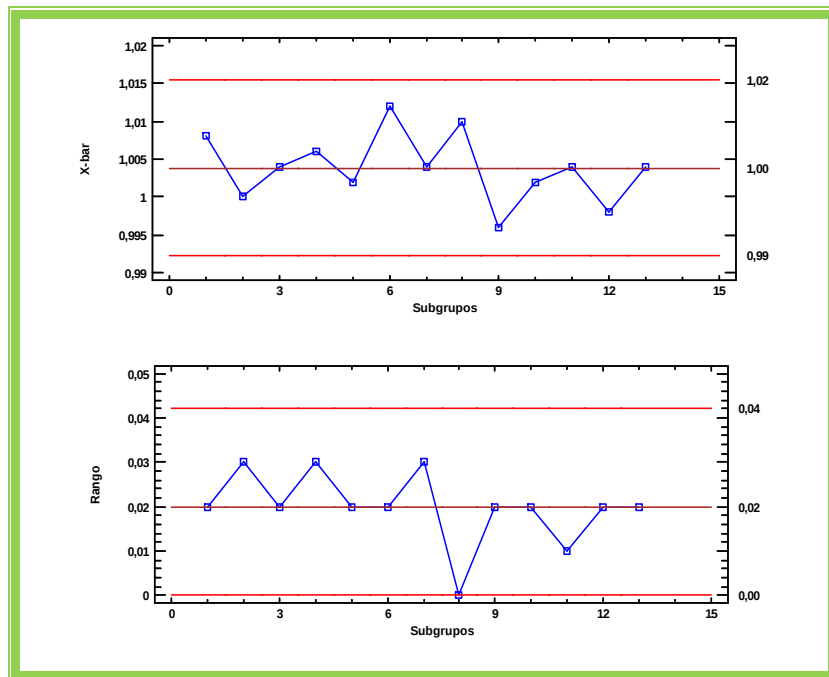
### **3. Presentación de un plan de acciones correctivas que permitan disminuir las desviaciones en el peso neto del producto envasado en 1 Kg por la línea 1.**

Como plan de acción para controlar y/o corregir las variaciones presentes en el proceso, en la semana 3 de este trabajo, se diseñó una hoja de registro de todos los factores que originaban las variables no fortuitas (Anexo I). Posteriormente, se procedió a realizar los ajustes de las r.p.m. del tornillo sin fin y los  $\mu$ s de activación del tornillo sin fin, con respecto al contenido graso indicado en el certificado de calidad de la materia prima.

Realizados los ajustes pertinentes, se hizo una recolección de muestras durante el proceso, de forma sistemática cada 30 minutos por 5 días laborales, para confirmar su efectividad mediante la construcción de una carta de control, de acuerdo a la metodología empleada en la actividad # 2.2., y así representar la presencia de algún patrón o tendencias no aleatorias y posibles puntos fuera de control, bajo el supuesto

de que los datos provienen de una distribución normal, según señalan Pérez y Santín (2007).

En la figura 11 se obtuvo que, la estimación de los datos reflejaron una valor de la media igual a 1,00 Kg y la desviación estándar igual a 0,01 Kg. Así mismo, el proceso está bajo control estadístico en ambas gráfica; ya que de 13 puntos ninguno se encuentra fuera de los límites de control con un nivel de confianza del 95% (Septién y Hernández, 2002).

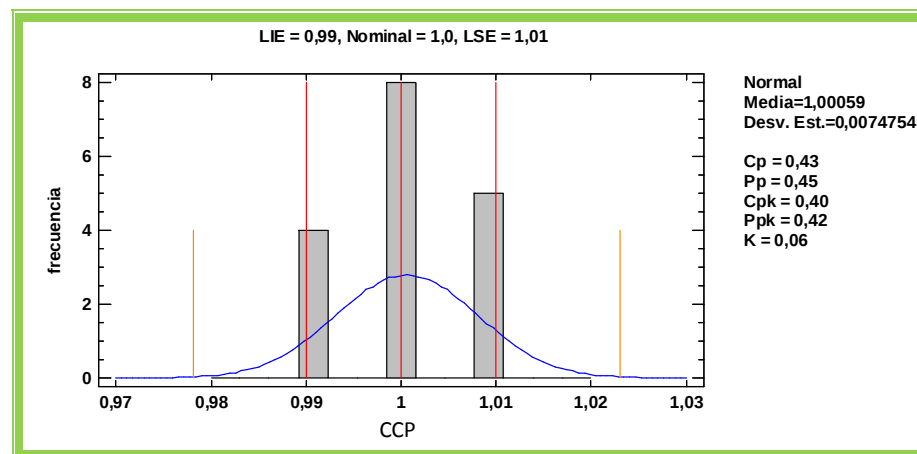


**Figura 11. Grafico de Control  $\bar{X}$  y R para la CCP ajustada.**

Al considerar el proceso como estable se procedió a determinar la capacidad del proceso de la línea de producción 1, alcanzando a conocer su idoneidad para realizar el trabajo reproduciendo el proceso en forma constante. Para tal fin, se tomaron muestras cada 20 minutos por 5 días laborales. Al graficar el histograma de frecuencia, se consiguió que a pesar de que la media de cada muestra estaba dentro de

los límites, existe un 18,23% de valores que se encuentran fuera de los límites establecidos. Por lo tanto, como el  $C_p$  es igual a 0,43 ( $C_p < 1$ ) y  $C_{pk}$  igual a 0,40 ( $C_{pk} < 1$ ), el proceso no es capaz de mantenerse dentro de los límites de la CCP (figura 12).

Esta incapacidad del proceso pudiese presentarse por el incremento de la variación al paso del tiempo, motivado a la antigüedad de la máquina empaquetadora, ya que solo se ha repotenciado para no generar altos costos en su reemplazo. Por tal razón, la empresa debe plantearse el cumplir con las exigencias del cliente manteniendo un ajuste minucioso de los factores causante de la variación de la CCP, mediante decisiones administrativas que generen la modificación del proceso, tales como: el cambio de métodos de trabajo, el uso de mejores materiales, el empleo de equipo que produzca trabajos más precisos, reentrenando al personal, etc; o en su defecto, soportar la incapacidad y los desperdicios resultantes de los reprocesos (Verdoy *et al.*, 2006).



**Figura 12. Capacidad del proceso para la CCP.**

Otras acción tomada, fue la de mantener rutinariamente el procedimiento de muestreo postproceso. Así que, partiendo del método de muestreo de la actividad # 1 y del

tamaño de la muestra preliminar obtenida ( $n = 17$ ), se calculó el tamaño de muestra ideal para estimar el total, con una precisión del 4% del total preliminar y una confiabilidad del 95%, resultando este  $n = 26$ . Por último, se estableció un plan de inspección, el cual se puede apreciar en el Anexo II.

La inspección de las muestras recolectadas en la semana 4 (final del estudio), dieron como resultado que, el lote se encontraba dentro de las especificaciones; comprobando, nuevamente, la efectividad del control y ajustes minuciosos de los factores causantes de la variabilidad en la CCP, obteniendo mejora en la calidad del servicio, como indica Vivanco (2005).

## CONCLUSIONES

- ✓ La CCP se encontraba, al momento de este estudio, por encima de los requisitos establecido por el cliente (sobrepeso), ocasionando pérdidas de dinero por regalía innecesaria que merma la competitividad de la organización y del cliente (8,60 % del producto/turno de trabajo  $\approx$  19.180,00 Bs/mes).
- ✓ El análisis causa – efecto y de correlación por la Prueba de Pearson determinó que los factores maquinaria, específicamente la velocidad del tornillo sin fin y el tiempo de activación del mismo, y la materia prima causan la variabilidad en la CCP. Siendo necesario realizar ajustes minuciosos de estos factores durante el proceso, para lo que se debe tener en cuenta que:
  1. La velocidad del tornillo sin fin debe oscilar entre los 1200 – 1400 r.p.m. y el tiempo de activación del mismo es entre 6,50 – 7,30  $\mu$ s.
  2. A mayor contenido de grasa en la materia prima, se debe incrementar la velocidad del tronillos sin fin y su tiempo de activación.
- ✓ Al controlar y/o corregir factores causantes de la variabilidad del proceso, se pudo alcanzar un proceso bajo control, pero evidenció una clara tendencia a la inestabilidad y descontrol en el tiempo ( $C_p < 1$  y  $C_{pk} < 1$ ) de no ser modificado.
- ✓ Para comprobar la efectividad del control y ajuste minuciosos de los factores causantes de la variabilidad en la CCP, se estimó el parámetro estudiado con el plan de inspección establecido, partiendo del muestreo preliminar de la actividad # 1.

## **RECOMENDACIONES**

Implementar controles estadísticos de procesos en forma rutinaria, para visualizar en forma inmediata la tendencia que adopta el proceso, lo que ayuda a prever y corregir problemas en forma oportuna, evitando costos innecesarios para la empresa.

La empresa planificar proyectos tecnológicos o gerenciales futuros que permitan resolver los problemas de incapacidad del proceso, con el fin de reducir los costos generados por el reproceso y las devoluciones del producto.

Considerar revisar los objetivos del proceso para alcanzar su capacidad sin afectar la calidad al cliente.

Capacitación y sensibilización del personal sobre la aplicación del plan de inspección y la evaluación del comportamiento del proceso, para lograr tomar las acciones pertinentes para su control.

Informar al cliente de las especificaciones del contenido graso de la materia prima que se adapta a los objetivos del proceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASILAHIJANI, H; STEINER, S y MACKAY, J. 2010. Reducing variation in an existing process with robust parameter design. Quality Engineering. Volumen 22 (1). 30 p.

BERNAL, S. 2007. Mejoramiento del proceso de empaque de los productos en polvo de 25 kg en la empresa. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Bogotá – Colombia. Pontificia Universidad Javeriana 95 p.

GARAICOA, F. 2004. Diseño de un sistema para el control estadístico del proceso de producción en una empresa enlatadora de atún. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Ecuador. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 50 p.

CAMISÓN, C; CRUZ, S y GONZALEZ, T. 2007. Gestión de la calidad: conceptos, enfoques, conceptos y sistemas. PEARSON Educación. España. 1428 p.

CANELA, M y GRIFUL, E. 2005. Gestión de la calidad. Ediciones de la Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. 236 p.

CUATRECASAS, L. 2005. Gestión integral de la calidad: implantación, control y certificación. 3<sup>ra</sup> ed. Ediciones Gestión 2000. España. 242 p.

EVANS, J y LINDSAY, W. 2008. Administración y control de la calidad. 7<sup>ma</sup> ed. Editorial Cengage Learning. México. 848 p.

GONZALEZ, C. 2008. Validación retrospectiva y control estadístico de procesos en la industria farmacéutica. Trabajo de grado para optar al título de Químico Farmacéutico. Chile. Universidad de Chile. 62 p.

GRANDE, I y ABASCAL, E. 2009. Fundamentos y técnicas de investigación comercial. 10<sup>ma</sup> ed. Editorial ESIC. España. 433 p.

LOHR, S. 2000. Muestreo: Diseño y análisis. Editorial Internacional Thomson. México. 480 p.

MALDONADO, R. 2003. Diagnostico y análisis de un producto cárnico enlatado (PCE) en base al peso neto. Tesis de postgrado para optar al título de Especialista en Gerencia de Sistemas de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Maracay – Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 114 p.

MALHOTRA, N. 2004. Investigación de mercados. 4<sup>ta</sup> ed. Editorial PEARSON Educación. México. 713 p.

MONTGOMERY, D. 2007. Control estadístico de la calidad. 3<sup>ra</sup> ed. Editorial Limusa. México. 797 p.

NOVOA, C y ARTILES, N. 2009. On the distribution of the usual estimator of Cpk and some applications in SPC. Quality Engineering. Volumen 21 (1). 131 p.

PÉREZ, J. 2009. Gestión por procesos. 3<sup>ra</sup> ed. Editorial ESIC. España. 366 p.

PÉREZ, C y SANTÍN, D. 2007. Minería de datos: técnicas y herramientas. Editorial Thomson. España. 793 p.

SACOTO, M y ESQUIVEL, K. 2008. Aplicación de un sistema de control estadístico de procesos en las áreas de producción de cemento en Compañía Industrias Guapán S.A. Trabajo de grado para optar al título de Ingenieras Industrial. Cuenca – Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 160 p.

SEIJAS, F. 2006. Investigación por muestreo. Universidad Central de Venezuela. Ediciones Biblioteca FACES-UCV. Caracas. 430 p.

SEPTIÉN, I y HERNÁNDEZ, R. 2002. Aplicación de herramientas estadísticas en el análisis del proceso de producción de impermeabilizantes y asfálticos. Tesis de postgrado para optar al título de Especialista en Gerencia de Sistemas de Calidad y Control Estadístico de Procesos. Maracay – Venezuela. Universidad Central de Venezuela. 84 p.

STEFANKO, J y PELOQUIN, D. Seizing an opportunity with six sigma. 2009. ASQ Six Sigma Forum Magazine. Volumen 8 (2). 36 p.

VERDOY, P; MAHIQUES, J; PELLICER, S; PRADES, R. 2006. Manual de control estadístico de calidad: teoría y aplicaciones. 21 vol. Publicaciones de la Universidad de Jaume I. España. 341 p.

VILAR, J y DELGADO, T. 2005. Control estadístico de los procesos (SPC). Editorial Fundación Confemetal. España. 512 p.

VINUÉ, P. 2006. Optimización de productos y procesos industriales. Ediciones Gestión 2000. España. 220 p.

VIVANCO, M. 2005. Muestreo estadístico: diseño y aplicaciones. Editorial Universitaria. Santiago de Chile. 209 p.

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
**Hoja de Registro para el control de la CCP**

|                                                                                                      |                       |                                              |                  |                         |                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------|------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|
|                     |                       | <h1 style="margin: 0;">PRODUCCIÓN</h1>       |                  |                         | <b>CÓDIGO:</b><br><br><b>PÁGINA:</b><br>1 / 1 |
| <b>PROCESO / APLICA: CONTROL DEL PESO NETO EN LA LINEA DE EMPAQUETADO. EQUIPO: BALANZA ANALÍTICA</b> |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| FECHA: (1)                                                                                           |                       | PROVEEDOR DE LA MATERIA PRIMA: (2)           |                  | TURNO: (3)              | LINEA: (4)                                    |
| FRECUECIA DEL MUESTREO:<br>30 MINUTOS                                                                |                       | RANGO DE ACEPTABILIDAD:<br>0,97 KG - 1,03 KG |                  | PESO EMPAQUE VACIO: (5) | RESPONSABLE DEL PROCESO: (6)                  |
| N° DE MUESTRAS                                                                                       | PESO NETO (KG)<br>(8) | FACTORES CONTROLADOS (9)                     |                  |                         | OBSERVACIÓN: (10)                             |
|                                                                                                      |                       | FACTOR 1<br>(r.p.m)                          | FACTOR 2<br>(μs) | FACTOR 3<br>(%)         |                                               |
| 1                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 2                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 3                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 4                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 5                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 6                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 7                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 8                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 9                                                                                                    |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 10                                                                                                   |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 11                                                                                                   |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 12                                                                                                   |                       |                                              |                  |                         |                                               |
| 13                                                                                                   |                       |                                              |                  |                         |                                               |

**INSTRUCTIVO DE LLENADO**

- (1) FECHA DE EJECUCIÓN DEL CONTROL.  
 (2) NOMBRE DEL PROVEEDOR DE LA MATERIA PRIMA.  
 (3) TURNO DE TRABAJO EN EL QUE SE EJECUTA EL CONTROL.  
 (4) NUMERO DE LA LINEA DE EMPAQUETADO SOMETIDA A CONTROL.  
 (5) PESO EN KILOGRAMOS DEL EMPAQUE SIN EL PRODUCTO (VACIO).  
 (6) NOMBRE DEL TRABAJADOR ENCARGADO DE REALIZAR EL CONTROL.  
 (8) KG DE PRODUCTO EN EL EMPAQUE.  
 (9) VALOR DE LOS FACTORES DE CONTROL PARA DISMINUIR LA VARIABILIDAD EN EL PESO NETO DEL PRODUCTO:  
 - FACTOR 1: VELOCIDAD DEL TORNILLO SIN FIN, ES MEDIDA EN R.P.M. Y SE OBTIENE DEL TABLERO DE LA MÁQUINA EMPAQUETADORA.  
 - FACTOR 2: TIEMPO DE ACTIVACIÓN DEL TORNILLO SIN FIN, ES MEDIDO EN MICROSEGUNDOS Y SE OBTIENE DEL TABLERO DE LA MÁQUINA EMPAQUETADORA.  
 - FACTOR 3: CONTENIDO GRASO DEL PRODUCTO, SE MIDE COMO PORCENTAJE DE GRASA (%) Y SE OBTIENE DEL CERTIFICADO DE CALIDAD DEL LA MATERIA PRIMA.  
 (10) DESCRIPCIÓN DE ALGUNA INFORMACIÓN O CONSIDERACIONES DURANTE EL PROCESO DE CONTROL.

**NOTA:** Previamente de iniciar el proceso las pesadas, se debe tarar la balanza. En caso de no se pueda tarar la balanza automaticamente, aplique la siguiente ecuación: (Peso del Producto Empaquetado – Peso del Empaque Vacío)

**ANEXO II**  
**Plan de Muestreo para el control de la CCP postproceso**

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---|---|----------------------------------------------|---|----------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------------|----|----|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>PRODUCCIÓN</b>  |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    | CÓDIGO:          |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    | PÁGINA:<br>1 / 1 |
| PROCESO / APLICA: CONTROL DEL PESO NETO POSTPROCESO. EQUIPO: BALANZA ANALÍTICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| FECHA: (1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                    |   |   | RESPONSIBLE DEL PROCESO: (2)                 |   |                                                    |   | TURNO: (3)                                                                                      |   | LINEA: (4) |    |    |                  |
| FRECUENCIA DEL MUESTREO:<br>15 MINUTOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                    |   |   | RANGO DE ACEPTABILIDAD:<br>0,97 KG - 1,03 KG |   | N° MAXIMO DE DEFECTUOSOS:<br>12 PAQUETES = 1 FARDO |   | VEREDICTO DEL LOTE: (5)<br>ACEPTADO <input type="checkbox"/> REPROCESO <input type="checkbox"/> |   |            |    |    |                  |
| N° DE FARDOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | N° DE EMPAQUES (6) |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    | TOTAL<br>(7)     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1                  | 2 | 3 | 4                                            | 5 | 6                                                  | 7 | 8                                                                                               | 9 | 10         | 11 | 12 |                  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 13                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 19                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 21                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 23                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 24                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 25                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| 26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| OBSERVACIÓN:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |
| <p align="center"><b>INSTRUCTIVO DE LLENADO</b></p> <div> <div> (1) FECHA DE EJECUCIÓN DEL CONTROL.<br/> (2) NOMBRE DEL TRABAJADOR ENCARGADO DE REALIZAR EL CONTROL.<br/> (3) TURNO DE TRABAJO EN EL QUE SE EJECUTA EL CONTROL.<br/> (4) NUMERO DE LA LINEA DE EMPAQUETADO SOMETIDA A CONTROL. </div> <div> (5) DECISIÓN DEL DESTINO DEL LOTE DE ACUERDO A LOS RESULTADOS.<br/> (6) KG DE PRODUCTO DE CADA EMPAQUE QUE CONFORMA EL FARDO.<br/> (7) SUMA DE TODOS LOS PESOS OBTENIDOS AL MEDIR CADA EMPAQUE QUE CONFORMA EL FARDO.<br/> (8) DESCRIPCIÓN DE ALGUNA INFORMACIÓN O CONSIDERACIONES DURANTE EL PROCESO DE CONTROL. </div> </div> |                    |   |   |                                              |   |                                                    |   |                                                                                                 |   |            |    |    |                  |