

**Aplicación de Diseño Experimental para Determinar si el Proceso de Llenado de la línea  
Mennen Cumple con Control Estadístico de Proceso.**

**Daniela Vásquez Velásquez**

**Corporación Universitaria Lasallista**

**Caldas - Antioquia**

**Facultad de Ingenierías**

**Ingeniería Industrial**

**2013**

**Aplicación de Diseño Experimental para Determinar si el Proceso de Llenado de la línea  
Mennen Cumple con Control Estadístico de Proceso.**

**Daniela Vásquez Velásquez**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniera industrial**

**Director**

**Leonidas de Jesús Millán Cardona**

**Profesor Asistente, M.Sc.**

**Corporación Universitaria Lasallista**

**Caldas - Antioquia**

**Facultad de Ingenierías**

**Ingeniería Industrial**

**2013**

**NOTA DE ACEPTACION**

---

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Firma del Jurado 1**

---

**Firma del Jurado 2**

**Caldas 4 de Febrero de 2013**

## Dedicatoria

A Dios por darme fuerzas en los momentos difíciles.

A mi familia por el apoyo incondicional a pesar de la distancia y por todo su amor a lo largo  
de esta carrera.

A los docentes que hicieron parte de este triunfo, en especial al Docente Leonidas Millán por  
su constante dedicación y esfuerzo.

"El genio se compone de un uno por ciento de inspiración y un noventa y nueve por ciento de  
transpiración."

Thomas Edison.

## **Agradecimiento**

A Dios y a todas y cada una de las personas que colaboraron de alguna manera durante el proceso que condujo a la culminación de este trabajo de investigación:

- **Corporación Universitaria Lasallista.**

Profesor Leonidas de Jesús Millán Cardona, director tesis de grado.

- **Universidad de Bajío.**

Maestra María Ángeles González Martín y todo el equipo de Internacionalización.

- **Universidad La Salle D.F.**

Docente Juan Rugeiro, Jefe del Programa de Ingeniería Industrial y al Departamento de Intercambio.

## Contenido

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA .....</b>	<b>14</b>
MARCAS EN LA ACTUALIDAD .....	15
DIVERSIDAD DE PROVEEDORES.....	16
CLIENTES.....	17
<b>CARTAS O GRÁFICAS DE CONTROL.....</b>	<b>18</b>
CARTAS DE CONTROL POR VARIABLES .....	19
<i>Carta de Control X - R</i> .....	19
<i>Carta de Control X - S</i> .....	20
<i>Graficas de Control Datos Individuales</i> .....	21
CARTA DE CONTROL POR ATRIBUTOS. ....	22
<i>Carta de Control p</i> .....	22
<i>Carta de Control np</i> .....	22
<i>Carta de Control c</i> .....	23
<i>Carta de Control u</i> .....	24
<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>25</b>
PROCESO ACTUAL.....	25
<i>Descripción del Proceso Actual</i> .....	26
Paso 2. Toma y registro de datos.....	27

Paso 3: Análisis de resultados .....	28
<b>Determinación del Estado Actual del Proceso Realizado en la Planta.</b> .....	28
<b>Determinación de variables críticas del producto</b> .....	33
<b>MODELO ESTADÍSTICO</b> .....	<b>36</b>
<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS</b> .....	<b>37</b>
ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL PROCESO ACTUAL .....	37
ANÁLISIS DE VARIABLES QUE CAUSAN LAS FALLAS EN EL PRODUCTO FINAL.....	39
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>44</b>

**Lista de tablas**

Pág.

TABLA 1. ANÁLISIS DE VARIANZA (MENNEN).....	39
---	----

## Lista de figuras

	Pág.
FIGURA 2. DIAGRAMA CAUSA Y EFECTO PARA EL CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO.....	29
FIGURA 3. CARTAS DE CONTROL POR VARIABLE (VOLUMEN DE LLENADO), MENNEN (250 MM)	
PROCESO CALIENTE. ....	37
FIGURA 4. CARTAS DE CONTROL POR VARIABLE (VOLUMEN DE LLENADO), MENNEN (500 MM)	
PROCESO CALIENTE. ....	38
FIGURA 5. CARTAS DE CONTROL POR VARIABLE (VOLUMEN DE LLENADO), MENNEN (800 MM)	
PROCESO CALIENTE. ....	38
FIGURA 6. A NIVEL DE LLENADO VS TURNO, B NIVEL DE LLENADO VS REALIZO, C NIVEL DE LLENADO VS CONDICIONES. 250 MM.....	40
FIGURA 7. A NIVEL DE LLENADO VS TURNO, B NIVEL DE LLENADO VS REALIZO, C NIVEL DE LLENADO VS CONDICIONES. 500 MM.....	41
FIGURA 8. A NIVEL DE LLENADO VS TURNO, B NIVEL DE LLENADO VS REALIZO, C NIVEL DE LLENADO VS CONDICIONES. 800 MM.....	42

## Resumen

Esta investigación pretende revisar y mejorar la calidad del proceso de producción del Shampoo Baby Magic Mennen con respecto al nivel de llenado que emplea la compañía Colgate Palmolive, lo más importante era determinar como se estaba controlando su proceso y si este estaba cumpliendo con las especificaciones además de si sus productos cumplen con el control estadístico de proceso. Lo anterior fue motivado a estudiar por la necesidad de mejorar la calidad ajustando los controles de entrega al cliente y de producción que debe tener la organización por ser de clase mundial.

Otro de los requerimientos era utilizar de manera más eficiente la información generada por la inspección y para hacer un seguimiento más objetivo a los procesos y a los proveedores y tener un control más preciso de las variables que afectan directamente mi proceso de producción.

Otra necesidad de la organización era determinar la capacitación en estos temas para el departamento de calidad, necesarios para interpretar los resultados y hacer un análisis al control de procesos que lleva a cabo la organización.

Con este trabajo se demostró que el proceso de llenado para este producto no se encuentra bajo control estadístico de procesos y que son muchas las variables que afectan la calidad en el proceso; lo cual permitirá tomar acciones correctivas para futuras producciones.

**Palabras Claves.** Proceso, Control Estadístico, Calidad, Cliente, Variables.

### **Abstract**

This research aims to review and improve the quality of the production process Mennen Baby Magic Shampoo regarding the fill level employing the Colgate Palmolive, the most important thing was how it was monitoring the process and whether it was complying with the specifications also whether their products meet statistical process control. This study was motivated by the need to improve quality by adjusting the customer delivery and production organization must have to be world class.

Another requirement was to use more efficiently the information generated by the inspection and to monitor the process more objective and suppliers and have a more precise control of the variables that directly affect my production process.

Another need of the organization was to determine the training in these areas for the quality department, needed to interpret the results and to analyze the processes that control the organization performs.

This work showed that the filling process for this product is not under statistical process control and that there are many variables that affect the quality of the process, which will take corrective action for future productions.

**Keywords.** Process, Statistical Control, Quality, Client and Variables

## Introducción

En el control estadístico de proceso se utilizan técnicas estadísticas como gráficos de control, diagramas causa efecto, diagrama de Pareto, histogramas, etc., para analizar los resultados de un proceso a fin de tomar las acciones apropiadas para lograr mantener un estado de control estadístico, así como para mejorar la capacidad del proceso. Pero en muchos casos a pesar de aplicar herramientas de control estadístico de procesos se presentan problemas de insatisfacción por parte de los clientes, que se quejan por la mala calidad de los productos; estos inconvenientes, resultan posiblemente por la falta de un análisis más detallado sobre las variables que realmente afectan la calidad del producto. Como es de esperarse la calidad no depende de una sola variable, y por tal motivo se hace necesario el uso de técnicas más avanzadas como el diseño experimental, el cual es ideal para capturar la relación que existe entre estas variables que determinan la calidad de un producto.

Pero a pesar de que los métodos de diseño experimental son más adecuados para procesos donde intervienen múltiples variables, su uso no es común en la industria. Probablemente esto se deba a que la implementación de estos diseños involucra cálculos más complejos, lo que constituye un paradigma difícil de derribar para quienes en la industria típicamente, prefieren utilizar métodos descriptivos menos efectivos, pero más sencillos.

Sin embargo, esta falencia puede ser eliminada, ya que las computadoras modernas ofrecen nuevas y mejores oportunidades para la recolección, tratamiento y análisis de los datos. En la actualidad, la tecnología facilita la recolección de grandes cantidades de datos integradas en bases de datos. El uso y aplicación de herramientas estadísticas adecuadas que permitan extraer

la información y el conocimiento subyacente en los datos, resultan indispensables para tomar ventaja en la toma de decisiones, a través del uso de las nuevas tecnologías.

En este trabajo de investigación se pretende evaluar datos del proceso de producción del *Shampoo Baby Magic Mennen*, mediante diseño de experimentos. Con ayuda de este análisis se realizará un estudio estadístico en donde al final será posible determinar cuál de las variables que están presentes en el proceso realmente afectan la calidad del producto final. Conclusión que llevaría en la realidad a tomar decisiones, ya sea continuar con el proceso o realizar correcciones para mejorar la calidad de los productos ofrecidos al consumidor.

Los objetivos específicos de esta investigación pueden ser divididos en:

1. Establecer, conocer y aplicar las pautas para determinar si el proceso de producción, está controlado estadísticamente, mediante la obtención de los gráficos de control univariado.
2. Determinar y analizar el comportamiento del proceso de producción, empleando diseño de experimentos.

## Información General de la Empresa

Colgate-Palmolive Company es una empresa multinacional presente en 222 países y demarcaciones territoriales dedicada a la fabricación, distribución y venta de productos de Higiene Bucal, Higiene Personal y Limpieza del Hogar.

En 1806, William Colgate abrió una pequeña fábrica de almidón, jabones y velas en la ciudad de Nueva York, denominada "William Colgate & Company". William Colgate en 1833 sufrió un grave ataque al corazón deteniendo su negocio de ventas. Pero después de un par de años de recuperación continuó con su negocio. En la década de 1840, la empresa comenzó a vender "tortas" individuales de jabón con pesos uniformes. En 1857, al morir William Colgate, se produce una reorganización que cambia su nombre a *Colgate & Colgate* bajo la dirección de Samuel, hijo del fundador, quien no quiso continuar con el negocio, aunque pensó que sería lo correcto continuarlo.

No es sino en 1873, que la compañía presenta su crema dental en pequeñas jarras. Esta presentación es sustituida en 1896 cuando la empresa presenta en el mercado la pasta de dientes en tubo bajo la marca *Colgate Ribbon Dental Cream*, que se convierte en un estándar en el mercado. Al cumplir 100 años, la compañía poseía 800 productos diferentes en el mercado. En 1908 la empresa, que hasta entonces se había mantenido como un negocio familiar, comienza a cotizar en la bolsa y los cinco hijos de Samuel Colgate se incorporan a la gerencia de la empresa.

En 1911, Colgate comienza su programa de educación oral para niños, distribuyendo cremas y cepillos gratis en las escuelas primarias. Así mismo, empezó la repartición de muestras a los higienistas dentales para que ellos enseñen la forma correcta del cepillado.

En 1914, Colgate inicia su expansión internacional abriendo su primera subsidiaria en Canadá. En los años siguientes, se abrieron nuevas subsidiarias en el Pacífico Sur y Asia (1921), Europa (1922), América Latina (1925), y África (1929). En 1925 cuando se iniciaba el proceso de institucionalización del país, los directivos de Colgate-Palmolive en Estados Unidos decidieron establecer una filial en México, la cual tendría como objetivo abrir un nuevo mercado.

### **Marcas en la Actualidad**

#### Cuidado bucal

- Colgate: Pasta de dientes, cepillos dentales, cepillos eléctricos, hilo dental y blanqueadores
- Freska-ra: Pasta de dientes
- Plax: Enjuague bucal

#### Cuidado personal

- Alert: Shampoo esta marca fue vendida recientemente a Genomma Lab Internacional
- Caprice: Shampoo, Crema para Peinar y Jabones
- Curity: Biberones
- Fixion: Gel para el cabello
- Lady Speed Stick: Desodorantes y antitranspirantes femeninos
- Mennen: Artículos para el cuidado del bebé (shampoo, jabón, aceite, talco, crema y colonia)
- Nordiko: Jabones esta marca fue vendida recientemente a Genomma Lab Internacional
- Palmolive: Shampoo, acondicionador, crema para peinar, jabones, cremas corporales y antitranspirantes femeninos
- Protex: Jabón y Gel antibacterial

- Speed Stick: Desodorantes y antitranspirantes masculinos
- Stefano: Fragancias y antitranspirantes masculinos
- Wildroot: Crema para peinar, esta marca fue vendida recientemente a Genomma Lab Internacional
- Sanex: Gel y Desodorantes

#### Cuidado del hogar

- Ajax: Productos de limpieza
- Axió: Jabón lavatrastes
- Fabuloso: Limpiador multiusos
- Magitel: Telas para limpiar
- Suavitel: Suavizante de ropa
- Vel Rosita: Suavizante de ropa
- Fab: Detergente

#### Nutrición para mascotas

- Hillspet

### **Diversidad de Proveedores**

Colgate depende de los proveedores para ofrecer su amplia gama de productos y servicios. El personal responsable por la Diversidad de Proveedores incentiva las relaciones con empresas dirigidas por mujeres y miembros de minorías que satisfacen o exceden nuestras expectativas de calidad, agilidad, innovación y rentabilidad.

Algunos de ellos son:

- Smurffit kappa S.A. de C.V.
- Copamex Corrugados
- American Poly
- Graforegia
- Bemmis envolturas

### **Clientes**

Colgate reconoce que cada mercado global tiene sus propias necesidades y preferencias en relación a los productos. El censo más reciente realizado en los EE.UU. confirma el hecho de que los mercados hispánico, afroamericano y asiático americano son los que más crecen en términos de números y de poder de compra. El equipo de Marketing Multicultural de Colgate-EE.UU. se concentra en hacer crecer esos mercados de consumo. Nuestro objetivo es conocer al consumidor global y desarrollar productos que satisfagan sus necesidades.

## **Cartas o Gráficas de Control.**

El proceso de producción independientemente de su diseño o de la atención que se preste a su fase de mantenimiento, existirá una cantidad de variabilidad natural; esta variabilidad natural es el efecto acumulado de muchas causas pequeñas y en esencia inevitable (Montgomery, 2004). En cambio las causas asignables o atribuibles, son las que podemos investigar hasta dar con la razón específica que las produce y suelen ocasionar desviaciones relativamente grandes en el resultado del proceso (Pérez, 1998).

Una grafica de control es una comparación grafica de los datos de desempeño del proceso con los límites de control estadísticos calculados, dibujados como rectas limitantes sobre la grafica. Los datos de desempeño del proceso por lo general consisten en grupos de mediciones que vienen de la secuencia normal de producción y preservan el orden de los datos. Las graficas de control constituyen un mecanismo para detectar situaciones donde las causas asignables pueden estar afectando de manera adversa la calidad de un producto. Cuando una grafica indica una situación fuera de control se puede iniciar una investigación para identificar causas y tomar medidas correctivas. Permite determinar cuándo deben emprenderse acciones para ajustar un proceso que ha sido afectado por una causa especial. Nos dicen cuando dejar un proceso trabaje por sí mismo, y no malinterpretar las variaciones debidas a causas comunes. Las causas especiales se deben contrarrestar con acciones correctivas. Las causas comunes son el centro de atención de las actividades permanentes para mejorar el proceso. El de una grafica de control no es lograr un estado de control estadístico como un fin, sino reducir la variación.

Un elemento básico de las gráficas de control es que las muestras del proceso de interés se han seleccionado a lo largo de una secuencia de puntos en el tiempo. Dependiendo de la etapa

del proceso bajo investigación, se seleccionara la estadística más adecuada. Además de los puntos trazados la grafica tiene un alineamiento central y dos límites de control.

### **Cartas de Control por Variables**

Las cartas, o gráficos, de control son un método para controlar estadísticamente un proceso detectando cuando este está fuera de control. Las más usadas son las Shewhart.

#### **Carta de Control X - R**

Esta es una gráfica de control por variables, que utiliza a la media de la muestra X como estadístico de control para la media del proceso, y al rango de la muestra R como estadístico de control para la desviación estándar del proceso.

Es muy utilizada por la sencillez de cálculo en R, y su uso sólo se recomienda cuando el tamaño de los subgrupos “n” es pequeño ( $n < 10$ ). Los límites de control vienen dados por las siguientes expresiones:

$$\text{para } \bar{X}: \begin{cases} LSC = \bar{\bar{x}} + A_2\bar{R} \\ \text{Linea Central} = \bar{\bar{x}} \\ LIC = \bar{\bar{x}} - A_2\bar{R} \end{cases} \quad \text{para } R: \begin{cases} LSC = D_4\bar{R} \\ \text{Linea Central} = \bar{R} \\ LIC = D_3\bar{R} \end{cases}$$

Los coeficientes  $A_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$  son funciones de “n”, se deducen bajo el supuesto de normalidad, y se leen en tablas especialmente elaboradas para la construcción de gráficas de control por variables (Montgomery, 2005).

### Carta de Control X - S

Esta es también una gráfica de control por variables, que utiliza a la media de la muestra  $\bar{x}$  para controlar a la media del proceso, pero en lugar del rango de la muestra  $R$ , utiliza la desviación estándar muestral “S”, para controlar la desviación estándar del proceso.

Se recomienda su uso cuando el tamaño de los subgrupos “n” es mayor que 10 ( $n > 10$ ). Debido a que en estos casos “S” es un estimador mucho más eficiente que “R” para la desviación estándar poblacional. Los límites de control vienen dados por las siguientes expresiones:

$$\text{para } \bar{X}: \begin{cases} LSC = \bar{\bar{x}} + A_3\bar{S} \\ \text{Linea Central} = \bar{\bar{x}} \\ LIC = \bar{\bar{x}} - A_3\bar{S} \end{cases} \quad \text{para } S: \begin{cases} LSC = B_4\bar{S} \\ \text{Linea Central} = \bar{S} \\ LIC = B_3\bar{S} \end{cases}$$

Al igual que la anterior, estas dos gráficas como casi todas las de Swewart suponen que las muestras han sido tomadas como “subgrupos racionales”, y en ellas los límites de control son obtenidos con el criterio tres sigmas bajo el supuesto de normalidad.

## Graficas de Control Datos Individuales

Se aplica cuando no existe oportunidad de conformar subgrupos racionales, y en consecuencia la muestra es de tamaño  $n = 1$ . Tal es el caso por ejemplo, del envasado de líquidos que previamente han sido debidamente homogeneizadas, y por lo tanto todas aquellos envases que provengan de un mismo lote presentan las mismas propiedades en el momento de su envasado.

En situaciones como esta, la variabilidad se presenta entre los diferentes lotes, pero no entre las unidades de un mismo lote; y basta con medir el valor de la característica de calidad en una unidad, para conocer la de todo el lote. En estos casos, sobre la gráfica de control lo que se representa es el valor “X” de esa característica de calidad medida sobre una única pieza, y el subgrupo racional se forma al considerar el valor de la medición en un lote con la del próximo, para formar un subgrupo de tamaño 2.

Suponiendo normalidad sobre “X” y aplicando el criterio tres sigmas, se obtienen los siguientes límites de control para “X”:

$$\text{para } X: \begin{cases} LSC = \bar{X} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ \text{Linea Central} = \bar{X} \\ LIC = \bar{X} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{cases}$$

Donde  $d_2 = 1,128$  que es el valor correspondiente para subgrupos de tamaño 2, y R es el rango móvil promedio.

## Carta de Control por Atributos.

### Carta de Control p

Esta es una gráfica por atributos que busca controlar la fracción de piezas no conformes que fabrica un proceso. Se fundamenta en la aproximación normal a la Distribución Binomial, utiliza como estadístico de control a  $\hat{p}$  proporción muestral de no conformes, y mediante la aplicación del criterio tres sigmas presenta los siguientes límites de control para  $\hat{p}$ .

$$\begin{cases} LCS = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \\ \text{Central} = \bar{p} \\ LIC = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \end{cases}$$

$\bar{P}$  representa el promedio histórico de la proporción de no conformes, y “n” el tamaño del subgrupo racional aproximación normal a la binomial son:

### Carta de Control np

Gráfica por atributos que tiene el mismo objetivo de la anterior, con la diferencia de que utiliza como estadístico de control al número “X” de no conformes presentes en el subgrupo racional. Los límites de control para “X” por criterio tres sigmas y utilizando la aproximación normal a la binomial son:

$$\begin{cases} LCS = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \\ Central = n\bar{p} \\ LIC = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \end{cases}$$

Dado que la distribución exacta de “X” es conocida cuando el proceso está bajo control, pues sigue una Binomial con parámetros “n” y “p”; en esta gráfica es posible obtener los límites de control con criterio probabilístico, que usualmente resultan más estrechos que con criterio tres sigmas.

### **Carta de Control c**

Es una gráfica por atributos utilizada para controlar el número “C” de defectos presentes en una unidad de muestreo. Supone que la distribución de “C” es una Poisson, y mediante la aplicación del criterio tres sigmas, los límites de control para “C” son:

$$\text{para } \bar{C}: \begin{cases} LSC = \bar{C} + 3\sqrt{\bar{C}} \\ Linea Central = \bar{C} \\ LIC = \bar{C} - 3\sqrt{\bar{C}} \end{cases}$$

C representa el promedio histórico del número de defectos, y bajo el supuesto de la distribución de Poisson, es posible también obtener límites probabilísticos.

### Carta de Control u

Es una gráfica por atributos, conocida también bajo el nombre de “Gráfica de defectos por unidad”. Se utiliza como alternativa del gráfico “C” cuando la unidad de muestreo esta formada por “n” unidades de producción, y se define  $u=c/n$ . Los límites de control para U resultan.

$$\left\{ \begin{array}{l} LCS = \bar{u} + 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \\ Central = \bar{u} \\ LIC = \bar{u} - 3 \sqrt{\frac{\bar{u}}{n}} \end{array} \right.$$

representa el promedio histórico del número de defectos por unidad.

Es de hacer notar que en todos los gráficos de Shwehart el tamaño “n” del subgrupo racional pudiera ser variable, lo que ocasionaría límites de control.

## **Materiales y métodos**

El estudio se realizó en la empresa Colgate Palmolive S.A. de C.V. México D.F., a 2125 m.s.n.m y  $17\pm 5$  °C ubicada hacia el norte de la capital.

### **Proceso Actual**

En este apartado se presenta una descripción del proceso actual que se realiza en la planta y se evalúa si dicho proceso obedece al concepto de control estadístico de proceso. Para realizar la descripción se definen y detallan los pasos que conforman el proceso actual y luego se establece si este proceso se ajusta al concepto de control estadístico de proceso.

Para describir el proceso actual se realizara un diagrama Causa-Efecto a partir del cual se elabora una lista de verificación que permite a través de una serie de preguntas, definir el estado estadístico del proceso. Este procedimiento se hace porque constituye un diagnóstico que permite establecer los aspectos del control estadístico del proceso sobre los cuales es necesario actuar para pasar del estado actual al estado deseado, en otras palabras, ayuda a definir las acciones que convierten un control de proceso a un control estadístico de proceso.

Una vez establecidos los aspectos sobre los que hay que actuar, se determinan las características del producto que mas influyen sobre la calidad del mismo y por lo tanto se determinan los puntos críticos que orientan al curso de las acciones a tomar.

## **Descripción del Proceso Actual.**

Para describir el proceso actual de fabricación del producto *Shampoo Baby Magic Mennen* que se lleva a cabo en la planta, se determinan los pasos que lo componen, luego se describe cada paso del proceso y finalmente se presenta un diagrama de flujo que lo ilustra.

El proceso que se realiza actualmente en la Planta está constituido por pruebas o ensayos orientados a determinar si el producto cumple o no con especificaciones determinadas por la normatividad y los requisitos del departamento de calidad, entre ellas el **Quality Rating** que esta asignado para que si se cumple un 85% de calidad el producto o proceso pasa, al igual que muestreos aleatorios donde existen criterios moderados, medios y críticos que dan una calificación para evaluar si el producto cumple con las especificaciones. Como se muestra a continuación sobre el proceso actual de como se realizan estas pruebas.

Paso 1. Determinación de las variables que evalúan la calidad del producto *Shampoo Baby Magic Mennen*.

Paso 2. Toma y registro de datos.

Paso 3. Análisis de resultados.

Paso 1. Definición de las variables que determinan la calidad del producto *Shampoo Baby Magic Mennen*.

En este paso se definen la principales características del producto, las cuales determinan la calidad del producto. Esta característica o variable se determinan a través del conocimiento del

proceso de elaboración del producto, de la experiencia del personal de la planta y de la revisión de literatura relacionada con el tema.

- **Volumen del producto.** Variable que indica cuanto contenido líquido debe tener cada uno de los tamaños o presentaciones con las que se comercializa el Shampoo Baby Magic Mennen. Además indica el nivel de llenado para cada variante de botella.
- **Densidad del granel.** Variable que indica si la formulación o ingrediente activo cuenta con las suficientes características para ser un shampoo adecuado para bebé.
- **Calidad de la Botella.** Variable que permite medir la resistencia, composición y estructura del polímero que se extruye para obtener la botella y que cuenta con las características suficientes para el envasado del producto.
- **Velocidad de la línea.** Condiciones en la que la línea se encuentra trabajando para determinar su desempeño, producción y rendimiento.
- **Turnos.** Variable que permite identificar el tiempo de producción más eficaz y con mejores condiciones de trabajo.
- **Operarios.** Personas más y menos eficientes que tiene relación directamente proporcional al producto y a su productividad.

## **Paso 2. Toma y registro de datos**

Una vez se han identificado las variables que se van a medir se sigue un procedimiento establecido para realizar dicha medición de acuerdo a la variable y el método que se va a utilizar.

Este proceso de registro no permite un análisis posterior que ayude a establecer las condiciones experimentales bajo las cuales se mejora la calidad del producto.

### **Paso 3: Análisis de resultados**

El análisis de resultados que se realiza en la Planta consiste en determinar si el producto cumple o no con las especificaciones preestablecidas para garantizar la calidad del producto. Este análisis no permite buscar causas asignables en los casos para los cuales no se cumplen dichas especificaciones ya que no identifica previamente las variables que pueden afectar el proceso y por lo tanto no se controlan.

Una vez se han determinado los pasos que se siguen para la realización del proceso, es necesario realizar un diagnóstico que permita comparar el estado actual en que se encuentran el proceso con el referente o punto donde se quiere llegar, que en este caso es la ejecución de los ensayos bajo el diseño experimental. Este diagnóstico es el siguiente.

#### **Determinación del Estado Actual del Proceso Realizado en la Planta.**

Si se realiza control estadístico de la calidad a los resultados obtenidos pueden ser un soporte para aumentar o mejorar el conocimiento colectivo que se tiene sobre algunas variables de calidad del producto tales como nivel de llenado, densidad del granel, capacidad de la botella, presión de llenado, velocidad de la línea, turno, operarios, etc.

La mejor forma de aportar al conocimiento colectivo es a través de los resultados obtenidos por medio del diseño experimental.

La figura 2 sobre el Diagrama Causa-Efecto para el control estadístico del proceso como a través de diferentes acciones que hacen parte del diseño de experimentos se puede llegar a realizar un buen control estadístico del proceso. Estas acciones son en su orden: Definir la variable respuesta, elegir los factores, elegir el modelo estadístico para la práctica, elegir un tamaño muestral utilizando un método estadístico, tomar y registrar datos para hacer inferencia estadística, analizar los resultados, validar el modelo estadístico.

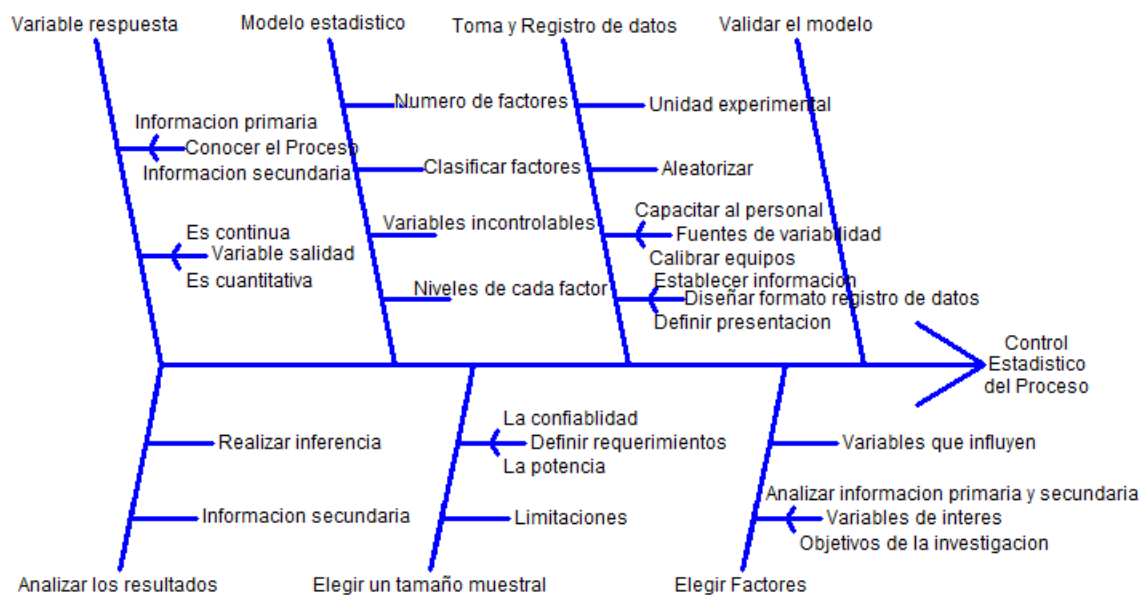


Figura 1. Diagrama causa y efecto para el control estadístico del proceso.

El diagrama causa-efecto para el control estadístico del proceso se usan para construir la lista de verificación que se presenta a continuación. Esta lista de verificación permite determinar si el tipo de control que se realiza en la empresa obedece a la modalidad de control estadístico del proceso. En caso de que se encuentre por lo menos una respuesta negativa a los conceptos que conforman dicha lista de verificación, se concluye que no se realiza un control estadístico del proceso (adaptado de García y Medina, 2000).

1. ¿Se definió la variable respuesta?
2. ¿Se conoció el proceso a través del análisis de la información primaria disponible?
3. ¿Se conoció el proceso a través del análisis de la información secundaria disponible?
4. ¿se identifico la variable de salida del proceso?
5. ¿se determino si la variable de salida es cuantitativa?
6. ¿se determino si la variable de salida es continua?
7. ¿se eligieron las variables que intervienen en el proceso?
8. ¿se determinaron todas las variables que pueden influir en la calidad final del producto?
9. ¿se determinaron los requerimientos del cliente?
10. ¿Se eligieron las variables de calidad teniendo en cuenta los requerimientos de los clientes?.
11. ¿Se eligieron las variables de interés dentro del proceso teniendo en cuenta la información primaria y secundaria disponible?.
12. ¿las variables que intervienen en el estudio se clasificaron en controlables e incontrolables?
13. ¿se eligió la carta de control para el proceso?
14. ¿se tuvo en cuenta el número de variables que intervienen en el proceso para la elección de la carta de control?
15. ¿se tuvo en cuenta la clasificación de las variables en controlables e incontrolables?
16. ¿se tuvo en cuenta la manipulación de variables incontrolables?
17. ¿se tuvo en cuenta el número de niveles de cada variable?
18. ¿se eligió un tamaño muestral adecuado para el proceso?

19. ¿se tuvieron en cuenta los requerimientos del proceso para determinar el tamaño muestral?
20. ¿Se tuvo en cuenta la potencia definida según los requerimientos del proceso para la determinación del tamaño muestral?
21. ¿se tuvo en cuenta la confiabilidad, definida según los requerimientos del proceso para la determinación del tamaño muestral?
22. ¿se consideraron las limitaciones de los recursos tanto de dinero y tiempo para la elección del tamaño muestral?
23. ¿se tomaron y se registraron los datos de tal forma que se pueda construir una carta de control?
24. ¿se identificaron las unidades experimentales sobre cual se hace la medición?
25. ¿se aleatorizo la toma de datos?
26. ¿se diseño un formato para la toma de datos?
27. Se tuvo en cuenta la información requerida para diseñar el formato de registro de datos?
28. ¿se tuvo en cuenta la presentación requerida de la información para diseñar el formato de registro de los datos?
29. ¿se eliminaron las fuentes de variabilidad no deseadas en la toma de los datos?
30. ¿se capacito al personal en el proceso y registro de los datos para reducir la variabilidad no deseada?
31. ¿se calibraron los equipos y se les hizo mantenimiento antes del proceso de toma y registro de datos para reducir la variabilidad no deseada?.
32. ¿se realizaron cartas de control para analizar el proceso?
33. ¿se validaron los datos?

La lista de verificación anterior se aplicó al proceso que se lleva actualmente en la planta, concluyéndose que allí no se realiza control estadístico del proceso porque los siguientes conceptos se clasificaron en forma negativa.

12. ¿las variables que intervienen en el estudio se clasificaron en controlables e incontrolables?
13. ¿se eligió la carta de control para el proceso?
14. ¿se tuvo en cuenta el número de variables que intervienen en el proceso para la elección de la carta de control?
15. ¿se tuvo en cuenta la clasificación de las variables en controlables e incontrolables?
16. ¿se tuvo en cuenta la manipulación de variables incontrolables?
17. ¿se tuvo en cuenta el número de niveles de cada variable?
18. ¿se eligió un tamaño muestral adecuado para el proceso?
19. ¿se tuvieron en cuenta los requerimientos del proceso para determinar el tamaño muestral?
20. ¿Se tuvo en cuenta la potencia definida según los requerimientos del proceso para la determinación del tamaño muestral?
21. ¿se tuvo en cuenta la confiabilidad, definida según los requerimientos del proceso para la determinación del tamaño muestral?
22. ¿se consideraron las limitaciones de los recursos tanto de dinero y tiempo para la elección del tamaño muestral?
23. ¿se tomaron y se registraron los datos de tal forma que se pueda construir una carta de control?

24. ¿se identificaron las unidades experimentales sobre cual se hace la medición?
25. ¿se aleatorizo la toma de datos?
26. ¿se diseño un formato para la toma de datos?
27. Se tuvo en cuenta la información requerida para diseñar el formato de registro de datos?
28. ¿se tuvo en cuenta la presentación requerida de la información para diseñar el formato de registro de los datos?
29. ¿se eliminaron las fuentes de variabilidad no deseadas en la toma de los datos?
30. ¿se capacito al personal en el proceso y registro de los datos para reducir la variabilidad no deseada?
31. ¿se calibraron los equipos y se les hizo mantenimiento antes del proceso de toma y registro de datos para reducir la variabilidad no deseada?.
32. ¿se realizaron cartas de control para analizar el proceso?
33. ¿se validaron los datos?

### **Determinación de variables críticas del producto**

En este apartado se realiza una descripción detallada del producto y se determinan las características que mas influyen sobre su calidad.

Shampoo Baby Magic Mennen, es uno de los productos más representativos en la categoría de Personal Care para la empresa Colgate Palmolive, ya que su nicho de mercado se centra en el cuidado del bebé, siendo líder en el mercado mundial.

Este shampoo contiene una de las formulaciones con el ingrediente activo más especial, por ser para las pieles más delicadas, dentro de su composición, se encuentra los ingredientes como las fragancias, cebos y líquidos necesarios para su composición final.

Tras este producto se encuentra todo un proceso productivo que comienza con la fundición del polímero para obtener mediante extrusión la botella, para ser transportada a las líneas para ser llenada con el líquido, pasar a un proceso de enfriamiento y sellado para proceder a los diferentes análisis e inspecciones relevantes de calidad.

Una vez determinado los componentes generales del producto, se puede establecer las variables de calidad, las cuales es necesario controlar para garantizar el cumplimiento de la legislación. Para identificar estas variables es necesario conocer el proceso, es decir, recolectar la información primaria y secundaria acerca de las variables más determinantes de la calidad del producto. La información primaria se obtiene mediante observación directa del proceso de elaboración desarrollado en la planta y preguntas realizadas al personal encargado de la misma y la información secundaria se logra mediante revisión de literatura. Posteriormente a la recolección de la información, esta se analiza y se plantean las variables que pueden ser de mayor importancia. Finalmente, se solicita ayuda a los empleados de la planta y a las personas conocedoras del tema para determinar si en análisis es correcto y para realizar las correcciones pertinentes.

Cuando se realiza el procedimiento descrito en el parrafo anterior se obtiene que las características mas importantes del producto son el volumen de llenado, la densidad del granel, capacidad de la botella, presión de llenado, velocidad de la línea, turno, operarios, etc.

A continuación se determinarán las variables que pueden afectar estas características de calidad. Para conocer los factores que influyen sobre el volumen de llenado, densidad del granel, capacidad de la botella, presión de llenado, velocidad de la línea, turno, operarios, etc; es necesario realizar una consulta que permita conocer esta información.

- **Volumen del producto:** Variable que indica cuanto contenido líquido debe tener cada uno de los tamaños o presentaciones con las que se comercializa el *Shampoo Baby Magic Mennen*. Además indica el nivel de llenado para cada variante de botella.
- **Densidad del granel:** Indica si la formulación o ingrediente activo cuenta con las suficientes características para ser un shampoo adecuado para bebé.
- **Calidad de la Botella:** Permite medir la resistencia, composición y estructura del polímero que se extruye para obtener la botella y que cuenta con las características suficientes para el envasado del producto.
- **Velocidad de la línea:** Condiciones en la que la línea se encuentra trabajando para determinar su desempeño, producción y rendimiento.
- **Turnos:** Variable que permite identificar el tiempo de producción más eficaz y con mejores condiciones de trabajo.
- **Operarios:** Personas más y menos eficientes que tiene relación directamente proporcional al producto y a su productividad.

### **Tamaño muestral.**

Se emplearon 10 muestras por cada tratamiento. Para determinar cuál de las variables que se emplearon, influyen mas en el nivel de llenado.

## **Modelo estadístico**

Se empleo un diseño de análisis de varianza multifactorial, para analizar las variables respuestas volumen de llenado, densidad del granel, capacidad de la botella, presión de llenado, velocidad de la línea, etc., respecto a los factores (operario, turno, capacidad de producción, ingrediente activo, etc). La diferencia entre la media de los valores de los diferentes tratamientos se determinaron por el test de comparación múltiple de Duncan, y el nivel de significancia estadística adoptado fue de  $p < 0.05$ .

Para el análisis de los datos se empleo el programa Statgraphics 15, licencia amparada por la Corporación Universitaria Lasallista.

## Resultados y Análisis

### Análisis Estadístico del Proceso Actual

En primer lugar se tomaron datos históricos que tenía la empresa y con estos datos se elaboraron cartas de control x-bar y rango, para determinar como se encontraba el proceso, según estas cartas de control, se puede observar que el proceso de elaboración del producto Mennen (250, 500 y 800 mm) no se encuentra bajo control estadístico. Ver figuras 3, 4 y 5.

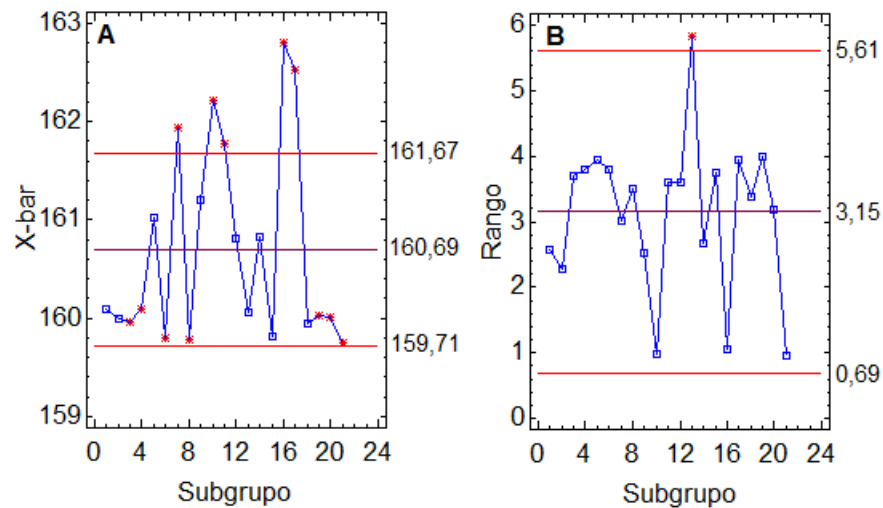


Figura 2. Cartas de control por variable (volumen de llenado), Mennen (250 mm) proceso

Caliente.

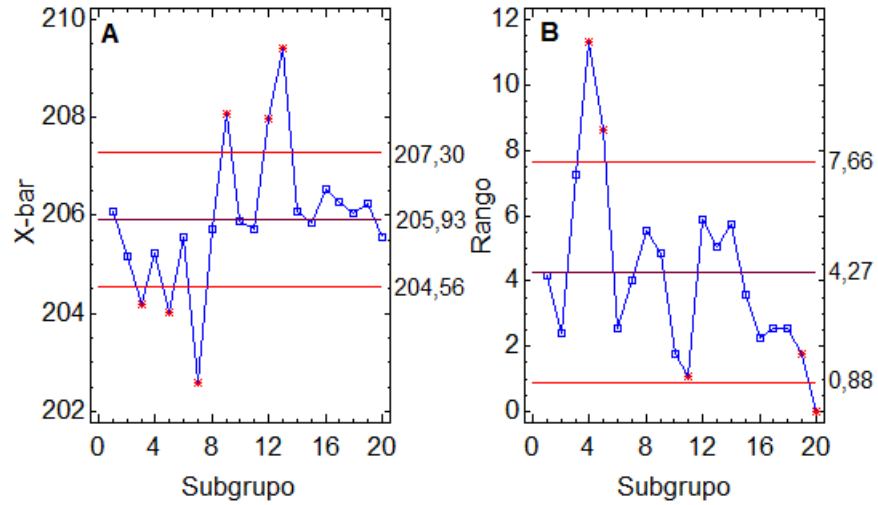


Figura 3. Cartas de control por variable (volumen de llenado), Mennen (500 mm) proceso Caliente.

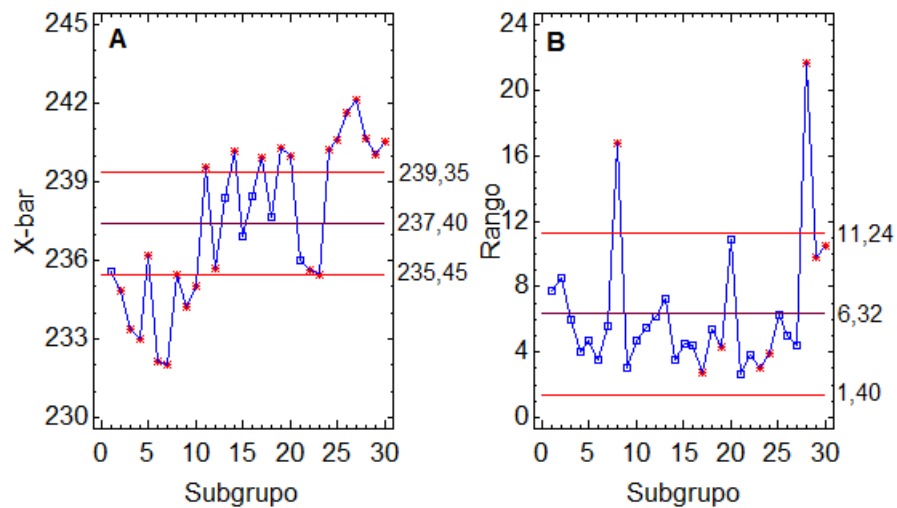


Figura 4. Cartas de control por variable (volumen de llenado), Mennen (800 mm) proceso Caliente.

### Análisis de Variables que Causan las Fallas en el Producto Final

La Tabla 1 muestra el análisis de varianza para Mennen con presentación 250, 500 y 800 mm. El turno (1, 2 y 3) y el operario presentaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) para cada una de las tres presentaciones respecto al nivel de llenado (mm). La presentación de Mennen 250 mm presentó diferencias significativas respecto a las condiciones de operación (Caliente, Frio).

Tabla 1. Análisis de Varianza (Mennen)

Variable respuesta	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Mennen 250 mm	Turno	50,8733	2	25,4367	17,66	0,0000
	Operario	38,9094	4	9,72734	6,75	0,0001
	Condiciones	16,9029	1	16,9029	11,73	0,0008
	Residuo	174,298	121	1,44048		
	Total	280,984	128			
Mennen 500 mm	Turno	26,2238	2	13,1119	3,34	0,0374
	Operario	81,5544	5	16,3109	4,16	0,0013
	Condiciones	11,3331	1	11,3331	2,89	0,0907
	Residuo	748,896	191	3,92092		
	Total	868,007	199			
Mennen 800 mm	Turno	663,323	2	331,661	41,87	0,0000
	Operario	885,797	5	177,159	22,36	0,0000
	Condiciones	17,8233	1	17,8233	2,25	0,1346
	Residuo	2598,32	328	7,92172		
	Total	4165,27	336			

En la figura 6, se observa el análisis realizado al producto Menne 250. El operario, turno y condiciones presentan diferencias significativas respecto al nivel de llenado. El turno 1 y 2 presentan menor valor de llenado que el turno 3 (ver figura 6A). Los operarios Jaime y tenorio presentan diferencias significativas respecto a los demás operarios, siendo con mayor valor respecto al llenado (ver figura 6B).

El nivel de llenado del producto para esta presentación es de aproximadamente 162.5 mm, esto con el fin de evitar que el producto se derrame por exceso de contenido. En la figura se puede observar como los tres turnos, los operarios y las condiciones están por debajo de este valor (línea roja), en especial los turnos 1 y 2 presentan el menor valor y la operaria A. Angeles. Las condiciones caliente y frio no presentan diferencias significativas respecto al nivel.

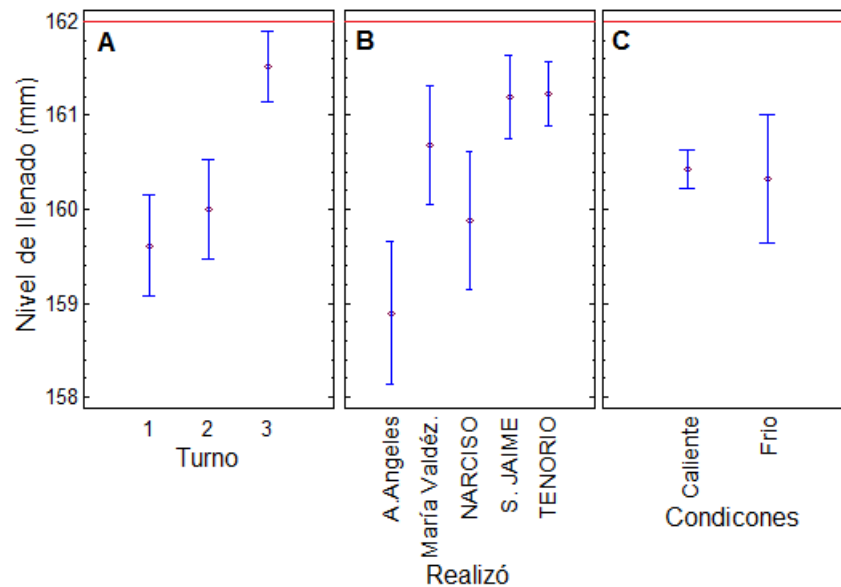


Figura 5. A nivel de llenado vs turno, B nivel de llenado vs realizado, C nivel de llenado vs condiciones. 250 mm.

Respecto al nivel de llenado a la presentación de 500 mm se puede observar como el turno ni las condiciones del proceso afectan significativamente la variable respuesta (ver Figura 7A y 7C). El operario que realizó la labor afecta la variable respuesta en forma significativa ( $p < 0,05$ ), se puede observar que el operario de Nombre Lázaro presenta el menor valor en el volumen de llenado. (Ver figura 7B).

El producto con una presentación de 500 mm, el nivel de llenado para evitar derrames es de 208.25mm. En la figura se puede observar como el operario Espindola sobre pasa este valor, y algunos valores a condición fría.

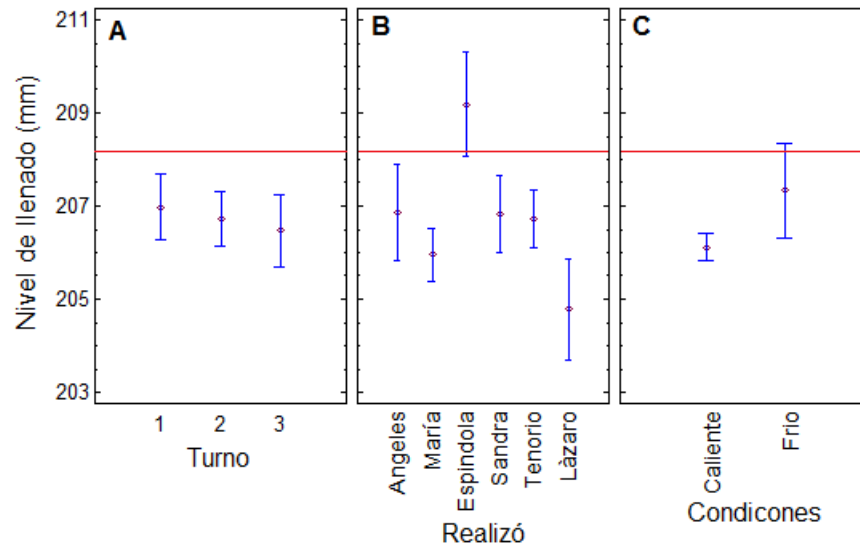


Figura 6. A nivel de llenado vs turno, B nivel de llenado vs realizado, C nivel de llenado vs condiciones. 500 mm.

El turno para el producto con una presentación de 800 mm presentó diferencias significativas ( $V_p < 0,05$ ), siendo mayor para el turno 1 y menor para el turno (Figura 8A). Los operarios presentan diferencias significativas ( $vp < 0,05$ ) respecto al llenado del producto, en especial los operarios Romero y Ángeles son los que presentan menor valor en nivel de llenado, siendo mayor para el operario Jaime (Ver figura 8B). Las condiciones no presentaron diferencias significativas.

El producto con una presentación de 800 mm, debe tener un nivel de llenado de 238.52 mm esto con el fin de evitar que el producto se derrame. Se puede observar que el turno 1 y el operario Jaime sobrepasan este nivel.

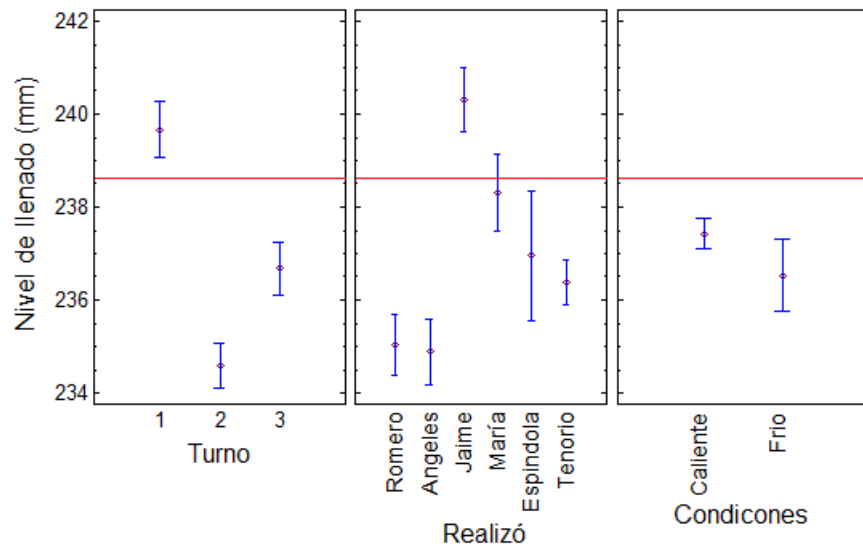


Figura 7. A nivel de llenado vs turno, B nivel de llenado vs realizo, C nivel de llenado vs condiciones. 800 mm.

## **Conclusiones**

El proceso de elaboración del producto Mennen en cualquier presentación no se encuentra bajo control estadístico del proceso.

El producto con una presentación de 250 mm, ninguna de las variables evaluadas sobrepasan las especificaciones; comparado con las presentaciones de 500 y 800 mm, siendo la presentación de 800 mm en la que mas variables sobrepasan las especificaciones.

## **Bibliografía**

Gracia, Luisa y Medina, Teresita. (2000). Aseguramiento de calidad en planta de productos lácteos de la facultad de ciencias agropecuarias de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín – Diseño de Experimentos bajo las buenas prácticas de laboratorio. Universidad Nacional de Colombia. Sede – Medellín. Facultad de Minas. Medellín 2000.

Díaz C, Elizabeth., Díaz Ramos, Carlos., Díaz castellanos, Karla y Franco Zanatta, Mario. (2010). Control estadístico de procesos multivariados mediante Excel. Congreso Internacional de Investigación de Negocios y ciencias Administrativas. Boca del Río, Veracruz 14 y 15 de Octubre, 2010. Pag 15-22.3