



Ecuador – Enero 2017 - ISSN: 1696-8352

## ANÁLISIS DE CAUSA DE LA VARIACIÓN DE DENSIDAD DE CAFÉ SOLUBLE ATOMIZADO Y SU IMPACTO ECONOMICO

Verónica Rafaela Guadalupe Moyano<sup>1</sup>

Leonardo Javier Merino Méndez<sup>2</sup>

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Verónica Rafaela Guadalupe Moyano y Leonardo Javier Merino Méndez (2017): “Análisis de causa de la variación de densidad de café soluble atomizado y su impacto economico”, Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Ecuador, (enero 2017). En línea: <http://www.eumed.net/coursecon/ecolat/ec/2017/cafe.html>

### RESUMEN

La calidad dentro de las empresas es el factor principal en el desarrollo e implementación exitosa de los programas administrativos y de ingeniería para la consecución de las metas en los negocios. El propósito de este estudio fue determinar las causas del problema de la variación de densidad en la producción de café soluble atomizado y su impacto en la producción. El estudio fue conducido en una empresa fabricante de café al granel de la ciudad de Guayaquil en Ecuador. Esta investigación se la realizó en un producto de café soluble atomizado elaborado a partir de café de la variedad robusta, con tueste ligero y para las mediciones se realizó el análisis de capacidad de la producción y para el análisis de problemas se usó herramientas de calidad conocidas como diagrama Ishikawa y del análisis de los Cinco Por Qué. Durante la etapa del análisis de causa, se contó con la participación de personal operativo de producción, calidad y mantenimiento. El resultado de este estudio encontró que las causas raíz incluyen prácticas del personal, métodos de limpieza y políticas de la administración, así como también un grave impacto en pérdidas de producción. Al final de este estudio se proponen las acciones para la mejora, que pueden servir para aplicar en empresas fabricantes de café.

*Palabras clave: variación densidad, diagrama Ishikawa, 5Por qué.*

[ 1] Docente Medio Tiempo. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Facultad de Ingeniería Química

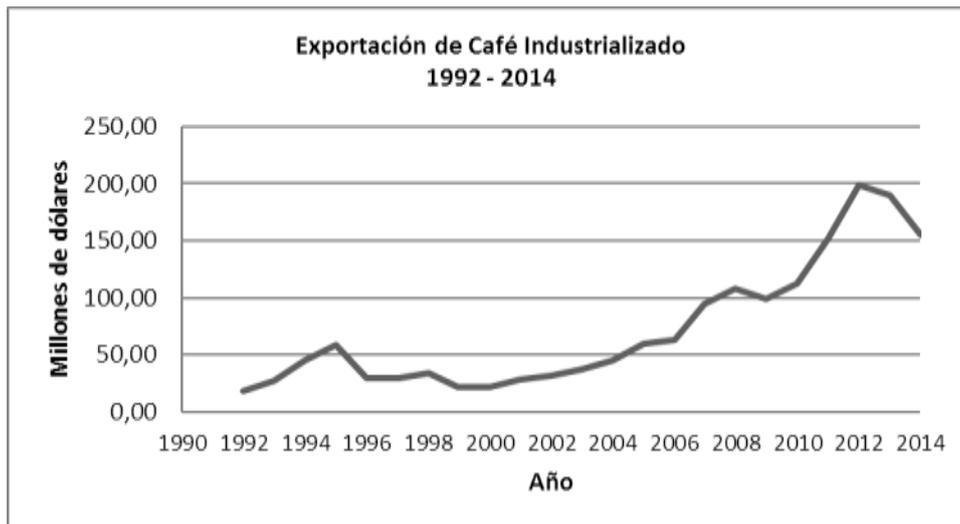
Materias impartidas: Microbiología, Conservación de los alimentos, Control de inventarios, Liderazgo. Correo Electrónico: [vrguadal@espol.edu.ec](mailto:vrguadal@espol.edu.ec)

[ 2] Docente Titular Tiempo Completo. UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Facultad de Ingeniería Química

Materias impartidas: Planificación estratégica, Principios de Economía, Técnicas de Gestión Empresarial, Sistemas de Información Gerencial. Correo Electrónico: [leonardo.merinom@ug.edu.ec](mailto:leonardo.merinom@ug.edu.ec)

## INTRODUCCIÓN

El Ecuador es un país que compite a nivel mundial en el mercado de café soluble, habiendo tenido entre los años 2000 y 2012 un crecimiento vertiginoso en las exportaciones de este rubro que le permitió ubicarse dentro de los cuatro primeros exportadores de café soluble a granel en el mundo (Anecafé, 2015).



**Figura 1. Exportaciones de café industrializado del Ecuador.**

Fuente: Anecafé (2015)

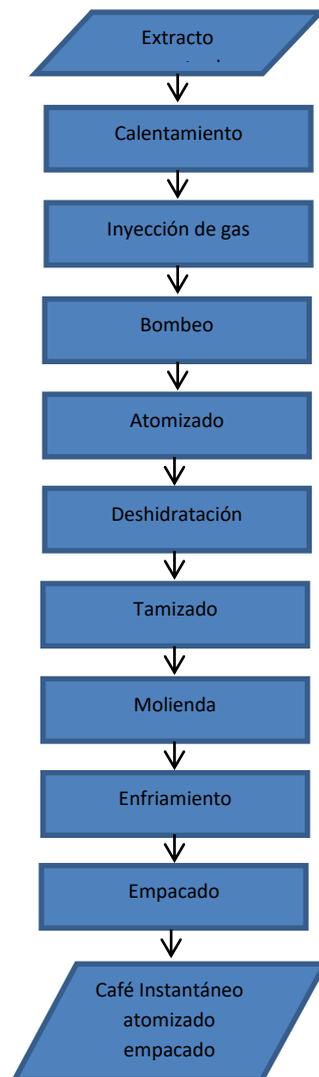
Los participantes nacionales de la producción de café soluble, para asegurar su competitividad en el escenario internacional, requieren un alto nivel de conocimiento en la compra de la materia prima (café verde) así como un alto índice de eficiencia en la producción industrial.

Uno de los principales factores que reducen la competitividad son los costos asociados a los retrabajos, es decir, el reproceso de producto terminado para corregir fallas en el mismo. Las causas de los retrabajos son los incumplimientos a las especificaciones de calidad del producto terminado. Entre éstas, una de las más variables es la densidad libre.

La determinación de densidad libre es una de las dos formas de medir la densidad aparente de café soluble atomizado, la cual se define como ratio de masa por volumen, lo que tiene gran importancia en la eficiencia de su transportación, así como durante la operación del llenado en envases (ISO 8460:1987).

Las condiciones físicas que afectan la densidad aparente del café soluble atomizado son la compactación y el rompimiento de las partículas (ISO 8460:1987), además de la presencia de partículas finas o aglomeradas (Sivetz, M., & Desrosier, N.,1979). Existen factores durante la producción industrial que facilitan dicha compactación y rompimiento de partículas.

El proceso de producción de café atomizado a partir de extracto concentrado de café (56 – 59°Brix), se presenta en el siguiente diagrama de flujo:



**Figura 1. Detalle de la etapa de Secado del Proceso de Elaboración de Café Soluble.**

### **DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

La variación de densidad en el café soluble atomizado afecta el llenado de los envasadores intermedios y finales: si la densidad es muy baja, el volumen del envase se llena hasta el tope sin completar el peso neto requerido y, si es muy alta, quedan espacios de cabeza grandes, los cuales deben llenarse con más producto. El cliente final (envasadores en presentaciones para autoservicios) ha presentado reclamos por sobrellenado ocasionando pérdidas económicas que son asumidas por el fabricante (proveedor del producto a granel).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente se realiza un Análisis de Capacidad para definir si la variable densidad del producto puede de cumplir con las especificaciones de calidad y determinar la magnitud de este cumplimiento (o incumplimiento). Se contó con 1320 datos en subgrupos de 10 unidades por muestra, donde cada subgrupo representa 30 minutos de producción, de esta media tonelada se toma 10 unidades de 100 gramos que constituyen 1 muestra que pesa 1 kilogramo.

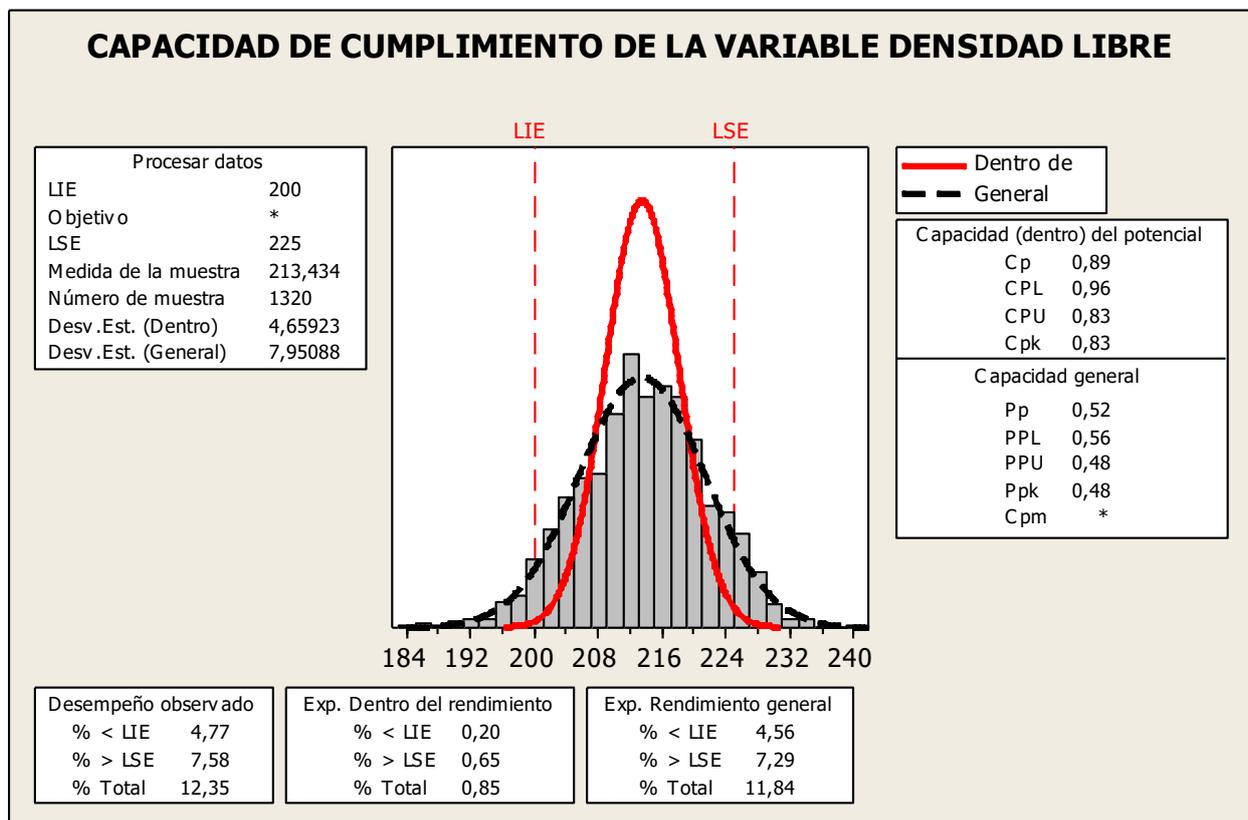
Para este análisis de la variable de estudio fue abordado por un equipo multidisciplinario de trabajo conformado por personal de planta de las áreas de producción, mantenimiento y calidad. Para la identificación de las causas se utilizó el Diagrama Ishikawa, en la modalidad de las 6M: Mano de obra, Materiales, Método, Máquina, Medio ambiente y Medición; luego, para profundizar en cada causa y llegar a la causa raíz, se utilizó la técnica de los 5 Por qué.

El estudio se realizó en un producto de café soluble atomizado elaborado a partir de café de la variedad robusta, con tueste ligero (36 a 40 en escala colorimétrica Photovolt).

## ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE LA VARIABLE DENSIDAD LIBRE

Se realiza un análisis de capacidad con la herramienta MINITAB versión 15 para lo cual se ingresan 1320 datos en subgrupos de tamaño 10.

A continuación, se presenta la gráfica y resultados obtenidos.



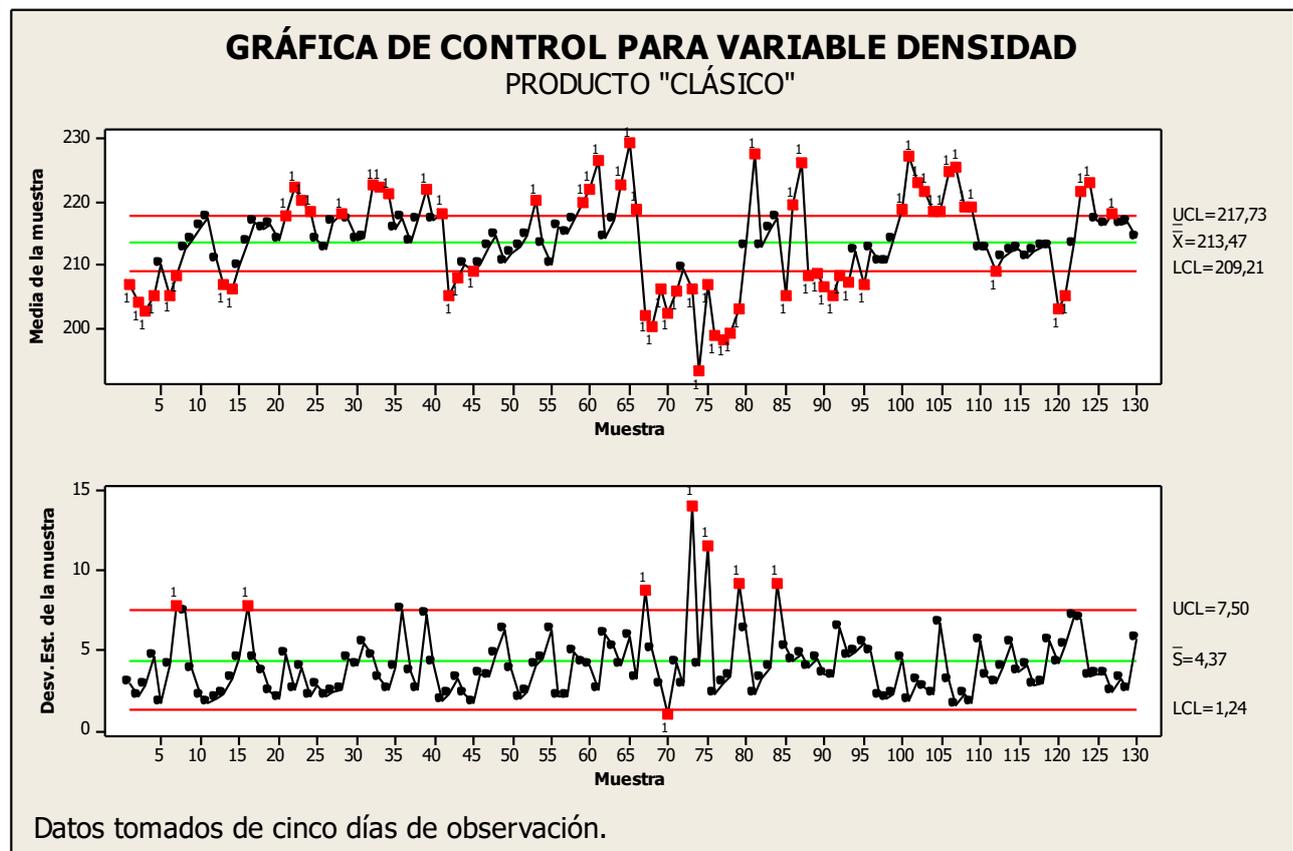
Como podemos observar los indicadores de capacidad general y los de capacidad potencial muestran que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, así como que no está centrado en el valor nominal ya que el Cp y CPK así como el Pp y el Ppk son menores que 1.

El incumplimiento con las especificaciones (200 – 225 g/l) asciende al 11,84%.

### ANÁLISIS DE VARIACIÓN DE LA DENSIDAD

Se usan los mismos datos para la elaboración de la carta de control de la variable Densidad.

La gráfica escogida es la  $\bar{X}-S$ , ya que cuando el tamaño de subgrupo es mayor o igual a 10 se controla mejor la dispersión con la gráfica  $s$  que con la  $R$  (Bestfield, 2009).



Especificaciones de la variable densidad: 200 a 225 g/l.

Interpretación de la carta de control:

Como podemos observar existen muchos valores por fuera de los límites de control calculados a  $3\sigma$  a cada lado de la media por lo que se puede afirmar que la variable densidad está fuera de control. Vemos que además existen puntos que están por fuera de las especificaciones (200 y 225 g/l), lo cual confirma los indicadores  $< 1$  obtenidos en el análisis de capacidad.

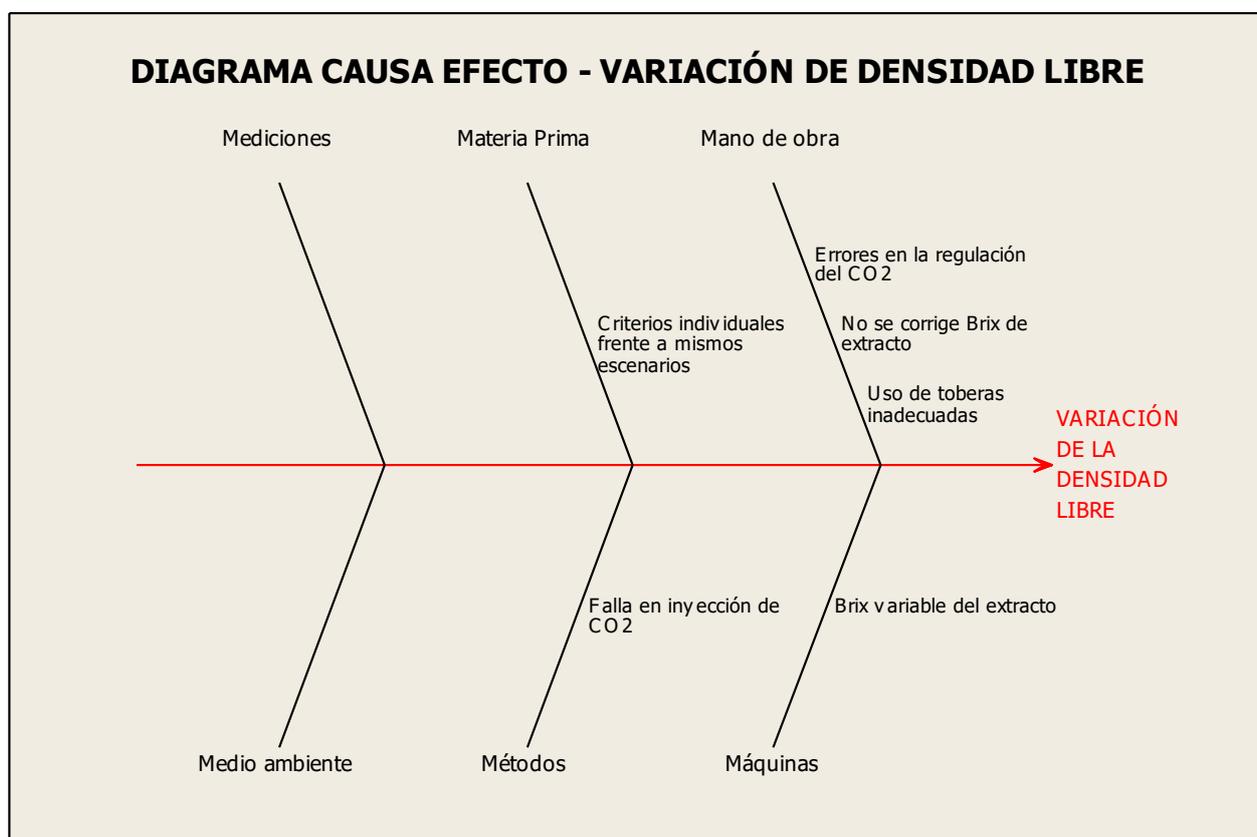
Es necesario hacer un análisis de las causas que ocasionan el incumplimiento de los límites de especificación.

## ANÁLISIS DE CAUSA.

Se utiliza la herramienta diagrama Ishikawa con la participación de un equipo de colaboradores del área de producción, mantenimiento y calidad. Esta herramienta debe alimentarse de las ideas de todos.

Una vez que se han definido las “espinas” principales, se pasa al análisis de cada una de ellas para llegar a la causa. Para esto se ha utilizado la herramienta de los 5 Por qué.

Primera fase: Enumeración de las posibles causas.



**Figura 1. Diagrama Ishikawa para el problema de Rechazo por Densidad.**

Como vemos, las causas identificadas en el primer paso del análisis son:

Materia prima

1. Brix variable del extracto. - Extracto varía en un rango mayor al recomendado (55 – 57°Brix).

Mano de obra:

1. No se corrige el Brix de extracto una vez que se identifica que está fuera del rango de Brix establecido. A mayor Brix mayor densidad y viceversa.
2. Errores en la regulación del gas (CO<sub>2</sub>) lo que causa que la densidad aumente o disminuya.

3. Uso de tobera inadecuadas, lo cual causa una atomización muy fina o muy gruesa lo cual afecta directamente la densidad.

#### Métodos

1. Criterios individuales. - Para resolver los problemas que se presentan cada operador aplica el correctivo que considera según su experiencia, obteniendo como consecuencia resultados diferentes en la calidad del producto.

#### Máquinas

1. Falla en el sistema de inyección de CO<sub>2</sub>. - Lo cual causa una irregular adición del gas afectando directamente la densidad del extracto en línea y del producto final.

#### Segunda fase: Definición de las causas raíz

<b>Materia Prima: Brix variable del extracto</b>	
<b>¿Por qué es variable el Brix del extracto concentrado?</b>	1. Por fallas en la etapa de evaporación (etapa anterior)
<b>¿Por qué varía la etapa de evaporación?</b>	2. Debido a que el flujo de extracto no se controla adecuadamente.
<b>¿Por qué el flujo de extracto no se controla adecuadamente?</b>	3. Por fallas de lectura de los flujómetros.
<b>¿Por qué fallan los flujómetros?</b>	4. Por taponamiento con sedimento de café.
<b>¿Por qué existe taponamiento con sedimento de café?</b>	5. El método de limpieza no es adecuado o la frecuencia no es suficiente.

<b>Mano de Obra: No se corrige el Brix del extracto cuando éste está fuera del rango establecido.</b>	
<b>¿Por qué no se corrigen las variaciones de brix del extracto?</b>	6. Porque no todos los operadores saben cómo corregirlo.
<b>¿Por qué?</b>	7. Porque no se han definido acciones de corrección estandarizadas que todos los operadores puedan aplicar cuando el brix está por fuera del rango establecido.
<b>¿Por qué?</b>	8. Por falta de conocimiento de cómo hacerlo por parte de los supervisores y jefes.
<b>¿Por qué hay falta de conocimiento?</b>	9. Porque no conocen herramientas de calidad para análisis y resolución de problemas.

<b>Mano de obra: Errores en la regulación del gas (CO<sub>2</sub>)</b>	
<b>¿Por qué hay deficiente control de la inyección del CO<sub>2</sub>?</b>	10. El operador no tiene claro cuánto gas inyectar.
<b>¿Por qué?</b>	11. Porque el flujo de CO <sub>2</sub> a inyectar (l/h) depende del Brix de extracto y éste varía. No se han definido valores de

	CO2 para valores de Brix.
<b>¿Por qué?</b>	Volver a respuestas # 1 y # 7

<b>Mano de obra: Uso de tobera inadecuadas</b>	
<b>¿Por qué se usan toberas inadecuadas?</b>	12. Para aumentar la cantidad de producto se colocan toberas de diámetro más grande, sin embargo, toberas de mayor diámetro ocasionan un aumento de la densidad y viceversa en el producto terminado.
<b>¿Por qué se sacrifica el cumplimiento de la especificación de densidad por aumentar la producción?</b>	13. Porque en base a la cuota producida en el día y no en base a la calidad y a la productividad.
<b>¿Por qué?</b>	14. Falta reforzar las políticas de calidad en la empresa.
<b>¿Por qué?</b>	15. No se ha comprendido a la calidad como una herramienta necesaria para maximizar la productividad.

<b>Método: Criterios individuales para resolver los problemas</b>	
<b>¿Por qué los operadores resuelven las diversas situaciones que se les presentan de manera individual?</b>	16. Porque no han determinado acciones de corrección estandarizadas frente a los diferentes escenarios que encuentre el operador
<b>¿Por qué?</b>	Volver a la respuesta #8

<b>Máquina: Falla en inyección de CO2</b>	
<b>¿Por qué existen fallas de inyección de CO2 asociados con los equipos?</b>	17. Por funcionamiento intermitente de las toberas del sistema de inyección de gas.
<b>¿Por qué las toberas pueden fallar en su funcionamiento?</b>	18. Por taponamiento de las mismas
<b>¿Por qué?</b>	19. El método de limpieza no es adecuado o la frecuencia no es suficiente.

## **ANÁLISIS ECONOMICOS**

El cálculo de la afectación económica se la realiza en función de 16 horas de trabajo diarias y como unidad de referencia (1 tonelada). Cada tonelada representa 10 quintales.

El porcentaje de producto fuera de especificación por arriba del límite superior, la cual se toma como referencia como el porcentaje de error para calcular las pérdidas por sobrellenado que tenga el cliente, es de 7,29% LSE

### *Producción diaria normal*

<i>Quintales</i>	<i>Horas diarias</i>	<i>Producción (Quintales)</i>	<i>Producción (Toneladas)</i>
10	16	160	16

### *Producción diaria con variación de densidad*

<i>Quintales</i>	<i>Horas diarias</i>	<i>Producción (Quintales)</i>	<i>Producción (Toneladas)</i>
9,21**	16	147,36	14,7

\* El cálculo se lo realizó con una variación de 7,29%

La diferencia entre la producción diaria sin errores es de 160 y la producción diaria con errores es de 14,7, dando como resultado que existe una diferencia de 12,64 quintales.

## **RESULTADOS**

Como resultados del análisis realizado se determinan las siguientes causas raíz:

- ✓ Métodos o frecuencias de limpieza no están siendo adecuados o suficientes.
- ✓ Se mide al personal por la cuota de producción y no por la calidad y la productividad.
- ✓ Los operadores aplican criterios distintos para corregir problemas en la línea.
- ✓ Los supervisores y jefes no conocen las herramientas de análisis y resolución de problemas.
- ✓ La política de calidad de la empresa es débil.

De las causas raíz definidas, se despliegan las siguientes acciones correctivas para la mejora:

- ✓ Mejorar los métodos de limpieza actuales y sus frecuencias.
- ✓ Definir indicadores para medir resultados del personal que vayan direccionados hacia la calidad y productividad.
- ✓ Determinar acciones de corrección a tomar cuando se presentan novedades en la producción. De esta manera todos los operadores sabrán qué hacer y se evitará la práctica de prueba y error.
- ✓ Realizar una campaña de capacitación a todo nivel jerárquico en temas de calidad.

## CONCLUSIONES.

- ✓ Líneas con restos de café acumulados causan variación en la medición de flujo del extracto simple de café, lo cual puede causar altibajos durante la etapa de evaporación, ocasionando que el extracto concentrado tenga Brix variable.
- ✓ Reducir la tasa de producción para asegurar calidad, cuando es necesario, no es bien visto por los superiores porque los trabajadores son calificados por la cantidad producida (toneladas por día) y no por la calidad del producto obtenido (toneladas aprobadas por día).
- ✓ Las correcciones en línea realizadas para mejorar la calidad del producto cuando existen fallas, no son siempre eficaces porque dichas acciones no están estandarizadas. Cada operador aplica las medidas que considera adecuadas y no necesariamente todos los operadores tienen los mismos criterios.
- ✓ Se requiere implementar un programa de formación en temas de calidad, específicamente un programa de aprendizaje de herramientas de análisis de problemas podría ayudar a solucionar varios de los problemas que actualmente se presentan.
- ✓ Las causas del problema de variación de densidad de café soluble atomizado detectadas en este estudio no requieren alta inversión para ser solucionadas, sino la aplicación de política de calidad, criterios de medición del personal basado en resultados de productividad y calidad, capacitación, revisión de los métodos de limpieza y estandarización de acciones de corrección cuando se presentan fallas.

## BIBLIOGRAFÍA

ANECAFE. (2015). *Estadísticas*. Obtenido de <http://www.anecafe.org.ec/cafe-ecuador/estadisticas>.

Bestfield, D. (2009). *Control de Calidad* (Octava edición ed.). México: Pearson Prentices Hall.

Centro de Comercio Internacional. (Enero de 2011). *Café Soluble. Perspectiva*. Obtenido de <http://www.laguiadelcafe.org/guia-del-cafe/los-mercados-del-cafe/Cafe-soluble%e2%80%93perspectiva/?menuID=2950>

Chen, R., & Chung, C. (2002). Cause-Effect Analysis for Target Costing. *Management Accounting Quarterly (Winter)*.

COFENAC. (2013). *SITUACIÓN DEL SECTOR CAFETALERO ECUATORIANO. DIAGNÓSTICO*. Portoviejo.

Consejo Internacional del Café. (2013). *Comercio Mundial de Café Soluble*. Londres, Reino Unido.

Gutierrez, H. (2010). *CALIDAD TOTAL Y PRODUCTIVIDAD*. México D.F.: McGrawHill.

Gutierrez, H., & De la Vara, R. (2013). *CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD Y SEIS SIGMA*. México: McGrawHill.

INEN. (Febrero de 2000). NTE INEN 1122.2000. *CAFÉ SOLUBLE REQUISITOS*.

Lowenthal, J. (2002). *GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE UN PROYECTO SEIS SIGMA*. España: FC Editorial.

Medina, J., Ortiz, F., Franco, C., & Aranzazú, C. (2010). *Matriz de Priorización para la toma de decisiones*. Obtenido de [http://sigp.sena.edu.co/soporte/Plan/03\\_Matriz%20de%20priorizacion](http://sigp.sena.edu.co/soporte/Plan/03_Matriz%20de%20priorizacion)

Montgomery, D. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* (Sexta ed.). Estados Unidos : Wiley.

NIRO A/S. (2004). *Tecnología de la Leche en Polvo Evaporación y Secado por Atomización*. Copenhagen, Dinamarca.

NIST/SEMATECH. (2012). *Engineering Statistics Handbook*.

Organización Internacional de Café (OIC) (2013). Comercio Mundial de Café Soluble. *Consejo Internacional del Café 110º Período de sesiones 4 - 8 de marzo 2013*. Londres, Reino Unido.

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2005). *Sistemas de Gestión de Calidad. Fundamentos y Vocabulario. ISO9000:2005*. Ginebra, Suiza.

Organización Internacional de Normalización (ISO) (1987). *Instant Coffee - Determination of free flow and compacted bulk densities. ISO 8460:1987*. Ginebra, Suiza.

Pyzdek, T., & Keller, P. (2010). *The Six Sigma Handbook*. USA: McGrawHill.

Serrat, O. (Febrero de 2009). *The Five Whys Technique*. (K. Solutions, Ed.) Obtenido de <http://digitalcommons.ilr.cornell.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1200&context=intl>

Sivetz, M., & Desrosier, N. (1979). COFFEE TECHNOLOGY. Wesport, Connecticut, USA: AVI PUBLISHING COMPANY.