

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

**PROYECTO DE GRADUACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD Y LA CALIDAD**

**“APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CALIDAD EN EL
MEJORAMIENTO DE PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ
ATOMIZADO”**

**AUTORA:
VERÓNICA RAFAELA GUADALUPE MOYANO**

Guayaquil – Ecuador

AÑO

2015

AGRADECIMIENTO

A DIOS, A MI FAMILIA, A MI TUTOR, PROFESORES Y COMPAÑEROS DE MAESTRÍA, A MI EX JEFE Y A TODAS LAS PERSONAS QUE COLABORARON CON SUS CONOCIMIENTOS EN LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

UN ESPECIAL AGRADECIMIENTO A LA EMPRESA DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ DONDE LABORÉ. CRECÍ COMO PERSONA Y PROFESIONAL. GRACIAS POR TODO LO APRENDIDO.

DEDICATORIA

A MI MADRE Y HERMANOS Y A MIS
EX COMPAÑEROS DE TRABAJO
JORGE, RODOLFO Y MAGDA.

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.



VERÓNICA RAFAELA GUADALUPE MOYANO

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Master Dalton Noboa Macías
PRESIDENTE



PhD. Omar Ruiz Barzola
DIRECTOR DE PROYECTO DE
GRADUACIÓN



MPC. Diana Montalvo Barrera
VOCAL

FIRMA DE AUTOR

A handwritten signature in blue ink that reads "Verónica Guadalupe". The signature is stylized with a large loop for the letter 'V' and a horizontal line underlining the name.

VERÓNICA RAFAELA GUADALUPE MOYANO

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO.....	1
1.1. Importancia del café como materia prima y producto terminado en Ecuador	1
Producción de Café en Ecuador.....	1
1.2. Descripción del proceso de producción de café soluble atomizado.....	5
1.2.1. La empresa de estudio.....	5
1.2.2. Descripción del producto	5
1.2.3. Descripción del proceso de elaboración de café atomizado	8
1.3. Descripción del problema científico	12
1.3.1. Reproceso.....	13
1.3.2. Reclamaciones	14
1.4. Justificación de la investigación.....	15
1.5. Objetivos del Estudio	15
1.5.1. Objetivo general.....	15
1.5.2. Objetivos específicos	16
1.6. Alcance.....	16
1.7. Estado del arte	16
1.7.1. Reflexión acerca del estado del arte citado.....	19
CAPÍTULO II.....	20
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. El ciclo PHVA.....	20
2.2. Herramientas de la Calidad	21
2.2.1. Diagrama de Pareto.....	22
2.2.2. Estratificación	23
2.2.3. Diagrama Causa Efecto.....	23
2.2.4. Técnica de las Cinco Por qué.....	26
2.2.5. Diagrama de Dispersión.....	26
2.2.6. Histograma	27

2.2.7. Gráficas de Control	27
2.2.8. Matriz de Priorización.....	31
CAPÍTULO III.....	32
3. ANÁLISIS DE CAUSA.....	32
3.1. Metodología a seguir.....	32
3.2. Delimitación del Problema.....	33
3.2.1. Selección de los productos con mayor porcentaje de reproceso.....	34
3.2.2. Definición de las principales causas de rechazo en los productos seleccionados.....	35
3.3. Gráficas de control de características de calidad que son causa de rechazo	39
3.3.1. Gráficas de control de características de calidad del producto “Clásico”.....	39
3.3.2. Gráfica de control de características de calidad del producto “Textura”.....	43
3.3.3. Gráficas de control de características de calidad del producto “Terra”	47
3.4. Análisis de causa de los rechazos.....	53
3.4.1. Análisis de causa de los rechazos de producto por Densidad.....	53
3.4.2. Análisis de causa de los rechazos de producto por Fluidez.....	60
3.4.3. Análisis de causa de los rechazos por Espuma	63
3.4.4. Análisis de causa de los rechazos por Humedad	67
3.4.5. Análisis de causa de los rechazos por Color.....	71
3.4.6. Análisis de causa de los rechazos por Sedimento.....	74
3.4.7. Resultado final del análisis de causa.....	76
CAPÍTULO IV.....	78
4. Propuesta de Mejora.....	78
4.1. Definición de las actividades de mejora para cada causa identificada.....	80
4.2. Impacto de las acciones de mejora sobre el problema de reproceso.....	80
4.3. Presupuesto para la ejecución de las actividades de mejora	82
4.4. Priorización de las actividades de mejora	85
4.5. Propuesta para la implementación de las actividades de mejora	86
4.5.1. Propuesta de política empresarial basada en la productividad y calidad.....	87
4.5.2. Determinación del programa de limpieza de equipos.....	88
4.5.3. Propuesta para Innovar la medición de resultados del personal basados en la productividad y calidad.....	97
4.5.4. Propuesta para la determinación de rangos de trabajo y estandarización de acciones de corrección	98
4.5.5. Propuesta para mejorar la competencia técnica de los mandos medios.....	100

4.5.6. Implementación de control de variables de producto terminado por parte del operador en línea.....	103
4.5.7. Adquisición de equipos auxiliares de mayor capacidad: Filtro de extracto y Ciclones de cámara de secado.....	104
4.6. Seguimiento de las acciones de mejora.....	104
4.7. Análisis de retorno de la inversión.....	109
4.8. Ventajas intrínsecas de la implementación del plan de mejoramiento	109
 CAPÍTULO V.....	 110
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
5.1. Conclusiones	110
5.2. Recomendaciones.....	113
 ANEXOS	 114
Análisis FODA para el desarrollo de las estrategias de mejora.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Exportaciones de café atomizado y liofilizado y participación porcentual de la empresa de estudio. Años 2012 a 2014.....	4
Tabla 2. Requisitos microbiológicos para el Café Soluble	7
Tabla 3. Relación de reclamos recibidos y producto liberado a clientes	14
Tabla 4. Pasos en la resolución de problemas siguiente la metodología PHVA	21
Tabla 5. Límite central y límites de control de las gráficas X barra y R y X barra y S. 29	
Tabla 6. Línea central y límites de control de las gráficas p, np, C, u	30
Tabla 7. Producción de café atomizado. Enero a Junio de 2014	33
Tabla 8. Producción total y Reproceso de Enero a Junio de 2014.....	34
Tabla 9. Causas de rechazo de producto “Clásico”	36
Tabla 10. Causas de Rechazo de producto “Textura”	37
Tabla 11. Causas de rechazo de producto “Terra”	38
Tabla 12. Causas identificadas para el problema de rechazo.....	77
Tabla 13. Proyección de la mejora.....	78
Tabla 14. Definición de las actividades de mejora para cada causa identificada	80
Tabla 15. Definición del nivel de impacto de las causas identificadas sobre el problema de reproceso	81
Tabla 16. Descripción de tareas, presupuesto y tiempo de ejecución por actividad.....	83
Tabla 17. Matriz de priorización para las actividades de mejora.	85
Tabla 18. Datos de tiempos de fallos de inyectores de CO2 por taponamiento.	90
Tabla 19. Datos de Tiempos de fallo de Cámara de Secado por falta de limpieza.....	93
Tabla 20. Matriz de seguimiento de las Acciones de Mejora	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales zonas cafetaleras del Ecuador.....	1
Figura 2. Exportaciones de café industrializado del Ecuador.....	2
Figura 3. Principales exportadores de café soluble. Promedio (2000 – 2011)	3
Figura 4. Diagrama de flujo de Proceso de Elaboración de Café Soluble.....	8
Figura 5. Detalle de la etapa de Secado del Proceso de Elaboración de Café Soluble....	9
Figura 6. Definición del problema científico.....	13
Figura 7. Representación de un Diagrama Ishikawa.	24
Figura 8. Representación de una Gráfica de Control, con su línea central y límites superior en inferior de control.....	28
Figura 9. Diagrama de flujo de las etapas a seguir durante la realización del presente estudio.....	32
Figura 10. Diagrama de Pareto de Producto rechazado por Producto	35
Figura 11. Diagrama de Pareto de Defectos que causan rechazo en el producto “Clásico”	36
Figura 12. Diagrama de Pareto de Defectos que causan rechazo en el producto “Textura”	37
Figura 13. Diagrama de Pareto de Defectos que causan rechazo en el producto “Terra”.	38
Figura 14. Gráfica de control para la variable Fluidez del producto “Clásico”	40
Figura 15. Gráfica de control para la variable Densidad del producto “Clásico”	41
Figura 16. Gráfica de control para la variable Humedad del producto “Clásico”.	42
Figura 17. Gráfica de control para la variable Densidad del producto “Textura”.	43
Figura 18. Gráfica de control para el atributo Espuma del producto “Textura”	45
Figura 19. Gráfica de control para variable Color del producto “Textura”.	46
Figura 20. Gráfica de control para variable Densidad del producto “Terra”	47
Figura 21. Gráfica de control para variable Humedad del producto “Terra”.	48
Figura 22. Gráfica de control para la variable Color del producto “Clásico”	50
Figura 23. Gráfica de control para la variable Fluidez del producto “Clásico”	51
Figura 24. Gráfica de control para el atributo Sedimento del producto “Terra”.	52
Figura 25. Diagrama Ishikawa para el problema de Rechazo por Densidad.	54
Figura 26. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por fluidez.	60

Figura 27. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Espuma.....	64
Figura 28. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Humedad.....	67
Figura 29. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Color.	71
Figura 30. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Sedimento.	74
Figura 31. Histograma para Tiempos de Fallo de Inyectores de CO2.....	90
Figura 32. Gráfica de probabilidad de tiempos de fallo de inyectores de CO2	91
Figura 33. Gráfica de función de distribución acumulada para tiempos de fallo de inyectores de CO2.....	92
Figura 34. Histograma tiempos de fallo de Cámara de Secado	94
Figura 35. Gráfica de probabilidad de tiempos de fallo de Cámara de secado.....	95
Figura 36. Gráfica de función de distribución acumulada para tiempos de fallo de inyectores de CO2.....	96
Figura 37. Gráfica de control de Brix de Extracto de café	99

INTRODUCCIÓN

El café soluble es un producto cuya demanda está en crecimiento y que actualmente tiene gran competencia a nivel mundial. Los fabricantes del producto a granel que proveen a las empresas dueñas de marcas privadas luchan diariamente por mantener su puesto como proveedor acogiéndose principalmente a la competitividad por precio.

Para asegurar esta competitividad se requiere un alto nivel de conocimiento y destreza en la compra de la materia prima (café verde) así como un alto índice de eficiencia en la producción industrial.

El Ecuador es un país que, aunque pequeño, tiene importante presencia como proveedor de café instantáneo en los países de Europa del Este, y quiere aprovechar las oportunidades que se están abriendo en Asia. Sin embargo, la competencia ha crecido peligrosamente debido a la presencia de nuevas fábricas cerca de las zonas de mayor producción de café en el mundo, ganando de esta manera gran ventaja en cuanto al costo de la provisión de la materia prima, además de contar con tecnologías que permiten reducir el consumo de recursos y asegurar procesos estables que produzcan café de calidad adecuada para los clientes.

Por tal motivo, se hace urgente considerar y minimizar todo riesgo para la productividad y eficiencia de los procesos de producción nacional.

El proceso productivo analizado en el presente estudio corresponde a una fábrica que tiene más de treinta años de experiencia en la producción de café instantáneo atomizado y aglomerado y casi veinte en la producción de café liofilizado, y que ha desarrollado un know how sólido que ha permitido ganar clientes de gran importancia y mantenerlos a lo largo del tiempo. Sin embargo, en los últimos años se ha presentado un alarmante aumento del producto rechazado por incumplimiento de las especificaciones de calidad, lo que a su vez ha causado un aumento importante en el reproceso y por tanto un impacto directo a la productividad y eficiencia.

Para abordar este problema, se hace necesario desarrollar un estudio técnico y metódico que permita identificar los problemas y sus causas de origen, por lo cual se ha escogido la utilización de las herramientas de calidad conocidas y difundidas dentro de la ingeniería de la calidad.

Las herramientas de calidad permiten la participación del personal (fuente del conocimiento), así como la discriminación, a lo largo del análisis, de las causas prioritarias a ser resueltas, culminando con el desarrollo de un plan de mejora que permita disminuir drásticamente el índice de reproceso y preservar la competitividad.

CAPÍTULO I

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA CIENTÍFICO

1.1. Importancia del café como materia prima y producto terminado en Ecuador

Producción de Café en Ecuador

En el Ecuador se producen las especies de café Arábica (*Coffea Arabica*) y Robusta (*Coffea Canephora*) en diferentes zonas de las cuatro regiones geográficas. Estas dos especies tienen diferentes características en cuanto a calidad organoléptica, rendimiento de la tierra y rendimiento de la producción industrial. El Café Arábico provee notas dulces, frutales y delicadas a la bebida, mientras que el Café Robusta se destaca por su cuerpo y amargor.

En la Figura 1 se muestran las zonas de producción de café arábica y robusta en el Ecuador.

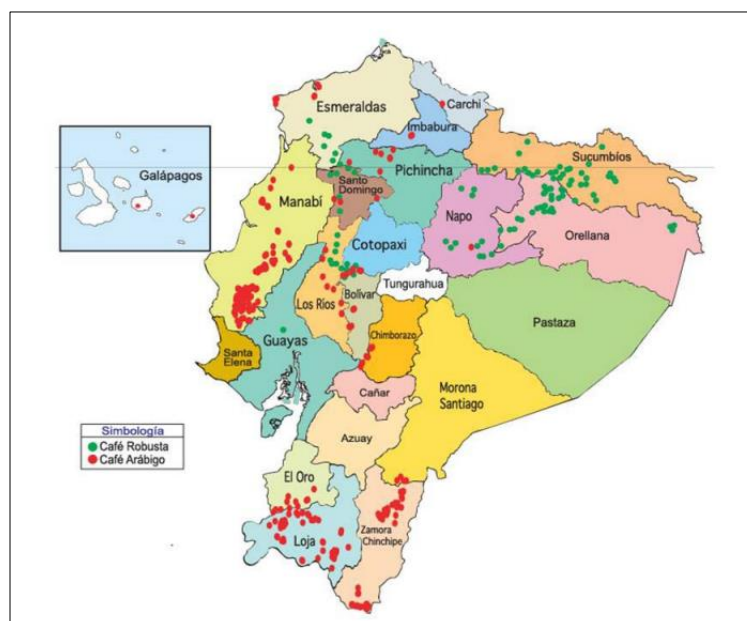


Figura 1. Principales zonas cafetaleras del Ecuador

Fuente: Cofenac (2013)

La producción de café en el Ecuador no es tecnificada en su mayor parte (85%), prevaleciendo el manejo tradicional. Esto ha ocasionado un resultado de bajo rendimiento de la tierra a lo largo del tiempo y una reducción de las hectáreas destinadas al cultivo de café. Del año 2000 al año 2012 ha habido una reducción del 50% en la producción de café (COFENAC, 2013).

Es por este motivo que la industria de café instantáneo ha tenido que proveerse de café importado, principalmente de los países de Vietnam e Indonesia, para el caso de Café Robusta, y de Brasil, Centroamérica y Perú, para Café Arábico, lo cual suma costos que afectan la competitividad del producto terminado, suponiendo una desventaja frente a fábricas localizadas en las zonas de producción de la materia prima.

Exportaciones

Pese a la limitación de la producción de la materia prima en suelo nacional, las exportaciones de café industrializado (tostado, tostado y molido, instantáneo atomizado, instantáneo aglomerado e instantáneo liofilizado) han tenido un crecimiento vertiginoso y con pocas caídas desde el año 1992 hasta 2014. Esto se puede apreciar en la Figura 2.

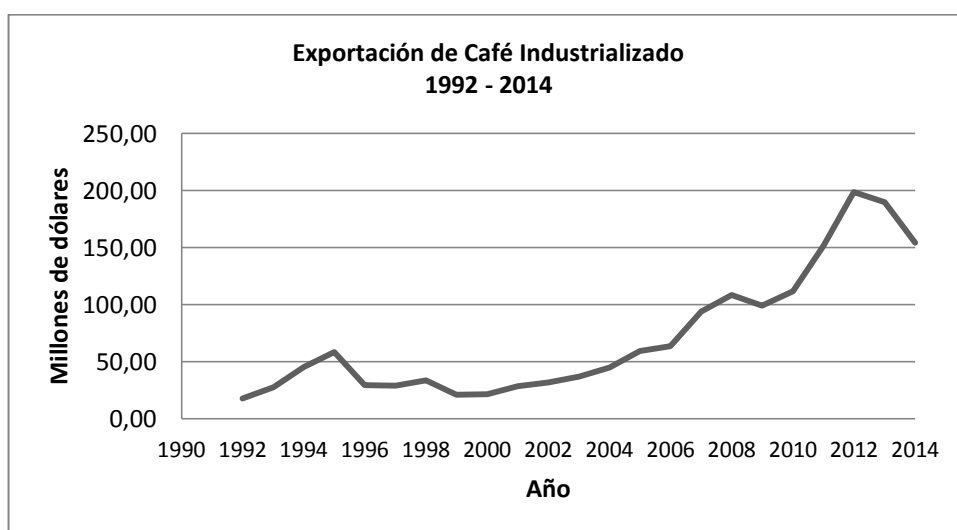


Figura 2. Exportaciones de café industrializado del Ecuador.

Fuente: Anecafé (2015)

En el ámbito internacional el Ecuador tiene una participación importante en la cantidad de café soluble exportado a los diferentes destinos.

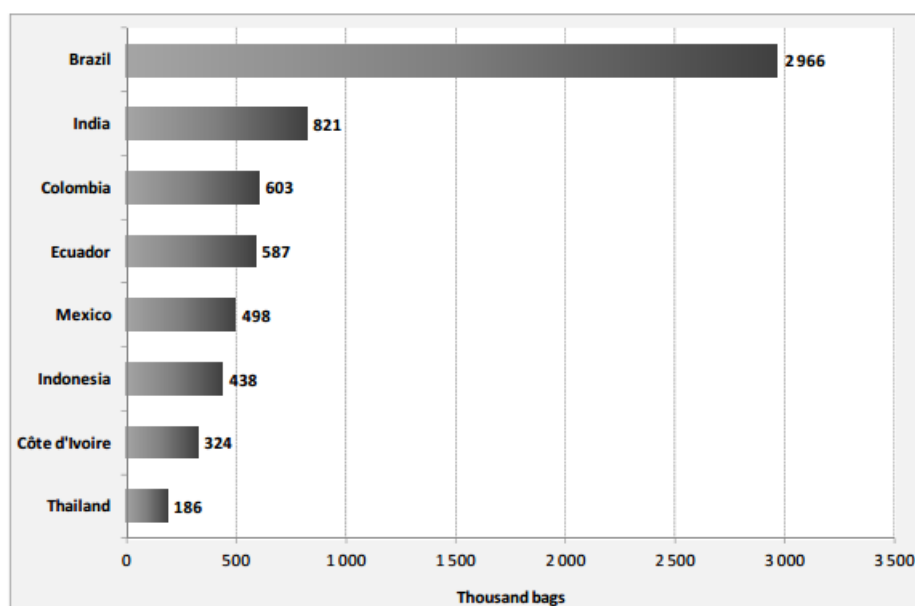


Figura 3. Principales exportadores de café soluble. Promedio (2000 – 2011)

Fuente: Consejo Internacional del Café (2013)

En la actualidad los principales destinos de estos productos de café son Alemania, Polonia, Rusia y otros países de Europa Central y del Este.

En Ecuador, la exportación de café liofilizado ha crecido a la vez que la de café atomizado ha disminuido debido a la demanda de mayor valor agregado por parte de los países mencionados. En la Tabla 1 se observan las exportaciones anuales de café atomizado y liofilizado en el lapso 2012 – 2014. Se puede observar también la participación porcentual de la empresa de estudio en las exportaciones ecuatorianas.

Tabla 1. Exportaciones ecuatorianas de café atomizado y liofilizado y participación porcentual de la empresa de estudio. Años 2012 a 2014.

Año	Exportaciones de Café atomizado (USD)	Porcentaje de participación de la empresa de estudio	Exportaciones de Café liofilizado (USD)	Porcentaje de participación de la empresa de estudio
2012	\$ 112.195.906,95	80%	\$ 85.898.353,15	94%
2013	\$ 75.543.431,31	77%	\$ 113.739.773,32	96%
2014	\$ 74.012.942,58	78%	\$ 79.837.584,09	94%

Fuente: Anecafé (2015)

Tendencias del consumo de café soluble

Según la OIC (Organización Internacional de Café, 2013) la tasa de crecimiento de la exportación de café soluble entre los años 1990 y 2011 fue del 5,2%, siendo mayor en los últimos años. Los países de mayor crecimiento fueron Ecuador y Tailandia.

De todo el café exportado al mundo, la participación de café soluble atomizado y aglomerado es del 70% y la diferencia es café liofilizado. La industria del café liofilizado ha tenido progresos importantes desde el año 2004, aunque su manufactura es más cara que la de café atomizado (Centro de Comercio Internacional, 2011).

Este comportamiento permite tener un futuro promisorio en cuanto al crecimiento de las exportaciones de café soluble.

1.2. Descripción del proceso de producción de café soluble atomizado

1.2.1. La empresa de estudio

La empresa de estudio, es una fábrica de producción de café instantáneo que funciona en la ciudad de Guayaquil y tiene una importante participación en las exportaciones ecuatorianas, tal como se pudo observar en la Tabla 1.

Tiene una capacidad instalada para producir 22.000 Ton al año de los tres tipos de café instantáneo: café atomizado, café aglomerado y café liofilizado, convirtiéndose para el 2013 en una de las principales proveedoras de café instantáneo del mundo para marcas privadas. La capacidad productiva de la línea de café atomizado es de 660 ton/mes.

Los clientes de la empresa son envasadores de marcas privadas de Europa Central y Europa del Este, por lo que el producto se exporta a granel.

1.2.2. Descripción del producto

Café soluble (café instantáneo o extracto de café deshidratado).- Es el producto que resulta de la deshidratación del extracto acuoso, obtenido exclusivamente de granos de café recientemente tostados y molidos, por métodos físicos, usando el agua como único elemento transportador (INEN, 2000).

Café soluble atomizado es el café instantáneo que ha sido obtenido por un proceso en el cual el extracto acuoso de café es atomizado en atmósfera caliente y transformado en partículas secas por evaporación del agua (INEN, 2000).

El café instantáneo atomizado o Spray Dried Coffee es un producto con aspecto de polvo seco y color café que al ser mezclado con agua se disuelve instantáneamente presentando las propiedades organolépticas naturales de una bebida clásica de café obtenida de la infusión de café tostado y molido.

Este producto es obtenido a partir de su única materia prima, café de la variedad arábica (*Coffea arabica*) y/o robusta (*Coffea canephora*), de la cual se obtiene primero el extracto ligero, el cual luego se concentra y finalmente se deshidrata por atomización en una torre de secado a alta temperatura.

Especificaciones del producto.-

Dependiendo de los requerimientos del cliente y del país de destino, el producto puede variar en sus requerimientos físicos, químicos y microbiológicos. A continuación se muestra una descripción general de las características del producto:

Características físicas:

- ✓ Humedad: Máximo 3,5%
- ✓ Color: 60 – 70 con escala colorimétrica PhotoVolt
- ✓ Densidad libre: Dependiendo de los requerimientos del cliente puede ir desde 180 g/l hasta 220 g/l.
- ✓ Fluidez: Máximo 42 ml
- ✓ Filtración: Aceptable (sin impurezas retenidas en filtro)
- ✓ Aspecto Visual: Libre de partículas extrañas.
- ✓ Perfil organoléptico: Olor y sabor natural a café según perfil aprobado por clientes. Libre de olores y sabores extraños.

Características químicas (INEN, 2000):

- ✓ pH: 4,7 – 5,5
- ✓ Micotoxinas:
 - Ocratoxina: 10 ppb
- ✓ Carbohidratos
 - Glucosa total: 2,6%
 - Fructosa libre: 1,0%

✓ Características microbiológicas: Ver Tabla 2

Tabla 2. Requisitos microbiológicos para el Café Soluble

Requisitos	Límite máximo
REP UFC/g Recuento total de microorganismos aerobios mesófilos	$5,0 \times 10^3$
Coliformes totales NMP / g	$< 3 \times 10^0$
E. Coli NMP / g	$< 3 \times 10^0$
Mohos y levaduras UPC / g	$1,0 \times 10^2$

Fuente: NTE.INEN 2000 Café Soluble. Requisitos

1.2.3. Descripción del proceso de elaboración de café atomizado

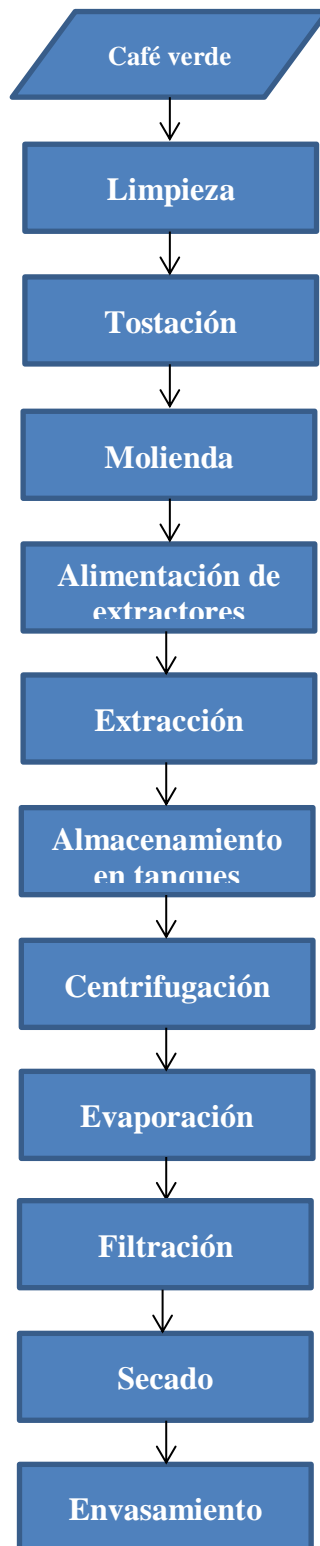


Figura 4. Diagrama de flujo de Proceso de Elaboración de Café Soluble

Elaborado por Verónica Guadalupe

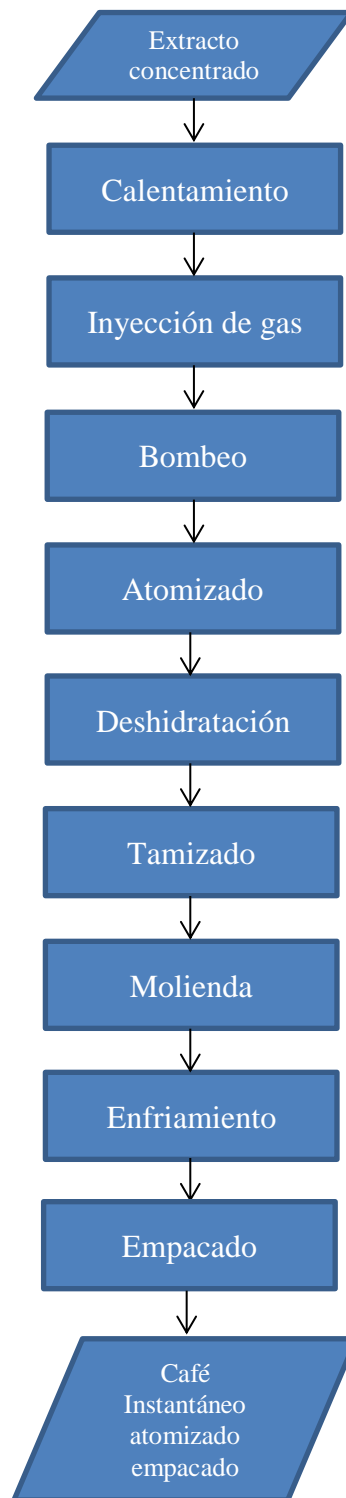


Figura 5. Detalle de la etapa de Secado del Proceso de Elaboración de Café Soluble.

Elaborado por Verónica Guadalupe

- Limpieza.- A través de un sistema de máquinas densimétricas en secuencia y de un sistema de succión, se logra separar el grano de café de impurezas como cáscara, tamo (polvillo) y piedras. Posteriormente se envía el grano limpio a silos de almacenamiento en espera del proceso de tostación.
- Tostación.- El café verde limpio es pesado por paradas de entre 300kg y 450kg, según la capacidad del tostador. Mientras se va ejecutando la tostación el café va sufriendo cambios físicos, químicos y organolépticos hasta llegar a desarrollar las características deseadas de color, aroma y sabor. La temperatura va aumentando gradualmente hasta llegar a valores cercanos a 250°C. Para terminar la tostación, una vez descargado el café a la tina de enfriamiento, se utiliza un sistema de agitación / aireación combinado con un sistema de introducción de agua tipo ducha denominado Quenching.
- Molienda.- Se hace pasar al café tostado por molinos para reducir su tamaño para de esta manera facilitar la extracción de sólidos solubles y obtener un extracto de mejor calidad organoléptica y de alto rendimiento. La granulometría tiene gran influencia sobre la extracción ya que determina la uniformidad de las partículas así como la disposición de las mismas en los extractores (Sivetz & Desrosier, 1979).
- Extracción o Percolación.- Proceso en el que el café tostado y molido se somete a un baño de agua caliente a alta temperatura, presión y flujo, para extraer los sólidos solubles y parte de los insolubles del café. Cada fábrica define los parámetros de extracción que le permita obtener la mayor cantidad de sólidos solubles (rendimiento) y un perfil organoléptico del extracto aceptable.
- Centrifugación.- Etapa necesaria para separar los sólidos insolubles y los alquitranes (lodos) extraídos durante el proceso de extracción. Mediante la fuerza centrífuga a la que somete al extracto, se logra separar los

componentes de mayor densidad, dejando el extracto libre de éstos y por lo tanto clarificándolo.

- **Evaporación.-** Previo a la deshidratación es necesario reducir el contenido de agua del extracto, que originalmente tiene 85 – 88% de agua, para facilitar la operación posterior de secado y ahorrar energía.

En la fábrica de estudio el equipo utilizado es un evaporador de película descendente, tubular de tres etapas, logrando una concentración del extracto hasta un 50% de sólidos solubles.

- **Secado por Atomización.-** Se lo realiza en una torre de secado (altura 30 m aproximadamente) que cuenta con toberas de diámetro conocido en la parte superior y una corriente de aire caliente como medio de transferencia de calor.

El extracto concentrado es inyectado a la torre de secado a través de toberas formando un “cono” de producto atomizado. La alta temperatura de la corriente de aire ($T > 200^{\circ}\text{C}$) en contacto con las gotitas de extracto permite su deshidratación a lo largo de la caída en la torre, obteniéndose finalmente producto seco (humedad $\leq 3,5\%$).

- **Tamizado.-** Una vez terminado el proceso de secado, se obtiene partículas de café soluble de tamaño heterogéneo, por lo que se lo hace pasar por un tamiz de malla de 2 mm para eliminar partículas grandes producto de la aglomeración de café durante el secado debido a la humedad remanente.

- **Molienda.-** Etapa alterna utilizada cuando se requiere ajustar el tamaño de la partícula o la densidad. Una vez molido el producto cae a una tolva para la etapa de envasamiento.

- **Enfriamiento.-** Es necesario bajar la temperatura del producto a 30°C o menos, con la finalidad de que el producto no se pegue o aglomere. Esto se logra con el uso de un anillo de agua helada que pasa alrededor de la tolva y

que permite que el calor sea transferido desde el café hacia el medio de enfriamiento.

- Envasamiento.- Se envasa en cajas de 25 kg (granel) a un ritmo de 40 cajas por hora (1000 kg/h). El ambiente del cuarto de envasamiento debe ser lo más fresco y seco posible para evitar que el producto se humedezca y aglutine.

1.3. Descripción del problema científico

En la fábrica de estudio la producción de café atomizado tiene altos índices de rechazo de producto terminado debido al incumplimiento de las especificaciones de sus características de calidad. Todo el producto rechazado es destinado al reproceso, ocasionando el consecuente consumo adicional de recursos: mano de obra, equipos, suministros y material de empaque, afectando la eficiencia de la operación.

En ocasiones los defectos presentes en el producto, por ser muchos, no son detectados durante la realización de los análisis de control de calidad llegando hasta el cliente, dando como consecuencia reclamos por fallas de calidad.

Pese a que se realiza la corrección en línea cuando aparecen los problemas de calidad en el producto, éstos vuelven a aparecer recurrentemente, significando que las correcciones puntuales realizadas no son suficientes sino que se requieren de soluciones de fondo.

Debido a que el alto índice de rechazo es ocasionado por incumplimientos en una o varias características de calidad del producto terminado (ver especificaciones en apartado 1.2.2), se considerará este incumplimiento como el problema definido para la realización del estudio, partiendo de los datos de rechazo y reproceso.

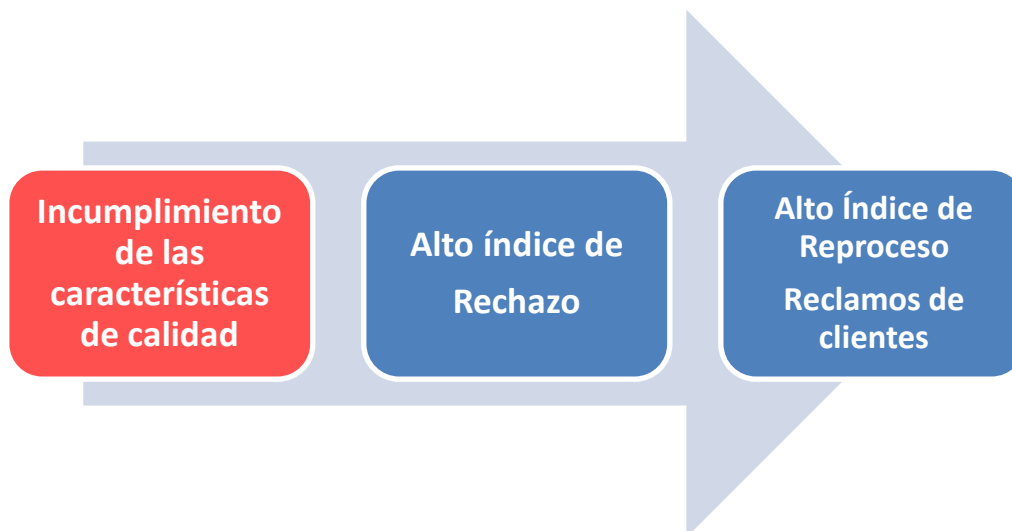


Figura 6. Definición del problema científico.

Elaborado por Verónica Guadalupe

1.3.1. Reproceso

El porcentaje de reproceso es variado, dependiendo de la dificultad del producto que se elabora. En el año 2013 se reportaron porcentajes de reproceso desde un 14% hasta un 38% del total de la producción mensual de café atomizado considerando el período de enero a noviembre. Esto corresponde a un promedio de 2,6 ton diarias de reproceso. Para el año 2014 hubo un índice de reproceso de 20% a 37%, entre los meses de enero a mayo, correspondiendo a un promedio de 4,6 ton de reproceso diario. El valor en ton de reproceso subió junto con el aumento de la producción por día.

La línea de proceso que se analiza en el presente documento (producción de café atomizado) tiene una capacidad instalada de 22 ton/día y un aprovechamiento real de la misma del 60% en 2013 y 72% en 2014. No puede decirse que el aprovechamiento real indicado sea la capacidad efectiva deseada de la planta ya que ésta por concepto es la capacidad que espera alcanzar una empresa dadas sus actuales limitaciones operativas (Heizer & Render, 2010). En el caso de la fábrica en estudio, los porcentajes de aprovechamiento real del

60% y 72% indicados, son inferiores al valor deseado de capacidad efectiva la cual no está definida formalmente, pero empíricamente se conoce que no debe ser menor a 20 ton/día, es decir, no menos del 90% de la capacidad instalada.

En el Capítulo III, se realizará una segregación de los productos con mayores índices de reproceso así como una definición de las principales variables de calidad según su índice de fallo.

1.3.2. Reclamaciones

En la fábrica de estudio existe un sistema de control de calidad robusto, con inspecciones que, dependiendo de la variable analizada, pueden llegar al 100% de unidades inspeccionadas (cajas de 25 kg). Es necesario este nivel de inspección debido al alto índice de fallo en la calidad.

Como es de esperarse no siempre es posible detectar los defectos en el producto terminado y éste es liberado, llegando luego al cliente donde puede ser detectado incurriendo en un reclamo.

Los reclamos pueden ocasionarse debido a cualquier incumplimiento de las especificaciones de calidad del producto.

En la Tabla 3, se detalla el número de reclamos ocurridos en los años 2013 y 2014 (de este último sólo el período de enero a mayo se ha considerado) y su relación con el producto liberado.

Tabla 3. Relación de reclamos recibidos y producto liberado a clientes

Período	Número de reclamaciones de clientes	Ton liberadas a clientes	Número de reclamos por cada 1000 ton liberadas a clientes
Ene – Dic 2013	7	3075	2
Ene – Jun 2014	20	1662	12

Fuente: Datos de la compañía de estudio.

Como se puede apreciar hubo un incremento sustancial de reclamos de un año hacia el otro. Se podría entender, como premisa, que en un proceso tan variable inevitablemente ocurrirán fallas en el sistema de control de calidad, lo cual acarreará las consecuentes reclamaciones de clientes por hallazgo de defectos en el producto.

1.4. Justificación de la investigación

Con el presente estudio se abordará el problema de rechazo de producto terminado por incumplimiento de las variables de calidad que ocasionan altos porcentajes de reproceso y reclamaciones de clientes.

El alto índice de reproceso afecta la eficiencia por el consumo adicional de recursos y la eficacia por el incumplimiento de las entregas en los tiempos pactados con los clientes; además de generar un desconcierto para las programaciones de la producción y de ventas.

El incumplimiento constante de las características de calidad no permite que el sistema de control de calidad interno sea totalmente eficaz, ocasionando la existencia de reclamaciones y la consecuente insatisfacción de los clientes.

A lo largo de este estudio se detectará las principales causas del incumplimiento de las especificaciones, así como también se establecerán las acciones para la mejora.

1.5. Objetivos del Estudio

1.5.1. Objetivo general

Proponer alternativas de solución para mejorar el nivel de cumplimiento de las especificaciones de calidad del café instantáneo atomizado de la empresa de estudio.

1.5.2. Objetivos específicos

1. Determinar las principales variables de producto que ocasionan reproceso.
2. Identificar la causa raíz de los incumplimientos de las variables de calidad.
3. Establecer las recomendaciones para la mejora.

1.6. Alcance

En el presente documento se analizan las causas de incumplimiento de las variables de calidad de café instantáneo atomizado para la identificación de las causas raíz y la definición de un plan de acción para la mejora.

El proceso de producción pertenece a una empresa procesadora y exportadora ubicada dentro del perímetro urbano de la ciudad de Guayaquil.

La información para el estudio son los índices de reproceso ocurrido entre enero a junio del año 2014.

Los procesos involucrados en el análisis son:

- Proceso de producción, que es la fuente de los datos de variables de proceso y del conocimiento del personal experto para las diferentes etapas de análisis y propuestas de mejora.
- Proceso de control de calidad, que es la fuente de los datos correspondientes a los atributos del producto terminado, lo cuales deben ajustarse a las especificaciones para determinar si es aceptable o no.

1.7. Estado del arte

A continuación se citan investigaciones en donde se han aplicado herramientas de calidad para la resolución de problemas de calidad y productividad de procesos de producción de diferente índole.

El trabajo de investigación denominado “Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi”, (Zapata & Sarache, 2014), tiene como objetivo implantar condiciones de operación bajo control, mediante la aplicación del método Taguchi como herramienta para el análisis de variables del proceso de producción de café soluble (atomizado).

Este método se centra en la identificación y evaluación de las variables con mayor influencia sobre el problema planteado, permitiendo obtener una combinación óptima de diseño de parámetros (diseño de experimentos) para que el producto obtenido tenga un alto nivel de calidad. Zapata y Sarache pudieron analizar los factores controlables y no controlables e identificaron los aspectos críticos del proceso que permiten la iniciación de acciones de mejoramiento continuo.

El análisis de regresión y varianza permitió demostrar que, de los siete factores estudiados en el proceso de elaboración de café: Tipo de secado del café en grano, Tiempo de la extracción de sólidos solubles, Temperatura de la extracción de sólidos solubles, Tiempo de concentración, Tiempo de secado del extracto de café concentrado, Tamaño del grano, Relación de aroma/buqué; los que influyen significativamente en la calidad de la taza de café fueron la concentración y el aroma en su máximo nivel de desempeño deseado, lo mismo sucedió con el extracto de café concentrado; mientras que la variable tamaño del café en grano lo hizo en su mínimo nivel de especificaciones. En forma conjunta estas variables independientes tienen un alto porcentaje de participación en la calidad de la taza de café.

La metodología aplicada permitió llegar a conclusiones válidas, disminuyendo el número de ensayos, lo cual repercute en forma favorable en los costos del proceso experimental.

Otro estudio investigativo es el de Barcia (2012), basado en la aplicación de las herramientas de calidad y de los conceptos del Total Quality Management (TQM) para determinar las causas de los problemas de altos costos ligados a la

calidad y productividad del proceso de producción de enlatados de sardina en salsa de tomate, así como proponer acciones de mejora.

Cabe resaltar que en la fábrica del estudio citado (sardinas en salsa de tomate), existe el hecho cultural de que los problemas se resolvían de manera muy correctiva, sin determinar las causas raíz para prevenir la repetición de los mismos y asegurar la minimización de otros fallos a futuro. Este aspecto tiene similitud con el proceso de producción de café atomizado, objeto del presente estudio.

Con la aplicación de las herramientas de calidad fue posible determinar que las etapas críticas del proceso son el envasado y sellado y que las mismas tienen altos índices de producto fuera de especificaciones. Para mejorar estas etapas se propuso la utilización de gráficas de control para medir la variabilidad de estas etapas y posteriormente reducirla. La tesis también propone un balanceo de línea para evitar la acumulación de producto en la etapa de envasado. Con la simulación de resultados realizada, se puede esperar un ahorro de costos de 13% en insumos si se aplicasen las acciones propuestas.

Parrales y Tamayo (2012), diseñaron un modelo de gestión estratégico para el mejoramiento de la productividad y calidad aplicado a una planta procesadora de alimentos balanceados, en el cual se utiliza ampliamente las herramientas Gráficas de control y medición de la Capacidad de proceso para determinar las variables que requieren ser mejoradas. En una segunda etapa se aplican gráficas de control multivariadas para conocer si las variables se encuentran o no bajo control cuando actúan en conjunto. También se utilizan pruebas de hipótesis e intervalos de confianza como herramienta de análisis de datos.

Gracias al tratamiento de datos realizado se detectó que las etapas de molienda y temperatura de acondicionamiento tenían altos porcentajes fuera de rango, por lo que éstas se consideran las variables críticas a ser mejoradas.

Para proponer la formulación óptima que permitiera asegurar la estabilidad del producto en el agua, se utiliza la herramienta diseño de experimentos.

En el trabajo desarrollado por Danny Bravo (2008), Diseño de un Plan de Mejoras en una Industria de Plástico Aplicando Técnicas de Manufactura Esbelta, se aplica sistemáticamente las herramientas de calidad como Diagrama de Pareto, Diagrama Ishikawa y Matriz de Priorización, para seleccionar los procesos de mayor impacto en cuanto a pérdidas generadas durante la producción de conversión de plásticos.

La aplicación de estas herramientas permite ir segregando progresivamente problemas de menor impacto de los de mayor impacto, permitiendo el enfoque del equipo de trabajo en la resolución de los problemas que permitan obtener los mayores beneficios para la empresa.

1.7.1. Reflexión acerca del estado del arte citado

Como reflexión acerca de los trabajos de investigación estudiados y citados en las páginas anteriores, se tiene que las herramientas de calidad han sido aplicadas como base de las diferentes metodologías de mejoramiento de procesos (Taguchi, TQM, Manufactura esbelta), facilitando el análisis inteligente de datos para la definición de los problemas que requieren ser mejorados prioritariamente.

Lo que se propone en el presente trabajo de investigación es la aplicación de dichas herramientas para la identificación de las causas raíz del problema de reproceso de café atomizado en la empresa de estudio, su cuantificación y priorización y el conocimiento del estado de control de las variables relacionadas, con la finalidad de proponer mejoras a aplicarse.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El ciclo PHVA

Según Gutiérrez y De la Vara (2013), la mayoría de las metodologías de solución de problemas están inspiradas en el ciclo PHVA. En éste, se desarrolla un plan para resolver un problema (planear), el cual se prueba o aplica (hacer), luego se analiza si se obtuvieron los resultados esperados (verificar) y, de acuerdo con lo anterior se toma una acción como la generalización de lo ensayado, la toma de medidas preventivas u otras (actuar).

Este ciclo es usado para realizar cambios que conducen al mejoramiento continuo de la calidad. Después de que se han realizado cambios para mejorar el proceso, el ciclo es repetido para otro paso, problema o proceso en el sistema. Después de un tiempo, otros cambios pueden resultar en el proceso original teniendo la oportunidad de mejorar otra vez (Best & Neuhauser, 2006).

Gutiérrez (2010) recomienda seguir el ciclo PHVA junto con los ocho pasos siguientes y las correspondientes técnicas:

Tabla 4. Pasos en la resolución de problemas siguiente la metodología PHVA

Etapa del ciclo	Paso	Nombre del paso	Posibles técnicas a usar
Planear	1	Definir y analizar la magnitud del problema	Pareto, Hoja de verificación, Histograma, carta de control
	2	Buscar todas las posibles causas	Lluvia de ideas, Diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cual es la causa más importante	Pareto, estratificación, diagrama de dispersión, diagrama de Ishikawa
	4	Considerar las medidas de remedio	Por qué, Qué, Dónde, Cuánto, Cómo? (Plan)
Hacer	5	Poner en práctica las medidas de remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, Carta de control, hoja de verificación
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del problema	Estandarización, inspección, supervisión, hoja de verificación, cartas de control
	8	Conclusión	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro

Fuente: Gutiérrez, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. Tercera edición. (p. 120)

2.2. Herramientas de la Calidad

De los filósofos mencionados y de las estrategias de mejoramiento de procesos citadas, podemos ver que una base primordial para el trabajo de campo y análisis es la utilización de las técnicas y métodos estadísticos de calidad.

Para controlar estadísticamente los procesos existen herramientas que pueden ser aplicadas en los diferentes momentos del análisis y resolución de un problema. En general, los autores coinciden en que las herramientas básicas o clásicas de la calidad son: Hojas de Registro, Diagrama de Pareto, Diagrama Causa Efecto, Histogramas, Estratificación, Diagrama de Dispersión, Gráficas de Control.

A éstas se le suman otras herramientas cualitativas y cuantitativas de apoyo como: lluvia de ideas, diagrama de flujo, entrevistas, análisis de los 5 por qué, matriz de selección de problemas.

2.2.1. Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas por medio de un ordenamiento descendente (orden de importancia) de los diferentes problemas que se presentan en un proceso.

En la escala vertical del gráfico se representa el valor monetario, frecuencia o porcentaje con el que se mide el problema. En la escala horizontal se colocan las categorías como pueden ser fallas de campo, problemas, causas, tipos de no conformidades, etc.

Este diagrama fue ideado por Alfredo Pareto (1848-1923) quien estudió extensamente la distribución de la riqueza en Europa, encontrando que había pocas personas con mucho dinero y muchas con poco dinero. El Dr. Joseph Juran reconoció estos conceptos acuñando las frases “pocos vitales y muchos útiles” (Bestfield, 2009). Los diagramas de Pareto en general se usan para identificar los problemas más importantes. En general se dice que el 80% del problema se debe al 20% de los elementos.

El diagrama de Pareto puede ser utilizado en varios niveles de la investigación de un problema. Se dice que el análisis va en su primer nivel cuando se cuantifican los fallos de un problema general, por ejemplo, causas de reproceso, esto se hace para determinar los fallos que ocurren con mayor frecuencia o que ocasionan más pérdida (definición de prioridades).

Luego que se ha determinado el problema de mayor impacto se realiza un segundo nivel de análisis orientándose exclusivamente a la búsqueda de las causas. Se puede llegar a un tercer nivel de análisis profundizando en elementos más específicos de la causa detectada. (Gutierrez & De la Vara, 2013). De esta manera se podrá determinar acciones correctivas efectivas para la resolución del problema inicial.

2.2.2. Estratificación

La estratificación es una herramienta con la que se clasifican los datos de acuerdo a factores que se cree que pueden influir en la magnitud de un problema. Los problemas pueden analizarse de acuerdo a tipos de fallas, métodos de trabajo, maquinaria, turnos de trabajo, estación climática o cualquier factor que proporcione pistas de dónde centrar los esfuerzos de mejora (Gutierrez & De la Vara, 2013)

Esta herramienta puede ser usada de manera complementaria a Pareto o a cualquiera de las otras herramientas de análisis de problemas, por ejemplo, en vez de hacer un análisis de Pareto de segundo nivel se podría aplicar una estratificación para identificación de causas de problemas definidos como prioritarios.

2.2.3. Diagrama Causa Efecto

Herramienta desarrollada por el Prof. Kaoru Ishikawa de la Universidad de Japan's Wasda, alrededor del año 1950.

Es una técnica de análisis de problemas de muy fácil comprensión y aplicación formada por líneas y símbolos cuyo objetivo es representar una relación entre un efecto y sus causas (Bestfield, 2009).

Se la conoce como Diagrama Ishikawa, Diagrama Causa – Efecto o Espina de Pescado, por su forma similar a la de un esqueleto de pescado.

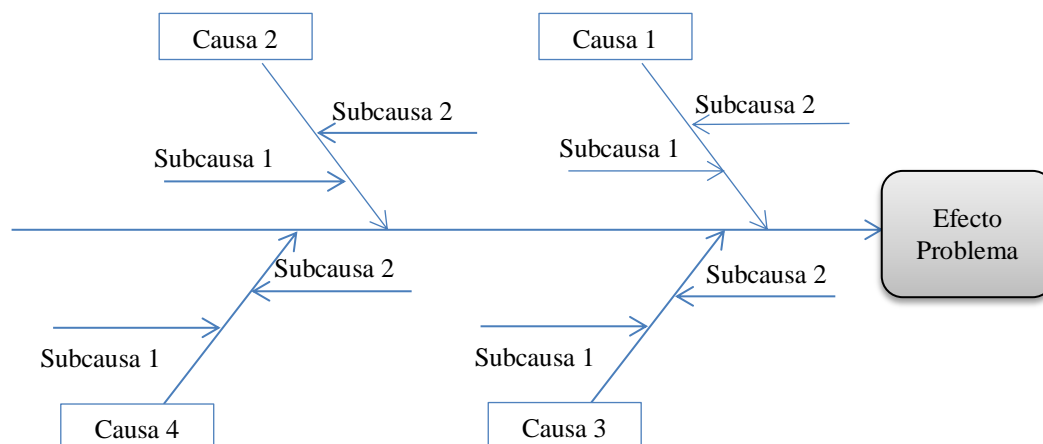


Figura 7. Representación de un Diagrama Ishikawa.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

En el diagrama, se coloca el problema identificado (efecto) al lado derecho y se van escribiendo las causas principales en cada una de las ramificaciones o espinas grandes. Para determinar causas más específicas o subcausas, se necesita de una lluvia de ideas del personal que esté participando en el análisis; éstas se colocan en las espinas más pequeñas. Esta técnica permite aprovechar el conocimiento y experiencia del equipo de trabajo.

El diagrama una vez completado debe ser evaluado, mediante la votación de todos los miembros del equipo por las causas que consideren como principales, luego se contabiliza los resultados y se escoge las más votadas como las más probables del efecto (Bestfield, 2009).

Posterior a identificar las principales causas se determinan las soluciones a corregir, basadas en el costo, factibilidad, requerimiento de recursos, etc. Se continúa con las pruebas de implementación y la evaluación de la mejora (Bestfield, 2009).

Según Gutiérrez y De la Vara (2013) el diagrama de Ishikawa ayuda a no dar por obvias las causas de un problema, sino que permite ver el problema desde diferentes perspectivas. Ellos indican que existen tres tipos de diagramas de

Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y organizan las causas en la gráfica:

- Método de las 6 M.- Consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales: método de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. En este caso el equipo de trabajo debe determinar qué aspecto de cada M se refleja en el problema analizado.
- Método flujo del proceso.- En este método, la línea central del diagrama sigue la secuencia normal del proceso, colocando los factores o causas del problema en el orden que corresponde a cada etapa del proceso. Se puede utilizar la siguiente pregunta para avanzar en el análisis: ¿qué factor o situación en esta parte del proceso puede tener un efecto sobre el problema especificado?
- Método de estratificación o enumeración de causas.- Se trata de ir colocando en el diagrama directamente las principales causas potenciales. Para esto es necesario combinarlo con la técnica de los cinco por qué del problema, con el objeto de no colocar consecuencias o reflejos sino causas reales. Aunque este diagrama es menos complejo que los métodos anteriores, requiere un alto conocimiento del proceso para poder discriminar desde un principio las causas potenciales del problema,

La herramienta Diagrama de Ishikawa puede servir de apoyo a metodologías de mejoramiento de procesos más complejas y de alcance empresarial como los son Kaizen, TQM (Total Quality Management), Six Sigma u otras para mejoramiento de productos o servicios como VE (Value Engineering) y QFD (Quality function deployment); gracias a su fácil aplicación y comprensión al momento de analizar un problema. Además, Chen & Chung (2002) la califican como una herramienta altamente recomendada para ser aplicada en análisis de reducción de costos conjuntamente con Diagrama de Pareto.

2.2.4. Técnica de las Cinco Por qué

Es una técnica desarrollada por Sachiro Toyoda en el año para la coporación Toyota. Cinco por qué es una técnica simple que explora la relación causa – efecto de un problema (Serrat, 2009).

Consiste en preguntar varias veces el por qué de una situación, profundizando mediante el cuestionamiento de cada respuesta con un nuevo por qué, hasta llegar a la causa raíz del problema.

Hay tres elementos para el uso efectivo de esta herramienta (Serrat, 2009):

1. Una definición adecuada del problema.
2. Honestidad al responder las preguntas
3. Determinación para llegar al fondo del problema y resolverlo.

2.2.5. Diagrama de Dispersión

Herramienta utilizada en el análisis exploratorio de datos. Es un diagrama que revela la relación o asociación entre dos variables.

El eje de las Y corresponde a la variable de respuesta (variable dependiente), mientras que el eje de las X corresponde a una variable que se sospecha está relacionada a esa respuesta (variable independiente). El diagrama de dispersión puede identificar si existe o no relación entre las variables X e Y, si esta relación es lineal o no y, si Y depende de X (NIST/SEMATECH, 2012).

Si los puntos en el diagrama están dispersos y sin ningún orden, se concluye que no hay correlación entre las variables; si al aumentar una variable, la otra también lo hace, se concluye que hay una correlación positiva; mientras que cuando ocurre que al aumentar una variable la otra disminuye, entonces se dice que la correlación es negativa (Gutierrez & De la Vara, 2013).

Coeficiente de Correlación (r):-

Valor que indica la magnitud de la relación lineal entre las dos variables de estudio (Gutierrez & De la Vara, 2013). Mientras más cercano a 1 o a -1 sea r , la relación lineal es más fuerte. En los casos en que el valor de r sea cercano a cero quiere decir que la relación lineal es débil pero no descarta el que pueda haber otro tipo de relación como lo es la relación parabólica.

2.2.6. Histograma

Representación gráfica de datos que reflejan la dispersión de los valores respecto de la media. Se construye colocando en el eje de las ordenadas los valores de la variable de estudio en una sucesión ordenada de rangos de valores y en cada rango se dibuja una barra cuya altura indica el número de veces en que el valor del resultado se incluye en el rango. La forma que toma el gráfico completo permite determinar la distribución que tienen los datos (Valderrey, 2011).

2.2.7. Gráficas de Control

Es una técnica básica del control estadístico de procesos para monitoreo, en el cual se dibujan los promedios de los datos de una característica de calidad obtenidos de muestras tomadas del proceso versus el tiempo o el número de muestra (Montgomery, 2009).

El gráfico cuenta con una línea central y unos límites de control superior e inferior. El centro representa el valor nominal donde deberían estar los datos de la característica estudiada si no hubiera fuentes inusuales de variabilidad; también puede significar el promedio de los promedios de subgrupos. Cuando existen fuentes de variabilidad inusual, los promedios de las muestra salen de los límites de control. Esto es un signo de que se debe realizar acciones correctivas para remover dicha fuente de variación (Montgomery, 2009).

Los límites de control se suelen establecer en ± 3 desviaciones estándar de la línea central, lo cual significa que la cantidad de elementos entre $+3\sigma$ y -3σ es igual a 99,73%. Cuando un valor de subgrupo cae fuera de los límites, se considera que el proceso está fuera de control (Bestfield, 2009).

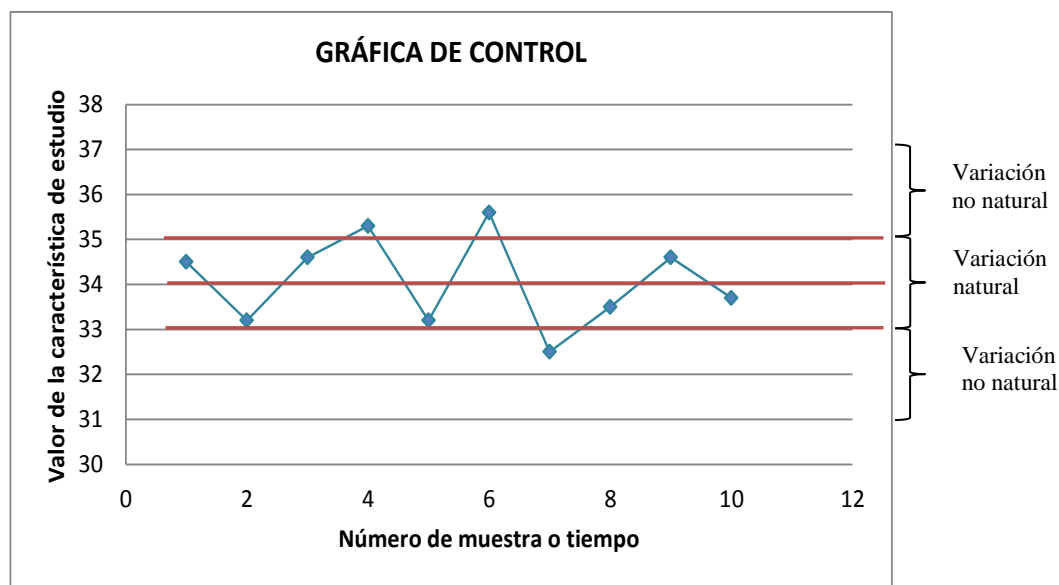


Figura 8. Representación de una Gráfica de Control, con su línea central y límites superior e inferior de control.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Besterfield (2009) indica objetivos para los cuales se deben elaborar las gráficas de control:

1. Para mejorar la calidad
2. Para determinar la capacidad del proceso
3. Para tomar decisiones respecto a las especificaciones del producto
4. Para tomar decisiones durante la producción
5. Para tomar decisiones sobre el producto terminado

Tipos de Gráficos de control

Gráficos de control para variables

- Gráfico de control de promedio, \bar{X} , se usa para registrar el valor promedio de las muestras de un subgrupo.
- Gráfica de Rango, R, es un gráfico para medir la dispersión a través del registro del rango de los valores de la variable obtenidos de un subgrupo.
- Gráfica de desviación estándar muestral.- Donde se grafican las desviaciones estándar de los subgrupos. Es una gráfica más exacta que la gráfica R cuando el tamaño de subgrupo es ≥ 10 .

Tabla 5. Límite central y límites de control de las gráficas X barra y R y X barra y S

Gráfico	Línea central	Límites de control
X barra y R	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^g X_i}{g}$	$\bar{X} \pm A_2 R_{barr}$
	$R_{barr} = \frac{\sum_{i=1}^g R_i}{g}$	UCLs = $D_4 R_{barr}$; LCLs = $D_3 R_{barr}$
Xbarra y S	$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^g X_i}{g}$	UCLs = $B_4 \bar{s}$; LCLs = $B_3 \bar{s}$
	$\bar{s} = \frac{\sum_{i=1}^g \bar{s}_i}{g}$	$\bar{X} \pm A_3 \bar{s}$

Donde

\bar{X} = Promedio de medias

Rbarr = Promedio de rangos

A2, A3, B3, B4, D3, D4, factores predefinidos que varían con el tamaño del subgrupo. s_i = desviación estándar muestral de los valores de subgrupo

\bar{s} = promedio de desviaciones estándar muestrales de subgrupo

Gráficos de control para atributos

Se conocen dos grupos de gráficas para atributos: 1) Las que son para graficar productos no conformes, se basa en la distribución binomial; 2) Las que son para graficar no conformidades, se basa en la distribución Poisson (Bestfield, 2009).

Gráfica p.- Proporción de no conformes en una muestra o subgrupo.

Gráfica np.- Cantidad de no conformes.

Gráfica c.- Cantidad de no conformidades en un subgrupo (unidad inspeccionada).

Gráfica u.- Cantidad de no conformidades por unidad.

Tabla 6. Línea central y límites de control de las gráficas p, np, C, u

Gráfica	Línea central	Límites de control
Proporción de no conformes (p)	$p = \frac{\sum np}{\sum n}$	$p \pm 3 \sqrt{\frac{p(1-p)}{n}}$
Cantidad de no conformes (np)	np	$np \pm 3 \sqrt{np(1-p)}$
Cantidad de no conformidades por subgrupo (C)	$\bar{C} = \frac{\sum c}{g}$	$\bar{C} \pm 3\sqrt{\bar{C}}$
Cantidad de no conformidades por unidad. (u)	$u = \frac{\sum c}{\sum n}$	$u \pm 3 \sqrt{\frac{u}{n}}$

Estado de control

Se considera que un proceso está dentro de control cuando se han eliminado las causas asignables de las desviaciones (puntos fuera de los límites de control) y todos los puntos de la gráfica están dentro de los límites de control, es decir cuando existen sólo variaciones naturales debido a causas comunes del proceso. Sin embargo, según Besterfield (2009), también se puede presentar procesos fuera de control cuando, aunque todos los puntos están dentro de los límites, se presentan comportamientos no naturales como:

- Cuando hay siete puntos consecutivos o más arriba o debajo de la línea central.
- Cuando seis puntos crecen o decrecen continuamente.
- Cuando dos de tres puntos consecutivos están entre 2 y 3 σ del gráfico.
- Cuando hay cuatro de cinco puntos consecutivos en la zona entre 1 y 2 σ del gráfico.

Una regla simplificada para ver si el proceso está fuera de control es que si hay dos puntos sucesivos a $1,5\sigma$ o más allá, se considera que el mismo no está controlado.

2.2.8. Matriz de Priorización

Herramienta que facilita la selección de opciones sobre la base de la ponderación y consideración de criterios. A continuación se enlistan los pasos a seguir para el uso de esta herramienta:

1. Definir los criterios de valor y asignar una ponderación según su nivel de importancia para el objetivo buscado.
2. Calificar cada opción con los valores de una escala, donde el mayor valor corresponda a una mayor satisfacción del criterio y viceversa.
3. Multiplicar la calificación por la ponderación.
4. Sumar todas las calificaciones de una misma opción.
5. Realizar la misma operación para todas las opciones.
6. Escoger la opción que resulte con el mayor valor.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE CAUSA

3.1. Metodología a seguir

La metodología a seguir para el análisis del problema y su resolución será el ciclo de Deming o círculo PHVA.

En la tabla 4 se mostró los ocho pasos que, según Gutiérrez y De la Vara (2013), conforman cada etapa del círculo PHVA, así como las herramientas de calidad recomendadas para cada una de ellas. Tomando como guía lo indicado por estos autores, para el desarrollo de este trabajo de investigación se seguirán los pasos siguientes:

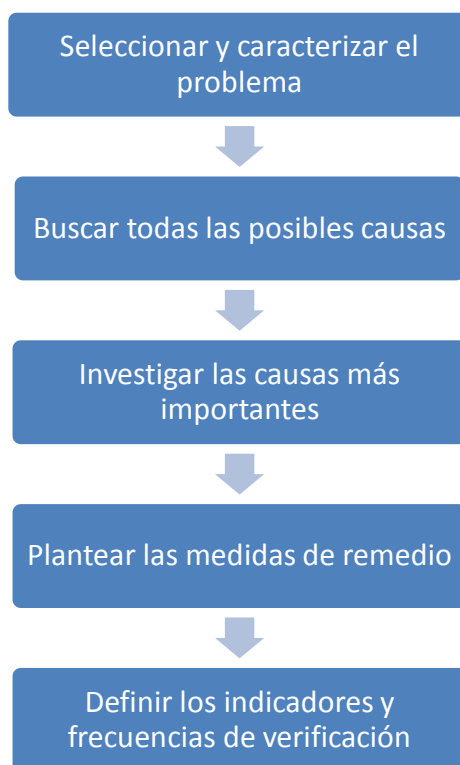


Figura 9. Diagrama de flujo de las etapas a seguir durante la realización del presente estudio.

Elaborado por: Verónica Guadalupe.

3.2. Delimitación del Problema

Para delimitar el problema de reproceso se ha considerado dos criterios: el tipo de producto y el tipo de defecto. Es necesario determinar cuáles son los productos en donde se ocasiona el mayor rechazo; así mismo, las principales causas del rechazo. Para este efecto se utilizará la herramienta Diagrama de Pareto.

Se ha considerado el lapso entre enero a junio del 2014 para la realización de este estudio. Durante este ciclo se produjeron 2.873 toneladas de café atomizado en sus diferentes variedades. En la tabla 5 se muestra la cantidad de café elaborado por tipo de producto:

Tabla 7. Producción de café atomizado. Enero a Junio de 2014

PRODUCTO	PRODUCCIÓN TOTAL (Ton)	PARTICIPACIÓN PORCENTUAL
Terra	985	34%
Clásico	913	32%
Textura	540	19%
Gourmet	171	6%
Oscuro	116	4%
Popular	106	4%
Aroma	32	1%
Popular 1	10	0%
TOTAL	2873	100%

Elaborado por: Verónica Guadalupe

El producto rechazado de la planta de estudio tiene dos destinos:

- Reproceso por Mezcla en seco, si el defecto no es crítico y,
- Reproceso por redisolución en agua, si el defecto es crítico.

Cada tipo de reproceso tiene diferente costo. En la tabla 6 se muestra la cantidad de producto total (del ciclo de estudio), producto aprobado, producto rechazado, el tipo de reproceso que se le dio y el costo del reproceso.

Tabla 8. Producción total y Reproceso de Enero a Junio de 2014.

	Ton	(%)	Costo USD/Ton	Costo total USD
Producción total	2.872,00			
Producto Aprobado	2.064.32	71,9%		
Producto Destinado a mezcla	661.19	23,0%	\$103	\$68.102
Producto Destinado a redisolución	160.45	5,6%	\$298	\$47.814

Elaborado por: Verónica Guadalupe

El costo del reproceso es mayor para el proceso de mezcla que para el proceso de redisolución, lo que conlleva a priorizar el análisis y la resolución del problema de producto rechazado destinado a la Mezcla.

3.2.1. Selección de los productos con mayor porcentaje de reproceso

Con la finalidad de determinar los productos con mayores porcentajes de reproceso (destinado a la mezcla), se aplica Diagrama de Pareto, tal como se muestra en la figura 10.

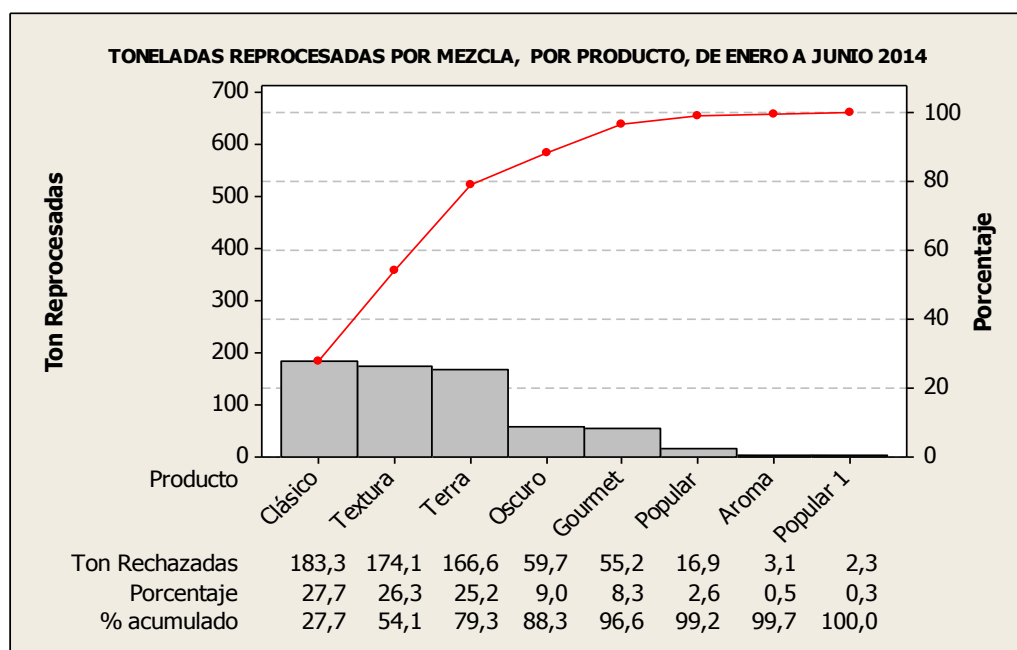


Figura 10. Diagrama de Pareto de Producto rechazado destinado a la Mezcla por Tipo de Producto de enero a junio de 2014.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Los productos con mayor participación porcentual en el total de rechazos destinados a la mezcla son Clásico, Textura y Terra, sumando el 79,3% entre los tres.

Por lo mostrado en las tablas y gráficos anteriores, el problema de reproceso hasta el momento se delimita al rechazo destinado a la MEZCLA de los productos CLÁSICO, TEXTURA y TERRA.

3.2.2. Definición de las principales causas de rechazo en los productos seleccionados

Una vez seleccionado los productos de mayor porcentaje de reproceso, se procede a la definición de las principales causas de los rechazos.

En las siguientes figuras se muestran los Diagramas de Pareto de Defectos por los cuales los productos Clásico, Textura y Terra son rechazados. Se ha considerado hasta un aproximado de 80% de participación acumulada como criterio para determinar las principales causas de rechazo para la mezcla.

Tabla 9. Causas de rechazo de producto “Clásico”

Defecto	Ton Rechazadas
Fluidez	80,67
Densidad	49,50
Humedad	22,00
Color	14,67
Aspecto visual	9,17
Sedimento	5,50
Acidez	1,83
Total	183,35

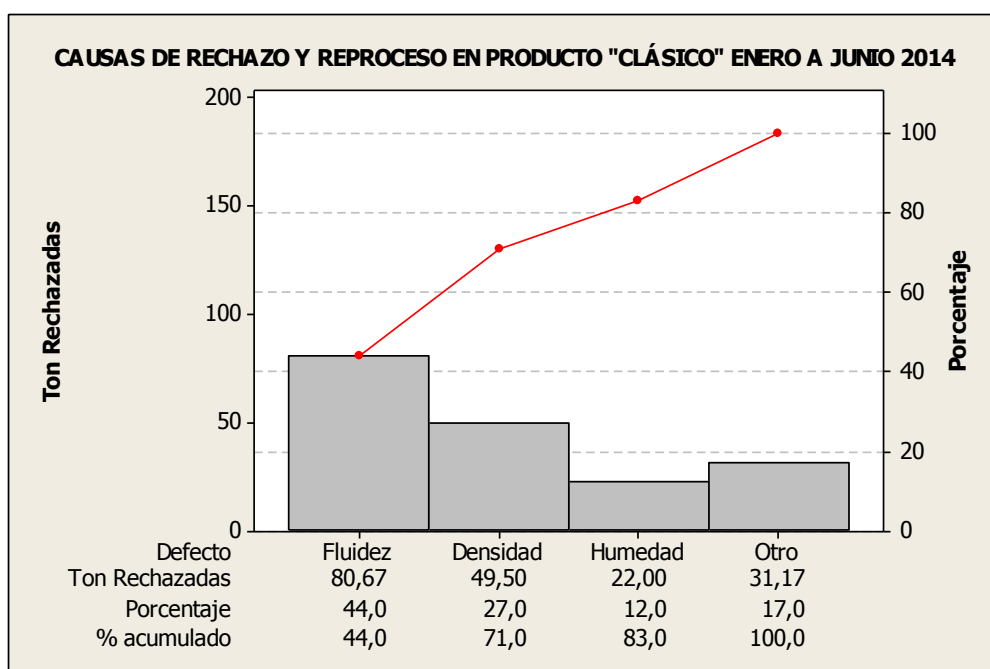


Figura 11. Diagrama de Pareto de Defectos que causan rechazo en el producto “Clásico”.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Tabla 10. Causas de Rechazo de producto “Textura”

Defecto	Ton Rechazadas
Densidad	67,90
Espuma	59,19
Color	20,89
Humedad	8,70
Aroma	8,70
Granulometria	5,22
Acidez	3,48
Total	174,09

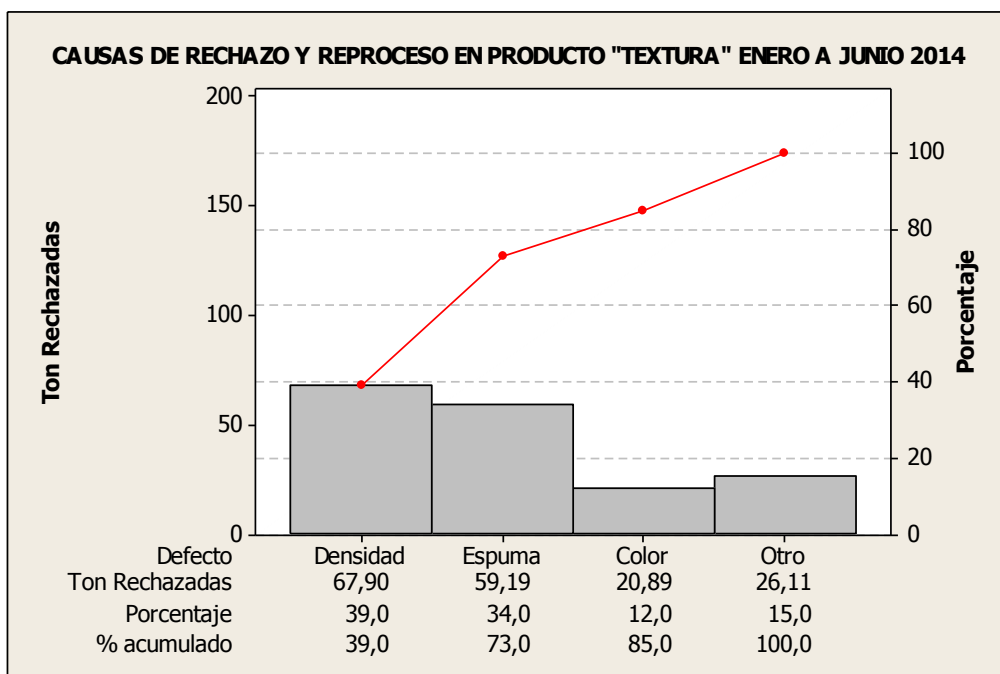


Figura 12. Diagrama de Pareto de Defectos que causan rechazo en el producto “Textura”.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Tabla 11. Causas de rechazo de producto “Terra”

Defecto	Ton Rechazadas
Densidad	49,99
Humedad	29,99
Color	26,66
Fluidez	24,99
Sedimento	15,00
Acidez	6,66
Aroma	6,66
Aspecto visual	6,66
Total	166,62

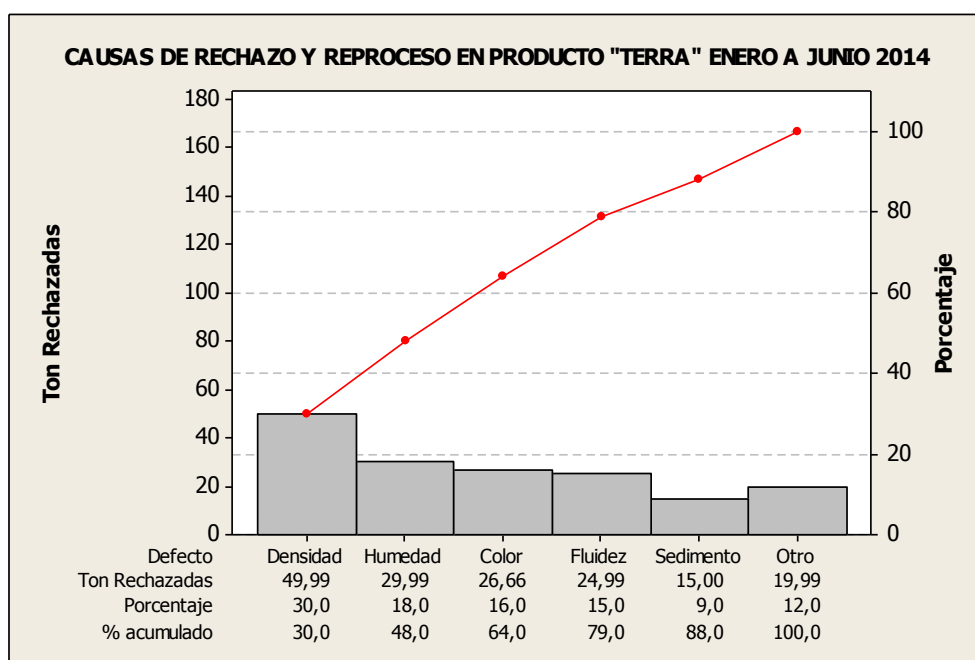


Figura 13. Diagrama de Pareto de Defectos que causan rechazo en el producto “Terra”.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Como se puede observar en los diagramas presentados, las principales causas de rechazo para la mezcla en el producto “Clásico” son: fluidez, densidad y humedad. En el producto “Terra” son: densidad, humedad, color y fluidez. En el producto “Textura” las principales causas de rechazo para la mezcla son densidad, espuma y color.

3.3. Gráficas de control de características de calidad que son causa de rechazo

En el presente apartado se aplicará la herramienta Gráfica de Control con el objetivo de determinar técnicamente si las variables están dentro o fuera de control.

Para esto, se recolectó datos de las variables por varios días. A continuación se presentan las gráficas de control que agrupan los datos de todos los días de observación. Esto nos permite conocer la magnitud de la variación de las mismas, así como el valor de la línea central y de los límites de control, los cuales están calculados a 3 desviaciones estándar de la media calculada.

3.3.1. Gráficas de control de características de calidad del producto “Clásico”

El producto Clásico es un producto proveniente de la tostación de café robusta, con una extracción alta y condiciones conocidas de evaporación y secado. Este producto se ha elaborado por años en la fábrica de estudio.

Gráficas de control de la variable Fluidez en el producto “Clásico”

Se considera subgrupos de tamaño 2 ($n=2$).

En el proceso de estudio se producen 40 cajas por hora, de las cuales se toma una cada 30 minutos, por lo que el subgrupo ($n=2$) representa una hora de producción.

Debido al tamaño de subgrupo se representarán los datos en una gráfica X – R.

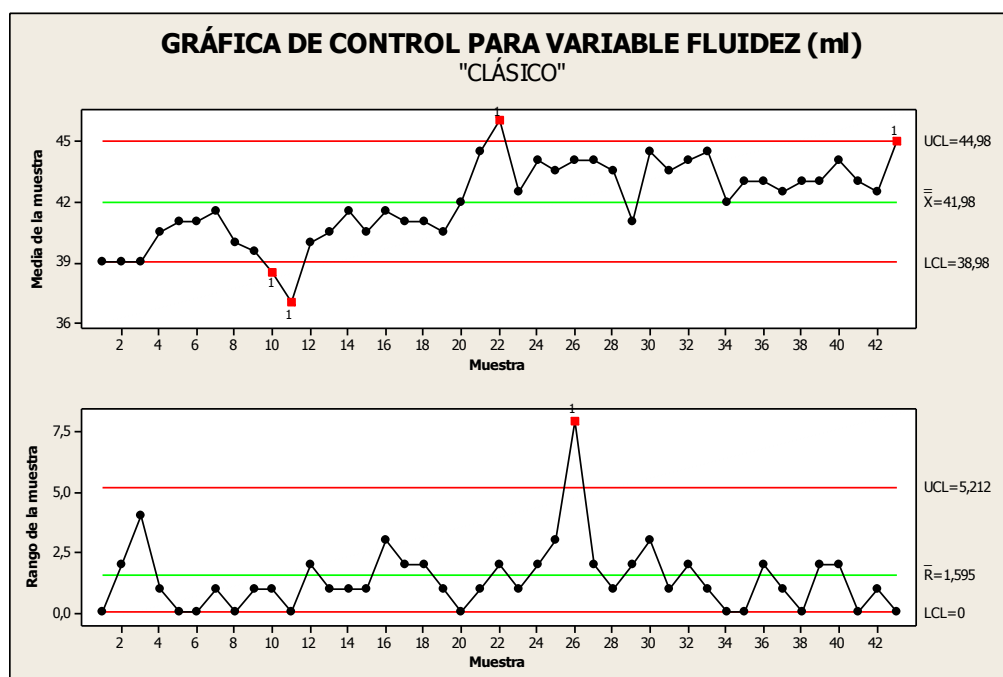


Figura 14. Gráfica de control para la variable Fluidez del producto “Clásico” observación realizada durante cinco días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable fluidez en el producto Clásico, los cuales son:

Límite de especificación superior = Máximo 42ml

Límite de especificación inferior = N/A

El patrón mostrado en la figura 14 corresponde a un proceso fuera de control ya que existen siete o más de siete puntos consecutivos arriba o debajo de la línea central, además se notan tendencias crecientes y decrecientes. Por último, la línea central de 41,98 ml muestra un desplazamiento hacia arriba ya que se encuentra casi superpuesto en el valor máximo de las especificaciones (42ml). Por tanto esta variable requiere trabajo para llevarla hasta el estado de control.

Gráfica de control de la variable Densidad en el producto “Clásico”

Para el estudio de esta variable se toma una muestra pasando una unidad, lo que significa un subgrupo de $n = 10$ que representa 30 minutos de producción.

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).

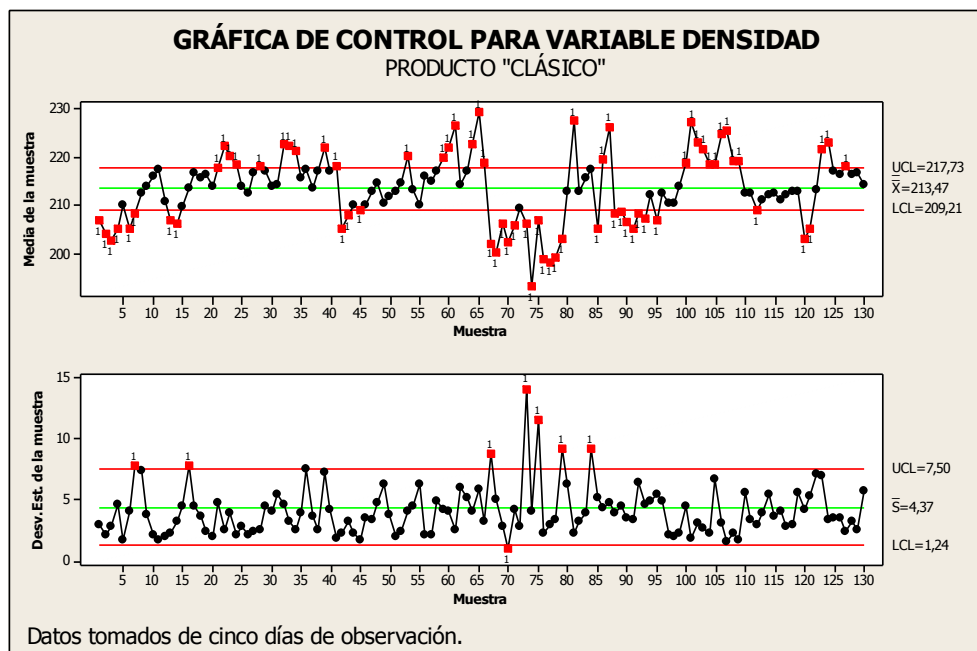


Figura 15. Gráfica de control para la variable Densidad del producto “Clásico”. Observación realizada durante cinco días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable densidad en el producto Clásico, los cuales son:

Límite de especificación superior = 225g/l

Límite de especificación inferior = 200g/l

Como se puede observar en la figura 15, la variable densidad está fuera de control ya que existen muchos puntos fuera de los límites de control, lo que no permite determinar las causas asignables para cada uno de ellos. En esta gráfica

se ve constantemente que la variable va en aumento hasta que de repente vuelve a bajar bruscamente para iniciar otra vez con el mismo patrón de aumento.

Gráficas de control de la variable Humedad en el producto “Clásico”

Para la variable Humedad tomamos un tamaño de subgrupo de 4. Las muestras son tomadas cada diez cajas, es decir que el subgrupo representa una hora de producción (40 cajas/ hora).

La gráfica usada es la $\bar{X} - R$.

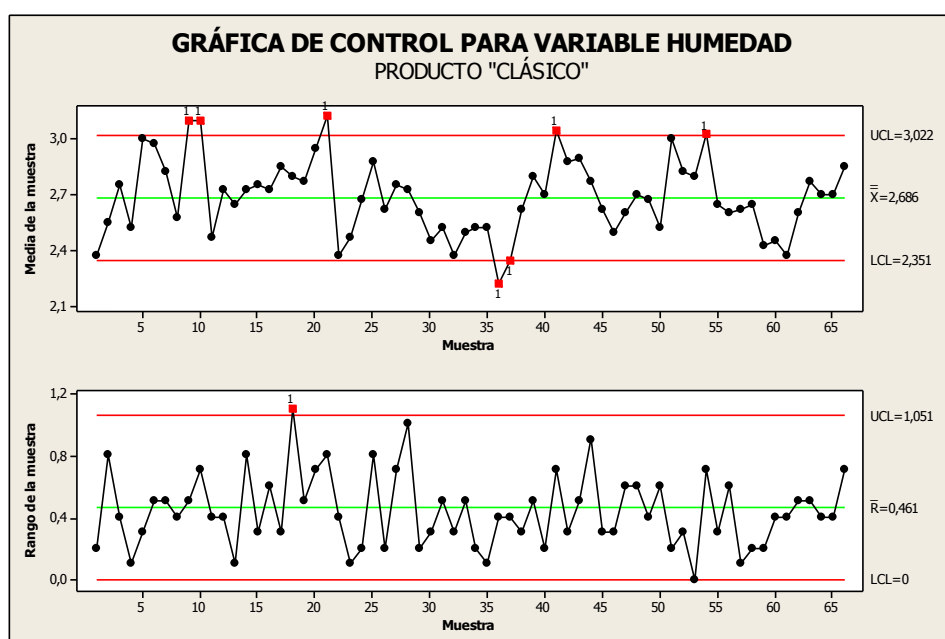


Figura 16. Gráfica de control para la variable Humedad del producto “Clásico”. Observaciones realizadas durante cinco días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable humedad en el producto Clásico, los cuales son:

Límite de especificación superior = 3%

Límite de especificación inferior = 2%

Para esta variable, la gráfica muestra un patrón fuera de control, ya que existen varios puntos fuera de los límites de control, además hay siete puntos o más de un mismo lado de la línea central y también se pueden observar tendencias de más de seis puntos crecientes o decrecientes. Por tanto, se confirma técnicamente que la variable humedad está fuera de control y requiere ser mejorada.

3.3.2. Gráfica de control de características de calidad del producto “Textura”

El producto Textura es un producto desarrollado para generar abundante espuma una vez que entra en contacto con el agua caliente durante la preparación de la bebida, por lo que este atributo es estrictamente calificado además de las características que regularmente se miden en un café instantáneo atomizado.

Gráfica de control de la variable Densidad del producto “Textura”

Se toma una muestra pasando una unidad, lo que significa un subgrupo de $n = 10$ que representa 30 minutos de producción. La gráfica escogida es la $\bar{X}-S$

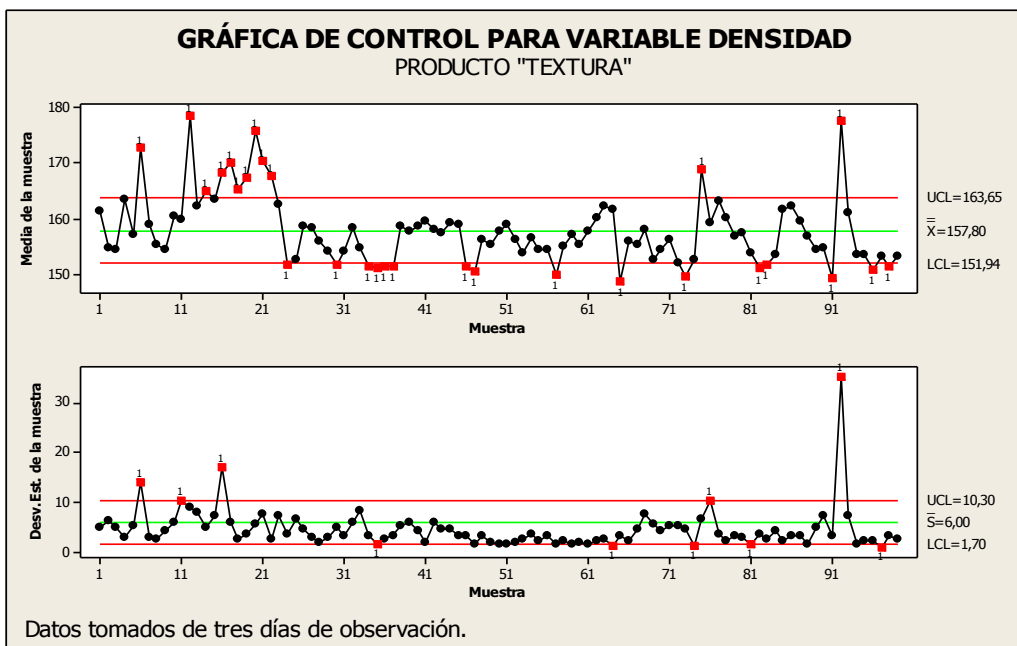


Figura 17. Gráfica de control para la variable Densidad del producto “Textura”. Observaciones realizadas durante tres días.

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable densidad en el producto Textura, los cuales son:

Límite de especificación superior = 170 g/l

Límite de especificación inferior = 150 g/l

Se puede observar en la gráfica que los límites de control calculados están dentro de los límites de especificación, sin embargo hay varios puntos fuera de ambos límites (control y especificación). Además, se puede ver en repetidas ocasiones que hay más de siete puntos consecutivos de un mismo lado de la línea central y que hay tendencias ascendentes y descendentes.

En general se puede observar que hay momentos largos en que los valores están dentro de los límites, pero así mismo hay momentos en los que los valores se disparan. Este comportamiento corresponde a un proceso poco seguro, no controlado.

Gráfica de control de la variable Espuma del producto “Textura”

La especificación indica que la espuma debe ser abundante, debe cubrir toda la superficie de la bebida, y sus burbujas deben ser finas. Además, debe resistir un tiempo establecido de 3 minutos antes de empezar a deshacerse. Si la espuma de una muestra no tiene estas características se considera a esa muestra como no conforme.

La gráfica escogida para evaluar si este atributo está fuera o dentro de control es la Gráfica de la Proporción de No Conforme, o gráfica p.

n=50, en total 40 subgrupos. Los datos muestran la proporción de no conformes dentro de muestras de 50 tazas, donde se evaluó la espuma.

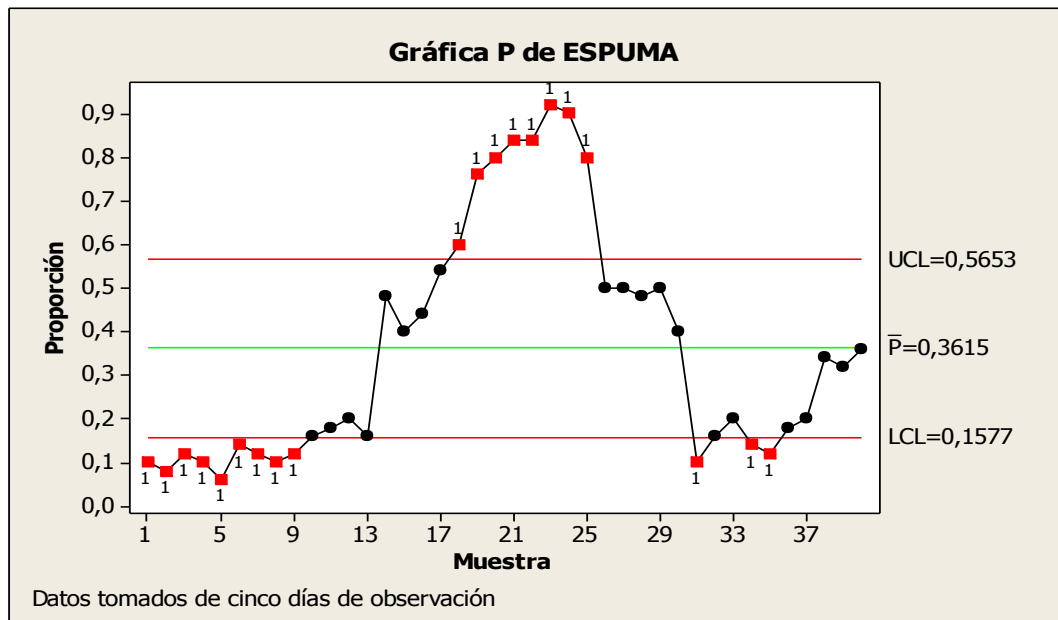


Figura 18. Gráfica de control para el atributo Espuma del producto “Textura”. Observaciones realizadas durante cinco días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Nota: El límite inferior de control se lo considera 0, no el calculado 0,1577, ya que mientras más bajo sea el valor de la proporción defectuosa obtenido del subgrupo, mejor está el proceso.

Como se puede observar, la proporción promedio calculada para producto defectuoso es muy alta (0,36) lo que indica una alta cantidad de rechazo. El valor calculado de límite superior (0,57) también es considerado como muy alto. Esto indica un proceso fuera de control. Además se pueden notar valores fuera del límite superior de control y tendencias crecientes.

En este punto cabe indicar que, además de un plan de acción para reducir la variación de la espuma, se podría concordar con el cliente un nivel de producto defectuoso aceptable por lote (nivel de calidad aceptable AQL), lo cual reduciría la cantidad reprocesada de producto terminado.

Gráfica de control de la variable Color del producto “Textura”

El análisis de color se realiza una vez cada cinco cajas, es decir 4 veces cada treinta minutos en la hora de producción (considerando una producción de 40 cajas/hora), por tanto se han agrupado los datos tal que $n = 4$ representan treinta minutos de producción.

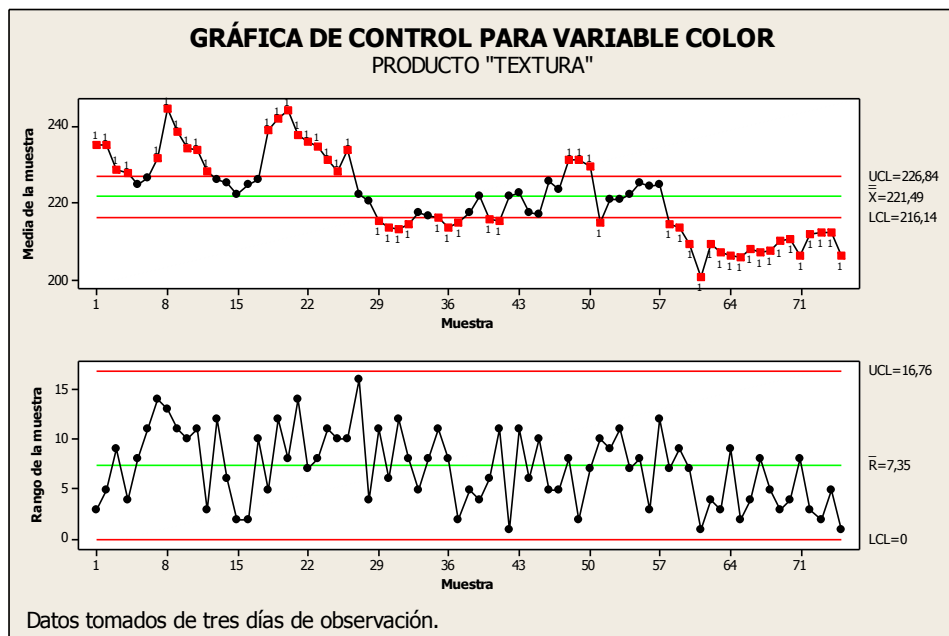


Figura 19. Gráfica de control para variable Color del producto “Textura”. Observaciones realizadas durante tres días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable color en el producto Textura, los cuales son:

Límite de especificación superior = 230 g/l

Límite de especificación inferior = 200 g/l

Aunque los valores que están fuera de los límites de especificación son pocos, sí son bastantes los puntos fuera los límites a 3σ , además se pueden observar

tendencias descendientes de los datos lo cual corresponde a un proceso fuera de control. Por tanto, la variable Color está fuera de control en el producto Textura.

3.3.3. Gráficas de control de características de calidad del producto “Terra”

El producto Terra tiene características muy similares al producto Clásico, ya que los procesos clave para el desarrollo de sus características organolépticas como son, el tostado y la extracción, además de la fórmula de materia prima usada, es igual para ambos productos, diferenciándose únicamente en los valores de sus características físicas, lo cual es dado por la operación del Secado.

Gráfica de control de la variable Densidad en el producto “Terra”

Debido a la alta disponibilidad de información, es posible tener subgrupos de $n=10$, lo cual representa media hora de producción. Por el tamaño de subgrupo es posible graficar la X-S.

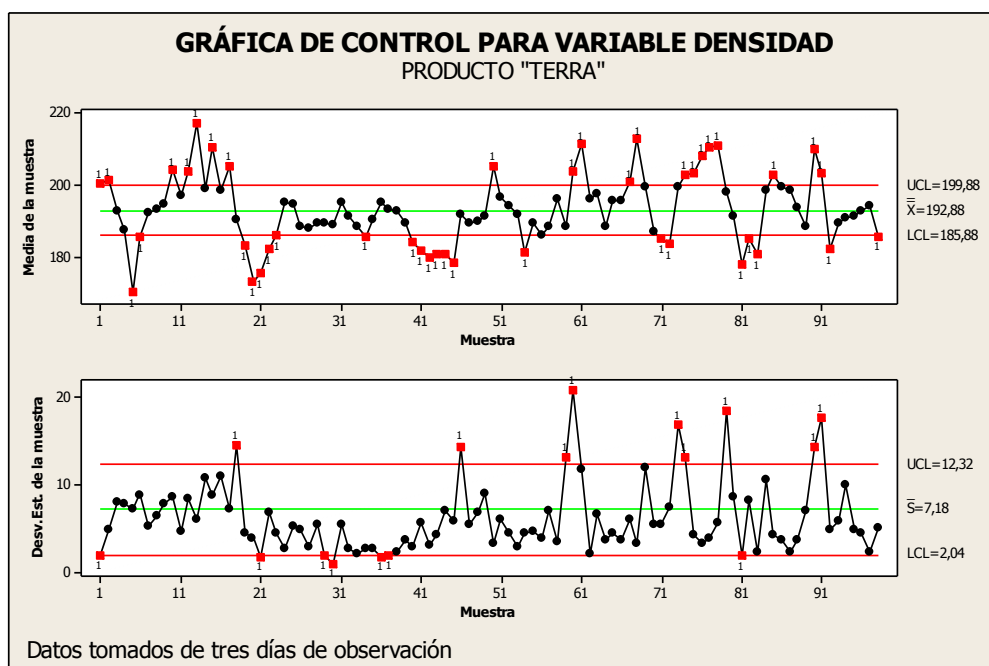


Figura 20. Gráfica de control para variable Densidad del producto “Terra”. Observaciones realizadas durante tres días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable densidad en el producto Terra, los cuales son:

Límite de especificación superior = 210 g/l

Límite de especificación inferior = 180 g/l

Los límites de control se encuentran dentro de los límites de especificación, sin embargo la variación supera, en varios puntos, los límites de control a 3σ , además, existen tendencias crecientes y decrecientes en varios segmentos de la gráfica, lo que corresponde a un proceso fuera de control.

Gráfica de control de la variable Humedad en el producto “Terra”

Se toma un subgrupo de tamaño $n= 4$, por lo que se elabora la gráfica X-R.

El subgrupo representa una hora de producción.

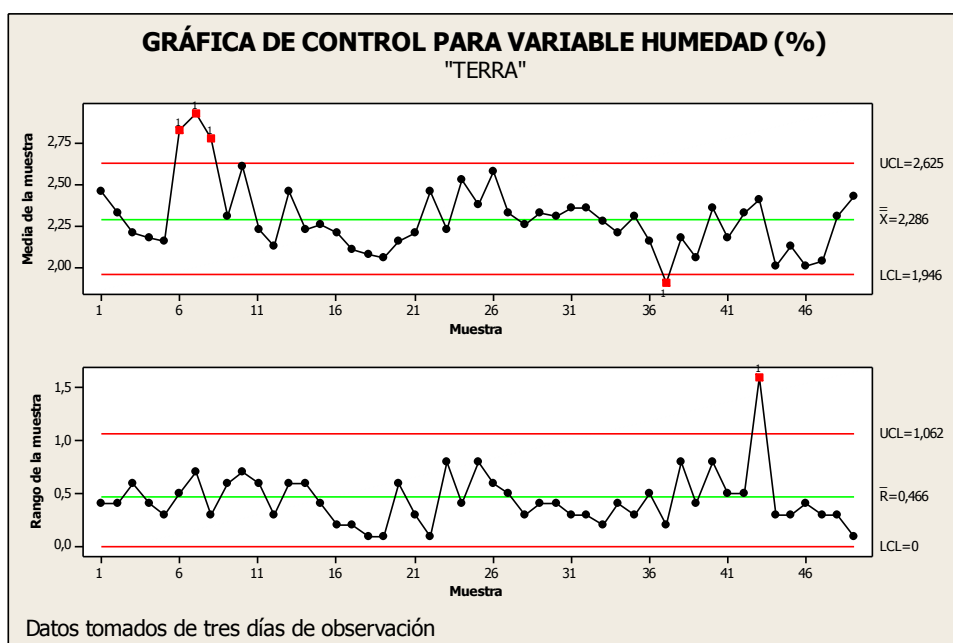


Figura 21. Gráfica de control para variable Humedad del producto “Terra”. Observaciones realizadas durante tres días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable humedad en el producto Terra, los cuales son:

Límite de especificación superior = 2,5%

Límite de especificación inferior = 2,0 %

Los límites de control están fuera de los límites de especificación. Además, existen más de siete puntos consecutivos arriba o debajo de la línea central. Por tanto la variable humedad está fuera de control.

Gráfica de control de la variable Color en el producto “Terra”

Subgrupo de muestra $n = 4$, lo cual representa 30 minutos de producción (considerando una producción de 40 cajas/hora).

El tipo de gráfica de control seleccionada corresponde a la Gráfica X –R.

Los valores de color han sido obtenidos por método colorimétrico con escala patentada por Photovolt (escala propia del fabricante).

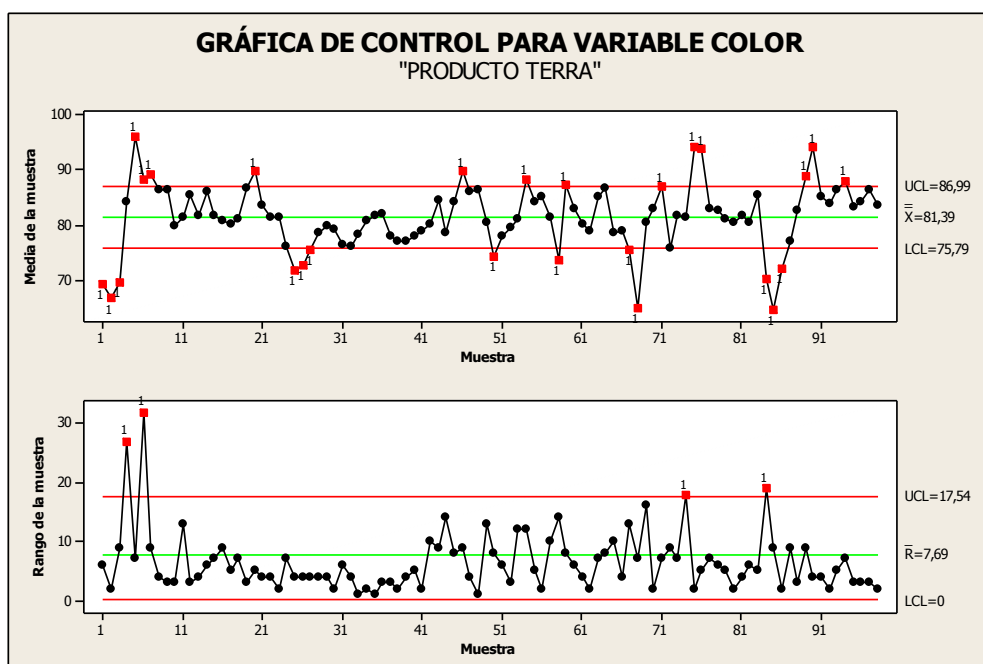


Figura 22. Gráfica de control para la variable Color del producto “Clásico”. Observaciones realizadas durante tres días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable color en el producto Terra, los cuales son:

Límite de especificación superior = 85

Límite de especificación inferior = 75

Se puede notar que la variable Color se encuentra fuera de control ya que muchos puntos están fuera de los límites de control calculados. Además, los límites de control están fuera de los límites de especificación. Por último también se observa tendencias crecientes y decrecientes.

Gráfica de control de la variable Fluidez en el producto “Terra”

Se considera subgrupos de tamaño 2 (n=2).

Como ya se indicó anteriormente este subgrupo representa una hora de producción.

Debido al tamaño de subgrupo se representarán los datos en una gráfica X – R.

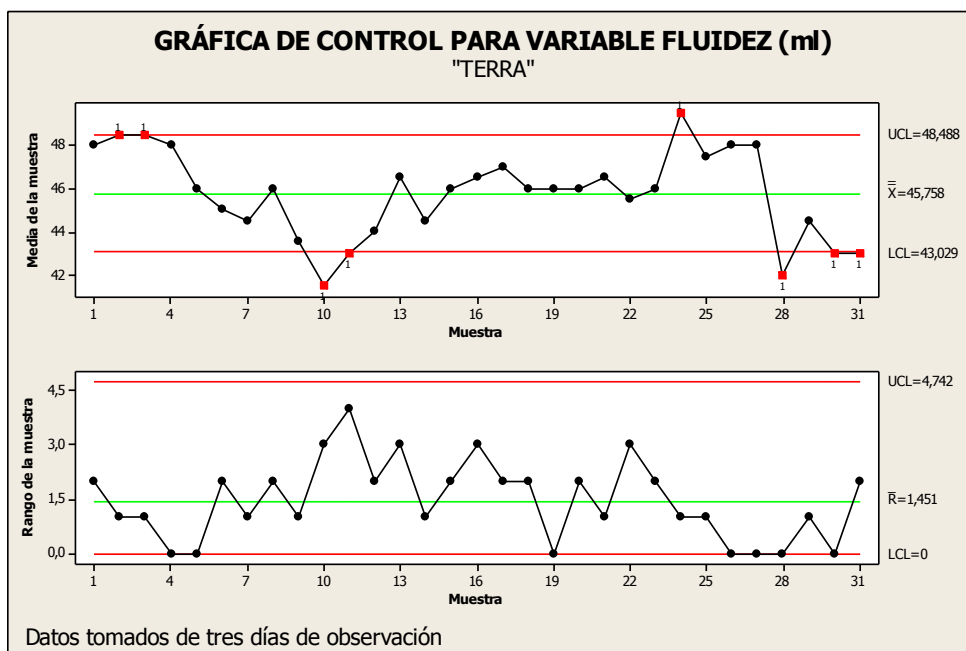


Figura 23. Gráfica de control para la variable Fluidez del producto “Clásico”. Observaciones realizadas durante tres días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Además de los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, cabe considerar los límites de Especificación definidos para la variable fluidez en el producto Terra, los cuales son:

Límite de especificación superior = 47

Límite de especificación inferior = N/A

El límite máximo de control (a 3σ) supera el límite de especificación, por tanto esta variable está fuera de control.

Gráfica de control de la variable Sedimento en el producto “Terra”

La especificación indica que la bebida debe ser libre de partículas insolubles o sedimentos. Esto se mide a través de una prueba de filtración, observándose si en el papel filtrante quedan residuos que estén fuera de lo aceptable (uso de patrón visual para la calificación).

La gráfica escogida para evaluar si este parámetro está fuera o dentro de control es la gráfica de la Proporción de No Conforme, o gráfica p.

Subgrupo de $n=20$, en total 15 subgrupos.

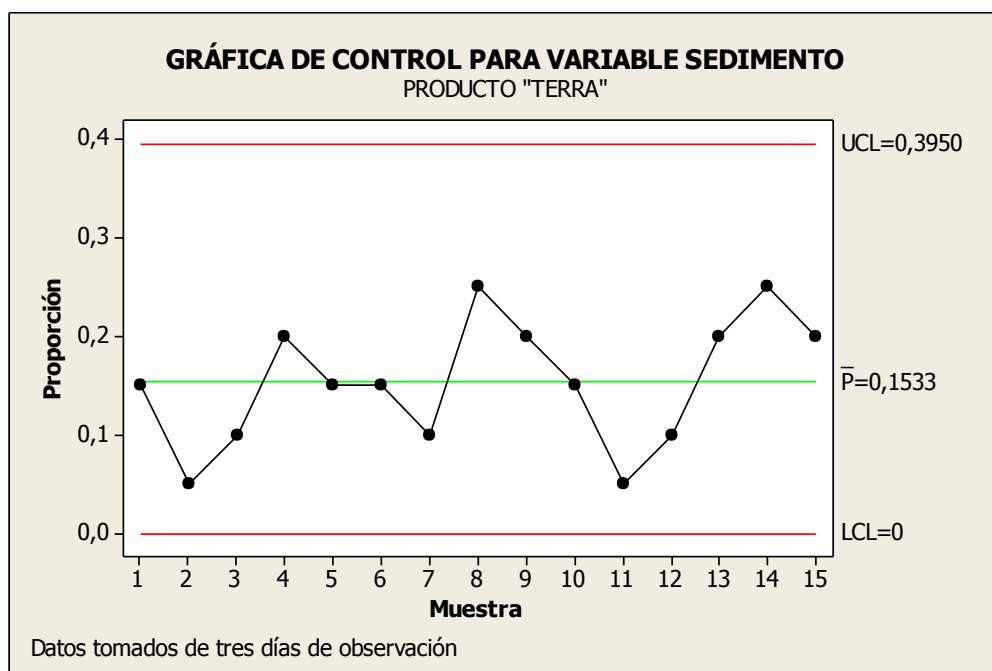


Figura 24. Gráfica de control para el atributo Sedimento del producto “Terra”. Observaciones realizadas durante tres días.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Según los límites de control calculados y mostrados en el gráfico, el atributo sedimento no está fuera de control. Sin embargo este atributo requiere ser mejorado ya que significa el 15% de los reprocesos del producto Terra.

Al igual que para el atributo Espuma, la empresa no ha definido un valor para la proporción de defectuosos aceptable por el cliente.

3.4. Análisis de causa de los rechazos

Para esta sección del análisis se aplicará la herramienta Espina de Pescado o Diagrama Ishikawa, agrupando las causas potenciales en seis ramas correspondientes a las 6M: mano de obra, materia prima, mediciones, medio ambiente, métodos y máquinas.

Las ideas colocadas en los diagramas fueron obtenidas de la reunión con los operadores y jefes del área. Luego, se profundizó en la causa origen de cada una de ellas a través de la herramienta de los Cinco Por qué.

3.4.1. Análisis de causa de los rechazos de producto por incumplimiento de Densidad.

El incumplimiento de la variable densidad ha provocado el rechazo y reproceso de 167,4 Ton, que corresponde al 25% del producto reprocesado por mezcla en el período de estudio (enero a junio de 2014). Los rechazos por densidad afecta a los tres productos estudiados: Clásico, Textura y Terra.

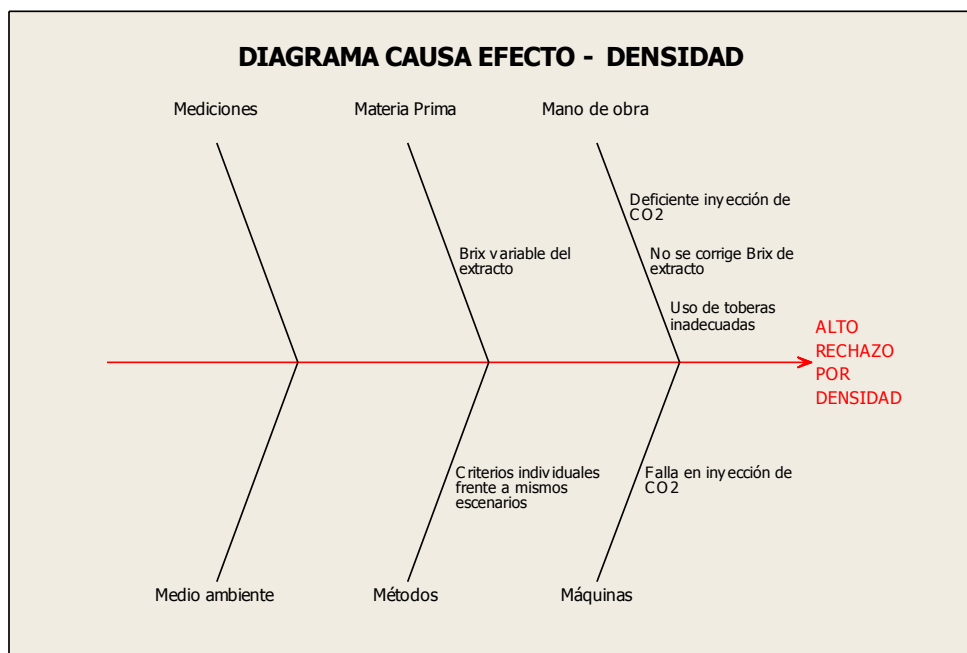


Figura 25. Diagrama Ishikawa para el problema de Rechazo por Densidad.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Las posibles causas para el problema de densidad, determinadas durante el análisis de Causa con la Espina de Pescado se justifican a continuación:

Materia Prima (Extracto concentrado)

- Brix de extracto concentrado es variable.- La variabilidad de los grados brix del extracto no permite definir una receta fija para la operación del proceso de secado. Según los operadores que participaron en el análisis de causa, la variación de brix afecta a la densidad ya que a mayor grado brix del extracto, mayor es la densidad del producto terminado. Una vez que se tiene un extracto con brix muy alto o muy bajo, es necesario tomar varias medidas de corrección para lograr mantener al producto terminado dentro del rango especificado de densidad. Cada operador corrige la desviación según su experiencia y criterio. En cuanto al rango de trabajo, se ha pre establecido como de 2 grados Brix, aunque algunos operadores prefieren trabajar con sólo 1 grado brix de rango.

Mano de obra.-

- No se corrigen las variaciones de brix del extracto.- Al no estar bien definido el rango adecuado de trabajo para el brix (1 o 2 grados brix), se ha creado la incertidumbre en los operadores de si es correcto o no corregir el extracto a un rango más ajustado. La corrección puede ser en el sentido de aumentar su concentración o de disminuirla. No se han definido los métodos adecuados para lograr dicha corrección.
- Deficiente control de inyección de CO₂.- La concentración del CO₂ en el extracto está relacionada inversamente con la densidad del producto terminado. A mayor concentración de CO₂, menor densidad y viceversa. La presencia de CO₂ también afecta otra importante variable de calidad del producto terminado como lo es el color.
- Uso de toberas inadecuadas.- El diámetro del orificio de salida de la tobera y su combinación con la cámara de la tobera tiene efecto sobre la densidad obtenida. Según lo indicado por los operadores durante el análisis de causa realizado, toberas de orificio pequeño produce densidades bajas en el producto terminado. Lo opuesto ocurre con toberas de orificio y cámara grande. Las toberas son cambiadas a tamaños más grandes porque permite aumentar la alimentación de flujo a la cámara y por lo tanto aumentar el nivel de producción.

Método

- Cada operador resuelve las diversas situaciones según su criterio.- El no tener definidos los parámetros de operación y las acciones a tomar si existen desviaciones tiene como consecuencia que los operadores apliquen diversos tipos de correcciones, esperando resultados a base de prueba y error.

Máquina

- Falla en la inyección de CO₂ por mal funcionamiento del sistema.- Como ya se indicó anteriormente, el CO₂ tiene gran importancia en los resultados de densidad del producto terminado. Sin embargo, la deficiente inyección del gas puede deberse no sólo a la mano de obra, sino a fallas en el sistema compuesto por tanque o bombona de gas, manguera, toberas o flujómetro.

Análisis de los 5 Por qué: Densidad fuera de especificaciones

Una vez descritas y justificadas las posibles causas del problema del incumplimiento de densidad, se aplica la herramienta de los Cinco Por qué para llegar a la o las causas raíz.

Materia Prima
¿Por qué es variable el Brix del extracto concentrado?
Por variaciones de la etapa de evaporación (etapa anterior) que produce extracto con valores de brix por encima o por debajo de lo establecido (55 – 57°Brix)
¿Por qué varía la etapa de evaporación?
Debido a que el flujo de extracto no se controla adecuadamente.
¿Por qué el flujo de extracto no se controla adecuadamente?
Por fallas de lectura de los flujómetros
¿Por qué fallan los flujómetros?
Por taponamiento con sedimento de café
¿Por qué existe taponamiento con sedimento de café?
Es posible que la frecuencia de limpieza establecida para el CIP del evaporador no sea suficiente.

Mano de Obra
¿Por qué no se corrigen las variaciones de brix del extracto?
Porque no se han definido y estandarizado las acciones a tomar cuando el brix está por fuera del rango pre establecido (55-57°Brix).
¿Por qué no se ha definido las acciones correctivas para cuando el brix está fuera de las especificaciones?
Por falta de empoderamiento técnico en la calidad por parte de los supervisores y jefes.
¿Por qué no ha habido un empoderamiento en calidad de parte de los supervisores y jefes?
Por falta de conocimiento de herramientas de calidad para mejoramiento de procesos y porque no se mide al personal en base a resultados de calidad y productividad sino en base a la cuota producida en el día.
¿Por qué?
La política de la alta dirección no está direccionada en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.

Mano de obra
¿Por qué hay deficiente control de la inyección del CO2?
El operador no tiene claro cuánto gas inyectar.
¿Por qué el operador no tiene claro cuánto gas inyectar?
Porque el flujo de CO2 a inyectar (l/h) depende de la concentración del Brix y no se han definido ni estandarizado los flujos a tomar en los diferentes escenarios frente a los que se encuentre el operador. Cuando el brix es alto, el operador debe decidir cuánto aumentar en la dosificación de gas. Cuando el brix es bajo debe reducir la adición de CO2. Existen diversos criterios.
¿Por qué no se ha definido el volumen de CO2 para cuando el brix está fuera de las especificaciones?
Por falta de empoderamiento técnico de la calidad por parte de los supervisores y jefes.
¿Por qué no ha habido un empoderamiento en calidad de parte de los supervisores y jefes?
Por falta de conocimiento de herramientas de calidad para mejoramiento de procesos y porque no se mide al personal en base a resultados de calidad y productividad sino en base a la cuota producida en el día.
¿Por qué?
La política de la alta dirección no está direccionada en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.

Mano de obra
¿Por qué se usan toberas inadecuadas?
A veces se usan toberas grandes para aumentar el flujo de alimentación a cámara y de esa manera aumentar la cantidad producida por día, castigando el cumplimiento de la densidad del producto terminado. Toberas de mayor diámetro ocasionan un aumento de la densidad y viceversa.
¿Por qué se sacrifica la calidad por aumentar la producción?
La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad. Se mide los resultados del personal por cuota de producción, no por índices de calidad y productividad.
¿Por qué en la empresa la calidad no es prioritaria?
Porque la propuesta de valor de la empresa para sus clientes es la cantidad de producto disponible y la respuesta rápida a sus requerimientos. En este aspecto la calidad debería ser comprendida no como una propuesta de valor al cliente sino como una herramienta de la eficiencia que les permitirá producir bien a la primera, es decir, eficientemente. No hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de

eficiencia.

Método
¿Por qué los operadores resuelven las diversas situaciones que se les presentan de manera individual?, sin un criterio unificado/estandarizado?
Porque no están determinadas las acciones a tomar en los diferentes escenarios frente a los que se encuentre el operador
¿Por qué no se ha definido acciones estandarizadas para las diferentes situaciones con que se pueda encontrar el operador?
No ha habido un estudio técnico completo que permita definir acciones estandarizadas para cada situación.
¿Por qué no se ha realizado un estudio técnico?
Por falta de conocimiento técnico en métodos de resolución de problemas y por falta de empoderamiento en la calidad del proceso y del producto.
¿Por qué hay falta de conocimiento técnico y empoderamiento en la calidad?
La política de la alta dirección no se ha enfocado en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.

Máquina
¿Por qué existen fallas de inyección de CO2 asociados con los equipos?
Por mal funcionamiento de las toberas.
¿Por qué las toberas pueden fallar en su funcionamiento?
Por taponamiento de las mismas
¿Por qué?
Por falta de limpieza
¿Por qué la limpieza puede ser deficiente?
No hay un programa establecido de limpieza de toberas. Se continúa trabajando hasta que haya problema de taponamiento, entonces se para y se hace limpieza.
¿Por qué no hay programa establecido de limpieza de toberas?
Falta de empoderamiento técnico de la calidad por parte de los medios de la producción.
¿Por qué no ha habido un empoderamiento en calidad de parte de los supervisores y jefes?
Por falta de conocimiento de herramientas de calidad para mejoramiento de procesos y porque no se mide al personal en base a resultados de calidad y productividad sino en base a la cuota producida en el día.
¿Por qué?
La política de la alta dirección no está direccionada en la calidad ya que no hay una

comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.
--

Resultados del análisis de causa del problema del alto rechazo por incumplimiento de la variable densidad.-

A continuación se enlistan las causas principales del incumplimiento de la variable densidad. Cabe indicar que se ha considerado aquellas que de una u otra forma se han repetido en los análisis.

1. Operación.- No se han definido claramente las acciones que el operador debe realizar frente a diversas situaciones que se le pueden presentar, lo cual permitiría que todos actúen de forma estandarizada, reduciendo el tiempo para corregir desviaciones. En el caso de densidad, las variables que requieren estandarizar acciones correctivas son el Brix del extracto, el flujo de CO₂, uso de toberas.
2. Mandos medios.- Se detecta una necesidad de capacitación en Herramientas de calidad para mejoramiento de procesos para aumentar su empoderamiento en calidad. Se requiere que los mandos medios lideren la estandarización de los procesos y que comuniquen a los niveles operativos esta forma de trabajo. Falta de empoderamiento de la calidad.
3. Política de la alta dirección.- La alta dirección no ha priorizado la calidad dentro de la política de trabajo y de medición de resultados del personal y de los procesos, debido a que no la conoce como una verdadera herramienta para lograr eficiencia: producto bien elaborado con costos ajustados a lo necesario sin reprocesos excesivos. La calificación del personal por las cuotas de trabajo y no por la calidad y productividad es una causa constantemente identificada dentro de los análisis realizados.
4. Equipos.- No existe un programa de limpieza de equipos o estos son deficientes.

3.4.2. Análisis de causa de los rechazos de producto por incumplimiento de **Fluidez.**

El incumplimiento de la variable fluidez ha provocado el rechazo y reproceso de 105,7 Ton, que corresponde al 16% del reproceso (para la mezcla) del período de estudio.

En la figura 26 se muestran las posibles causas para el rechazo de la fluidez.

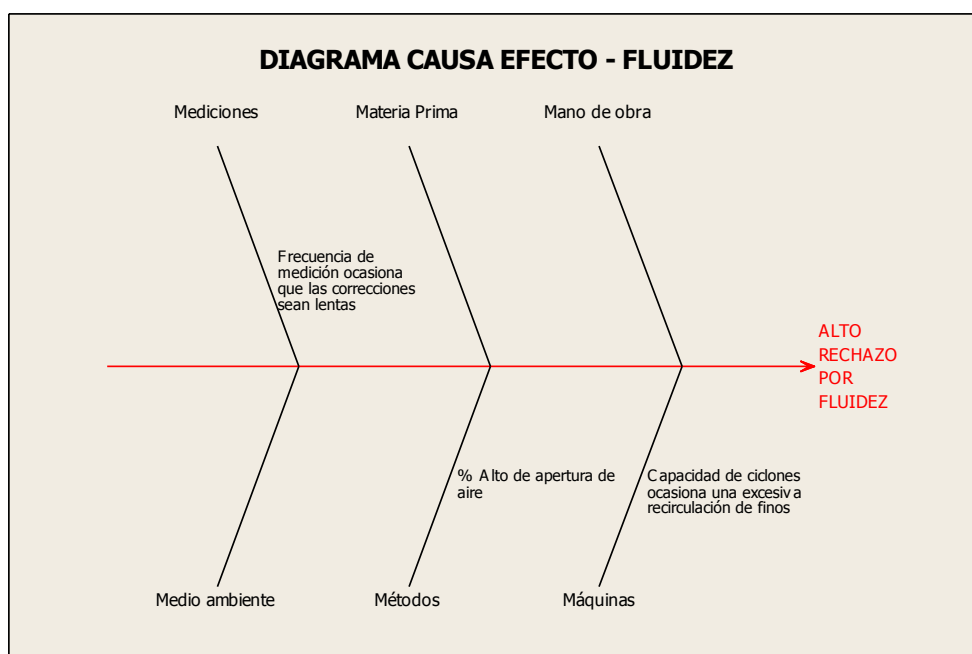


Figura 26. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por fluidez.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Justificación:

Mediciones

- Frecuencia de medición ocasiona que las correcciones de las desviaciones sean lentas.- La determinación de la fluidez se realiza en el laboratorio de control de calidad a una frecuencia de un análisis cada 20 unidades producidas (cajas de 25 kg), es decir, de haber una desviación, el operador lo conoce después de media tonelada de producción. Actualmente no existe las facilidades para poder hacer el monitoreo de fluidez in situ, sino que se depende de los resultados emitidos por el laboratorio de calidad, los cuales tienen una frecuencia de verificación, no de monitoreo.

Método

- Porcentaje alto de apertura de entrada de aire.- En la operación del quemador de la cámara de secado, se ha comprobado que con un porcentaje de apertura de la entrada de aire al quemador mayor que 60% empieza a haber problemas de fluidez ya que ocurre un desbalance en la transferencia de masa y energía que se lleva a cabo durante la deshidratación. Sin embargo, el rango de trabajo de apertura de entrada de aire está determinado entre el 50 y el 70%.

Máquinas

- Capacidad de ciclones ocasiona una excesiva recirculación de finos.- La función de los ciclones es separar polvos finos y desalojarlos, impidiendo que permanezcan con el producto lo cual ocasiona problemas de fluidez debido a la deformación de la partícula por la aglomeración entre partículas.

Análisis de los Cinco Por qué

Mediciones
¿Por qué las correcciones en fluidez de producto terminado son tardías?
Porque el operador debe esperar el resultado emitido por laboratorio de calidad.
¿Por qué el laboratorio de calidad tarda en dar un resultado?
Porque la frecuencia establecida para el laboratorio es una frecuencia de verificación (1 análisis cada 20 cajas o cada 500kg), no de monitoreo. Si se aumentara la frecuencia habría un cuello de botella en el trabajo del laboratorio.

Método
¿Por qué se abre la entrada de aire a valores altos?
Para aumentar la capacidad de secado y de esta manera aumentar la producción. Además, el rango de trabajo establecido actualmente lo permite: 50 a 70%, cuando desde 60% ya empieza a haber problemas de fluidez.
¿Por qué el operador prefiere producir más cantidad de producto pese a que éste puede tener problemas de fluidez?
Porque existe presión para que se produzca una cuota mínima por día (ton/día).
¿Por qué se trabaja bajo cuotas de producto por día y no por cantidad de producto dentro de especificaciones por día?

Porque la alta dirección no considera crítico el costo asociado con el reproceso del producto. Dicho esto, se entiende que la alta dirección no considera que la calidad a la primera sea necesaria para mejorar la productividad de la empresa.

Máquina
¿Por qué la capacidad de los ciclones de cámara ocasiona que haya una excesiva recirculación de finos?
Porque su capacidad es menor a la cantidad de producto procesado.
¿Por qué la capacidad de los ciclones está por debajo de la cantidad de producto producida?
Porque su capacidad de diseño es originalmente para 10 ton/día y se está procesando de 10 a 20 ton/día. Aunque ha habido una constante adecuación de los equipos para la nueva capacidad de producción requerida, ya la dimensión de los ciclones queda corta ocasionándose la ineficaz separación de finos.
¿Por qué no se ha adecuado suficientemente la etapa de separación de finos al nuevo requerimiento de producción?
Debido a que es un equipo secundario, cuando se presentó la propuesta de re ingeniería, esta no fue aprobada por el dueño de la empresa, sin embargo no se modificaron los compromisos de ventas.

Resultado del análisis de causa del problema del alto rechazo por incumplimiento de la variable fluidez.-

A continuación se enlistan las causas principales del incumplimiento de la variable fluidez. Cabe indicar que se ha considerado aquellas que de una u otra forma se han repetido o que están relacionadas en los análisis de todas las posibles causas (espinas del diagrama Ishikawa):

1. Monitoreo de resultados.- La dependencia de la operación con los resultados que emite el laboratorio de calidad no permiten conocer rápidamente las desviaciones. Las frecuencias que están establecidas para el laboratorio, corresponden a una verificación de un proceso dentro de control, no de monitoreo. Al estar esta variable fuera de control se hace necesario resultados más pronto.
2. Equipos.- Los ciclones tienen un diseño con capacidad inferior a la requerida lo que ocasiona que haya una excesiva recirculación de finos

dentro de la cámara, resultando en la aglomeración del producto y, finalmente en una mala fluidez.

Por otro lado, la apertura de entrada de aire al quemador supera el 60% cuando debería ser máximo 60%, es decir, no se ha definido un rango de apertura adecuado para asegurar la calidad.

3. Organización.- Se mide al personal operativo y a los mandos medios por la cuota de producción diaria (ton/día) y no por la calidad con la que produce este producto.
4. Política de la alta dirección.- La alta dirección no ha priorizado la calidad dentro de la política de trabajo y de medición de resultados del personal y de los procesos, debido a que no la conoce como una verdadera herramienta para lograr eficiencia: producto bien elaborado con costos ajustados a lo necesario sin reprocesos excesivos.

3.4.3. Análisis de causa de los rechazos por Espuma

El problema de la espuma afecta solamente a uno de los tres productos estudiados, en este caso el producto Textura, sin embargo, la cantidad rechazada y enviada al reproceso asciende a 59 Ton en el período de estudio, lo cual lo ubica en el tercer lugar de las causas de rechazo de producto terminado.

Textura es un producto que tiene como principal característica el producir abundante espuma en la bebida de manera instantánea al contacto con el agua hirviendo, sin la agregación de ingredientes. La obtención de la característica de espuma se basa en el cumplimiento exacto de la receta en cuanto a la materia prima usada y a la operación de los equipos, especialmente la centrifugación, la inyección de gas, el bombeo y el atomizado.

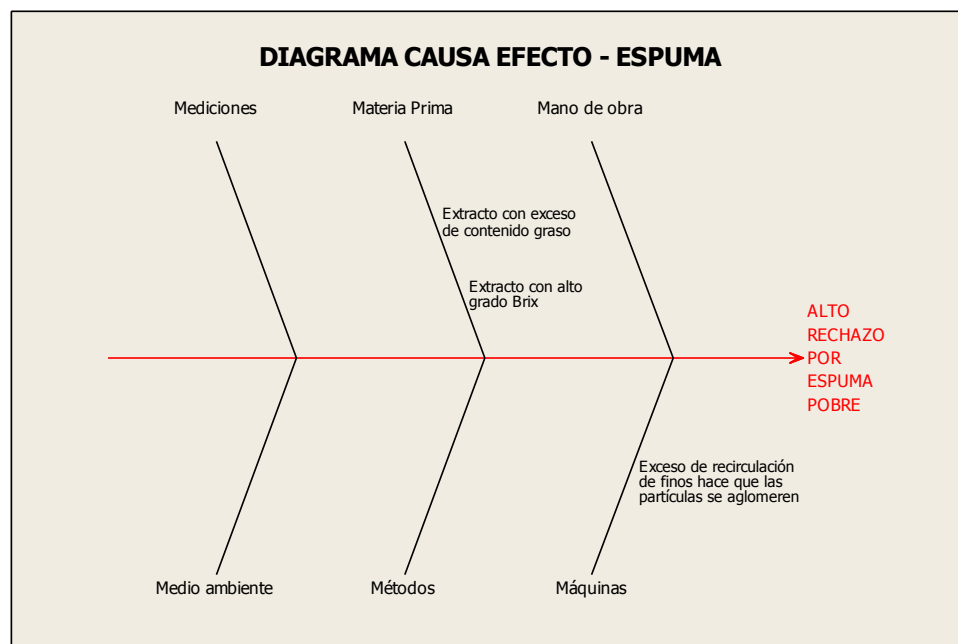


Figura 27. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Espuma.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Justificación

Materia prima (Extracto concentrado)

- Extracto con exceso de contenido graso.- La grasa tiene la propiedad de romper la espuma (efecto antiespumante), por lo que un producto que provenga de un extracto que posea exceso de grasa no podrá producir espuma.
- Extracto con alto grado Brix.- La alta concentración de sólidos solubles en el extracto impide la fácil inyección y disolución del gas inyectado en él. Para obtener espuma en la bebida preparada es necesario que las burbujas de gas sean pequeñas y estén bien dispersas en todo el extracto.

Máquinas

- Exceso de recirculación de finos.- Dentro de la cámara de secado se encuentran los ciclones que succionan las partículas finas de café. El objetivo de esto es separar las partículas finas que se encuentran suspendidas dentro de la cámara. Las partículas finas, cuando van mezcladas con el producto

estándar, reducen la formación de espuma (posiblemente porque el contenido de gas es menor).

Análisis de los Cinco Por Qué

Materia prima
¿Por qué el extracto puede tener exceso de contenido graso?
Por una inadecuada centrifugación.
¿Qué puede fallar en la centrifugación?
Puede haber problemas mecánicos en el equipo.
¿Qué problema puede presentar la centrífuga?
Acumulación de sedimento de café en los platos internos del equipo, lo cual ocasiona que el equipo pierda eficiencia y no clarifique adecuadamente el extracto de café.
¿Por qué se acumula sedimento en los platos?
Al parecer la frecuencia de limpieza cada 15 días no es suficiente para este producto que requiere mayor clarificación que los productos regulares.

Materia prima
¿Por qué el extracto puede tener alta concentración (°Brix)?
<i>Aplica el mismo análisis que para la Variación de la concentración del Extracto:</i>
¿Por qué es variable el Brix del extracto concentrado?
Por variaciones de la etapa de evaporación (etapa anterior) que produce extracto con valores de brix por encima o por debajo de lo establecido (55 – 57°Brix)
¿Por qué varía la etapa de evaporación?
Debido a que el flujo de extracto no se controla adecuadamente.
¿Por qué el flujo de extracto no se controla adecuadamente?
Por fallas de lectura de los flujómetros
¿Por qué fallan los flujómetros?
Por taponamiento con sedimento de café
¿Por qué existe taponamiento con sedimento de café?
Es posible que la frecuencia de limpieza establecida para el CIP del evaporador no sea suficiente.

Máquina
¿Por qué existe una excesiva recirculación de finos en la cámara?
Debido a que la capacidad de los ciclones está por debajo de lo requerido según la cantidad

producida.
¿Por qué la capacidad de los ciclones está por debajo de la cantidad de producto producida?
Porque su capacidad de diseño es originalmente para 10 ton/día y se está procesando de 10 a 20 ton/día. Aunque ha habido una constante adecuación de los equipos para la nueva capacidad de producción requerida, ya la dimensión de los ciclones queda corta ocasionándose la ineficaz separación de finos.
¿Por qué no se ha adecuado suficientemente la etapa de separación de finos al nuevo requerimiento de producción?
Debido a que es un equipo secundario, cuando se presentó la propuesta de re ingeniería, esta no fue aprobada por el dueño de la empresa, sin embargo no se modificaron los compromisos de ventas.

Resultado del análisis de causa del problema del rechazo por incumplimiento de la variable Espuma.-

1. Método.- Frecuencia de limpieza insuficiente de la centrífuga ocasiona una deficiente clarificación del extracto para la eliminación de la grasa. Lo mismo ocurre con el evaporador lo cual ocasiona variaciones de flujo en el mismo y por tanto variación en la concentración del extracto.
2. Equipos.- Capacidad de ciclones: Los niveles de producción son mayores a la capacidad de los ciclones.

3.4.4. Análisis de causa de los rechazos por Humedad

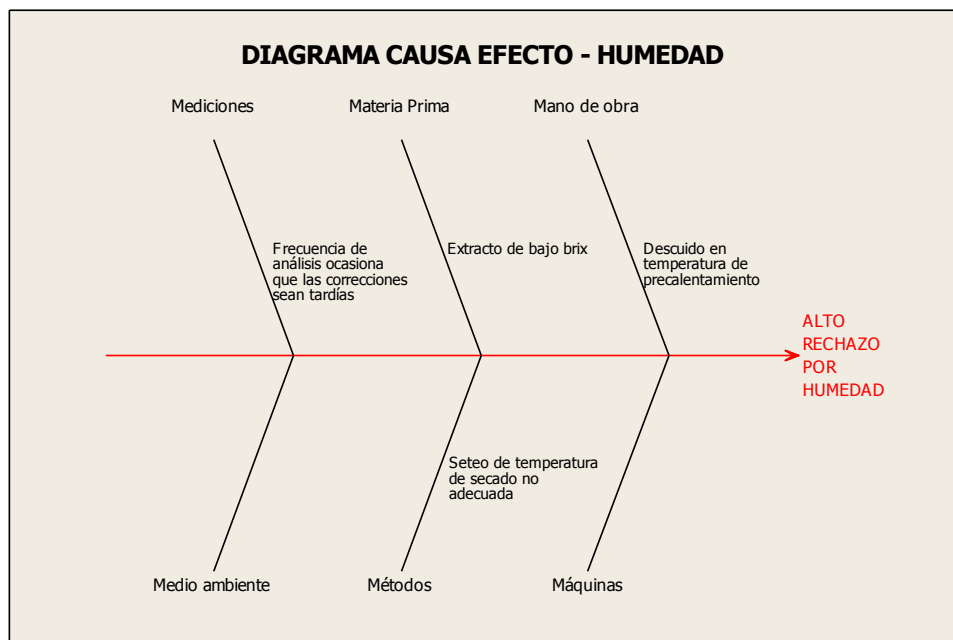


Figura 28. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Humedad.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Justificación

Mano de Obra

- Descuido en la temperatura de precalentamiento.- Dependiendo del producto que se está elaborando es necesario regular la temperatura de precalentamiento en el intercambiador de placas. De no haber la correcta regulación, el extracto llegará a la torre de secado con temperatura demasiado baja y dificultará la efectiva eliminación de agua durante el secado con los recursos fijados de temperatura de secado y flujo de producto.

Materia Prima (Extracto concentrado)

- Extracto de bajo brix.- Un extracto que posea un nivel de concentración de sólidos solubles bajo (bajo brix) implica que se requerirá más recursos para el secado ya que hay que retirar más agua. Esto puede significar que si no se calibra las variables de secado, podría ocurrir una eliminación insuficiente de agua y por lo tanto elevados valores de humedad en el producto final.

Mediciones

- Frecuencia de análisis ocasionan que las correcciones sean tardías.- La humedad es un parámetro que se mide una vez cada 10 cajas, lo que significa que las correcciones se pueden realizar una vez cada 250 kg.

Método

- Temperatura de secado no adecuada.- Dependiendo del producto que se esté elaborando se regula la temperatura de secado, la cual dependerá de otras variables tales como la concentración de extracto y flujo de producto, principalmente. De no haber una correcta regulación de la temperatura de secado se podría producir una ineficaz eliminación de agua y la consecuente humedad fuera de rango del producto.

Análisis de los Cinco Por Qué

Mano de obra
¿Por qué el operador se puede descuidar de la regulación de la temperatura de precalentamiento?
En el proceso de producción de café atomizado existe una actividad que le resta tiempo y enfoque a los operadores y auxiliares. Esta actividad es la limpieza del prensa ¹ , el cual es muy pequeño respecto a la cantidad de extracto que filtra por hora y por día. Los papeles filtrantes deben ser lavados o cambiados frecuentemente (cada dos horas) debido a que se saturan. A medida que pasa el tiempo éstos se saturan más rápido por lo que las frecuencias de limpieza terminan siendo hasta de cada 20 minutos.

Materia prima
¿Por qué el extracto tiene bajo brix?
<i>Aplica el mismo análisis que para la Variación de la concentración del Extracto:</i>
¿Por qué es variable el Brix del extracto concentrado?
Por variaciones de la etapa de evaporación (etapa anterior) que produce extracto con valores de brix por encima o por debajo de lo establecido (55 – 57°Brix)
¿Por qué varía la etapa de evaporación?
Debido a que el flujo de extracto no se controla adecuadamente.
¿Por qué el flujo de extracto no se controla adecuadamente?
Por fallas de lectura de los flujómetros

¹ Esta limpieza tan recurrente del filtro prensa puede ocasionar descuidos no sólo en la operación de las placas precalentadoras, sino en el control y operación de otras variables de producción.

¿Por qué fallan los flujómetros?
Por taponamiento con sedimento de café
¿Por qué existe taponamiento con sedimento de café?
Es posible que la frecuencia de limpieza establecida para el CIP del evaporador no sea suficiente.

Mediciones
¿Por qué las correcciones en humedad de producto terminado son tardías?
Porque el operador debe esperar el resultado emitido por laboratorio de calidad.
¿Por qué el laboratorio de calidad tarda en dar un resultado?
Porque la frecuencia establecida para el laboratorio es una frecuencia de verificación (1 análisis cada 10 cajas o cada 250kg), no de monitoreo. Si se aumentara la frecuencia habría un cuello de botella en el trabajo del laboratorio.

Método
¿Por qué la temperatura de secado se setea de manera inadecuada?
No se ha definido la temperatura de secado para diferentes escenarios, por ejemplo, para diferentes concentraciones del extracto o para variaciones de flujo de alimentación de extracto a cámara de secado o, cuando ocurren fallas en el intercambiador de placas (etapa de precalentamiento), etc.
¿Por qué no se ha definido la temperatura de secado para diferentes escenarios?
No se ha hecho un estudio técnico bajo diferentes escenarios que permita definir las temperaturas adecuadas.
¿Por qué no se ha realizado un estudio técnico?
Por falta de conocimiento de métodos de resolución de problemas y por falta de empoderamiento en la calidad por parte del personal de producción.
¿Por qué hay falta de conocimiento y empoderamiento de la calidad?
La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.

Resultado del análisis de causa del problema del rechazo por incumplimiento de la variable humedad.-

1. Equipos.- La actividad de cambio de papel filtrante en el filtro quita tiempo importante al auxiliar quien debería atender más al monitoreo y ajuste de la

temperatura de precalentamiento del extracto. También puede ocasionar el descuido del control y operación de otras variables.

Nuevamente se detectó que la frecuencia de limpieza del evaporador puede ocasionar fallas en el mismo y variaciones de concentración del extracto concentrado (Brix), lo cual afecta la eficiencia del secado y por tanto la humedad del producto terminado.

2. Método.- Falta de determinación de un rango seguro de trabajo en temperatura de secado y de precalentamiento.
3. Mandos medios.- Falta de conocimiento en calidad y herramientas para la mejora de procesos. Falta de empoderamiento de la calidad.
4. Monitoreo de resultados.- Dependencia de los resultados emitidos por laboratorio de calidad. La variable humedad no se encuentra bajo control por lo que la frecuencia actual de análisis de humedad no es efectiva para corregir rápidamente cuando hay desviación.
5. Organización.- Se mide al personal operativo y a los mandos medios por la cuota de producción diaria (ton/día) y no por la calidad con la que produce este producto.
6. Política de la alta dirección.- La alta dirección no ha priorizado la calidad dentro de la política de trabajo y de medición de resultados del personal y de los procesos, debido a que no la conoce como una verdadera herramienta para lograr eficiencia: producto bien elaborado con costos ajustados a lo necesario sin reprocesos excesivos.

3.4.5. Análisis de causa de los rechazos por Color

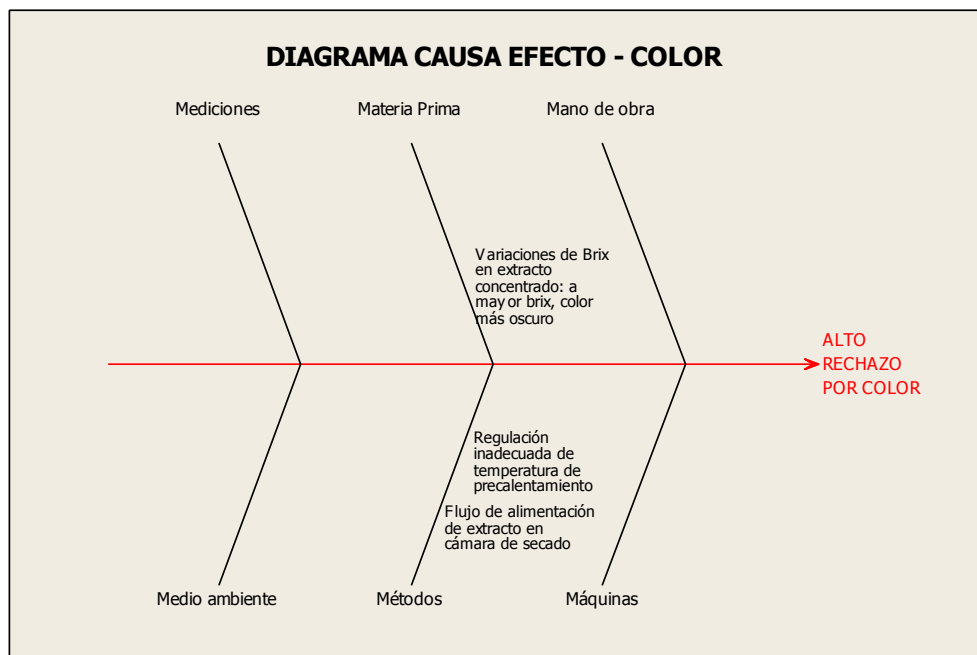


Figura 29. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Color.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Justificativo

Materia Prima (Extracto concentrado)

- Variaciones de Brix de extracto concentrado.- Si el extracto ha procedido de una evaporación fuerte (en tiempo y/o temperatura), el mismo tendrá fibra carbonizada lo cual, resulta en varios problemas de calidad, entre ellos el color. Esta evaporación intensa tiene como resultado una cuantificación de la concentración mayor a 58°Brix. Se ha podido notar que a concentraciones mayores a 59°Brix, los colores del producto terminado son más oscuros. En el caso de concentraciones muy bajas, esto también afecta el color, obteniéndose tonalidades claras.

Método

- Regulación inadecuada de temperatura de Pre calentamiento.- La experiencia indica que con temperaturas por debajo de 60°C, los colores obtenidos en producto terminado tienden a ser más oscuros. El valor nominal establecido

para las placas de calentamiento es 60°C y de ahí se regula según el producto que se esté elaborando.

- Flujo de alimentación de extracto en cámara de secado.- Al haber una mayor alimentación de extracto, el ángulo de la atomización es menor ya que se usan toberas más grandes. Este mayor flujo y menor dispersión de las gotas atomizadas, ameritan el aumento de la temperatura de secado, lo cual ocasiona el efecto químico de pardeamiento no enzimático y por tanto un resultado de color más oscuro en el producto terminado. El efecto contrario se consigue si se alimenta muy poco flujo y se lo atomiza a un ángulo amplio a través de toberas pequeñas; los colores obtenidos serán claros.

Análisis de los Cinco Por qué

Materia Prima
¿Por qué es variable el Brix del extracto concentrado?
Por variaciones de la etapa de evaporación (etapa anterior) que produce extracto con valores de brix por encima o por debajo de lo establecido (55 – 57°Brix)
¿Por qué varía la etapa de evaporación?
Debido a que el flujo de extracto no se controla adecuadamente.
¿Por qué el flujo de extracto no se controla adecuadamente?
Por fallas de lectura de los flujómetros
¿Por qué fallan los flujómetros?
Por taponamiento con sedimento de café
¿Por qué existe taponamiento con sedimento de café?
Es posible que la frecuencia de limpieza establecida para el CIP del evaporador no sea suficiente.

Método
¿Por qué se regula inadecuadamente la temperatura de precalentamiento?
Porque sólo se ha definido el valor nominal de 60°C pero no se ha definido los límites o los rangos más adecuados para cada tipo de producto.
¿Por qué no se ha definido rangos adecuados para la temperatura de precalentamiento?
Por falta de conocimiento de métodos de resolución de problemas y por falta de empoderamiento en la calidad por parte del personal de producción.
¿Por qué hay falta de conocimiento y empoderamiento de la calidad?
La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad ya que no hay una comprensión

de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.

Método
¿Por qué se alimentan flujo altos de extracto en cámara de secado?
Por aumentar la producción, lo que hace necesario aumentar la temperatura de secado y, por tanto, se afecta el color.
¿Por qué se sacrifica la calidad por aumentar la producción?
La política de la alta dirección no tiene enfoque en la calidad. Se mide al personal por las cuotas de producción y no por la productividad y calidad.
¿Por qué en la empresa la calidad no es prioritaria?
Porque la propuesta de valor de la empresa para sus clientes es la cantidad de producto disponible y la respuesta rápida a sus requerimientos. En este aspecto la calidad debería ser comprendida no como una propuesta de valor al cliente sino como una herramienta de la eficiencia que les permitirá producir bien sin necesidad de reprocesar, es decir, con eficiencia. No hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.

Resultado del análisis de causa del problema del rechazo por incumplimiento de la variable Color.-

1. Equipos.- Variación del Brix del concentrado de café debido a las fluctuaciones de flujos en el evaporador ocasionadas por la frecuencia de limpieza que es insuficiente.
2. Método.- Falta de definición de un rango de trabajo para la temperatura de precalentamiento. Además, excesiva temperatura de secado debido a un desbalance en la cantidad de extracto alimentada con el afán de aumentar la producción
3. Mandos medios.- Falta de conocimiento en calidad y herramientas para la mejora de procesos. Falta de empoderamiento de la calidad.
4. Organización.- Se mide al personal operativo y a los mandos medios por la cuota de producción diaria (ton/día) y no por la calidad con la que produce este producto.
5. Política de la alta dirección.- La alta dirección no ha priorizado la calidad dentro de la política de trabajo y de medición de resultados del personal y de los procesos, debido a que no la conoce como una verdadera herramienta

para lograr eficiencia: producto bien elaborado con costos ajustados a lo necesario sin reprocesos excesivos.

3.4.6. Análisis de causa de los rechazos por Sedimento

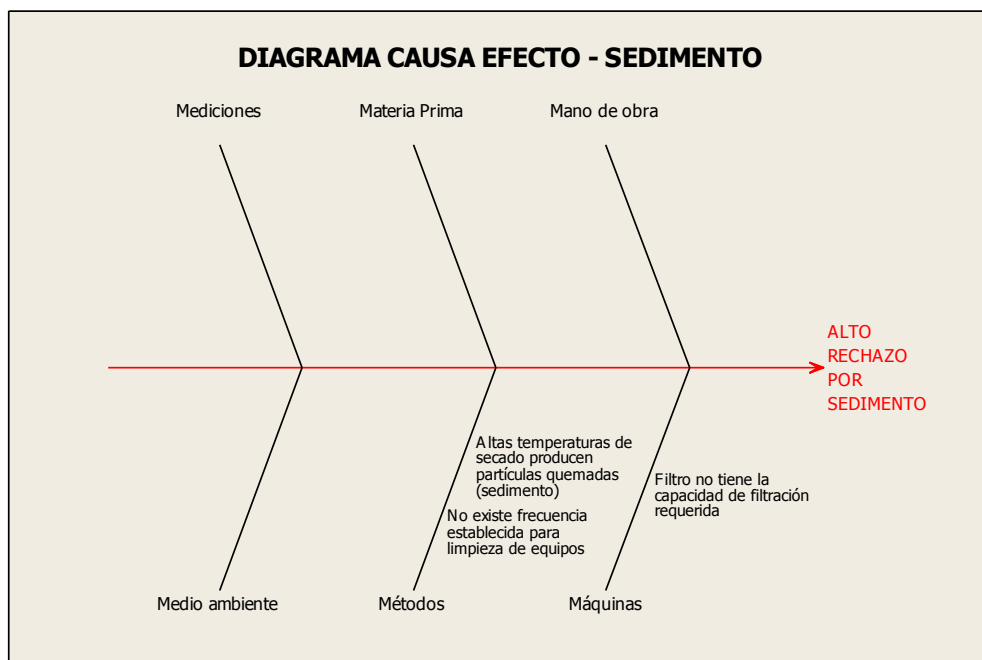


Figura 30. Diagrama Ishikawa para el problema de rechazo por Sedimento.

Elaborado por: Verónica Guadalupe

Justificación

Máquinas

- Filtro no tiene la capacidad requerida.- El equipo corresponde a un filtro de placas con papel filtrante, cuya capacidad de filtración está al 50% de lo que requerido según el nivel de producción, lo que ocasiona que los filtros se saturen rápidamente y que el operador deba otorgar tiempo excesivo en su limpieza.

Método

- Altas temperaturas de secado producen partículas quemadas (sedimento).- Cuando la temperatura de secado se eleva al punto de sobrepasar el

requerimiento para el secado efectivo, lo que produce carbonización. Las partículas carbonizadas se detectan durante el análisis de filtración.

- No existe frecuencia establecida para limpieza de equipos.- La falta de limpieza oportuna ocasiona la acumulación de café en las tuberías, cámara de secado, tamizador y tolva de envasamiento, lo cual forma costras de material petrificado y/o carbonizado. Los equipos son limpiados una vez que control de calidad detecta exceso de sedimento en el análisis del producto terminado.

Análisis de 5 por qué

Máquina
No es necesario hacer el análisis de los 5 por qué ya que la razón por la que se utiliza un equipo de poca capacidad y cuyo diseño no permite un trabajo efectivo, es que no se ha aprobado la compra de un equipo nuevo. Ya el equipo de ingeniería presentó la propuesta.

Método
¿Por qué se trabaja con temperaturas de secado altas que podrían ocasionar partículas carbonizadas?
Porque no se ha definido formalmente las temperaturas requeridas según el flujo de alimentación, es decir, el rango de trabajo.
¿Por qué no se ha definido formalmente el rango de temperatura de secado?
Por falta de conocimiento y empoderamiento en calidad por parte de los mandos medios de producción.
¿Por qué hay falta de conocimiento y empoderamiento de la calidad?
La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia. Se mide a los trabajadores por sus resultados en cantidad de producción y no por calidad y productividad.

Método
¿Por qué no existe programa establecido para la limpieza de equipos?
Porque en general se considera que cuando los equipos no han presentado problemas o el producto está bien, las limpiezas son una pérdida de tiempo que se podría otorgar a la producción. Por tanto, las limpiezas se realizan sólo cuando ya se detectan sedimentos en el producto terminado.
¿Por qué?

Por falta de conocimiento y empoderamiento en calidad por parte de los mandos medios de producción.
¿Por qué hay falta de conocimiento y empoderamiento de la calidad?
La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia. Se mide a los trabajadores por sus resultados en cantidad de producción y no por calidad y productividad.

Resultados del análisis de causa del problema del alto rechazo por incumplimiento de la variable Sedimento.-

1. Equipos.- El filtrador es de poca capacidad y con diseño poco eficiente. Además existe una deficiente limpieza de los equipos como tuberías, cámara de secado, tamizador y tolva de envasamiento.
2. Mandos medios.- Falta de conocimiento en calidad y herramientas para mejoramiento de procesos. Falta de empoderamiento en calidad.
3. Organización.- Se mide al personal operativo y a los mandos medios por la cuota de producción diaria (ton/día) y no por la calidad con la que produce este producto.
4. Política de la alta dirección.- La alta dirección no ha priorizado la calidad dentro de la política de trabajo y de medición de resultados del personal y de los procesos, debido a que no la conoce como una verdadera herramienta para lograr eficiencia: producto bien elaborado con costos ajustados a lo necesario sin reprocesos excesivos.

3.4.7. Resultado final del análisis de causa

El resultado del análisis de causa de los rechazos por incumplimientos de las variables de calidad: densidad, fluidez, espuma, color, humedad y sedimento; indica que son ocho las causas identificadas.

En la tabla 12 se muestran las causas identificadas y el problema de calidad al que están vinculadas.

Tabla 12. Causas identificadas para el problema de rechazo.

Causas identificadas		Rechazo de Producto										
		Clásico			Terra				Textura			
		Por Fluidéz	Por Densidad	Por humedad	Por Fluidéz	Por Densidad	Por humedad	Por color	Por Sedimento	Por Densidad	Por Espuma	Por color
1	Se mide al personal de producción por la cuota producida y no por la calidad y productividad.	X	x	x	x	x	x	x		x		x
2	Falta de estandarización de métodos para acciones correctivas en línea		x	x		x	x			x		
3	Falta definición de rangos de trabajo	X		x	x		x	x				x
4	Mandos medios: Falta de conocimientos en calidad y herramientas de mejoramiento de procesos. Falta de empoderamiento de la calidad.		x	x		x	x	x	x	x		x
5	Capacidad de equipos es menor al requerimiento de producción.	X			x				x		x	
6	Falta de programas de limpieza de equipos o frecuencias no suficientes.		x	x		x	x	x	x	x	x	x
7	Resultados de calidad no llegan oportunamente al operador	X		x	x		x					
8	La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.	X	x	x	x	x	x	x	x	x		x

Elaborado por Verónica Guadalupe

Con este resultado se da por identificada las causas raíz y gracias al análisis realizado tenemos las pautas para la definición del plan de mejora.

CAPÍTULO IV

4. Propuesta de Mejora

En el capítulo III se realizó el análisis de causa de los rechazos por defectos de productos CLÁSICO, TEXTURA y TERRA, lo cual resultó en ocho causas raíz identificadas que se traducirán en las actividades de mejora a realizarse.

Recordemos que el análisis de causa consideró aquellos defectos que ocasionan aproximadamente el 80% de los rechazos (concepto Pareto), por lo que la cantidad de producto que se vería reducido al aplicar un plan de mejora es la que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 13. Proyección de la mejora

CAFÉ ATOMIZADO	TON	% Respecto al total de reproceso
TOTAL PRODUCCIÓN ENE - JUN 2014	2.873,0	
TOTAL REPROCESO (MEZCLA) ENE- JUN 2014	661,2	100%
REPROCESO CLÁSICO, TEXTURA Y TERRA	524,0	79,2%
CONSIDERANDO CONCEPTO PARETO	446,8	67,6%
REPROCESO ESPERADO DESPUÉS DE LAS MEJORAS	214,4	32,4%
MEJORA		67,6%

Con lo indicado, podemos definir claramente el objetivo de mejora como sigue:

“Reducir el reproceso destinado a la mezcla actual en un 67% mediante la solución de las causas detectadas para los problemas de rechazo de los productos CLÁSICO, TEXTURA Y TERRA”.

Todas las causas identificadas deben ser solucionadas a través de actividades de mejora, sin embargo, para definir un plan de trabajo efectivo es necesario priorizar las mismas considerando distintos aspectos de importancia para la compañía. Con este fin

se definió cuatro criterios con los cuales se valorará la prioridad de la aplicación de las actividades de mejora. Estos cuatro criterios son:

1. Impacto de la mejora aplicada sobre el problema de rechazo (disminución de producto defectuoso).
2. Presupuesto requerido para la implementación.
3. Facilidad de implementación.
4. Aplicabilidad o alcance de la implementación en la mejora de otros procesos de producción.

4.1. Definición de las actividades de mejora para cada causa identificada

Para la definición de las actividades de mejora se desarrolló un análisis FODA (Anexo 1) con el objetivo de determinar las estrategias ofensivas, defensivas, de adaptación y de supervivencia y en base a ellas planear las tareas a implementar.

Tabla 14. Definición de las actividades de mejora para cada causa identificada

Causas identificadas		Acciones para el mejoramiento
1	Se mide al personal de producción por la cuota producida y no por la calidad y productividad.	Innovar la medición de resultados del personal basados en la productividad y calidad.
2	Falta de estandarización de métodos para acciones correctivas en línea	Determinar rangos de trabajo para las etapas del proceso y acciones de corrección estandarizadas en caso de desviaciones.
3	Falta definición de rangos de trabajo	
4	Mandos medios: Falta de conocimientos en calidad y herramientas de mejoramiento de procesos. Falta de empoderamiento de la calidad.	Mejorar competencia técnica de los mandos medios: 1) Programa de capacitación para los mandos medios en Calidad, Herramientas de Mejoramiento de procesos y Supervisión efectiva. 2) Modificación de la descripción de cargo para nuevas contrataciones.
5	Capacidad de equipos es menor al requerimiento de producción.	1) Adquirir un equipo filtrador de mayor capacidad. 2) Adquirir ciclones de mayor capacidad para la cámara de secado
6	Falta de programas de limpieza de equipos o frecuencias no suficientes.	Determinar programas de limpieza de equipos basados en la necesidad real de limpieza.
7	Resultados de calidad no llegan oportunamente al operador	Implementar control de variables de producto terminado por parte del operador en línea.
8	La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad ya que no se la considera como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.	Implementar una política empresarial basada en la productividad y calidad.

Elaborado por Verónica Guadalupe

4.2. Impacto de las acciones de mejora sobre el problema de reproceso

Para definir el nivel de impacto de las acciones de mejora sobre el problema de reproceso, se considera la participación del defecto al que esté relacionado la mejora (en Ton) respecto al total Reprocesado (Ton).

Tabla 15. Definición del nivel de impacto de las causas identificadas sobre el problema de reproceso

Acciones de mejoramiento		Rechazo de Producto por tipo de defecto. Ene - Jun 2014.											
		Clásico			Terra					Textura			Total
		Por Fluidéz	Por Densidad	Por humedad	Por Fluidéz	Por Densidad	Por humedad	Por color	Por Sedimento	Por Densidad	Por Espuma	Por color	
Ton Reprocesadas (ene-jun 2014)		80,7	49,5	22,0	25,0	50,0	30,0	26,7	15,0	67,9	59,2	20,9	446,9
Clásico, Textura y Terra													
Participación porcentual Reproceso		18%	11%	5%	6%	11%	7%	6%	3%	15%	13%	5%	100%
1	Innovar la medición de resultados del personal basados en la productividad y calidad.	1	1	1	1	1	1	1		1		1	0,83
2	Determinar rangos de trabajo y acciones de corrección estandarizadas en caso de desviaciones.	1	1	1	1	1	1	1		1		1	0,83
4	Mejorar competencia técnica de los mandos medios		1	1		1	1	1	1	1		1	0,63
5	Adquirir equipos auxiliares de mayor capacidad: Filtrador y Ciclonés para cámara de secado.	1			1				1		1		0,40
6	Determinar un programa de limpieza de equipos.		1	1		1	1	1	1	1	1	1	0,76
7	Implementar controles de calidad en línea.	1		1	1		1						0,35
8	Implementar una política empresarial basada en la productividad y calidad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	0,87

	El más alto impacto sobre el nivel de rechazo. Valores $\geq 0,66$
	Alto impacto sobre el nivel de rechazos. $> 0,33$ Valores $< 0,66$
	Impacto medio sobre el nivel de rechazos. Valores $\leq 0,33$

Como se puede observar en la Tabla 15, las acciones de mejora de mayor impacto sobre los rechazos (color rojo) corresponden a la política empresarial, la forma de calificar al personal, la determinación de rangos de trabajo y el establecimiento de programas de limpieza de equipos.

Las acciones de alto impacto (color melón) corresponden al mejoramiento de competencia de los mandos medios, la adquisición de equipos auxiliares con mayor capacidad de producción y la implementación de controles en línea para las variables de calidad se ha clasificado como de impacto medio.

4.3. Presupuesto para la ejecución de las actividades de mejora

Para determinar el presupuesto requerido se hace una descripción de las tareas que conforman el cumplimiento de cada actividad requerida. En la tabla 22, se muestra el listado de tareas, presupuesto requerido y tiempo de ejecución correspondiente a cada actividad.

Tabla 16. Descripción de tareas, presupuesto y tiempo de ejecución por actividad.

ACTIVIDADES	Iniciativas	Presupuesto	Tiempo requerido
Innovar la medición de resultados del personal basados en la productividad y calidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Comunicar al personal las metas establecidas. - Comunicar y explicar al personal la nueva forma de medir los resultados. - Publicar en áreas visibles las metas, misión, visión y valores de la empresa. - Iniciar con la medición de la productividad de manera mensual. - Socializar los resultados. - Desarrollar un programa de incentivos por mejoras logradas. 	\$ 20.000,00	Dos meses
Determinar rangos de trabajo para las etapas de proceso y acciones de corrección estandarizadas en caso de desviaciones.	<ul style="list-style-type: none"> - Obtener los resultados de los estudios de capacidad y/o cartas de control. - Determinar el rango de trabajo de cada equipo del proceso. 	\$ -	Seis meses
Mejorar la competencia técnica de los mandos medios.			
Programa de capacitación para los mandos medios en Calidad, Herramientas de Mejoramiento de procesos y Supervisión efectiva.	<ul style="list-style-type: none"> - Definir los lineamientos generales que se desea para el curso de formación. - Escoger el proveedor del servicio. - Evaluar la propuesta. - Iniciar con el programa de formación. 	\$ 10.000,00	Un año
Modificar el perfil de cargo y de competencias requeridas para las nuevas contrataciones de supervisores y jefes de producción.	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la propuesta de cambio. - Revisión, Corrección y Aprobación. 	\$ -	Un mes
Adquirir equipos auxiliares de mayor capacidad: filtrador y ciclones.	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir equipo filtrador con filtro metálico. - Construir o adquirir ciclón de mayor capacidad. - Adquirir válvula rotativa. 	\$ 57.000,00	Dos años

Tabla 16. Descripción de tareas, presupuesto y tiempo de ejecución por actividad.

ACTIVIDADES	Iniciativas	Presupuesto	Tiempo requerido
Determinar un programa de limpieza de equipos.	<ul style="list-style-type: none"> - Definir los requerimientos de frecuencia para la limpieza en base a datos de paros no programados por ensuciamiento de línea. - Diseñar el plan de limpieza - Ejecutar el plan de limpieza 	\$ -	Tres meses
Implementar control de variables de producto terminado por parte del operador en línea.	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir los equipos para determinar fluidez y humedad. - Adecuar un área cerca de la línea para el control de variables - Entrenamiento de operadores en medición de fluidez y humedad. - Implementar las mediciones en línea - Implementar la elaboración y lectura de cartas de control para comunicar visualmente la cantidad de producto y el tiempo fuera de control. 	\$ 15.000,00	Tres meses
Implementar una política empresarial basada en la productividad y calidad.	<ul style="list-style-type: none"> - Redactar y comunicar una política basada en la productividad y calidad a la primera. - Socializar la política en reunión con todo el personal. - Monitorear el cumplimiento por parte de los ejecutivos. - Dirigir un comité para analizar las propuestas de mejora presentadas por los trabajadores. 	\$ -	Implementar cada mes a lo largo de un año
TOTAL		\$ 102.000,00	

4.4. Priorización de las actividades de mejora

Mediante una matriz de priorización se enlistan las actividades y se califica según los criterios de valor definidos por la gerencia: 1) Impacto de la mejora aplicada sobre el problema de rechazo de producto, 2) Presupuesto requerido, 3) Facilidad de implementación, 4) Aplicable para la mejora de otros procesos. A cada criterio se le ha otorgado una ponderación (proporción) según la consideración de la gerencia.

Las calificaciones para cada criterio van del 1 al 3, calificando con 1 si la actividad a realizarse satisface levemente el criterio, 2 si lo satisface medianamente y, 3 si lo hace en su totalidad. En la Tabla 23 se muestran las valoraciones para cada actividad de mejora.

Tabla 17. Matriz de priorización para las actividades de mejora.

		1	2	3	4	5	6	7
	ACTIVIDAD	Innovar la forma de medir resultados del personal.	Determinar rangos de trabajo y acciones de corrección estandarizadas	Mejorar la competencia técnica de los mandos medios	Adquirir equipos auxiliares de mayor capacidad	Determinar programa de limpieza de equipos.	Control de calidad en línea	Política empresarial 1
CRITERIO	PONDERACIÓN	Calificaciones						
Impacto de la mejora aplicada sobre el problema de rechazo de producto	0,35	3	3	2	1	3	1	3
Presupuesto requerido	0,25	2	3	2	1	3	2	3
Facilidad de implementación	0,2	3	2	1	1	3	2	3
Aplicable para la mejora de otros procesos de producción	0,2	3	2	3	1	2	1	3
Resultado ponderado	1	2,75	2,6	2	1,0	2,8	1,45	3,0

Elaborado por Verónica Guadalupe

Del análisis de priorización para la implementación de las mejoras, se puede concluir que el orden de prioridad es el siguiente:

1. Implementar una política empresarial basada en la productividad y calidad.
2. Determinar un programa de limpieza de equipos.
3. Innovar la medición de resultados del personal basados en indicadores de productividad y calidad.
4. Determinar rangos de trabajo para las etapas del proceso y acciones de corrección estandarizadas en caso de desviaciones.
5. Mejorar competencia técnica de los mandos medios
6. Implementar control de variables de producto terminado por parte del operador en línea.
7. Adquirir equipos auxiliares de mayor capacidad: filtrador y ciclón para la cámara de secado.

Como se observa la primera actividad que se debe realizar es la Implementación de una política basada en la productividad y calidad. Es de esperarse que esta sea la actividad de mayor prioridad ya que siempre la política gerencial afecta las decisiones tomadas en los diferentes niveles de la organización y, si se desea ejecutar con éxito un plan de acción de mejora, éste requerirá el apoyo y seguimiento de la gerencia.

En los siguientes apartados se describen las propuestas para la implementación de las actividades de mejora planteadas.

4.5. Propuesta para la implementación de las actividades de mejora

A continuación se detalla cada una de las propuestas de implementación para las acciones de mejora definidas.

4.5.1. Propuesta de política empresarial basada en la productividad y calidad

La política de calidad debe estar vinculada a los objetivos de la empresa. Para ISO 9000, la política de la calidad proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2005).

Recordando que el objetivo planteado al inicio de este capítulo es: “Reducir el reproceso actual en un 67% mediante la solución de las causas detectadas para los problemas de rechazo de los productos Clásico, Textura y Terra”; la política de calidad podría plantearse de la siguiente manera:

Política de Calidad

Somos una empresa ecuatoriana dedicada a la elaboración de café soluble, atomizado, aglomerado y liofilizado. Nuestro compromiso con la satisfacción de nuestros clientes, empacadores de marcas privadas de Europa y Asia, se realiza a través de la entrega de producto de calidad estable, con precio justo y en el tiempo acordado. Todo esto basado en un proceso de mejoramiento continuo, una constante capacitación de nuestros colaboradores e invirtiendo en tecnología que aseguren el alto rendimiento de nuestras operaciones.

Valores: Fábrica de Café Atomizado

- Calidad en nuestros procesos y productos
- Eficiencia en nuestros procesos
- Mejora continua
- Capacitación del talento humano
- Participación de todo el personal en la resolución de problemas

Esta política debe ser difundida por la alta dirección y deben hacerse seguimientos de su cumplimiento.

Para el seguimiento del cumplimiento de la política de calidad, se pueden desarrollar indicadores que midan: reclamos, satisfacción del cliente, reprocesos, mejora continua y capacitación del personal.

En este caso, se ha escogido el mismo indicador que para el cumplimiento del objetivo de mejora:

$$\% \text{ Reproceso} = \frac{\text{Ton reprocesadas}}{\text{Ton producidas}} \times 100\%$$

4.5.2. Determinación del programa de limpieza de equipos

En los análisis de causa realizados se pudo identificar la necesidad de definir o redefinir los programas de limpieza de equipos ya que la acumulación de café ocasiona en ellos problemas de desempeño, así como también fallas en la calidad del producto terminado.

Para la determinación de la frecuencia de limpieza de equipos se realiza un análisis de distribución de probabilidades de los tiempos de fallo de cada equipo, para luego hacer el cálculo de la probabilidad de fallo a un tiempo determinado.

En el presente estudio se realizó dicho análisis para dos de los equipos identificados con esta necesidad: 1) Inyectores de CO₂ (relacionado con rechazos por incumplimiento de densidad) y 2) Cámara de Secado (relacionado con rechazos por presencia de sedimento en producto terminado).

Los pasos seguidos para la determinación de las frecuencias de limpieza se enlistan a continuación:

1. Colectar datos de tiempos de fallo
2. Graficar el Histograma de frecuencias para conocer la distribución de los datos
3. Elaborar la Gráfica de probabilidades de tiempos de fallo
4. Determinar finalmente la distribución de los datos mediante prueba de hipótesis
5. Elaborar la gráfica de distribución acumulada
6. Determinar la frecuencia de limpieza del equipo según la probabilidad de ocurrencia de fallo calculada mediante la función de probabilidad y gráficamente.

Se definen los siguientes criterios de riesgo para tres rangos de probabilidades de ocurrencia de fallo:

Probabilidad $\leq 0,40$ = Riesgo Bajo
Probabilidad 0,41 a 0,59 = Riesgo Medio
Probabilidad $\geq 0,59$ = Riesgo Alto

4.5.2.1. Determinación de la frecuencia de limpieza de inyectores de CO₂

Partiendo de los datos tomados de tiempos de fallos se procede a aplicar el procedimiento indicado.

Tabla 18. Datos de tiempos de fallos de inyectores de CO2 por taponamiento.

Horas de trabajo antes de la falla							
1	16,1	11	8,1	21	6,6	31	33,1
2	9,7	12	10,6	22	2,8	32	42,8
3	11,3	13	6,4	23	14,2	33	5,4
4	18,1	14	13,3	24	15,4	34	36,0
5	2,6	15	11,9	25	8,4	35	8,5
6	2,3	16	14,7	26	8,1		
7	14,7	17	12,4	27	5,2		
8	5,2	18	2,1	28	6,8		
9	25,2	19	1,4	29	28,2		
10	13,9	20	3,4	30	16,0		

Elaborado por Verónica Guadalupe

Se grafica el histograma para observar la tendencia de la distribución correspondiente:

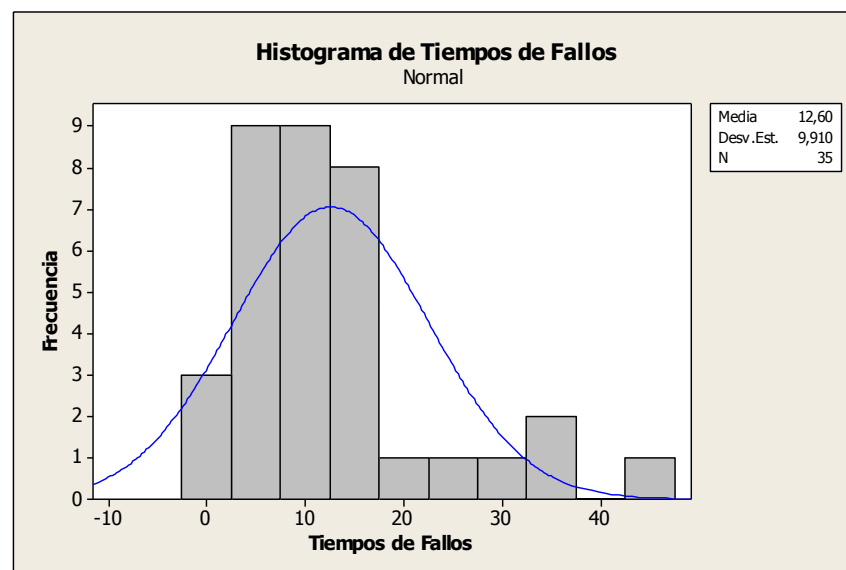


Figura 31. Histograma para Tiempos de Fallo de Inyectores de CO2

Elaborado por Verónica Guadalupe

El histograma presenta sesgo hacia la izquierda, lo que corresponde a una distribución exponencial. Para confirmación, se evalúa el ajuste de manera visual con la gráfica de probabilidades y cuantitativamente con prueba de hipótesis, donde:

μ_0 : El modelo exponencial describe adecuadamente los datos

μ_1 : El modelo exponencial no describe adecuadamente los datos

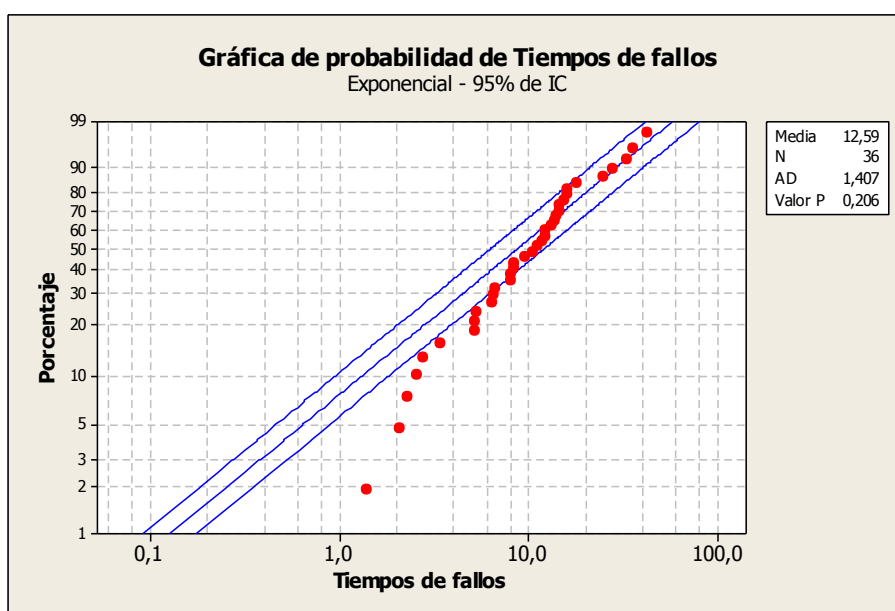


Figura 32. Gráfica de probabilidad de tiempos de fallo de inyectores de CO₂

Elaborado por Verónica Guadalupe

El valor p para la prueba de hipótesis de bondad de ajuste para una distribución exponencial es lo suficientemente alto como para no rechazar la hipótesis nula, es decir, que se confirma que los datos tienen una distribución exponencial.

Una vez confirmada la naturaleza exponencial de los datos se procede a obtener la gráfica de función de distribución acumulada (CDF empírica) para poder determinar fácilmente la probabilidad de fallo a un tiempo determinado:

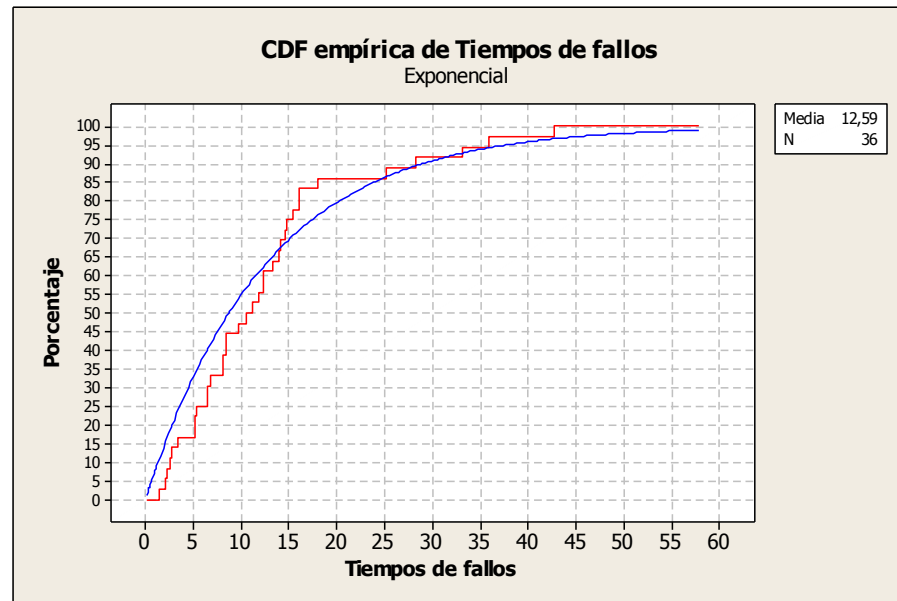


Figura 33. Gráfica de función de distribución acumulada para tiempos de fallo de inyectores de CO2.

Elaborado por Verónica Guadalupe

Función acumulada de la distribución exponencial

$$F(x) = P[X \leq x] = \int_0^x \beta e^{-\beta t} dt = 1 - e^{-\beta x}, \quad 0 \leq x < \infty$$

$$\mu = 1/\beta$$

$$\beta = 1/\mu = 1/12,59 = 0,07943$$

$$P(X \leq x) = 1 - e^{-\beta x}$$

Evaluando la función acumulada para 12 horas y 24 horas obtenemos las siguientes probabilidades de fallo:

$$P(X \leq 12) = 1 - e^{-(0,07943)(12)} = 1 - 0,3855 = 0,6144$$

Es decir que la probabilidad de que los inyectores fallen al finalizar el primer turno es de 0,6144.

$$P(X \leq 24) = 1 - e^{-(0,07943)(24)} = 1 - 0,1486 = 0,8514$$

Es decir que la probabilidad de que los inyectores fallen después de dos turnos es de 0,8514.

Como la probabilidad de que los inyectores fallen a las 12 horas es mayor que 0,59, se considera como Riesgo Alto, por tanto, la probabilidad de 0,6144 es suficiente para determinar que la limpieza debe ser al finalizar cada turno.

4.5.2.2. Determinación de la frecuencia de limpieza de Cámara de Secado

Tabla 19. Datos de Tiempos de fallo de Cámara de Secado por falta de limpieza.

Horas de trabajo antes de la falla							
1	71,2	11	38,9	21	38,9	31	34,5
2	23,8	12	125,7	22	34,7	32	101,4
3	44,5	13	90,8	23	8,0		
4	38,5	14	64,9	24	38,5		
5	15,5	15	27,4	25	37,2		
6	71,4	16	14,4	26	30,5		
7	60,3	17	26,1	27	54,1		
8	12,4	18	24,8	28	44,6		
9	55,0	19	6,2	29	9,9		
10	4,7	20	72,6	30	59,4		

Elaborado por Verónica Guadalupe

Se grafica el histograma para observar la tendencia de la distribución correspondiente:

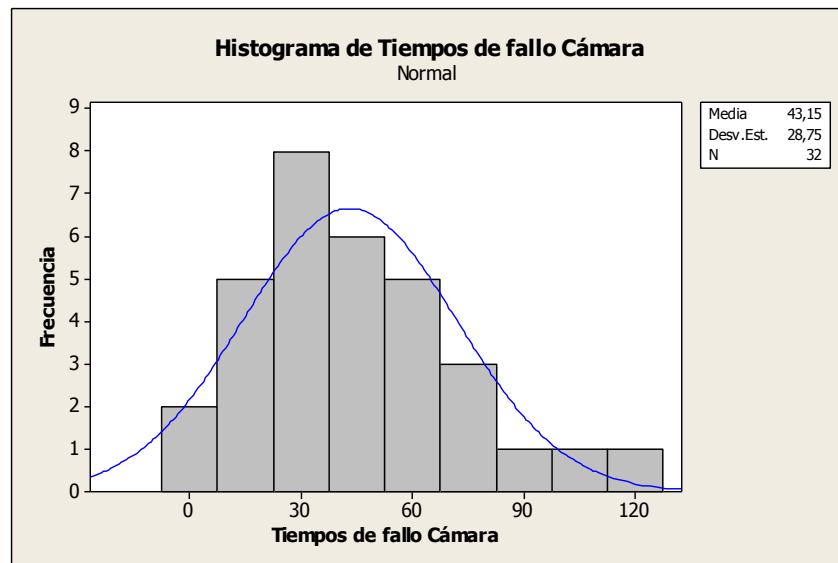


Figura 34. Histograma tiempos de fallo de Cámara de Secado

Elaborado por Verónica Guadalupe

Nuevamente, el histograma presenta sesgo hacia la izquierda lo que corresponde a una distribución exponencial. A continuación se confirma esta apreciación, evaluando el ajuste de manera visual con la gráfica de probabilidades y cuantitativamente con prueba de hipótesis, donde:

μ_0 : El modelo exponencial describe adecuadamente los datos

μ_1 : El modelo exponencial no describe adecuadamente los datos

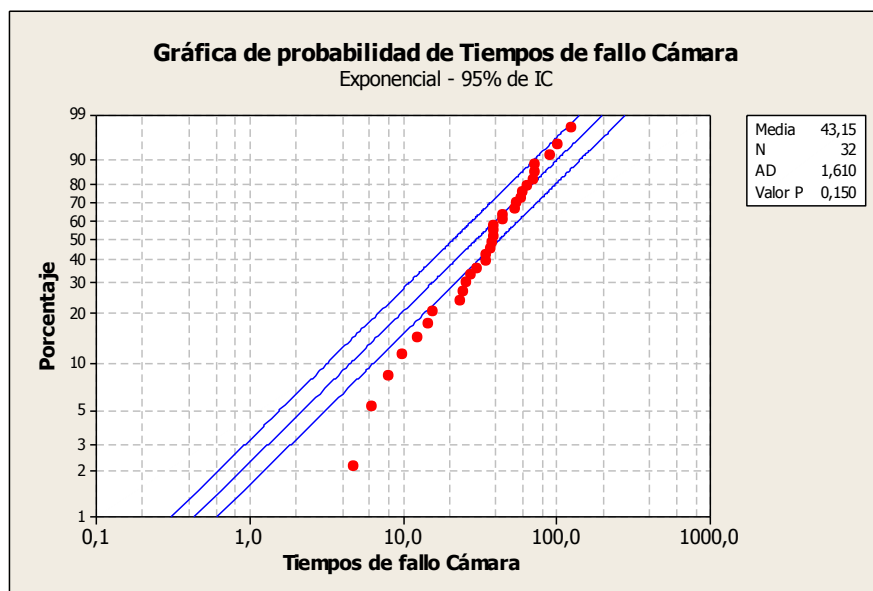


Figura 35. Gráfica de probabilidad de tiempos de fallo de Cámara de secado

Elaborado por Verónica Guadalupe

El valor p para la prueba de hipótesis de bondad de ajuste para una distribución exponencial es lo suficientemente alto como para no rechazar la hipótesis nula, es decir, que se confirma que los datos tienen una distribución exponencial.

Una vez confirmada la naturaleza exponencial de los datos se procede a obtener la gráfica de función de distribución acumulada (CDF empírica) para poder determinar fácilmente la probabilidad de fallo a un tiempo determinado:

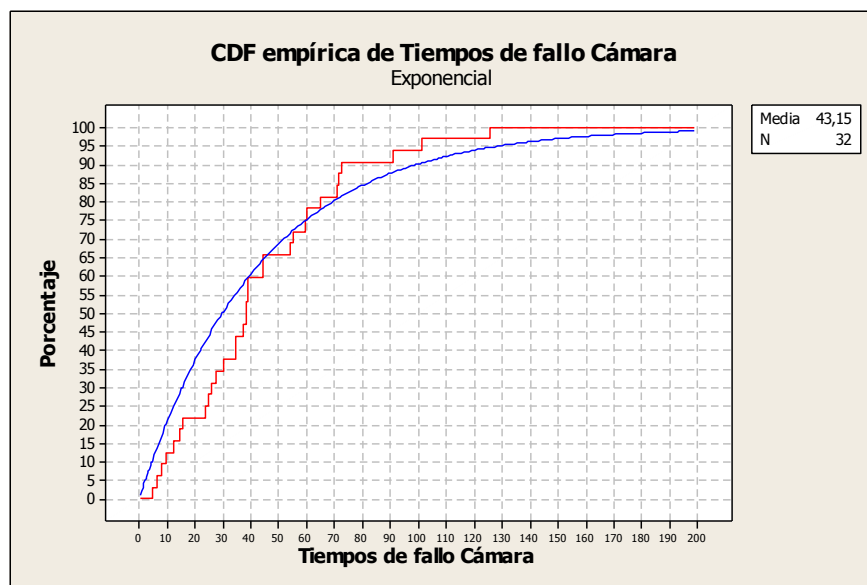


Figura 36. Gráfica de función de distribución acumulada para tiempos de fallo de inyectores de CO₂.

Elaborado por Verónica Guadalupe

$$\mu = 1/\beta$$

$$\beta = 1/\mu = 1/43,15 = 0,02317$$

$$P(X \leq x) = 1 - e^{-\beta x}$$

$$P(X \leq 24) = 1 - e^{-(0,02317)(24)} = 1 - 0,5735 = 0,4265$$

$$P(X \leq 48) = 1 - e^{-(0,02317)(48)} = 1 - 0,3288 = 0,6712$$

$$P(X \leq 72) = 1 - e^{-(0,02317)(72)} = 1 - 0,1886 = 0,8114$$

Con los resultados obtenidos para 24h, 48h y 72h, se puede establecer una frecuencia de limpieza del equipo cada 48h ya que la probabilidad de fallo es 0,6712, lo cual se sitúa dentro del criterio de alto riesgo, según los criterios definidos previamente.

El indicador que se aplicará para medir la eficacia de las frecuencias de limpieza definidas es una derivación del índice de disponibilidad de máquina por avería. En este caso, se tomará en cuenta las horas de paradas no programadas por falta

de limpieza de los equipos que se manifiestan en desviaciones del producto terminado comparado con el número total de horas de producción al mes:

$$\text{Índice de fallo por limpieza} = \frac{\# \text{ de horas paradas por fallas de limpieza}}{\# \text{ total de horas de producción al mes}} \times 100\%$$

4.5.3. Propuesta para Innovar la medición de resultados del personal basados en la productividad y calidad.

La forma de medir al personal se basará ahora en los resultados por calidad a la primera, lo cual implica una mayor productividad: eficiencia en el uso de recursos (mano de obra, horas máquina, servicios) y eficacia en conseguir el mayor porcentaje de producto aprobado posible versus el total producido.

Las tareas a seguir para implementar la nueva forma de medir los resultados del personal se enlistan a continuación:

1. Comunicar al personal las metas establecidas.
2. Comunicar y explicar al personal la nueva forma de medir los resultados.
3. Publicar en áreas visibles las metas, así como la política de la empresa.
4. Iniciar con la medición de la productividad de manera mensual.
5. Socializar los resultados.
6. Desarrollar un programa de incentivos por mejoras logradas.

El indicador para la medición de la productividad del personal está basado en la producción aprobada (calidad a la primera) por hora hombre trabajada:

$$\text{Productividad Mano de Obra} = \frac{\text{Ton aprobadas}}{\text{Hora. Hombre}}$$

Además del resultado de productividad, se medirán aspectos de la competencia de los colaboradores, lo cual estará ligado con el desarrollo del programa de capacitación que se expone más adelante (apartado 4.7).

4.5.4. Propuesta para la determinación de rangos de trabajo y estandarización de acciones de corrección

Para la determinación de rangos de trabajo para los equipos y el producto en proceso, es necesario estudiar las condiciones actuales del proceso a través de:

- Cartas de control y/o
- Análisis de capacidad

Una vez analizadas las variaciones existentes se deben tomar decisiones acerca de los rangos a establecerse para el trabajo.

Cabe indicar que la mayoría de los equipos tienen muchos años desde su instalación y han sido modificados por lo que en ocasiones no aplica las recomendaciones del fabricante.

Como ejemplo se muestra a continuación la definición del rango de trabajo para los grados Brix del extracto concentrado.

Según el análisis de causa para el problema de rechazo por incumplimiento de densidad, no existe una metodología clara de trabajo en cuanto al rango de concentración (grados Brix) del extracto, ya que cada operador considera un rango de concentración, que puede ser de 1 o 2 °Brix, según su criterio y experiencia (ver apartado 3.3.2).

Para definir el rango de concentración del extracto se ha realizado un análisis del comportamiento de esta variable a través de una gráfica de control en base a datos tomados durante una semana de producción la cual se considera representativa ya que no han ocurrido eventos especiales como paras para mantenimiento u otros. El comportamiento se muestra en la figura 37.

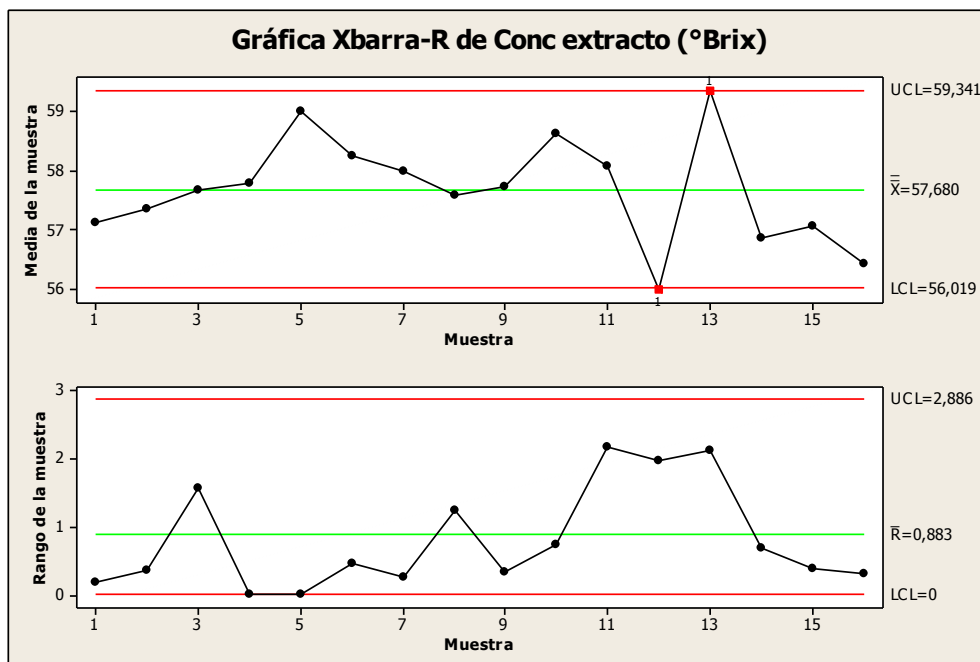


Figura 37. Gráfica de control de Brix de Extracto de café

Elaborado por Verónica Guadalupe

Se puede observar que el proceso no está bajo control ya que el límite de control superior calculado, $59,34^{\circ}\text{Brix}$, supera el límite de especificación (58°Brix). También se observa en la gráfica R que el límite de control superior es $2,88^{\circ}\text{Brix}$ superando con casi un punto al valor de especificación de 2°Brix .

Una vez definida la situación real de la variación de la concentración del extracto se definen los siguientes lineamientos para la corrección en línea:

1. Cada vez que la concentración supere los 58°Brix debe agregarse agua hasta quedar dentro del rango establecido.
2. Cada vez que la concentración está por debajo de 56°Brix debe aislarse dicho extracto en un tanque y mezclarse con extracto de mayor concentración hasta que esté dentro del rango establecido.

De la misma manera se deberán establecer los rangos de operación de los equipos del proceso.

4.5.5. Propuesta para mejorar la competencia técnica de los mandos medios

Se establecen dos acciones de mejora para lograr la competencia técnica requerida en los mandos medios:

- Programa de capacitación
- Modificación de la descripción de cargo para la contratación de mandos medios

Programa de capacitación

Del análisis de causa de los problemas de rechazo por incumplimiento de variables de calidad del producto terminado, realizados en el Capítulo III, se concluye que una de las causas comunes está relacionada con la capacidad de los mandos medios (supervisores, jefes de área) para resolver problemas.

Se reveló también que esto se debe a que los mandos medios son medidos por la cuota de producción y no por los resultados de productividad y calidad a la primera, pero también por la falta de conocimiento de técnicas de análisis y resolución de problemas.

El programa de capacitación que se propone para solventar esta necesidad se compone de dos temas principales:

- Supervisión Efectiva
- Herramientas para el análisis y resolución de problemas

Estos temas deben ser desarrollados con el experto en la materia (empresa capacitadora), sin embargo, se deja estipulado los lineamientos y conceptos básicos que, según la gerencia general, se desea se aborden.

Supervisión Efectiva.-

Para esta parte del programa de capacitación se impartirán los conceptos de la Teoría de Liderazgo Situacional desarrollado por Hersey y Blanchard (1970) la cual indica que el desarrollo y el éxito del líder supone la buena conjugación de dos aspectos en la forma de dirigir a los colaboradores: la orientación hacia la producción y la orientación hacia la relación laboral.

De la teoría de estos dos autores se desprenden indicadores de medición de la Competencia del Personal o la Madurez del colaborador (Hersey & Blanchard), los cuales deben calificarse como Alto, Bajo o Intermedio. Los indicadores propuestos para ser aplicados con el personal de la fábrica y proceso de estudio son:

Para los operadores

- Capacidad para aceptar responsabilidades
- Creatividad
- Habilidad analítica

Para los mandos medios

- Cumplimiento de fechas límites
- Creatividad
- Habilidad analítica
- Habilidad para planear
- Habilidad para decidir
- Capacidad para solucionar problemas
- Capacidad de seguimiento

Herramientas para el Análisis y Resolución de Problemas

Esta parte del programa de formación debe incluir el siguiente contenido:

- El ciclo de mejora continua

- Herramientas de calidad: Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto, Matriz de Priorización, Histograma de frecuencias, etc.
- Control estadístico de procesos: Cartas de control, Análisis de Capacidad de Proceso.
- Realización de estudios de capacidad (medición del Cpk) de los equipos del proceso de elaboración de café atomizado.

La forma de evaluar esta parte del plan de acción será por medio de la implementación de cartas de control y realización de estudios de capacidad de las variables de proceso y de calidad, los cuales deberán ser presentados mensualmente (primero el diseño y luego el seguimiento) por cada grupo de trabajo que se forme dentro de los participantes del programa de formación.

Modificación de la descripción de cargo para nuevas contrataciones de supervisores y jefes

Se plantea modificar la descripción de cargo aumentando los requerimientos de conocimientos académicos y profesionales basados en experiencia. A continuación se presenta la propuesta de descripción de cargo:

Jefe de Producción

Perfil del cargo

Educación: Tercer nivel: Ingenierías afines al manejo de procesos industriales de alimentos.

Conocimiento: Calidad, Excel y Word medio, Estadística básica, Inglés nivel medio.

Experiencia: 2 años en cargos similares.

Habilidades: Liderazgo, Organización, Análisis, Trabajo en equipo, Manejo de grupo.

Supervisor de Producción

Perfil del cargo

Educación: Tercer nivel: Ingeniería o Tecnología afines al manejo de procesos industriales de alimentos.

Conocimiento: Excel medio, Estadística básica.

Experiencia: 1 año en cargos similares.

Habilidades: Organización, Trabajo en equipo, Manejo de grupo.

Valores: Honestidad, lealtad.

4.5.6. Implementación de control de variables de producto terminado por parte del operador en línea.

El objetivo de la implementación del control de humedad y fluidez en línea, por parte del operador, es reducir el tiempo de corrección de las desviaciones. Para esta implementación se plantea la realización de las siguientes tareas:

- Adquirir los equipos para determinación de fluidez y humedad.
- Adecuar un área cerca de la línea para el control de variables
- Entrenamiento de operadores en medición de fluidez y humedad.
- Implementar las mediciones en línea.
- Implementar la elaboración y lectura de cartas de control para comunicar visualmente la cantidad de producto y el tiempo fuera de control.

El indicador para medir la efectividad de la acción tomada se basa en el tiempo de producción “fuera de control”, el cual se obtendrá del análisis de la carta de control de la variable al final del día.

$$\% \text{ Tiempo fuera de control} = \frac{\text{Tiempo de producción fuera de control}}{\text{Tiempo de producción total}}$$

4.5.7. Adquisición de equipos auxiliares de mayor capacidad: Filtro de extracto y Ciclones de cámara de secado

Como ya se indicó anteriormente, según el análisis de causa – efecto, es necesaria la compra o construcción de un Filtrador de extracto y de Ciclones de Cámara de Secado de mayor capacidad ya que los actuales causan retrasos por sus capacidades de trabajo que son bajas frente a las exigencias de la producción y, cuando se fuerza a su uso se causa desviaciones a la calidad, especialmente en las características Fluidez y Sedimento.

Debido a que el costo de adquisición de estos equipos es alto y al mismo tiempo su calificación de priorización es la más baja (1/3), se puede postergar la compra de los mismos para después de que se haya recuperado la primera parte de la inversión gracias a la reducción de rechazos / reprocesos.

4.6. Seguimiento de las acciones de mejora

Una vez que se ha definido la forma de aplicación de las acciones de mejora, así como su nivel de prioridad, es necesario darle el seguimiento requerido para asegurar su cumplimiento eficaz.

Para ello se ha desarrollado una matriz de ejecución, similar a las que se desarrollan para seguimiento del Cuadro de Mando Integral de la Administración Estratégica. Esta matriz permite mostrar fácilmente las actividades con sus respectivos indicadores, responsables y plazos de entrega, así como la frecuencia de revisión.

TABLA 20. MATRIZ DE SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES DE MEJORA
OBJETIVO: REDUCCIÓN DE REPROCESOS DEL CAFÉ SOLUBLE ATOMIZADO EN UN 67%
PLAZO DE CUMPLIMIENTO: DOS AÑOS

RESPONSABLE: GERENCIA GENERAL			RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO: JEFE DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD			
Acción para la Mejora	Indicador	Actividades	Presupuesto	Responsable de la ejecución	Plazo para la ejecución de la actividad	Frecuencia de Revisión de Avance
Crear una política empresarial basada en la productividad y la calidad	%Reproceso= (Ton reprocesadas / Ton producidas) x 100%	Redactar y comunicar una política basada en la productividad y calidad a la primera. Socializar la política en reunión con todo el personal. Monitorear el cumplimiento por parte de los ejecutivos. Dirigir un comité para analizar las propuestas de mejora presentadas por los trabajadores.	\$ -	Gerente General	Dos meses	Mensual
Determinar un programa de limpieza de equipos.	Índice de fallo por limpieza = # de paradas no programadas por equipos sucios / mes	Definir los requerimientos de frecuencia para la limpieza en base a datos de paros no programados por ensuciamiento de línea. Diseñar el plan de limpieza Ejecutar el plan de limpieza	\$ -	Jefe de producción	Un mes	Mensual

TABLA 1. MATRIZ DE SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES DE MEJORA
OBJETIVO: REDUCCIÓN DE REPROCESOS DEL CAFÉ SOLUBLE ATOMIZADO EN UN 67%
PLAZO DE CUMPLIMIENTO: DOS AÑOS

RESPONSABLE: GERENCIA GENERAL			RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO: JEFE DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD			
Acción para la Mejora	Indicador	Actividades	Presupuesto	Responsable de la ejecución	Plazo para la ejecución de la actividad	Frecuencia de Revisión de Avance
Innovar la medición de los resultados del personal basados en productividad y calidad	Productividad Mano de Obra = Ton aprobadas / hora.hombre	Comunicar al personal las metas establecidas. Comunicar y explicar al personal la nueva forma de medir los resultados. Publicar en áreas visibles las metas, así como la misión, visión y valores de la empresa. Iniciar con la medición de la productividad de manera mensual. Socializar los resultados. Desarrollar un programa de incentivos por mejoras logradas.	\$ 20.000,00	Gerente de producción	Dos meses	Mensual
Determinar rangos de trabajo para las etapas de proceso y acciones de corrección estandarizadas en caso de desviaciones.	N/A	Obtener los resultados de los estudios de capacidad. Determinar el rango de trabajo de cada equipos del proceso.	\$ -	Jefe de producción	Implementar cada mes a lo largo de un año	Mensual

TABLA 20. MATRIZ DE SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES DE MEJORA
OBJETIVO: REDUCCIÓN DE REPROCESOS DEL CAFÉ SOLUBLE ATOMIZADO EN UN 67%
PLAZO DE CUMPLIMIENTO: DOS AÑOS

RESPONSABLE: GERENCIA GENERAL		RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO: JEFE DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD				
Acciones para la mejora	Indicador	Actividades	Presupuesto	Responsable de la ejecución	Plazo para la ejecución de la actividad	Frecuencia de Revisión de Avance
Mejorar la competencia técnica de los mandos medios.						
Programa de capacitación para los mandos medios en Calidad, Herramientas de Mejoramiento de procesos y Supervisión efectiva.	Implementación de cartas de control y realización de estudios de capacidad de las variables de proceso y de calidad, presentados mensualmente por cada grupo de trabajo	Definir los lineamientos generales que se desea para el curso de formación. Escoger el proveedor del servicio. Evaluar la propuesta. Iniciar con el programa de formación	\$ 10.000,00	Jefe de RRHH / Jefe de Producción	Un año	Mensual
Modificar el perfil de cargo y de competencias requeridas para las nuevas contrataciones de supervisores y jefes de producción.	Calificación del personal: Capacidad para aceptar responsabilidades, Cumplimiento de fechas límites, Creatividad, Habilidad analítica, etc	Realizar la propuesta de cambio. Revisión, Corrección y Aprobación.	\$ -		Un mes	Mensual

TABLA 20. MATRIZ DE SEGUIMIENTO DE LAS ACCIONES DE MEJORA
OBJETIVO: REDUCCIÓN DE REPROCESOS DEL CAFÉ SOLUBLE ATOMIZADO EN UN 67%
PLAZO DE CUMPLIMIENTO: DOS AÑOS

RESPONSABLE: GERENCIA GENERAL			RESPONSABLE DEL SEGUIMIENTO: JEFE DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD			
Actividades	Indicador	Iniciativas	Presupuesto	Responsable de la ejecución	Plazo para la ejecución de la actividad	Frecuencia de Revisión de Avance
Implementar control de variables de producto terminado por parte del operador en línea.	% Tiempo fuera de control = Tiempo de producción fuera de control / Tiempo total de producción	Adquirir los equipos para determinación de fluidez y humedad. Adecuar un área cerca de la línea para el control de variables Entrenamiento de operadores en medición de fluidez y humedad. Implementar las mediciones en línea. Implementar la elaboración y lectura de cartas de control para comunicar visualmente la cantidad de producto y el tiempo fuera de control.	\$ 15.000,00	Jefe de producción / Jefe de aseguramiento de calidad	Tres meses	Mensual
Adquirir equipos auxiliares de mayor capacidad: filtrador y ciclones.	N/A	Equipo filtrador con filtro metálico	\$ 40.000,00	Gerente de mantenimiento / Gerente General	Dos años	Al término del plazo
		Construir Ciclón Adquirir e instalar Válvula rotativa	\$ 17.000,00			

4.7. Análisis de retorno de la inversión

A continuación se calcula el tiempo de recuperación de la inversión realizada para el proyecto de mejora:

Inversión:	\$102.000,00
Mejora: Reducción de reproceso/mes	74,5 Ton/mes (447ton/semestre)
Costo de reproceso (mezcla)	\$103,00 / ton
Ahorro mensual por mejora	\$7.672,50
Tasa efectiva mensual	0,96%

Con estos datos, el cálculo del valor actual neto (VAN) es negativo hasta el décimo cuarto mes. Es decir, que la inversión total se recupera en el décimo quinto mes.

$$\text{VAN (Mes 14)} = (\$1.907,17)$$

$$\text{VAN (Mes 15)} = \$4.678,56$$

4.8. Ventajas intrínsecas de la implementación del plan de mejoramiento

Fuera de la valoración objetiva de los beneficios de la implementación del plan de mejora planteado en este estudio, existen otras ventajas indiscutibles de llevar a cabo dicha implementación, las cuales tienen que ver con la satisfacción y crecimiento profesional de los trabajadores de la empresa, la confiabilidad en la calidad del producto y otras más que se enlistan a continuación:

- Calidad estable en proceso y en producto terminado
- Menos reclamos / Clientes más satisfechos
- Menos reprocesos
- Personal motivado debido a su participación en el análisis y mejora de procesos, además por la capacitación recibida.
- Mayores utilidades para la empresa
- Mejor ambiente de trabajo: Menos situaciones de conflictos, mayor satisfacción por el trabajo realizado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Mediante la metodología del Ciclo de Deming para la mejora continua (Planear, Hacer, Verificar, Actuar), se logró plantear los problemas concernientes a la alta cantidad de producto rechazado y reprocesado y definir su causa raíz. Además, se pudo establecer el plan de acción de mejora, así como el plan de verificación y seguimiento.

El problema de rechazo y reproceso de café soluble atomizado en la fábrica de estudio se concentra en tres de los ocho productos existentes, acaparando el 85,3% de todo el reproceso destinado a la mezcla en seco.

Las variables de calidad que sufren el mayor incumplimiento y, por tanto, son causantes de la mayor parte de los rechazos y reprocesos son: Densidad, Fluidez, Humedad, Color y Sedimento.

Se logró confirmar que las variables de calidad causantes de los mayores rechazos y reprocesos se encontraban fuera de control, ya que presentaban las siguientes características: Puntos fuera de los límites de control, Tendencias crecientes o decrecientes, Límites de control que sobrepasan los límites de especificación, Línea central muy cercana a uno de los límites de especificación.

Se realizó los respectivos análisis de causa los cuales permitieron determinar las causas raíz particulares y comunes para los problemas de rechazo de las variables estudiadas, las cuales son:

- Se mide al personal de producción por la cuota producida y no por la calidad y productividad.
- Falta de estandarización de métodos para acciones correctivas en línea,
- Falta de definición de rangos de trabajo,
- Falta de conocimiento de los mandos medios en calidad y herramientas de mejoramiento de procesos, además, falta de empoderamiento de la calidad,
- Capacidad de equipos auxiliares menor al requerimiento de producción,
- Falta de programas de limpieza de equipos o frecuencias actuales no suficientes.
- Resultados de calidad no llegan oportunamente al operador,
- La política de la alta dirección no está enfocada en la calidad ya que no hay una comprensión de la misma como una herramienta de control de costos o de maximización de eficiencia.

Varios de los problemas de rechazo analizados están asociados a la variación de la concentración de la materia prima (extracto). Específicamente se ven afectados las variables densidad, color, espuma pobre (en el producto donde se requiere espuma abundante) y humedad. Por tanto es necesario realizar un estudio profundo de la etapa de evaporación que es donde se define el grado de concentración (°Brix) del extracto.

Se definió las acciones de mejora asociadas a cada una de las causas raíz identificadas para el problema de rechazo de producto terminado. Éstas se ponderaron bajo criterios planteados y escala de calificación, pudiendo definir el orden de prioridad de las acciones a implementar, las cuales son:

- Implementar una política empresarial basado en la productividad y calidad,
- Innovar la forma de medir al personal basados en indicadores de productividad y calidad,
- Determinación de un programa de limpieza de equipos,
- Determinación de rangos de trabajo y acciones estandarizadas de corrección,
- Mejorar la competencia técnica de los mandos medios,
- Implementar controles de calidad en línea,

- Adquirir equipos auxiliares de mayor capacidad.

La implementación de una política empresarial basada en la productividad y calidad es la actividad de mejora de mayor prioridad ya que su ejecución impacta directamente a la resolución de los problemas de rechazo de los tres productos principales productos.

El hecho de que las dos actividades de mejora de mayor repercusión sobre la solución del problema de rechazo requieran un costo de inversión de 0 USD sugiere que el cambio está al alcance de la mano y que sólo requiere decisión, liderazgo y seguimiento. Hay otras actividades que sí requerirán inversión pero éstas tienen menor orden de prioridad.

El estudio de distribución de tiempos de fallos de los equipos demuestra que su distribución es exponencial en los dos casos analizados: inyectores de CO₂ y Cámara de secado. Como resultado del cálculo de probabilidades a tiempos determinados, se definió que la frecuencia de limpieza de los inyectores de CO₂ debe ser cada doce horas mientras que para la cámara de secado debe realizarse cada cuarenta y ocho horas la Cámara de Secado. Estos tiempos minimizarán el riesgo de que el equipo falle por acumulación de suciedad (café).

Es factible realizar la inversión para la mejora por \$102.000, ya que la misma se recupera en un tiempo de 15 meses obteniendo más beneficios que el sólo hecho de recuperar la valor monetario. Lograr una calidad estable del producto terminado permite asegurar la satisfacción del cliente e internamente en la fábrica permite menos situaciones de conflicto, mayor satisfacción por el trabajo realizado y mayores utilidades.

5.2. Recomendaciones

Determinar un nivel de calidad aceptable (AQL) para los atributos Espuma y Sedimento que permita aprobar lotes con una proporción de defectuosos máxima acordado con el cliente. Esto permitirá mermar el porcentaje de producto rechazado y reprocesado sin incurrir en el riesgo de causar insatisfacción al cliente o de recibir reclamos.

Realizar el análisis de causa y determinación de un plan de mejora para el problema de variación de concentración de extracto (°Brix) ya que influye en los resultados de calidad del producto terminado, café atomizado, en sus variables densidad, color, humedad y cantidad de espuma.

Realizar un análisis de las mudas o desperdicios del proceso de producción de café atomizado: 1) Exceso de producción, 2) Inventario, 3) Transporte (movimiento de materiales), 4) Movimientos innecesarios del personal, 5) Tiempos de espera, 6) Actividades que no agregan valor. En el presente estudio sólo se ha analizado el desperdicio ocasionado por Reprocesos por producto defectuoso.

ANEXOS

ANÁLISIS FODA PARA DESARROLLO DE LAS ESTRATEGIAS DE MEJORA

	<p>OPORTUNIDADES</p> <p>O1.-El mercado de café tostado & molido que va en disminución frente al crecimiento del mercado de café soluble.</p> <p>O2.-El desarrollo de la caficultura ecuatoriana podría permitir una alineación vertical hacia atrás para asegurar la provisión de materia prima nacional (reducción de costos).</p> <p>O3.-El mejoramiento de la estabilidad de la calidad del producto ofrecido frente a la oferta de los competidores.</p>	<p>AMENAZAS</p> <p>A1.-El desarrollo de la industria de café soluble en países productores de la materia prima, permitiendo que estas empresas ofrezcan un producto terminado con precio más competitivo.</p> <p>A2.-El crecimiento anual de la demanda de café soluble similar al del té, lo cual podría provocar que una tendencia al mayor consumo de té, reduciendo el mercado de café soluble.</p> <p>A3.-Fenómenos climáticos y plagas en los países proveedores de café verde pueden poner en riesgo la disponibilidad de materia prima.</p> <p>A4.-La recesión en Europa podría generar una reducción en el consumo de café soluble.</p>
<p>FORTALEZAS</p> <p>F1.-Alta capacidad productiva instalada.</p> <p>F2.- Personal operativo comprometido con la mejora y con la empresa (el operador más nuevo tiene siete años en la empresa).</p> <p>F3.-Desarrollo tecnológico en procesos productivos con sus recursos y capacidades.</p> <p>F4.-Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 implementado.</p> <p>F5.- Buen posicionamiento comercial de la empresa en el mercado extranjero</p>	<p>Estrategias Ofensivas</p> <p>1. Estandarización de los procesos para alcanzar altos porcentajes de producto dentro de especificaciones.</p> <p>2. Desarrollar programas para la producción de café verde a nivel nacional.</p>	<p>Estrategias Defensivas</p> <p>1. Desarrollar un programa para lograr calidad y productividad en todas las etapas de la producción.</p> <p>2. Desarrollar programas para la producción de café verde a nivel nacional.</p>
<p>DEBILIDADES</p> <p>D1.- Poco conocimiento a todo nivel de las herramientas de calidad y del impacto que ésta causa sobre la productividad.</p> <p>D2.- No se aplica el Mantenimiento y Limpieza preventiva, sólo reactiva.</p> <p>D3.- Falta de estandarización de las variables de operación y de las acciones correctivas cuando hay desviaciones.</p> <p>D4.- Medir al personal por la cuota de producción y no por los logros en calidad y eficiencia</p> <p>D5.- Algunos equipos secundarios del proceso con insuficiente capacidad productiva</p>	<p>Estrategias de Adaptación</p> <p>1.- Establecer un programa de aprendizaje de la calidad como herramienta de mejoramiento de procesos y productividad a todo nivel.</p> <p>2. Definir un programa de mantenimiento preventivo y limpieza preventiva para reducir los tiempos de para y aumentar la productividad.</p> <p>3. Estandarización de los procesos para alcanzar altos porcentajes de producto dentro de especificaciones.</p> <p>4. Adquirir los equipos secundarios que estén acorde a las necesidades de producción.</p>	<p>Estrategias de Supervivencia</p> <p>1. Establecer un programa de aprendizaje de la calidad como herramienta de mejoramiento de procesos y productividad a todo nivel.</p> <p>2. Definir un programa de mantenimiento preventivo y limpieza preventiva para reducir los tiempos de para y aumentar la productividad.</p> <p>2. Desarrollar un programa de calidad y productividad en todas las etapas de la producción para ser competitivos.</p>

BIBLIOGRAFÍA

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

Ballerling, M., & Kramer, R. (s.f.). Coffee Roasting - An Overview. *The Roasting Concepts*, (págs. 43,44,45). Long Beach.

Best, M., & Neuhauser, D. (2006). Walter A Shewhart, 1924, and the Hawthorne factory. *Qual Saf Health Care, Vol 15*, 142-143.

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

Carro, R., & González, D. (2012). *Administración de la Calidad Total*. Obtenido de http://nulan.mdp.edu.ar/1614/1/09_administracion_calidad.pdf

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.

Giugni, P. (2009). *GENICHI TAGUCHI*. Obtenido de <http://www.pablogiugni.com.ar/httpwwwpablogiugnicomarp101/>

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.

Heizer, J., & Render, B. (2010). *DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE OPERACIONES Decisiones Estratégicas*. España: Prentice Hall.

Hersey, P., & Blanchard, K. (s.f.). *Liderazgo Situacional*. (Metamanager.com, Ed.)
Recuperado el noviembre de 2015, de
http://www.metamanagers.com/documents/Liderazgo_Situacional.pdf

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

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*.
Copenhague, Dinamarca.

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

Organización Internacional de Café. (2013). Comercio Mundial de Café Soluble. *Consejo Internacional del Café 110° 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.

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.

THE BOTTOM LINE GROUP. (2013). *Casos de Éxito Six Sigma*. Recuperado el 17 de Febrero de 2015, de https://www.tblgroup.com/tbl/casos_exito.php

Valderrey, P. (2011). *Seis Sigma, Fundamentos, Fases y Herramientas*. Bogotá: Starbook.

Zapata, A., & Sarache, W. (Enero de 2014). Mejoramiento de la calidad del café soluble utilizando el método Taguchi. *INGENIARE, Revista Chilena de Ingeniería*, 22(1), 116-124.