

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO EN ESTADÍSTICA

**CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO DE ELABORACION
DE BOTELLAS PET NR PARA BEBIDAS CARBONATADAS EN
UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**

Autor: Gregory Olivieri

MARACAY, DICIEMBRE 2011

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMIA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
POSTGRADO EN ESTADÍSTICA

**CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO DE ELABORACION
DE BOTELLAS PET NR PARA BEBIDAS CARBONATADAS EN
UNA EMPRESA DE ENVASES PLÁSTICOS**

Autor: Gregory Olivieri
Tutor: Wilfre Machado

(TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE ESPECIALISTA EN
GERENCIA DE SISTEMA DE CALIDAD Y CONTROL ESTADISTICO DE PROCESO)

MARACAY, DICIEMBRE 2011

DEDICATORIA

A Dios, esa fuerza superior en quienes muchos no creen, él ser Omnipotente y Omnisciente: quien me regalo a mí familia, quien me regala cada amanecer y por sobretodo quien me regala sabiduría y entendimiento para realizar cada reto de vida.

A Jesucristo: por ser el medio de llegar a Dios, gracias por tu Sacrificio en la cruz, ya que sin ti no existiría razón para vivir. El haberte conocido ha sido lo mejor que me ha pasado, ya que si no hubiera sido por ti no se donde estaría ahora.

Al Espíritu Santo, mi amigo y guía sin ti no hubiera salido adelante en los momentos difíciles.

A mis Padres: María y Orlando: por el apoyo incondicional que me han dado, por estar conmigo en cada etapa de mi vida, especial a mi madre mi ejemplo a seguir que con constancia, dedicación y amor se logra todo en la vida.

A mis Hermanas: Isa, Carmen, Jhulexy: mis ejemplos de unión que lo que le pasa a una la otra la apoya, esa semilla de unión que nuestros padres han sembrado ha germinado en nosotras. Las Amo

A mis hijas Mis bebas, **Sabrina y Silvana**: mis tesoros que Dios me envió para bendecirme. Hijas las Amo...

A mis Sobrinos: Daniel y Daniela mis copilotos, mis amigos. **María victoria y Kamila** mis Chiquiticas, a todos ellos los Amo como si fueran mis Hijos.

A mis Pastores: José Torin y Lisbeth de Torin: por enseñarme que si se pueden lograr los sueños cuando tenemos a Jesucristo en nuestro corazón. Gracias por ser verdaderos padres espirituales que se preocupan por dar aliento a todas sus ovejas sin excepción, gracias por cada exhortación que es por mi bien y de enseñarme que con Dios todo es posible.

AGRADECIMIENTOS

A Dios el ser Supremo que no se puede ver pero se siente en cada paso que damos.

A la Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Comisión de Estudios de Postgrado, Postgrado en Estadística porque en ella me desarrolle y capacite de manera integral.

Deseo expresar de todo corazón mis más sinceros agradecimientos a todas aquellas personas que me brindaron su colaboración, sus conocimientos, su ayuda incondicional y por sobre todo su amistad durante la realización de este Trabajo, entre ellas están:

Al profesor Wilfre Machado: mi tutor, amigo, consejero: por haber confiado en mi persona, por la paciencia y dirección de este trabajo. Un ejemplo a seguir que con constancia y dedicación brinda sus conocimientos.

A la profesora Margarita Cobo: por sus comentarios, consejos y sus atinadas correcciones.

A Deyanira, Miriam, y Carla : por su apoyo incondicional.

A la empresa PROYECTOS PET, por permitirme realizar mi trabajo en especial Sr. Carlos Albarran, Sr. Jose Nuñez por apoyarme y guiarme. A los muchachos del departamento que me colaboraron.

A cada uno de ellos, Gracias y Bendiciones...

RESUMEN

En la empresa Proyectos Pet, se realizó el Análisis para el control estadístico del proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros, con el fin de conocer y tomar las acciones necesarias para minimizar los factores que afectan la variabilidad de los mismos. Para ello se aplicaron varios métodos estadísticos que permitieron evaluar el proceso, así como también identificar y priorizar en orden de importancia las causas de la variación.

Su efecto en las diferentes etapas del proceso dando como resultados: que la empresa requiere de mejoras en el proceso de producción multiproducto de 1,5 litros; ya que en la etapa II Inyección de preformas y la etapa III Soplado de botellas: los defectos que se produjeron con mayor frecuencia fueron marcas y tip chorreado; la mala calidad de una botella influye en la calidad de producción de toda la línea, lo cual puede incluso provocar la detención total de la producción; la distribución del material en la botella determina su calidad; por consiguiente es necesario detectar lo antes posible los defectos de distribución para evitar poner en peligro toda una producción.

Unas de las principales causas de los defectos encontrados en la Etapa II Inyección de Preformas: La temperatura de maquinas específicamente la temperatura del distribuidor y temperatura de boquillas. Estas causas coinciden para el color verde y cristal. Otras de las causas en esta etapa fue el tiempo de atemperamiento se refiere al tiempo de reposo que debe tener las preformas. Las mejoras propuestas a la empresa sobre el proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros que permitan disminuir la variación del proceso serian: Introducir un programa de gráficos de control, tomando en cuenta los límites de control preliminares determinados. Ajustar los equipos de medición, en las características de calidad que presentaron problemas de confiabilidad de los resultados. Realizar auditorías a intervalos regulares sobre el proceso.

Palabras Claves: Pet, Nr, inyección de preformas, soplado de botellas, envases plásticos, control estadístico de procesos.

ABSTRACT

Pet Projects In business, we performed statistical analysis to control the manufacturing process of PET bottles for carbonated beverages NR in its presentation Multiproducto 1.5-liter, in order to meet and take action to minimize the factors that affect the variability of them. This is applied several statistical methods that allowed us to evaluate the process as well as to identify and prioritize in order of importance the causes of variation.

Its effect on the different stages of the process resulting in: that the company requires improvements in multi-product production process 1.5 liters, as in the preform injection stage II and stage III Blowing bottles: the defects occurred most frequently were blasting brands and tip, the poor quality of a bottle influences the production quality of the entire line, which can even cause a complete halt of production, material distribution in the cylinder determines the quality and therefore it is necessary to detect possible defects before distribution to avoid jeopardizing the whole production.

One of the main causes of the defects found in Stage II Preform Injection: The temperature of machines specifically the temperature of the distributor and nozzle temperature. These cases coincide for green and crystal. Other causes in this period was the time of tempering refers to idle time that must have the preforms. The proposed improvements to the company about the process of PET bottles for carbonated beverages NR in 1.5 liters Multiproducto presentation that may decrease the process variation would be: Enter a graphics program performance, taking into account the preliminary control limits determined . Set the measuring equipment in the quality characteristics that presented problems of reliability of the results. Conduct audits at regular intervals on the process.

Keywords: Pet, Nr, injection molding machinery, blow molding, plastic containers, statistical process control.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCION	14
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	17
Objetivo General:	17
Objetivos Específicos:.....	17
ANTECEDENTES	18
MARCO TEÓRICO	23
Aspectos Relacionados con la Elaboración de Botellas Pet	
Historia de los envases plásticos	23
Clases de plásticos.....	23
Polietileno Tereftalato P.E.T.....	24
Como se obtiene el P.E.T.	24
Proceso De Transformación Del Pet	27
Descripción Del Proceso de Inyección	27
Control Del Proceso	28
Retencion de viscosidad intrinseca	28
Generacion Mínima De Acetaldehido.....	29
Transparencia Máxima De La Preforma	29
Fabricacion De Los Envases	32
Sistema De Dos Etapas	32
Sistema Integrado O De Una Etapa	33
Secado Del Polimero.....	33
Absorción De Humedad	34
Secado Del Pet	35
Requerimientos Claves e Implicaciones Prácticas	35
Principales Problemas Que Deben Ser Considerados	36
METODOLOGIA	38

1. Diagnosticar el estado actual del proceso productivo para una línea de producción, en la elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una industria manufacturera.....	38
2. Identificar las causas más relevantes que afectan la variabilidad para una línea de producción, en la elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una industria manufacturera.....	41
3. Proponer las acciones preventivas y correctivas que permitan minimizar la variación del proceso.	46
RESULTADOS Y DISCUSION	48
CONCLUSIONES.....	148
RECOMENDACIONES.....	151
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	153
ANEXOS	156
GLOSARIO	157

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro.	Página.
1. Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas	40
2. ETAPA: No 1.....	42
3-A Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas....	57
3-B Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas	58
3-C Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas	59
3-D Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas....	60
3-E Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas ...	61
3-F Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas ...	62
3-G Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas....	63
3-H Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas....	64
3-I Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas	65
3-J Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas	66
3-K Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas....	67
3-L Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas ...	68
3-M Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas ..	69
4. Etapa I: El secado.....	74
5-A. Descripción de las variables en la etapa II Area De Inyección.....	77
5-B. Descripción de las variables en la etapa II Area De Inyección.....	78
5-C. Descripción de las variables en la etapa II Area De Inyección.....	79
6-A Descripción de las variables en la Etapa III: Area Soplado.....	83
6-B Descripción de las variables en la etapa III: Area Soplado.....	84
7. Selección de las variables respuestas por etapas.....	85
8. Correlación de Pearson para Color Cristal.....	86
9. Correlación de Pearson para Color Verde.....	87
10. Estadística descriptiva para la variable de calidad: PESP.....	99
11. Estadística descriptiva para la variable de proceso: TBOQ.....	101
12. Estadística descriptiva para la variable de proceso:TMDIS	105

Cuadro.	Página.
13. Estadística descriptiva para la variable de calidad: (ALT)	107
14. Estadística descriptiva para la variable de proceso: (ARRAP)	109
15. Estadística descriptiva para la variable de proceso: (VNHOR)	111
16. Estadística descriptiva para la variable de calidad color cristal: (VOL)	113
17. Estadística descriptiva para la variable de calidad: (DIAM)	115
18. Estadística descriptiva para la variable de proceso: (STPRO)	117
19. Estadística descriptiva para la variable de calidad: (TESEC)	119
20. Estadística descriptiva para la variable de calidad peso de la preforma	121
21. Estadística descriptiva para la variable de proceso: (TBO)	123
22. Estadística descriptiva para la variable de proceso: (TMDIS)	127
23. Estadística descriptiva para la variable de calidad: (TENF)	129
24. Estadística descriptiva para la variable de calidad:(ALT)	131
25. Estadística descriptiva para la variable de proceso: (TATM)	133
26. Estadística descriptiva para la variable de calidad color verde: (VOL)	135
27. Estadística descriptiva para la variable de calidad color verde: (DIAM)	137
28. síntesis de los resultados obtenidos en las variables de calidad	139
29. síntesis de los resultados obtenidos en las variables de calidad	141
30. síntesis de los resultados obtenidos en las variables de proceso	142

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página.
1. Efecto de la temperatura y el tiempo de residencia del polímero Dentro del cañón, en relación a la generación de acetaldehído	30
2. Efecto de la velocidad del husillo (RPM) y la contrapresión en la Generación de acetaldehído.....	30
3. Transparencia de la preforma.....	31
4. Absorción de Humedad del Pet.....	33
5. Diagrama de Ishikawa.....	41
6. Diagrama captura de datos	45
7. Diagrama de Flujo.....	49
8. Ciclo del proceso del Area de Soplado	52
9. Diagrama De Flujo Recuperación Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas.....	54
10. Diagrama causa-efecto pet seco	73
11. Diagrama causa-efecto peso de la preforma	75
12. Diagrama causa-efecto líneas de flujo de la preforma	75
13. Diagrama causa-efecto apariencia de la preforma	76
14. Diagrama causa-efecto altura de la botella	80
15. Diagrama causa-efecto Peso de la botella.....	81
16. Diagrama Causa-Efecto Volumen De La Botella	81
17. Diagrama Causa-Efecto Apariencia De La Botella.....	82
18. Diagrama causa-efecto Diámetro de la botella	82
19. Gráfica de dispersión Peso de Preforma Color Cristal.....	88
20. Gráfica de dispersión Marca y Tip chorreado preforma Color Cristal En la temperatura del distribuidor.....	89
21. Gráfica de dispersión de la Altura de Botellas Color Cristal a) (ARRAP) Temperatura arranque de producción, b) (TPRE) Temperatura de la preforma, C)(VNHOR) Temperatura ventilación del horno	90
22. Gráfica de dispersión del Diámetro de Botellas Color Cristal	91

Figura	Página.
23. Gráfica de dispersión Temperatura del Secador Botellas Color Verde	92
24. Gráfica de dispersión Peso de Preforma Color Verde	93
25. Gráfica de dispersión Marcas y Gotas de Agua preforma Color Verde A) (TMDIS) Temperatura Distribuidor vs (Marca) b) (TENF) Tiempo de Enfriamiento vs (GAGUA) Gotas de Agua	94
26. Gráfica de dispersión Altura de las Botellas Color Verde Vs Tiempo de atemperamiento	95
27. Gráfica de dispersión Volumen de las Botellas Color Verde A)(TATM) Tiempo de atemperamiento, b) (VNHOR)Temperatura ventilación Del horno, c) (ARRAP) Temperatura de arranque de producción.....	96
28. Gráfica de dispersión Apariencia de las Botellas Color Verde.....	98
29. Grafica Peso Preforma Color Cristal	100
30. Grafica Temperatura de Boquillas de preforma Color Cristal.....	102
31. Grafica marca de preforma Color Cristal.....	103
32. Grafica tip chorreado de preforma Color Cristal	104
33. Grafica Temperatura Distribuidor Color Cristal.....	106
34. Graficas Altura de Botellas Color Cristal	108
35. Graficas Arranque de Producción Color Cristal	110
36. Graficas Ventilación del horno Color Cristal	112
37. Graficas Volumen de botellas Color Cristal	114
38. Graficas Diámetro de botellas Color Cristal	116
39. Graficas status punto de rocío Color verde.....	118
40. Grafica Temperatura del secador color verde	120
41. Grafica Peso de las preformas color verde.....	122
42. Grafica Temperatura de boquillas (color verde)	124
43. Grafica marca en botellas (color verde).....	125
44. Grafica marca gotas de agua en botellas(color verde)	126

Figura	Página.
45. Grafica Temperatura Distruibuidor (color verde)	128
46. Graficas tiempo de enfriamiento (color verde)	130
47. Graficas altura de botellas (Color verde)	132
48. Graficas tiempo de atemperamiento (Color verde)	134
49. Graficas Volumen botellas (Color verde)	136
50. Graficas Diámetro botellas (Color verde)	138

INTRODUCCION

En la actualidad el mercado desarrolla una variedad de envases flexibles para bebidas y alimentos que responden a la necesidad de cada producto, conjugando factores estéticos y funcionales. Los envases rígidos se han desarrollado para contener líquidos, sólidos y productos de alimentación. Estos envases presentan diferencias en cuanto al material, el diseño y tamaño, dependiendo de la necesidad del cliente y del producto que han de contener.

La mayoría de los envases que se emplean actualmente en las industrias tanto de alimentos y bebidas como en la industria de detergentes, no existían hace veinte años. Día a día se encuentran nuevos campos de aplicaciones, con lo que surge la necesidad de desarrollar botellas PET de más alta calidad y de menor peso, que serán empleadas para envasado de alimentos, bebidas, medicamentos, cosméticos, detergentes, entre otros.

Proyetos PET C.A, es una empresa que se dedica a la manufactura de botellas y preformas de polietilén tereftalato (PET), los productos que se elaboran son envases para agua, aceite, licor, y bebidas carbonatadas en diferentes presentaciones.

Actualmente **Proyetos PET C.A**, presenta varios reclamos sobre su principal producto, los envases plásticos para bebidas carbonatadas. La mayoría de estos reclamos se encuentran en la línea de producción multiproductos 1.5 litros.

Para el periodo comprendido entre los meses de Octubre a Diciembre del año 2008 se generó un porcentaje significativo de productos devueltos en la referida línea, principalmente atribuido a: el producto no cumplió con los requisitos en cuanto a: etiquetas, paletas, marcos, y flejes, además un porcentaje importante de estos productos estuvieron fuera de especificaciones con respecto a las medidas estándar de la botella, tales como: altura, volumen o contenido neto, diámetro de base, entre otras.

Igualmente en la referida empresa existen variaciones en cuanto a los insumos utilizados para llevar a cabo el proceso productivo, así como en las condiciones de las máquinas, y no hay uniformidad en relación a las inspecciones hechas por el personal de calidad.

En todo proceso de fabricación de un producto intervienen innumerables factores que afectan a las características de calidad de ese producto, para ello es necesario identificar esas causas y posteriormente proponer un plan de acción que las elimine o minimicen su efecto para lograr que el producto cumpla con los requisitos del cliente.

En este sentido en los productos que se fabrican en Proyectos Pet C.A, en la línea de producción Multiproducto 1.5 litros, objeto del presente trabajo, se deben estar presentando un conjunto de causas especiales que afectan la calidad, para ello se hace necesario revisar si el personal, las materias primas, las condiciones de operación de las máquinas inyectoras y sopladoras, el sistema de medición, los procedimientos de fabricación y el medio ambiente de producción, cumplen con los parámetros especificados para realizar productos de calidad. Las características que deben ser controladas principalmente serían la altura, diámetro, carga vertical, claro de base, perpendicularidad y el perfil de espesores este último para poder controlar el stress Cracking.

El control Estadístico de Procesos en esencia, ayuda a cualquier organización a detectar en sus procesos la presencia de causas especiales de variación, reducir costos, mejorar la calidad, cumplir especificaciones y proveer de un lenguaje común para la discusión y el mejoramiento.

Con la ejecución de la presente investigación, se obtendría como beneficio reducir el porcentaje de los productos rechazados y crear conciencia de lo necesario que es aumentar la calidad de los productos.

La empresa presenta un porcentaje de devoluciones en su principal producto, los envases plásticos para bebidas carbonatadas respectivamente en la línea de producción Multiproducto 1.5 litros, dichas devoluciones son una ineficiencia que hay que eliminar, pues no aportan ningún valor y suponen un coste innecesario. El objetivo prioritario de cualquier procedimiento de estas devoluciones es el de evitar que se produzcan. Si, a pesar de los esfuerzos que se lleven a cabo, no se logra evitar la devolución, el objetivo siguiente es la minimización de los costes y por tanto la búsqueda de la máxima eficiencia.

Ahora bien, si se llevan a cabo los objetivos de la presente investigación se espera minimizar ese porcentaje de devoluciones, generar un ahorro y mejorar la calidad de las entregas.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Objetivo General:

Establecer estrategias para el control estadístico del proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una empresa de envases plásticos.

Objetivos Específicos:

- Diagnosticar el estado actual del proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una empresa de envases plásticos.
- Identificar las causas más relevantes que afectan la variabilidad de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una empresa de envases plásticos.
- Proponer las acciones preventivas y correctivas que permitan disminuir la variación del proceso.

ANTECEDENTES

Para proceder a desarrollar un trabajo de investigación, cualquiera que este sea; es necesario revisar estudios desarrollados en el mismo campo con la finalidad de verificar, comparar los tipos de relaciones existentes, por ello se revisaron trabajos relacionados con el tema Control Estadístico de Procesos, aplicados a la industria Manufacturera.

Giallongo (2000), efectuó estudios en el proceso de envasado de mayonesa en la línea de producción para el formato de 1000 cc. Se logró determinar que las operaciones de llenado tapado y sellado eran los más críticos del proceso, además se definieron que las variables peso, viscosidad y torque estaba afectándolo en algún momento. La medición de los pesos (gr) demostraron que el proceso está bajo control estadístico y además es capaz de cumplir con las expectativas del cliente.

Mota (2001), Diagnosticó la Línea B del proceso de llenado de Champú, acondicionador y tratamiento sin enjuagar para el cabello, aplicando el diseño de investigación no experimental del tipo transional descriptivo. La tolerancia unitaria del contenido 1% en este tipo de proceso según norma senorca-sencamer, obteniéndose que para el producto tratamiento sin enjuagar tiene mayor variabilidad que el acondicionador y este mayor que el champú. Además el proceso de llenado en la línea B esta fuera de control estadístico. Para su ejecución se implementaron las herramientas estadísticas.

En este sentido Centeno y Parra (2002) al determinar la influencia de los espesores de la Botella de Polietilén Tereftalato en el fenómeno Evironmental Stress Cracking, Evironmental Stress Craking, concluyeron que la variación de espesores fuera de especificaciones de la botella sí influyen en la formación del fenómeno Environmental Stress Cracking.

Dodd, Kevin; Ney, Kendall; y Otros (2002) realizaron trabajo sobre la Mejora de pesos en una cavidad 48-PET en el área de inyección, para ello determinaron las variables más influyentes que afectan a los pesos de realizar botella de plástico de bebidas producidas por máquinas de moldeo por inyección y para identificar los ajustes para las variables que producen un óptimo peso. Después de la evaluación comparativa del proceso actual para su posterior comparación, el equipo diseñó una matriz de condiciones experimentales, que consiste en combinaciones de altas, bajas, medianas y valores de las variables del proceso. Usando análisis de regresión y correlación para determinar qué factores son más influyentes, el grupo determinó que el tiempo de espera y la presión son los dos factores más influyentes en la determinación de realizar medidas de peso.

Para la nueva configuración del equipo se recomienda, y se han realizado carreras adicionales para validar las recomendaciones. Resultados en comparación a la ingeniería y especificaciones establecidas en realizar pesas. Comparación de datos de seguimiento con el proceso de proceso de datos históricos confirman la mejora como resultado de los análisis del equipo.

Greivan (2002) realizó un Manual de Control Estadístico de procesos para una empresa manufacturera de lentes plásticos oftálmicos, la empresa no contaba con un sistema de control estadístico formalmente implantado y la mayoría de las no conformidades encontradas en el proceso, corresponden a variables de tipo discreta.

Septién y Hernández (2002) Aplicaron herramientas estadísticas para analizar el proceso de producción de una empresa de Impermeabilizantes asfálticos, se realizó el análisis a los procesos de producción de los productos Cemento plástico y Pintura de aluminio con el fin de conocer las acciones necesarias para minimizar los factores que afectan la variabilidad de los mismos.

Al producto Cemento Plástico se le encontraron fallas en el control de peso de la materia prima y en el equipo de medición de la penetración cónica, así como una variación importante en la viscosidad del asfalto. Las acciones tomadas permitieron llevar la capacidad del proceso de 0.09 a 0.61, sin embargo, la misma mejorará si se logra disminuir la variación en la viscosidad del asfalto por parte del proveedor.

Al producto Pintura de Aluminio se le encontró una falta de discriminación en el sistema de medición lo cual fue subsanado con la adquisición de un nuevo viscosímetro y se llevó la capacidad del proceso de 0.07 a 1.49. representando una muy aceptable capacidad para cumplir con los requerimientos del cliente.

Santos y Giallongo (2004) también realizaron un Manual de Control estadístico de Proceso en la línea Wafer relleno de Chocolate en una empresa de alimentos. Este trabajo fue realizado en tres fases: La fase I consistió en diagnosticar el estado actual del proceso, donde se describió y caracterizó la técnica del proceso, se aplicaron herramientas de calidad tomando en cuenta las características que evalúan el proceso diariamente, se concluyó que los defectos que se producen en el proceso viscosidad y micras de crema negra y las principales causas fueron largo de Wafers y las bobinas fuera de especificaciones.

En la fase II que es la evaluación y las acciones a tomar en el proceso de elaboración de se concluye que las características de calidad viscosidad de la crema negra y largo de Wafers en las presentaciones 22 gr, y 300 gr están bajo control estadístico y la presentación 175 gr no presentó capacidad suficiente y los resultados no son confiables. La característica de calidad diámetro de Waters presentó suficiente capacidad sin embargo el proceso está descentrado. La característica de calidad doble cierre de las latas de las presentaciones de 175 gs, y 300 gr está bajo control estadístico a excepción de la altura y el espesor del doble cierre que presentan problemas de descentrado. En la fase III se propusieron mejoras sobre el proceso de elaboración de Wafers.

Maja Rujnić-Sokele, Mladen Serčer, Igor Catić (2005), analizaron los factores que influyen en la fabricación de botellas de PET (polietileno-tereftalato), moldeadas por inyección con soplado extendido y utilizadas para empaquetar aceite de mesa. De manera individual, se estudió el efecto de los factores de producción sobre los parámetros de calidad más relevantes en botellas de PET para envase de aceite de mesa, estos fueron el volumen final y la contracción posterior al moldeo. Estos factores se determinaron mediante el uso de un diseño experimental central compuesto.

Tomáš Ninoska (2006) realizó una Implantación de un programa Piloto de costos de la Calidad en la Planta de impresión de una empresa fabricante de productos plásticos; con la utilización correcta del programa se pueden mejorar los procesos y asegurar la calidad de los productos reduciendo los avisos de calidad al proveedor seleccionado en la Planta I, con ello se espera reducir los costos no absorbidos y por lo tanto la utilidad de la planta no disminuirá mediante la capacitación del personal del proveedor A, se puede garantizar la efectividad del plan de control al llevar en su planta. El plan es totalmente factible.

Pulgar (2007) realizó Evaluación del proceso de llenado de cilindros de acetileno en sus distintas capacidades dentro de una empresa productora de gases industriales. La finalidad de esta investigación fue detectar las causas principales que estaban ocurriendo dentro del departamento de llenado de acetileno de una empresa productora de gases industriales, ya que se estaba notando un aumento descontrolado en los reclamos por parte de los clientes de la empresa, razón por la cual se hizo necesario implementar medidas capaces de detectar estos inconvenientes. Las herramientas estadísticas aplicadas adecuadamente permitieron establecer con criterio lo que estaba ocurriendo en dicho departamento.

Según Zaragoza S. (2009) . Cuando realizó una encuesta a 100 personas de la industria del PET si llevan a cabo, o no, el control estadístico de sus procesos, probablemente sólo 50 dijeron que sí. Al indagar entre éstas últimas acerca de lo que monitorean, 30 dijeron que el proceso de soplado, 15 que ambos – inyección y soplado-, y únicamente cinco contestarán que inyección y secado.

De las cuales, cuatro monitorean en el secador el punto de rocío y ¡sólo una!, el punto de rocío, la temperatura y el flujo de aire .

Lo anterior se explica de la siguiente manera: El flujo de aire inconsistente causa que la temperatura de la resina en la garganta de la inyectora sea inconsistente, lo que, a su vez, repercute en la viscosidad de la resina fundida inconsistente y refleja un ciclo inconsistente en tiempo y peso. Es decir, el factor clave es el efecto del flujo de aire en la viscosidad de la resina ya que para tener un proceso de inyección estable se requiere que la viscosidad de la masa fundida sea constante en el husillo, en los canales de alimentación del molde y en las cavidades.

MARCO TEÓRICO

Aspectos Relacionados con la Elaboración de Botellas Pet

Historia de los envases plásticos

Los envases han jugado papeles diferentes e importantes a través de la historia. Con la evolución de la sociedad los envases han cambiado también, reflejando nuevos requisitos y características sobre estos. Actualmente los productos que se consumen llevan envases que reflejan las necesidades presentes: facilidad de apertura, descripción fiel de su contenido y protección del mismo, buena calidad, precio razonable, etc.

Según la Enciclopedia Wikipedia, (2009):

En 1868 la empresa Phetan and Collander, empresa de Estados Unidos productora de bolas de billar, prometió un premio de 10.000 dólares a quien pudiera desarrollar un producto capaz de sustituir al marfil en la fabricación de las bolas ya que la materia prima natural estaba escaseando.

Para la fabricación de plásticos se parte del petróleo bruto, que al ser refinado da plásticos y carburantes. Los plásticos de constitución muy parecida a la de los carburantes (gasolina, gasoil, etc.), tienen un poder calorífico muy elevado.

Clases de plásticos

- **P.E.:** Polietileno. Es blanco, sólido y no tóxico. Dependiendo de su densidad y estructura, existen tres clases diferentes:
 - Alta densidad (P.E.A.D.)
 - Baja densidad (P.E.B.D.)
 - Lineal de baja densidad (L.L.P.E.)
- **P.E.T.:** Polietileno Tereftalato.

- **P.P.:** Polipropileno. Es sólido, blanco y translúcido. Su punto de fusión es de 170°C.
- **P.V.C.:** Policloruro de Vinilo. Es inodoro, insípido, no tóxico, combustible, pero autoextinguible y resistente al tiempo y la humedad.

Polietileno Tereftalato P.E.T

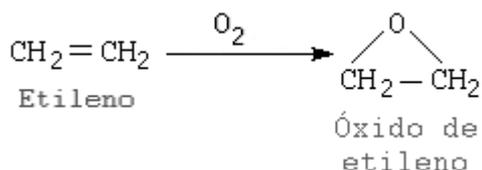
Fue producido por primera vez en 1941 por los científicos británicos Whinfield y Dickson, quienes lo patentaron como polímero para la fabricación de fibras. Se debe recordar que su país estaba en plena guerra y existía una apremiante necesidad de buscar sustitutos para el algodón proveniente de Egipto.

A partir de 1946 se empezó a utilizar industrialmente como fibra y su uso textil ha proseguido hasta el presente. En 1952 se comenzó a emplear en forma de filme para envasar alimentos. Pero la aplicación que le significó su principal mercado fue en envases rígidos, a partir de 1976. Pudo abrirse camino gracias a su particular aptitud para la fabricación de botellas para bebidas poco sensibles al oxígeno como por ejemplo el agua mineral y los refrescos carbonatados. Desde principios de los años 2000 se utiliza también para el envasado de cerveza.

Como se obtiene el P.E.T.

Para Alba Ramiro (2009):

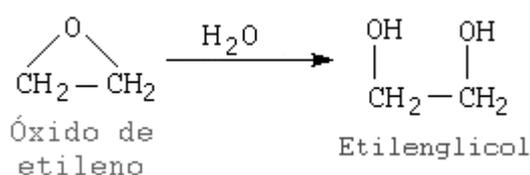
El **óxido de etileno** se obtiene a partir del etileno mediante una reacción que se lleva a cabo en fase gaseosa, haciendo pasar el etileno y el oxígeno por una columna con un catalizador a base de sales de plata dispersas en un soporte sólido.



Es incoloro y de olor muy agradable, miscible en agua y en muchos disolventes orgánicos. Su punto de fusión es de $-113,3^\circ\text{C}$, su punto de ebullición de $10,7^\circ\text{C}$ y su densidad en estado líquido es 0,882.

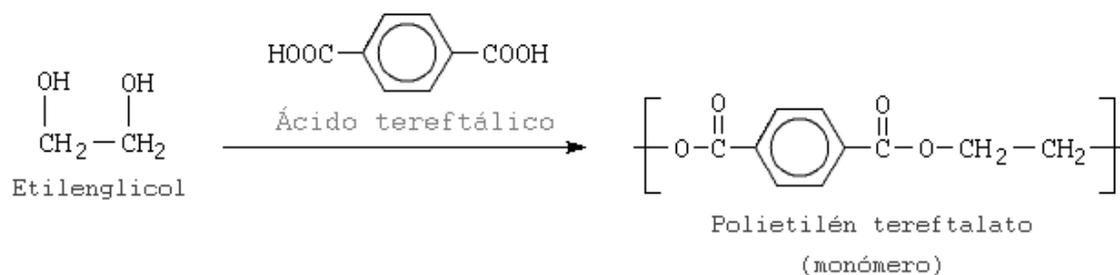
El óxido de etileno, como tal, se usa para madurar fruta, como agente esterilizante, desinfectante, herbicida y fumigante. Sus aplicaciones como materia prima son innumerables, siendo su derivado más importante el **etilenglicol**.

El etilenglicol se obtiene por adición de agua al óxido de etileno:



El etilenglicol es un líquido incoloro, poco volátil, viscoso y soluble en agua y en muchos componentes orgánicos. Su punto de fusión es de -13°C , su punto de ebullición de 195°C y su densidad es 1.1155. Tiene dos aplicaciones principales. Una es como anticongelante en el circuito de refrigeración de los motores y otra como diol para la obtención de poliésteres, entre éstos el más importante es el **tereftalato de polietileno (PET)**.

El tereftalato de polietileno o polietilén tereftalato (PET) se obtiene a partir de etilenglicol y ácido tereftálico Mediante policondensación:

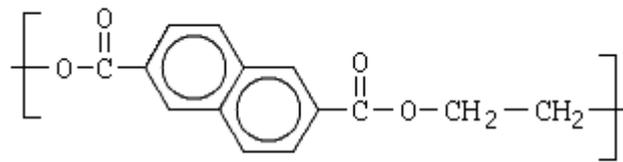


Se pueden distinguir dos tipos fundamentales de PET, el **grado textil** y el **grado botella**. Sus usos y aplicaciones más frecuentes son los siguientes: envases para bebidas gaseosas, aceites y agua mineral. Frascos varios. Películas transparentes. Fibras textiles. Envases al vacío. Bolsas para horno. Bandejas para microondas. Cintas de video y audio. Películas radiográficas.

El PET se identifica según el sistema SPI mediante los siguientes símbolos:



El PET tiene una **temperatura de transición vítrea baja** (temperatura a la cual un polímero amorfo se ablanda). Esto supone que los productos fabricados con dicho material no puedan calentarse por encima de dicha temperatura (por ejemplo, las botellas fabricadas con PET no pueden calentarse para su esterilización y posterior reutilización). El **naftalato de polietileno** o **polietilén naftalato (PEN)** posee una temperatura de transición vítrea más alta que el PET. Dicha temperatura es lo suficientemente alta como para soportar el lavado esterilizante de las botellas. No es necesario que los productos estén fabricados exclusivamente con PEN. Al mezclar una pequeña cantidad de PEN con PET se consigue un material mucho más resistente al calor que si estuviera fabricado sólo con PET.



Polietilén naftalato
(monómero)

Proceso De Transformación Del Pet

Aprepet (2009) Señala que:

El polímero de PET puede ser transformado en botella Mediante un proceso llamado biorientación de preformas, las cuales son moldeadas en equipos de inyección. El moldeo de las preformas consiste en la inyección del polímero fundido en la cavidad del molde hasta llenarlo. Una vez lleno, la resina del polímero fundido es enfriada rápidamente para obtener así una pieza con excelente transparencia, libre de deformaciones y una magnífica exactitud dimensional lo cual es esencial para obtener botellas de excelente calidad.

Descripción Del Proceso de Inyección

El proceso de inyección puede ser dividido en las siguientes fases:

- Secado del granulado hasta lograr que el contenido de humedad sea menor a 40 ppm.
- Fusión del polímero en un equipo de inyección, utilizando de preferencia el husillo que esté diseñado especialmente para PET, aunque un husillo convencional, de longitud 20:D y una relación de compresión de 3:1, puede ser de utilidad.

- Inyección del material dentro de las cavidades del molde, que normalmente es de colada caliente, aunque los de colada convencional también pueden encontrar alguna aplicación.
- Enfriado rápido del material dentro del molde para obtener piezas amorfas (transparentes).
- Apertura del molde y expulsión de las preformas.

Control Del Proceso

Durante el moldeo por inyección de la preforma, se deben controlar perfectamente los siguientes aspectos ya que las ventajas principales inherentes del PET pueden quedar destruidas durante la inyección de la preforma si no se tiene una óptima operación:

- **Retención de viscosidad intrínseca**

La Viscosidad Intrínseca (V.I.) es una medida indirecta del peso molecular, o sea, del tamaño promedio de moléculas que definen al polímero. La Viscosidad Intrínseca de uso general es de 0.8 ± 0.02 dl/g que corresponde aproximadamente a 125 unidades repetidas por molécula y un peso aproximado de 24,000 g/mol. Cualquier disminución en la viscosidad del polímero en su paso de granulado a preforma, significará una reducción del peso molecular. Bajo condiciones controladas de secado y moldeo, la pérdida de viscosidad no deberá ser mayor de 0.03 dl/g. Cualquier pérdida superior a este nivel trae como consecuencia un detrimento en la transparencia de la preforma debido a un incremento en la velocidad de cristalización, acarreado la pérdida de las propiedades mecánicas del envase, particularmente la resistencia al impacto y la carga vertical aplicada sobre la tapa.

La pérdida de la viscosidad se debe básicamente a una degradación hidrolítica ocurrida durante el estado de fusión que es donde el agua a niveles superiores de 40 ppm tiene una acción destructiva del polímero.

Una segunda causa de la caída de V.I. es la degradación térmica durante la fusión del polímero para inyectarlo. De ahí que se debe emplear un perfil de temperaturas de modelo y velocidades de corte lo más suave posible que permitan la obtención de preformas claras, transparentes y libres de distorsión.

• **Generación Mínima De Acetaldehído**

El acetaldehído (CH_3CHO) se genera en pequeñas cantidades durante el proceso de fusión de PET; la cantidad de agua presente no influye en la generación de acetaldehído. Durante la fabricación del polímero el nivel de acetaldehído se controla perfectamente, entregando un producto al mercado con un contenido de 2ppm como máximo.

El acetaldehído es un líquido volátil incoloro (punto de ebullición 20.8°C) y que se distingue por su olor a frutas. Precisamente por su olor característico, el acetaldehído ha sido empleado con mucha frecuencia en la industria alimenticia como un saborizante.

Debido a la facilidad que tiene el acetaldehído de emigrar desde la pared de la botella y difundirse en el contenido de la misma, la generación de este producto debe ser cuidadosamente controlada durante la inyección de la preforma. El agua mineral así como las bebidas de cola son particularmente sensibles al acetaldehído.

El acetaldehído se genera por la degradación térmica de las moléculas de PET mientras se encuentra en estado de fusión, por lo que tiene una relación directa con la historia térmica del polímero.

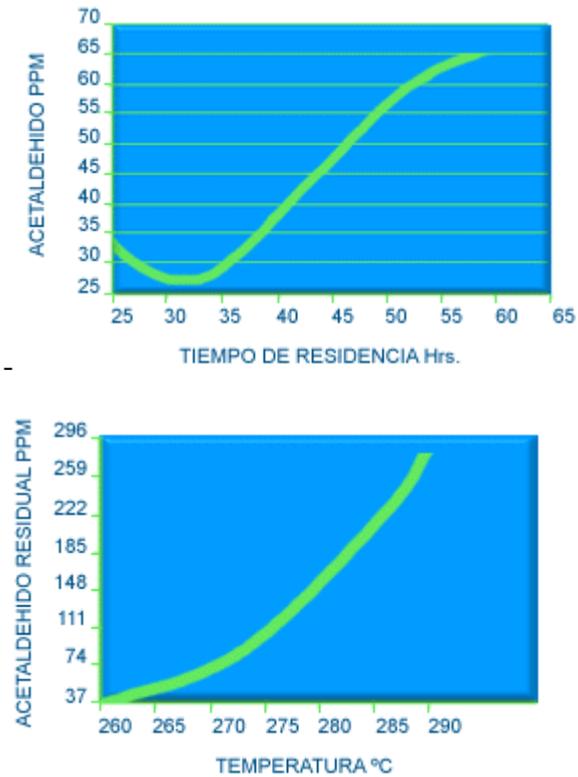


Figura 1. Efecto de la temperatura y el tiempo de residencia del polímero dentro del cañón, en relación a la generación de acetaldehído (Aprepet, 2009)

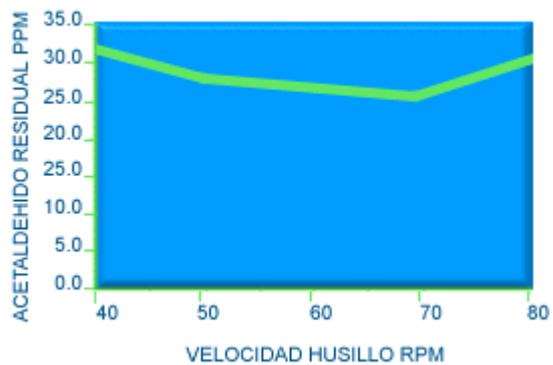


Figura 2. Efecto de la velocidad del husillo (RPM) y la contrapresión en la generación de acetaldehído. (Aprepet, 2009)

• **Transparencia Máxima De La Preforma**

La transparencia de la preforma está relacionada directamente con el grado de cristalinidad del polímero (el PET es transparente cuando tiene una estructura molecular amorfa y será opaco cuando esté cristalizado).

Cuando el PET se encuentra a una temperatura entre los 85°C y los 250°C, las moléculas tienden a alinearse para formar una estructura cristalina.

La velocidad de cristalización es muy lenta en ambos extremos de este rango y es más rápida en el centro, o sea entre 140°C y 180°C. En el punto más alto de la curva de cristalización, alrededor de 175°C, el PET alcanza un grado visible de cristalinidad en menos de un minuto, de tal manera que el polímero debe ser enfriado dentro de la cavidad del molde lo más rápido posible.

Debido a que la conductividad térmica del PET es relativamente baja, el contenido de calor en el centro de la pared de la preforma es el principal contribuyente para tener una determinada cristalinidad en la pieza. La tecnología actual del moldeo por inyección está limitada a un espesor máximo de 4 mm aproximadamente.

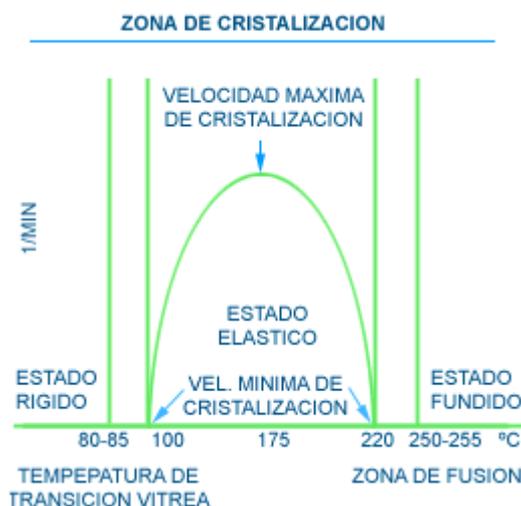


Figura 3. Transparencia de la preforma (Aprepet, 2009)

La temperatura de la masa durante el moldeo por inyección tiene un efecto significativo en la transparencia de la preforma. Mientras más elevada sea la temperatura se tendrá una mayor cantidad de cristalitas fundidos. Sin embargo, no se puede elevar la temperatura en forma indiscriminada ya que se corre el riesgo de generar una cantidad indeseable de acetaldehído.

Algo similar ocurre con la viscosidad intrínseca, ya que entre mayor sea el peso molecular del polímero existe una menor tendencia a la cristalización pero debido a que se requiere una mayor temperatura de fusión se ve incrementada la generación de acetaldehído.

Fabricación De Los Envases

Existen en el mercado dos tipos de instalaciones para fabricar envases de PET:

- **Sistema De Dos Etapas**

En este sistema, la primera etapa consiste en inyectar un preforma en un equipo de inyección el cual deberá tener ciertas características especiales para que pueda procesar la resina y obtener de él un rendimiento óptimo en cuanto a sus propiedades físicas y de transparencia. Sin embargo, en los equipos convencionales de inyección también puede ser procesado el material medianamente un ligero acondicionamiento del equipo obteniendo preformas de calidad.

Los moldes deber ser de colada caliente cuando se trata de elevados niveles de producción y deberán tener un sistema de refrigeración muy eficiente. Estos moldes suelen tener desde 16 hasta 96 cavidades. Una vez que las preformas están lo suficientemente frías para que no se deformen o se peguen entre sí, son expulsadas y

posteriormente enviadas a donde se localice el equipo de soplado, el cual puede estar en la misma planta o cualquier otro lugar.

La segunda etapa del proceso consiste en calentar las preformas hasta una temperatura tal que puedan ser estiradas y sopladas, en un equipo de soplado de alta productividad que normalmente se encuentra localizado en las plantas embotelladoras.

- **Sistema integrado o de una Etapa**

En este sistema, se realiza el moldeo de la preforma y el soplado de la misma, para obtener el envase en una sola máquina (los procesos de inyección y soplado están integrados en una misma unidad), por lo que no es necesario sacar las preformas de la máquina para que puedan ser sopladas y llevarlas a su forma y tamaño definitivos.

- **Secado Del Polímero**

Debido a que la resina PET absorbe humedad, requiere de un proceso de secado antes de ser moldeado por inyección. Existen en el mercado equipos de secado de aire deshumidificado fabricados especialmente para el PET.

Aplicación De Las Bases

Los envases que van a contener bebidas con CO₂, como refrescos, agua mineral o cerveza, deben estar diseñados de tal manera que puedan soportar hasta 5 volúmenes de dióxido de carbono. Esto significa que deberán tener un fondo que soporte dicha presión sin deformarse. Los diseños más empleados para tal efecto ha sido el de forma esférica en la base y actualmente los de fondo petaloide.

Para poder parar las botellas de forma esférica se hace necesaria la utilización de bases que pueden ser de polietileno o polipropileno. Para productos que no contengan

CO₂ suelen emplearse botellas de base plana o normal donde no se necesita una base adicional.

Absorción De Humedad

Como ya se indicó, existe absorción de humedad del medio ambiente tan pronto como el granulado de PET sale del proceso final de su elaboración. La velocidad de absorción depende de cuatro factores para un tamaño específico de recorte. Estos son: tiempo, temperatura, humedad atmosférica (punto de rocío) y la cristalinidad del chip. EL PET amorfo absorbe humedad más rápidamente que el PET cristalino.

En este sentido, la alta cristalinidad natural (> 50%) confiere un reducción en la velocidad de absorción de humedad, bajo ciertas condiciones, como se indica en la Figura. 4.

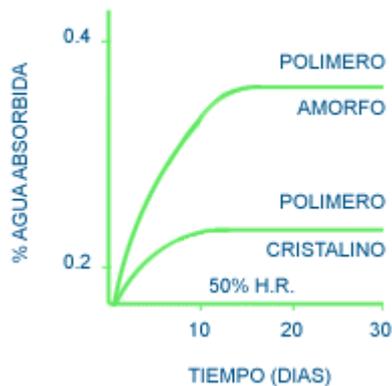


Figura 4. Absorción de Humedad del Pet (Aprepet, 2009)

Secado Del Pet

A continuación se presentan los aspectos más importantes para un buen proceso de secado así como los problemas prácticos y los aspectos que deben ser considerados para asegurar un proceso confiable y eficiente.

- **Requerimientos Claves E Implicaciones Prácticas:**

1.-Temperatura correcta de secado.

La temperatura del chip deberá estar entre 150°C y 160°C.

2.-Temperatura correcta del aire de secado.

Este no debe exceder de 180°C, medido a la entrada del aire del secador.

3.-Punto de rocío correcto del aire de secado.

Este no deberá ser mayor de -30°C., siendo recomendable en la práctica valores menores o iguales a -40°C., medido a la entrada del secador.

4.-Adecuado flujo de aire de secado a través del chip.

Muchos secadores operan con flujos de aire de 1pie³/ min. Para 1 lb/hr. De chip inyectado como requerimiento mínimo. Obviamente el flujo de aire debe tener la temperatura y punto de rocío adecuados.

5.-Tiempo de residencia del chip (tiempo de secado).

Se recomienda que el tiempo de residencia para la Resina PET no sea menor a 4 horas, siendo común trabajar entre 6 y 8 horas. El tiempo de secado teórico, puede ser calculado dividiendo la capacidad del secador (Kg) entre la productividad de la máquina (Kg/hr).

Principales Problemas Que Deben Ser Considerados

En una operación eficiente, con un buen cumplimiento de los requerimientos básicos del secado, los problemas deben ser mínimos. Sin embargo, los siguientes puntos deben ser considerados:

1.-Filtro del aire

Los filtros protegen al desecante del polvo y su limpieza en forma rutinaria es esencial. Se debe tener mucho cuidado para no dañarlos ya que disminuirá su eficiencia en el secado.

2.-Mal funcionamiento

Si ocurre algún bloqueo o falla mecánica del enfriador del aire, se provoca una pérdida de la eficiencia en la capacidad de regeneración del desecante, incrementándose el punto de rocío y disminuyendo su capacidad de captación de humedad.

3.-Fallas del calentador.

Las fallas en el calentador de aire pueden presentarse debido a:

- a) Incapacidad para alcanzar la temperatura correcta de secado.
- b) Incapacidad para alcanzar la temperatura adecuada para la regeneración del desecante.

4.-Ingreso del aire ambiental.

Este se aplica particularmente a sistemas que emplean succión para transportar el chip. El aire del medio ambiente siempre estará húmedo comparado con el gas de secado. Si alguna cantidad de este aire es introducido en el sistema, se producirá una variación en el punto de rocío y por lo tanto en la eficiencia del secado. Bajo estas circunstancias, en el caso de remover un componente del secador, se debe tener cuidado al reensamblar la parte, colocando empaques adecuados y probando el sistema contra fugas.

5.-Transporte del chip seco.

Si el secador no está colocado encima del inyector, es esencial que los granulados de PET sean transportados con aire seco con una temperatura y punto de rocío equivalente al gas de secado. De no hacerlo así se puede provocar la humidificación del granulado con los subsecuentes efectos negativos sobre su procesamiento, claridad del producto y degradación hidrolítica.

Para Garcia Arnulfo (2006)

Hacer una botella de PET empieza desde las materias primas: etileno y paraxileno. Los derivados de estas dos sustancias (glycol de etileno y ácido tereftálico) se hacen reaccionar para obtener la resina PET. La resina, en forma de cilindros pequeños llamados pellets, son fundidos e inyectados en un molde para hacer una preforma. La preforma, una clase de tubote ensayo, más corto que la botella que será, pero con las paredes más gruesas, se sopla y amolda entonces. Durante la fase de soplo-moldura, el aire a alta presión es soplado en la preforma permitiéndole tomar la forma exacta del molde en el que fue introducido. El producto final es una botella transparente, fuerte y ligera.

METODOLOGIA

El presente trabajo se llevó a cabo en la empresa **Proyectos PET, C.A** ubicada en la Zona Industrial San Vicente II, calle G, Parcela B-3, Maracay Estado Aragua. De acuerdo a los objetivos planteados, la metodología empleada en la investigación fue la siguiente:

Para dar cumplimiento al primer objetivo el cual versa:

1.) Diagnosticar el estado actual del proceso productivo para una línea de producción, en la elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una industria manufacturera.

Con el fin de comprender de una manera rápida el proceso se utilizó como primera herramienta: el diagrama de flujo: “este es una representación gráfica donde se encuentran las actividades que lo conforman” (Harrington, 1997).

Esta herramienta permitió identificar tres subprocesos o etapas; el primero se denomina: Secado, genera como salida el Pet seco y su cliente principal es el área de Inyección. La segunda etapa: Inyección de preformas, subproceso que genera como salida preformas y su cliente principal es el área de Soplado. La última etapa Área de Soplado donde se elaboran las botellas; en el capítulo siguiente se realiza una descripción a fondo de este instrumento.

Posteriormente se realizó el análisis del proceso; para ello se utilizó la Matriz Técnica del Proceso. (ver cuadro 1), la cual permitió conocer de manera detallada el funcionamiento e identificar los obstáculos o posibles fallas que estuvieron presentes.

La Matriz técnica de proceso es un cuadro de filas y columnas que permite priorizar alternativas de solución, en función de los criterios que afectan a dichos problemas. Se utiliza cuando se requiere tomar decisiones más objetivas o con base a criterios múltiples.

La implementación de este instrumento, permitió saber de manera minuciosa lo que sucede en cada una de las etapas del proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros.

Su aplicación es importante, ya que, no debe descartarse a priori ninguna solución por descabellada o ingenua que parezca; a veces detrás de estas ideas, se esconde una solución brillante o parte de la solución.

En ocasiones, durante el diseño de soluciones, se encuentran nuevas causas o se verifica lo errático de algunos análisis. Esto no debe preocupar, ya que es parte del proceso aprender a conocer a fondo el sistema sobre o en el cual se trabaja.

Cuadro 1. Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACION	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES

Con base del diagrama de flujo y en la Matriz Técnica del proceso se avanzó con el cumplimiento del siguiente objetivo:

2) Identificar las causas más relevantes que afectan la variabilidad para una línea de producción, en la elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una industria manufacturera.

Para identificar las posibles causas de variabilidad presentes en las actividades del proceso, se utilizó el diagrama de Ishikawa o diagrama de causa – efecto de cada actividad. El Diagrama es una representación gráfica de las relaciones lógicas que existen entre las causas y subcausas que producen un efecto determinado, es decir, todos aquellos posibles factores que puedan estar originando uno o varios problemas.

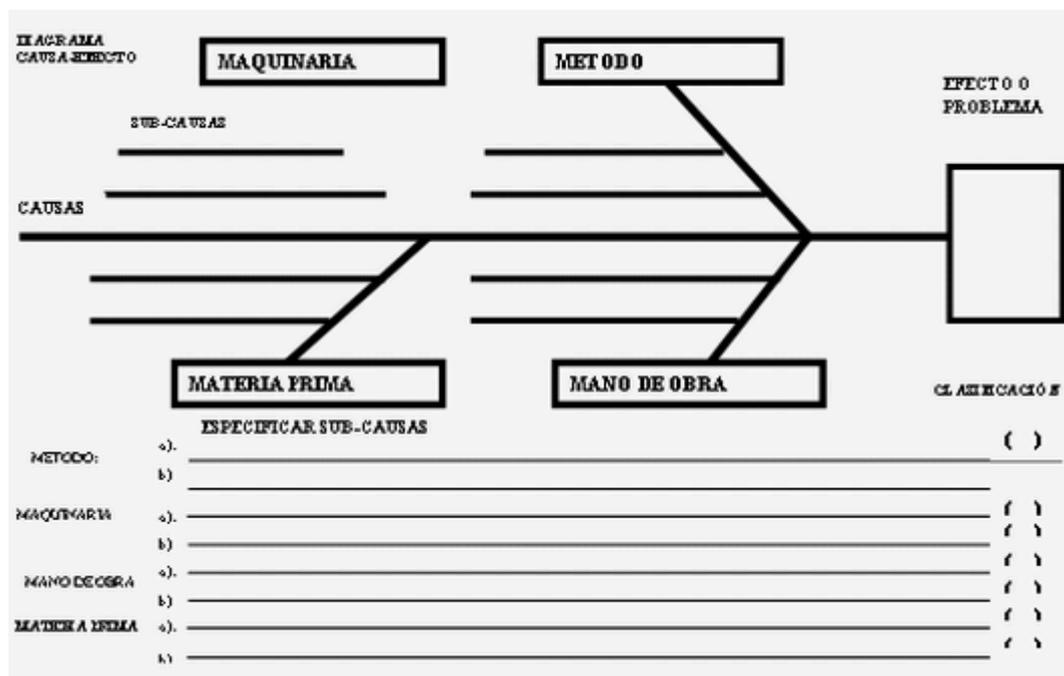


Figura 5. Diagrama de Ishikawa (Kume, 1998)

El referido instrumento permitió que en el proceso de la elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litro, se identificaran las siguientes características de calidad; éstas se trabajaron por etapas : en la etapa I Secado: pet seco; para la etapa II Inyección de preformas se identificaron: peso de la preforma, líneas de flujo de preformas y la apariencia de las preformas; para la última etapa III Area de Soplado: peso de la botella, altura de la botella, volumen en la botella, apariencia de la botella y diámetro de la botella.

Luego de la tormenta de ideas y tomando como referencia los Diagramas de Ishikawa donde se encuentran las características de calidad importantes, se procedió a analizar la información. Para ello se utilizó el siguiente cuadro con el fin de seleccionar las variables de proceso que pudieran ser medibles. El análisis se realizó en cada etapa del proceso, lo cual permitió separar los problemas importantes de los triviales de modo que el equipo de trabajo estuviese al corriente de dónde dirigir sus esfuerzos.

Cuadro 2 ETAPA: No. Nombre de la etapa correspondiente.

FACTOR	CAUSAS	CP (*)	CS (*)	CT (*)	VARIABLE DE PROCESO	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE DE PROCESO

(*) CP : Causa Principal CS: Causa Secundaria CT: Causa Terciaria

Las variables definidas en esta fase del trabajo fueron las que finalmente se realizaron las mediciones a lo largo del proceso para detectar cuáles de ellas afectaban la calidad de los productos. A continuación se describe el procedimiento implementado para la obtención de los datos.

Procedimiento de captura de Datos

La producción diaria de la empresa proyectos PET C.A. depende del área donde se esté trabajando; por ejemplo: para el área de inyección es aproximadamente 240.000 preformas, recolectadas en cestas. Cada cesta contiene 9600 preformas, generando alrededor de 25 cestas de preformas por día, aproximadamente ocho (8) cestas por turno. En el área de soplado la producción difiere en cada una de las máquinas, para la SBO8 se generan 10.000 botellas por hora, la SBO6 6000 botellas por hora y la SBO10 entre 8000 y 9000 botellas por hora.

Se propuso el empleo de un muestreo probabilístico; para ello se utilizó la norma COVENIN 3133 donde estableció que los planes de muestreo indexados por nivel de calidad para inspección lote por lote, eran los más adecuados; ya que se podrían aplicar a ítems terminados, componentes, materiales de insumo y materia prima, también en operaciones, materiales en proceso, materiales almacenados, etc.

Por medio de los citados planes de muestreo se ubicó el tamaño de la muestra y el nivel de inspección general, correspondientes a los planes de muestreo simple para inspección normal. El resultado del tamaño de la muestra fue de 8 cestas/día de las 25 que se producían.

Al presentar la propuesta de muestreo a la empresa, no fue posible implementarla por razones de tiempo y costos. Se decidió utilizar un máximo de 3 cestas/ día.

Ahora bien, en el área de inyección se decidió observar 48 preformas por cesta para un total de 144 preformas por día. Se trabajó en la máquina identificada como (H5) ya que es la encargada de producir preformas de 44 gramos. Aquí se comprobó: la temperatura del secador y la temperatura del estatus del punto de rocío. A cada preforma se verificó el peso, líneas de flujo y la apariencia de las mismas.

A fin de continuar con el seguimiento del proceso, y llevar un orden en la toma de datos en el área de soplado se evaluaron las cestas de preformas muestreadas en el área de inyección. Para cada máquina sopladora, se tomaron dos observaciones de botellas, dependiendo del número de moldes que ellas conciben, ejemplo: la SBO8 genera ocho moldes, se tomaron 16 botellas de cada cesta para un total de 48 botellas, en la máquina SBO6 se tomaron 12 botellas por cesta, allí se generaron 36 observaciones y en la máquina SBO10 se tomaron 20 botellas, obteniendo 60 botellas en total en dicha máquina.

Las observaciones generales dependieron de una condición, es decir, de la máquina que estaba trabajando y de las botellas que se estuviera soplando; a veces podían estar soplando una máquina multiproducto de 1.5 litros o las tres máquinas al mismo tiempo. Esto se realizó por un período de 25 días.

A cada una de las botellas se le efectuaron peso, altura, diámetro, volumen y apariencia. Se observó luego el etiquetado de las botellas, paletizado hasta el embalado de las mismas.

A continuación ver Figura 6. Diagrama captura de datos .

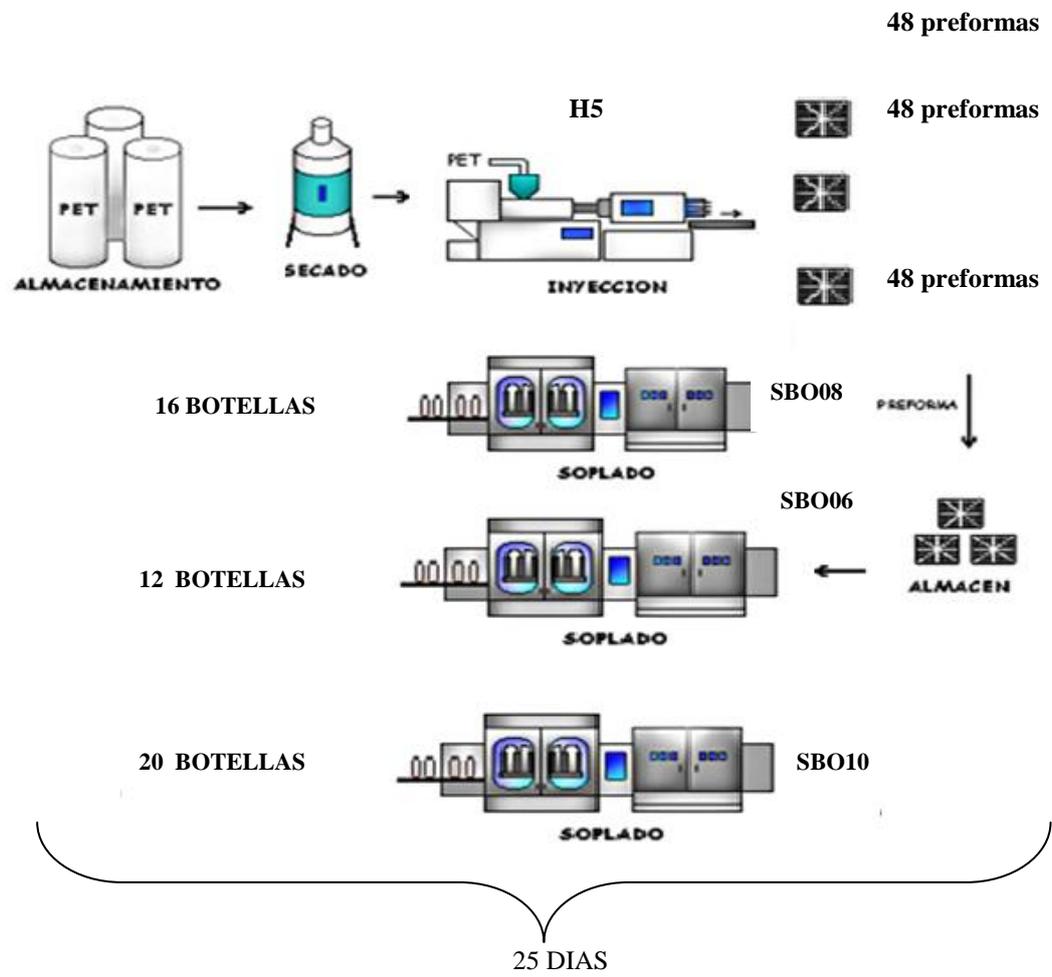


Figura 6. Diagrama Captura de Datos

Después de obtener las variables se procedió a correlacionarlas, es decir, determinar si los cambios en una de las variables influyen en los cambios de la otra. A través de este método se verificó si existen correlaciones significativas entre las variables de proceso y las variables de calidad.

Establecidos estos criterios se procedió a realizar Histogramas para dibujar los datos del proceso, esta herramienta es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados.

Además con la aplicación de gráficos de control, permitió la detección de modelos no naturales de variación en los datos que resultan de procesos repetitivos y dan criterios para detectar una falta de control estadístico. Un proceso se encuentra bajo control estadístico cuando la variabilidad se debe sólo a "causas comunes".

Para dar cumplimiento con el último objetivo:

3) Proponer las acciones preventivas y correctivas que permitan minimizar la variación del proceso.

Dentro de las fuentes de información para identificar acciones preventivas tenemos:

- Procesos y operaciones de trabajo que puedan afectar la calidad del servicio prestado.
- Resultados de análisis retrospectivos de acciones fuera de control.
- Resultados de auditorías internas y externas de calidad.
- Registros de calidad.
- Informe de auditoría

Luego de analizar la matriz técnica de proceso, se procedió a tomar las acciones pertinentes de acuerdo con los resultados obtenidos; se verificó que este instrumento crea un aporte a la empresa y puede ser utilizado en lo siguiente como formato de supervisión y auditoría.

La apertura de una Acción Correctiva se produce a raíz de la detección de un problema individual de importancia significativa, o bien de un problema menor repetitivo. Para cada tipo de problemas en que incurre la empresa, lo que posteriormente se realizó fue un plan de acción, con el objeto de ayudar a la empresa a disminuir esos problemas y se logre eficacia en el funcionamiento del mismo.

Así mismo se introdujo un programa de gráficos de control, se trabajó con el programa Minitab 14, para luego tomar los límites de control preliminares determinados, y así efectuar el período de vigilancia que permita controlarlos en forma continua y además reducir su variabilidad, evitándose descontrol en el proceso y corrigiéndose una posible falla antes de que ocurra o se haga mayor.

También se utilizó el análisis de capacidad de proceso “para cuantificar la variabilidad del proceso, y así analizar esta variabilidad en relación con los requisitos del cliente” (Montgomery, 1991) y determinar si un proceso es estable y puede satisfacer las especificaciones y generar las acciones preventivas y correctivas que se van a tomar.

En ese sentido, se debe de señalar las principales propuestas de mejora para los problemas, donde se indique, la sugerencia, el como y la característica de calidad que debe tener esa sugerencia, el cuando, el quien y el donde se llevara a cabo esa mejora.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos al aplicar la metodología descrita, en la misma secuencia, con el fin de facilitar la discusión.

Diagrama de flujo (Proceso Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas)

La **Figura 7** contiene el diagrama de flujo obtenido, donde se describe el proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros . En el mismo se ilustran detalladamente todos los pasos y operaciones del referido proceso. Un resultado importante que se deriva de la interpretación del diagrama es la identificación clara de tres (3) Subprocesos o Etapas.

Etapa I : El secado. Comienza con la entrada de materia prima PET (en sacos) con la descarga, e inspección para luego ser trasladada al almacén de insumos. El montacarguista, realiza el vaciado en la tolva donde se transportará a los silos mediante un sistema de succión, donde se deposita o guarda el Pet Virgen; luego es llevado a la tolva del secador para eliminar la humedad, mediante un soplador que genera aire (seco caliente) a una temperatura estándar de 175 °C. La apariencia y las propiedades físicas son óptimas a través del proceso de secado, su duración es de 4 a 6 horas. Este subproceso genera como salida el Pet seco y su cliente principal es el Área de Inyección.

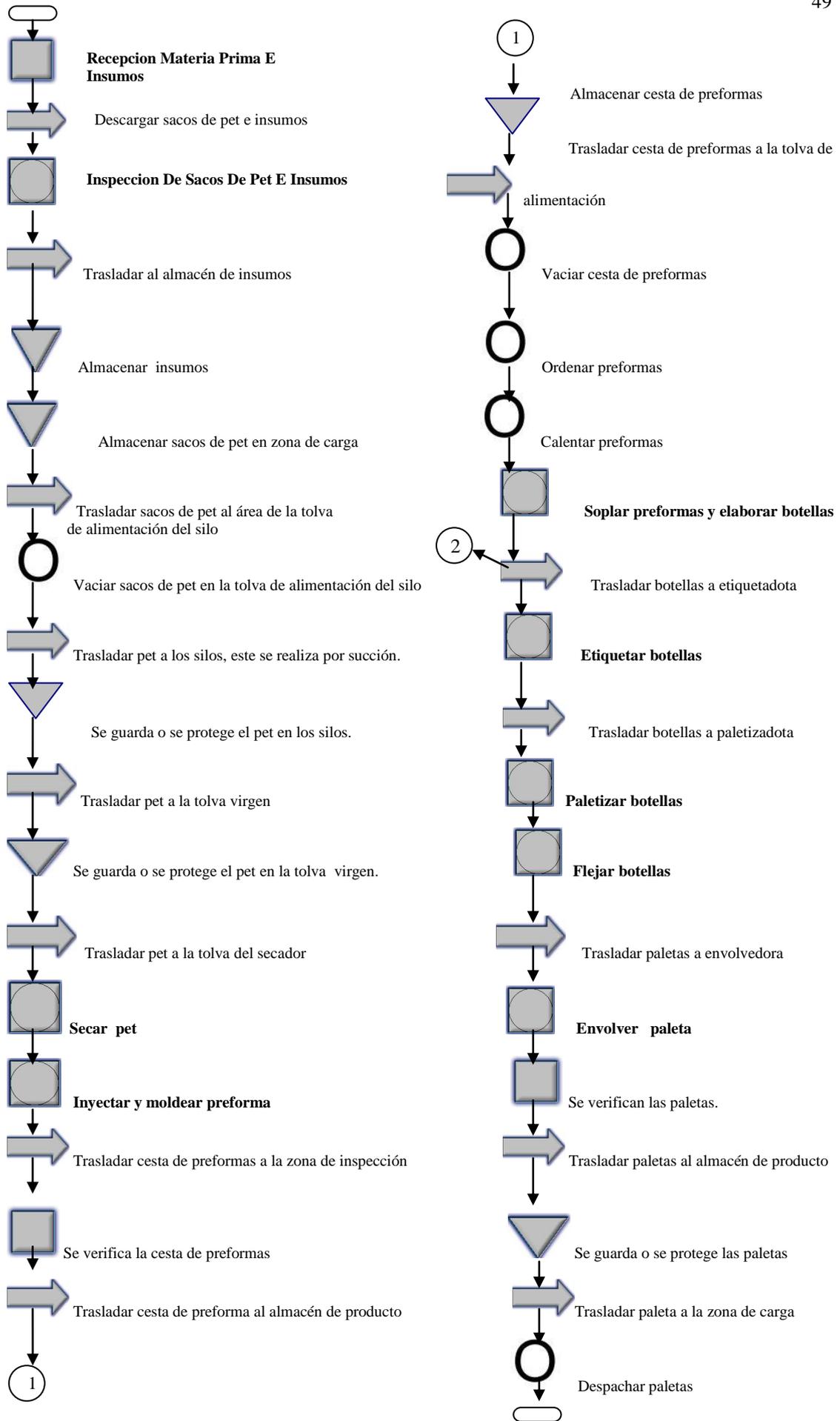


Figura 7. Diagrama de Flujo (Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas)

Etapa II: Área de Inyección.

El pet seco cae por gravedad a la máquina inyectora, donde es fundido e inyectado en los moldes de las preformas. Luego ocurre el enfriamiento y se expulsan las preformas a unas bandas transportadoras, caen en una cesta y son llevadas al almacén de productos semiterminados por 72 horas. En caso que los envases requieran color, se aplica una dosificación de colorante; durante la elaboración de las preformas se les realizan una serie de ensayos para verificar si cumplen con los parámetros establecidos de no ser así son llevadas a molino para ser recicladas. Este subproceso genera como salida preformas y su cliente principal es el Área de Soplado.

Las preformas tienen un aspecto tubular, con el requerimiento que ninguno de sus puntos, puede ser más ancho que el diámetro interno de su boca. El plástico inyectado es ligeramente enfriado para que la preforma pierda fluidez y conserve un estado reblandecido. Al momento de alcanzar la temperatura adecuada, la parte del molde correspondiente al cuerpo de la preforma, se aparta para ser sustituida por otro molde que tiene la forma exterior del recipiente deseado.

En esta etapa, las partes del molde que formaron el cuello y la parte interna de la preforma se conservan inmóviles. La preforma, ubicada ahora en un molde de mayor volumen, es expandida por la inyección de aire introducido por el vástago metálico central usado durante la inyección de ésta. La expansión involucra una reducción en el espesor de las paredes del recipiente, de manera similar al proceso de Extrusión soplado, pero en este caso, la línea de costura en la base del producto no aparece, siendo reemplazada por una discreta prominencia que indica el punto de inyección de la preforma. El plástico, ahora en contacto nuevamente con las paredes interiores del molde final, transfiere su calor rápidamente hacia el metal, que a su vez, es enfriado con corriente de fluidos refrigerantes.

La última etapa del ciclo corresponde a la expulsión de la pieza terminada con la apertura de los moldes que dieron forma al cuerpo y cuello del recipiente y la salida del vástago central del interior del producto. De aquí, el vástago central y el formador del cuello se reúnen con el molde del cuerpo de la preforma para instalarse en posición a la salida de la boquilla de la inyectora y esperar una nueva descarga de material plastificado para iniciar un nuevo ciclo.

Etapa III: Área de soplado.

Después de 72 horas almacenadas las preformas, son llevadas a las máquinas sopladoras, las cuales están compuestas por un molde de dos mitades, generalmente simétricas, sobre las cuales se moldea la botella deseada. Para ello se hace ingresar en su interior una “preforma” de PET previamente calentada en los hornos, y se le estira mecánicamente al tiempo que se realiza un “pre-soplado” a presión de 6 a 12 Bars seguido del soplado propiamente dicho a 40 Bars.

Además de la función principal descrita, hay otras partes que complementan la etapa de soplado, ellas son la carga de preformas y la descarga de botellas. La primera de las funciones se realiza manualmente y la segunda van a la banda transportadora para luego ser etiquetadas, y por último paletizadas.

El diagrama Ciclo del Proceso es, a grandes rasgos, el que se muestra en la figura 8.



Figura 8. Ciclo del proceso del Area de Soplado

Las operaciones estrictamente secuenciales y que por lo tanto definen el ciclo de la maquina van desde la apertura del molde para ingresar preformas – sacar envases, hasta el escape de aire a alta presión. Las otras operaciones se realizan en simultaneo y por lo tanto no agregan tiempo al ciclo.

A las botellas se les realiza una inspección visual y una serie de pruebas, para verificar que están dentro de especificaciones. Si son rechazadas van al molino y si no van al proceso de etiquetado, pasando luego a las paletizadoras donde se alinean u ordenan paletas contentivas de seis (6) camadas, donde cada camada tiene doscientos cuatro (204) envases, son separadas por medio de cartones, para así ser flejadas. Se utilizan cintas que ajustan las camadas y posteriormente se sujetan y protegen a través de una película transparente en la máquina envolvedora. Para luego realizar un chequeo visual. Al culminar este proceso se identifican las paletas (fecha, turno, inspector, tipo de producto) se trasladan al almacén de producto terminado, esperando la orden de despacho y así llegar a los clientes.

En la Figura 9. se presenta el Diagrama de Recuperación Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas. Este comienza con la inspección de la botellas, donde se procede a verificar si estas se encuentran en buen estado, si es correcto se trasladan a la etiquetadora sino se encuentran en buen estado van al molino donde este pet se utiliza para la elaboración de botellas de aceite, detergentes , etc.

Esta operación no aparecía reflejada en el diagrama de flujo de la empresa, se propuso su inclusión para dar a conocer de una forma clara y rápida el proceso de recuperación de las botellas.

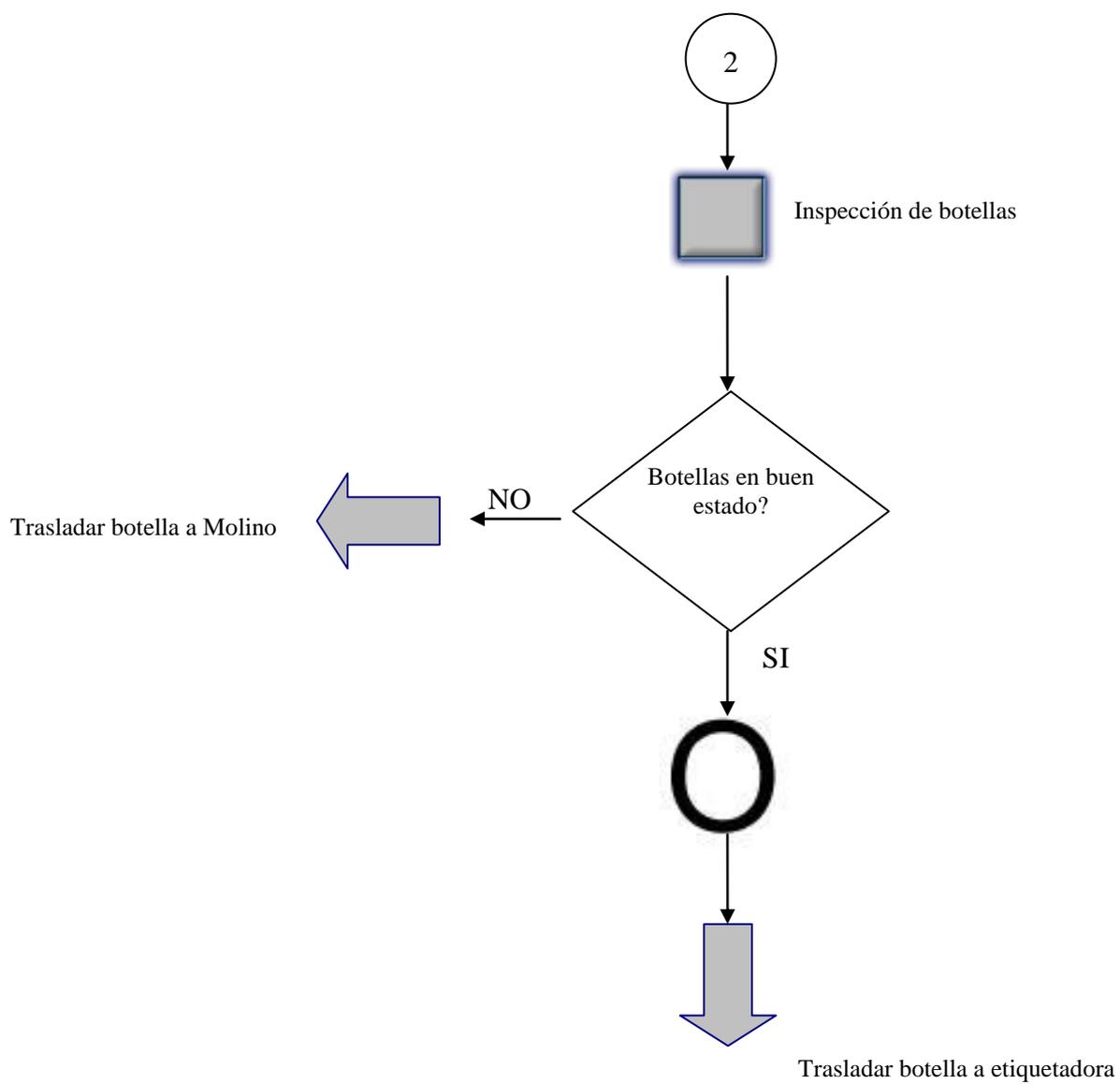


Figura 9. Diagrama De Flujo Recuperación Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

Matriz Técnica de proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

Se realizó un análisis del proceso, por medio de la Matriz Técnica del Proceso. (ver cuadro No. 3-A hasta Cuadro No.3-M)

En estos cuadros se presenta una descripción detallada considerando: operación, descripción, medidas y criterios para el control, monitoreo, procedimiento, registro, equipo, especificaciones, observaciones. Es decir, esta herramienta permite conocer paso a paso cada una de las actividades (operación) del proceso, la descripción de la misma, que medidas y criterios se usan para el control, quien es o son los responsables, el registro de la información de esta operación (existencia de formatos), equipo de medición, las especificaciones del cliente, y las observaciones que se le realizaron a cada una de las operaciones.

A través de esta herramienta, se pudo conocer de manera específica el funcionamiento y permitió identificar los obstáculos o posibles fallas que estaban presentes en el proceso, también realizar acciones correctivas de forma inmediata, y plasmar recomendaciones.

Un Ejemplo de los resultados obtenidos por medio de la aplicación de esta técnica es el siguiente: En el cuadro No. 3-G de la Matriz Técnica de Proceso.

Para el Área de Inyección, la **Operación: Almacenar preformas**

La descripción de esta actividad es recibir las preformas y guardarlas por un tiempo de 48 horas antes de ser sopladas. No existen especificaciones sino que se cumpla esa condición. Las Observaciones encontradas en esta inspección fue la siguiente:

Las preformas se almacenan en cestas, esta posee una bolsa donde caen las reformas provenientes de la banda transportadora, y se han encontrado preformas de diferentes colores o diferentes tamaños. Se identifica claramente la falla: el operario no chequea las cestas. Algunas veces no se cumple con el tiempo de almacenaje antes de soplar las botellas. A veces dependiendo de la experiencia del operario se cumple este paso.

Operación: Soplar preformas y elaborar botellas

Esta actividad comienza con la recepción de las preformas que hayan cumplido con la condición de almacenaje, se envían las preformas a las maquinas correspondientes, allí se realizan las evaluaciones de las botellas y se chequean si existen problemas en algunos casos:

- Tip Choreado
- perlecencia
- golpe en la rosca

Al analizar la matriz técnica de forma detallada, se puede apreciar la totalidad de observaciones y oportunidades de mejora halladas. Además este instrumento constituye un aporte a la organización ya que puede ser utilizado en lo siguiente como formato de supervisión y auditoría de proceso.

Cuadro 3-B Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACIÓN	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
SECAR PET	SECADO DEL PET PARA CONTROLAR LA HUMEDAD A UNA TEMPERATURA DE 180°C CON UNA DURACION DE 8 HORAS	-TEMPERATURA SECADOR -ESTATUS PUNTO DE ROCIO -TIEMPO DE RESIDENCIA	INSPECCION VISUAL	NO EXISTEN	SECADOR	TEMPERATURA CORRECTA DEL AIRE DE SECADO. ESTE NO DEBE EXCEDER DE 180°C, MEDIDO A LA ENTRADA DEL AIRE DEL SECADOR. PUNTO DE ROCÍO CORRECTO DEL AIRE DE SECADO. ESTE NO DEBERÁ SER MAYOR DE -30°C.,	NO SE REALIZA LA PRUEBA DE HUMEDAD, SE VERIFICA A TRAVES DE LA MAQUINA, ESTA TRAE UNA OPCION Y SE CORROBORA EL STATUS DEL PUNTO DE ROCIO
INYECTAR Y MOLDEAR PREFORMAS	EN EL AREA DE INYECCION SE ELABORAN LAS PREFORMAS.	SE VERIFICA EN PREFORMAS: -EL PESO -ALTURA -ACABADO DE LA ROSCA	MEDICION MEDICION MEDICION	FORMATO DIMENSIONES DEL ACABADO DE LA PREFORMA	BALANZA VERNIER VERNIER	PESO: 44gr. Min= 43,6 Max= 44,4 ALTURA: 138,2 Min= 137,51 Max=138,89 DIMENSION T (mm) Min= 27,3 Max=27,56 DIMENSION E (mm) Min= 24,36 Max=24,66 DIMENSION A (mm) Min= 27,84 Max=28,1 DIMENSION Z (mm) Min= 32,62 Max=33,68	EL FORMATO TIENE DEMASIADA INFORMACION TIENDE A CONFUNDIR. LAS VARIABLES PESO, ALTURA Y ESPESORES SON IMPORTANTES A LA HORA DE SOPLAR LAS BOTELLAS POR LO TANTO EL OPERARIO DEBERIA ESTAR PENDIENTE DE LO QUE OCURRE CON ELLAS LAS PREFORMAS SON CALENTADAS Y ESTIRADAS Y SOPLADAS A UNOS 100 GRADOS APROXIMADAMENTE. A ESTA TEMPERATURA EL PET ES DEFORMABLE, GOMOSO Y ELÁSTICO Y SE MANTIENE AMORFO DURANTE EL TIEMPO SUFICIENTE PARA DESARROLLAR LA FORMA DESEADA Y PROVOCAR EL CRECIMIENTO DE LA BOTELLA EN ALTURA Y DIÁMETRO.

Cuadro 3-C Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACION	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
INYECTAR Y MOLDEAR PREFORMAS		SE VERIFICA EN PREFORMAS:	MEDICION	FORMATO DIMENSIONES DEL ACABADO DE LA PREFORMA	VERNIER	DIMENSION C (mm) Min= 21,61 Max=21,87	EN ESTA AREA TAMBIEN SE PRESENTAN PROBLEMAS EN CUANTO A LAS ETIQUETAS USADAS PARA IDENTIFICAR LAS CESTAS YA QUE ALGUNOS TRABAJADORES LAS QUITAN Y SE PIERDE LA INFORMACION DE LA PRODUCCION, NO EXISTE UNA TRAZABILIDAD CONFIABLE DEL PRODUCTO.
		-ACABADO DE LA ROSCA				ALTURA Min= 13,95 Max=14,35	
		-ESPESORES	MEDICION	FORMATO DIMENSIONES DEL ACABADO DE LA PREFORMA	COMPARADOR DIGITAL	VAR. ESPESOR MENOR DE 0,25 mm	
		DEFECTOS	INSPECCION VISUAL	FORMATO DIMENSIONES DEL ACABADO DE LA PREFORMA		<p>DEFECTOS CRITICOS 01DIMENSION DEL ACABADO FUERA DE ESPECIFICACIONES 02 TIP HUECO 03 ACABADO INCOMPLETO 04 QUEMADA 05 VARIOS PUNTOS DE CONTAMINACION 06VARIACION DE ESPESOR FUERA DE ESPECIFICACIONES</p> <p>DEFECTOS MAYORES 07REBABA SUPERIOR A 0,2 mm 08 PET SIN FUNDIR 09 DECOLORACION 10 BURBUJA MAYOR DE 2 mm 11 TIP CHORREADO O HILOS 12 TIP LARGO 13 HUMEDAD 14 OPALESCENCIA EN LA ZONA GATE</p> <p>DEFECTOS MENORES 15 UN PUNTO DE CONTAMINACION NO MAYOR A 2 mm 16 OPALESCENCIA EN LA ZONA GATE</p>	TIENEN CODIFICADO LOS DEFECTOS DE LAS PREFORMAS

Cuadro 3-D Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACION	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
<p>INYECTAR Y MOLDEAR PREFORMAS</p>		<p>SE VERIFICA EN PREFORMAS:</p> <p>-NIVELES DE ACETALDEHIDO</p> <p>VISCOSIDAD INTRINSECA</p>	<p>ESTE SUMINISTRA UN GRAFICO DONDE SE PUEDE OBSERVAR EL COMPORTAMIENTO DEL ACETALDEHIDO PARA CORROBRAR SI ESTA DENTRO DE LAS ESPECIFICACIONES DEL CLIENTE</p>	<p>NO ESXISTE UN FORMATO SE ARCHIVA EL GRAFICO QUE LA MAQUINA GENERA</p>	<p>SE REALIZA A TRAVES DEL CROMATOGRAFO DE GASES</p>	<p>MENOR 4 ug/L</p> <p>0,82 dg/L +- 0,03</p>	<p>ESTA PRUEBA LA REALIZA EL CLIENTE EXISTEN ESTANDARES PARA CADA GRAMAJE.</p>

Cuadro 3-E Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACIÓN	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
INYECTAR Y MOLDEAR PREFORMAS	<p>EN ESTA AREA EXISTEN 5 MAQUINAS</p> <p>MAQ. H5 MARCA HUSKY MOLDE DE 44 GRAMOS DE 48 CAVIDADES ROSCA PCO CUMPLE UN CICLO DE 16 SEG</p>	<p>SE VERIFICA EN MAQUINA:</p> <p>-TEMPERATURA -BOQUILLAS -TIEMPO DE RETENCIÓN -TIEMPO DE LLENADO -PRESION DE INYECCION</p>	INSPECCION VISUAL	NO EXISTE	<p>SE REALIZA A TRAVES DE LA PANTALLA ELECTRONICA DE LA MAQUINA</p>	<p>RECETA GUIA (PARAMETROS)</p>	<p>A VECES EL OPERARIO ABANDONA EL AREA DE INYECCION Y NO SE PERCATA DE LOS DEFECTOS QUE PUDIERAN ESTAR OCURRIENDO.</p>
		<p>SE VERIFICA EN CADA UNA DE LAS MAQUINAS LOS DEFECTOS</p> <p>SI LAS PREFORMAS SE ACEPTAN, SE RECHAZAN SI EXISTE PARADA DE MAQUINA O ES UNA FALLA MOMENTANEA DE ACUERDO A LOS DEFECTOS</p>	INSPECCION VISUAL	<p>FORMATO EVALUACION VISUAL PRODUCTOS EN PROCESOS PREFORMA</p>		<p>DEFECTOS CRITICOS 01DIMENSION DEL ACABADO FUERA DE ESPECIFICACIONES 02 TIP HUECO 03 ACABADO INCOMPLETO 04 QUEMADA 05 VARIOS PUNTOS DE CONTAMINACION 06VARIACION DE ESPESOR FUERA DE ESPECIFICACIONES</p> <p>DEFECTOS MAYORES 07REBABA SUPERIOR A 0,2 mm 08 PET SIN FUNDIR 09 DECOLORACION 10 BURBUJA MAYOR DE 2 mm 11 TIP CHORREADO O HILOS 12 TIP LARGO 13 HUMEDAD 14 OPALESCENCIA EN LA ZONA GATE</p>	

Cuadro 3-F Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACIÓN	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
<p>INYECTAR Y MOLDEAR PREFORMAS</p>				<p>CERTIFICADO DE CALIDAD</p>		<p>DEFECTOS MENORES 15 UN PUNTO DE CONTAMINACION NO MAYOR A 2 mm 16 OPALESCENCIA EN LA ZONA GATE</p>	<p>ESTE FORMATO SE GENERA CUANDO SE DESPACHAN LAS PREFORMAS CUMPLIENDO CON LAS CARACTERISTICAS DE CALIDAD EXIGIDAS POR EL CLIENTE</p>

Cuadro 3-G Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACIÓN	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
ALMACENAR PREFORMAS	SE RECIBEN LAS PREFORMAS LUEGO DE CUMPLIR UN TIEMPO DE 48 HORAS ANTES DE SER SOPLADAS		INSPECCION VISUAL				LAS PREFORMAS SE ALMACENAN EN CESTAS, ESTA POSEE UNA BOLSA A VECES EL OPERARIO NO CHEQUEA BIEN ESTA Y SE HAN ENCONTRADO PREFORMAS DE DIFERENTES COLOR O DIFERENTES TAMAÑOS -ALGUNAS VECES NO SE CUMPLE CON EL TIEMPO DE ALMACENAJE ANTES DE SOPLAR LAS BOTELLAS
SOPLAR PREFORMAS Y ELABORAR BOTELLAS		EXISTEN CUATRO MAQUINAS SOPLADORAS SBO-06 ESTA MAQUINA GENERA LOS SIGUIENTES TIPOS DE BOTELLAS: -GENERICO -ACEITE -AGUA -0,5 Lts -350 Lts -1,5 Lts -LICOR, -0,7 Lts -350 Lts -1Lts -1,5 Lts -MULTIPRODUCTO - 1,5 LITRO -2 Lts -DETERGENTE -CERA -0,9 Lts.				RECETA GUIA (PARAMETROS) VARIABLES DEL PROCESO: ESTADO DE ARRANQUE ARRANQUE PRODUCCIÓN COEFICIENTE CONSIGNA TEMPERTURA LIMITE SALIDA EXTERIOR HORNO PREFORMA VENTILACION HORNO CADENCIA AMP.MOTOR (INTENSIDAD) PRESION DE PRESOPLADO	PROBLEMAS MAS FRECUENTES: MECANICOS: *BRAZO DESPLAZADO MOLDES NO BLOQUEADOS ES DECIR, NO CIERRA EL MOLDE *FUGA DE AIRE DE PISTON DE TOBERA -EXPLOTA LA BOTELLA -ENTRADA DE LA PREFORMA *OTROS PROBLEMAS: -ROSCA INCOMPLETA -TIP DESVIADO -PERLECENCIA -GOLPE EN LA ROSCA LOS PROBLEMAS QUE SE PRESENTAN EN CONTOUR 2 LITROS ES EL DE STRSS CRAKING

Cuadro 3-H Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACION	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
<p>SOPLAR PREFORMAS Y ELABORAR BOTELLAS</p>		<p>SBO-08</p> <p>ESTA MAQUINA GENERA LOS SIGUIENTES TIPOS DE BOTELLAS:</p> <p>-MULTIPRODUCTO -1,5 Lts -2 Lts</p> <p>-CONTUOR -1,5 Lts -2 Lts -0,6Lts</p> <p>-MINALBA</p>	<p>ESTA MAQUINA ES LA MAS COMPLETA MUESTRA INFORMACION DE :</p> <p>-PRESOPLADO: REALIZA UNA PRUEBA PARA CHEQUEAR SI LA BOTELLA ES UNIFORMA, LA TEMPERATURA DEL PRESOPLADO VARIA Y ES DIFERENTE PARA CADA TIPO DE PRODUCTO.</p> <p>TAMBIEN GENERA GRAFICOS DE:</p> <p>CURVA DE SOPLADO POR MOLDE</p> <p>-RENDIMIENTO</p> <p>-CADENCIA DE PRODUCCION</p> <p>POSEE HISTORIALES -GENERA PARETO -GNERA UN INFORME -CONTROL DE ALARMAS</p>				<p>EL PROCESO DE ESTAS MAQUINAS ES:</p> <p>EL RIEL DE CARGA TRANSPORTA LAS PREFORMAS BAJAN ESTAS POR GRAVEDAD Y ENTRAN A LA RUEDA DE CARGA LUEGO A LA RUEDA DE TRANSFERENCIA 1 O LLAMADA TAMBIEN DE ENTRADA, DE ALLI PASAN A LOS MOLDES DONDE LA PREFORMA SE ESTIRA, PRESOPLA Y SOPLA , FINALMENTE PASA A LA RUEDA DE TRANSFERENCIA 2 O DE SALIDA</p> <p>CABE DESTACAR QUE LAS PREFORMAS SE GOLPEAN UNAS CON OTRAS Y ELLO PUEDE INFLUIR EN LA APARIENCIA DE LAS BOTELLAS.</p> <p>NO SE LLEVA UN CONTROL DE LAS PREFORMAS QUE ENTRAN Y LAS QUE SALEN, PARA DAR CONSECUCIÓN CON EL METODO FIFO.</p> <p>EN LA EMPRESA NO EXISTE UN MANUAL DE OPERACIONES CON RESPECTO A LAS MAQUINAS DONDE SE ESPECIFIQUEN LOS PARAMETROS PARA CADA LINEA DE PRODUCCION)</p>

Cuadro 3-I Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACION	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
<p>SOPLAR PREFORMAS Y ELABORAR BOTELLAS</p>		<p>SBO-10</p> <p>ESTA MAQUINA GENERA LOS SIGUIENTES TIPOS DE BOTELLAS:</p> <p>-MULTIPRODUCTO -1,5 Lts. -2 Lts</p> <p>-MINALBA</p> <p>-LICOR</p>					<p>ESTA MAQUINA ES LA DE MAYOR USO SU CAPACIDAD PARA PRODUCIR ES DE 10.000 BOTELLAS POR HORA PERPO ES LA QUE MENOS LE DEDICAN A MANTENIMIENTO</p> <p>LA FORMACIÓN DE LA BOTELLA SE DA EN TRES PASOS SUCEIVOS:</p> <p>ESTIRADO: MEDIANTE VÁSTAGOS DE ACERO QUE SE INTRODUCEN POR EL CUELLO DE LA PREFORMA, SE PROVOCA LA DEFORMACIÓN EN EL SENTIDO LONGITUDINAL DE LA PREFORMA. HASTA ALCANZAR CASI LA ALTURA TOTAL DEL ENVASE. ES ALTAMENTE RECOMENDADO PODER CONTROLAR LA VELOCIDAD DE ESTIRADO PARA DAR TIEMPO A LA ORIENTACIÓN MOLECULAR Y NO PROVOCAR EL DESGARRO DEL MATERIAL. ESTA OPERACIÓN, QUE SE REALIZA EN FORMA SIMULTÁNEA CON LA QUE SE DESCRIBE A CONTINUACIÓN IMPORTA UN TIEMPO DEL ORDEN DE 0.60 SEGUNDOS</p> <p>PRESOPLADO: SIMULTÁNEAMENTE CON LA INTRODUCCIÓN DE LOS VÁSTAGOS O VARILLAS DE ESTIRADO, SE INTRODUCE AIRE A RELATIVAMENTE BAJA PRESIÓN (6 A 12 BAR) LO QUE ACOMPAÑA EL PROCESO DE ESTIRADO LONGITUDINAL Y VA PROVOCANDO EN FORMA SIMULTANEA EL AGRANDE DEL DIÁMETRO (ESTIRAMIENTO RADIAL).</p>

Cuadro 3-J Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACION	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
SOPLAR PREFORMAS Y ELABORAR BOTELLAS		LAS BOTELLAS SE SOMETERAN A LOS SIGUIENTES ANALISIS		FORMATO ENSAYOS DIMENSIONALES MECANICOS Y DE CONTENIDO	SE VERIFICA LA NO EXIENCIA DE LOS DEFECTOS, CRITICOS, MAYORES Y MENORES SEGÚN SEA EL CASO		<p>SOPLADO: POR ULTIMO SE INTRODUCE AIRE COMPRIMIDO SECO Y LIBRE DE ACEITE PERO A MAYOR PRESIÓN (40 BAR) LO QUE PROVOCA EL MOLDEO DEL MATERIAL PET CONTRA EL MOLDE QUE ESTA CAVADO EN NEGATIVO CON LA FORMA DESEADA. CUANTO MAYOR SEA LA COMPLEJIDAD DE LAS FORMAS DESEADAS SERÁ MAYOR EL TIEMPO NECESARIO DE ACTUACIÓN DEL AIRE DE ALTA PRESIÓN CONTRA EL MOLDE (TÍPICO 0.40 SEGUNDOS). EL CONTACTO DEL MATERIAL CON EL MOLDE QUE SE ENCUENTRA FRÍO (4 GRADOS APROXIMADAMENTE), LO VUELVE RÍGIDO Y SE DETIENE EL PROCESO DE BIORIENTACIÓN. FINALMENTE SE PRODUCE EL ESCAPE DEL AIRE A ALTA PRESIÓN (ESCAPE) LO QUE INSUME TÍPICAMENTE UNOS 0.3 SEGS.</p> <p>ES IMPORTANTE CONSIDERAR QUE LAS MALAS CONDICIONES DE TRANSPORTE, CALOR, O GOLPES EN LAS PREFORMAS PUEDEN AFECTAR CONSIDERABLEMENTE LA APARIENCIA FINAL DE LA BOTELLA.</p>
		-APARIENCIA GENERAL	INSPECCION VIUSUAL				
		-PESO POR SECCION	MIDEN EL CUELLO PANEL A Y B, BASE				
		DIMENSIONES EXTERIORES	MIDEN ALTURA	ALTIMETRO DIGITAL	337,2 (+0.6; -1.5) mm		
		PERPENDICULARIDAD	DIAMETRO	-CINTA PI TAPE	89,95+0.75 -1 mm		
		PERFIL DE ESPESORES	MIDEN EL CUELLO PANEL, TALON PETALOS	-COMPARADOR DIGITAL DE NIVEL			
		CLARO DE BASE		-MAGNA MIKE			
		CARGA VERTICAL	MIDEN LA RESISTENCIA APLICAN UNA FUERZA DE COMPRESION A UNA VELOCIDAD DETERMINADA	-RELOJ COMPARADOR			
			MEDIDOR DE CARGA VERTICAL				

Cuadro 3-K Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACIÓN	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
SOPLAR PREFORMAS Y ELABORAR BOTELLAS	CAPACIDAD AL PTO DE LLENADO	DETERMINAR LA CAPACIDAD Y PESO REAL DE LAS BOTELLAS AL PUNTO DE LLENADO	MEDICION	FORMATO ENSAYOS DIMENSIONALES MECANICOS Y DE CONTENIDO	-BALANZA DE PRECISION -PITILLOS FILL POINT	1500± 1.5/7.5	PARA EL CLIENTE LAS VARIABLES MAS IMPORTANTES A CONSIDERAR EN LA BOTELLA SON LA ALTURA, DIAMETRO, PERPENDICULARIDAD, CAPACIDAD DE CONTENIDO Y EL PERFIL DE ESPESORES.
	IMPACTO A LA CAIDA	ASEGUARA QUE LAS BOTELLAS SOPORTEN EL IMPACTO SIN SUFRIR RUPTURAS					
	STRESS CRAKING	EVALUAR LA RESISTENCIA EN LA PARTE INFERIOR DE LA BASE DE LA BOTELLA	LAS BOTELLAS TIENEN QUE SOPORTAR UN TIEMPO DE AL MENOS 45 MINUTOS SIN EXPLOTAR.				

Cuadro 3-L Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACIÓN	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
<p>ETIQUETAR BOTELLAS</p>	<p>PRESION INTERNA</p> <p>LA BANDA TRANSPORTADO RA REALIZA ESTE TRANSLADO Y EL OPERARIO ESTA PENDIENTE DE LEVANTAR ALGUNAS BOTELLAS</p>		<p>LA MAQUINA SE ENCARGA DE ESTA OPERACIÓN EL OPERARIO DEBE ESTAR PENDIENTE DE:</p> <ul style="list-style-type: none"> -EL CORTE SI ETA EN EL PUNTO DE REGISTRO -SI EXISTE ARRUGA -SI SE DESVIA LA ETIQUETA -ALTURA -SI LA PEGA ES UNIFORME -SI SE ADHIERE O NO -IMPRESIÓN DE LA ETIQUETA 				<p>EL PROBLEMA MAS FRECUENTE ES LA ARRUGA EN LA ETIQUETA.</p>

Cuadro 3-M Matriz Técnica del Proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

OPERACION	DESCRIPCION	MEDIDAS Y CRITERIOS PARA EL CONTROL	MONITOREO PROCEDIMIENTO/ RESPONSABLE	REGISTRO	EQUIPO	ESPECIFICACIONES	OBSERVACIONES
PALETIZAR BOTELLAS	SON PALETIZADAS POR CAMADAS	EL PALETIZADOR VA ORDENANDO Y CHEQUEANDO LA CANTIDAD DE BOTELLAS CUANDO ESTA LISTA LA CAMADA OPRIME UN BOTON Y EN FORMA AUTOMATICA BAJA LA CAMADA	INSPECCION VISUAL			SON PALETIZADAS POR CAMADAS. PARA MULTIPRODUCTO 1,5 LITROS LLEVA 6 CAMADAS Y CONSTA DE 204 ENVASES CADA UNA ES DECIR UNA PALETA TIENE 1224 ENVASES	SE OBSERVA QUE EL DESPERDICIO EN EL AREA DE SOPLADO NO SE LLEVA DE MANERA CONFIABLE NO LAS PESAN, DAN UN APROXIMADO HAY UN DESORDEN A VECES EN EL AREA
FLEJAR PALETAS	ESTA SE REALIZA EN FORMA MANUAL SE COLOCAN 4 FLEJES Y 4 GRAPAS	LA ALTURA DE LA PALETA ES DE 218 CM	INSPECCION VISUAL			LAS MEDIDAS DE LAS PALETAS, MARCOS Y SEPARADORES ES DE 141 x 111 CM DE ANCHO, LOS SEPARADORES RETORNABLES PESO DE LA PALETA DE MADERA:35 KG. PESO DEL MARCO DE MADERA: 6 KG.	
ENVOLVER PALETA	CUANDO LLEGAN LAS PALETAS A LA MAQUINA ESTA PASA POR MEDIO DE UN SENSOR OPTICO SON CUBIERTOS POR UNA PELICULA DE POLIPROPILENO TRANSPARENTE	REALIZAR INSPECCION VISUAL AL PROCESO, VERIFICANDO ESTADO DE PELICULA Y TENSION	SE DETERMINA LA CANTIDAD DE PELICULA POR PALETA			PESO DE CARTON SEPARADOR: 2,2 KG. LA PELICULA DE POLIPROPILENO TRANSPARENTE DEBE PESAR 400 GRAMOS.	

Diagramas de Ishikawa para el proceso de Botellas Pet Nr Para Bebidas Carbonatadas

Tomando como referencia el diagrama de flujo y la información obtenida de la Matriz Técnica del Proceso se procedió con el cumplimiento del segundo objetivo. Para identificar las posibles causas que pudiesen afectar la calidad del producto, se utilizó el diagrama de Ishikawa o diagrama de causa – efecto en cada fase del proceso. Previamente fueron seleccionadas las características mas relevantes que determinan la calidad del producto para cada una de las etapas del proceso, tal como se señala a continuación:

En la etapa I: El secado, se identifican principalmente dos variables importantes: La homogeneidad del pet, y el pet seco .

Para corroborar la homogeneidad se realiza la prueba de granulometría y así verificar el peso de los pet, la diferencias en el tamaño de los pellets, podría originar que se sequen unos y otros no y a la hora de fundirse, es decir en la siguiente etapa podría generar un defecto llamado pet sin fundir.

El granulo de PET absorbe humedad del medio ambiente. Dependiendo de las condiciones de almacenado, este valor puede ser tan alto como un 0,6% en peso pero, en la practica, el polímero no absorbe niveles de humedad mayores a 0,2%. Para eliminar la humedad, Mediante un soplador que genera aire (seco caliente), se recomienda que el tiempo de residencia para la Resina PET no sea menor a 4 horas, siendo común trabajar entre 6 y 8 horas.

Se procede a verificar el pet que este seco con la temperatura del secador y el status del punto de rocío

En la Etapa II : Area de Inyección se consideraron tres variables peso de preformas, Línea de Flujo, y apariencia de la preforma.

Uno de las variables mas importantes en esta etapa es el peso de las preformas ya que ellas inciden en el peso de botellas, en este caso se utilizaron preformas de 44 gramos, este se verifica a través de una balanza analítica.

Línea de Flujo es la trayectoria seguida por un elemento de un fluido móvil. En general, a lo largo de la línea de flujo, la velocidad del elemento varía tanto en magnitud como en dirección. Si todo elemento que pasa por un punto dado sigue la misma trayectoria que los elementos precedentes, se dice que el flujo es estacionario. En estado estacionario, la velocidad en cada punto del espacio no varía con el tiempo, si bien la velocidad de una parte determinada del fluido puede cambiar de un punto a otro.

Para verificar las líneas de flujo se utiliza para ello el polariscopio, identificador de la degradación térmica, que pueda sufrir la preforma.

En cuanto a la apariencia de las preformas es de manera visual, en la empresa están codificados los defectos que puedan presentar las preformas como por ejemplo marcas, rebabas, contaminación, etc.

En la Etapa III : Area de soplado se manejaron las siguientes variables de calidad: altura, peso, volumen, diámetro y la apariencia de las botellas.

Para la altura de las botellas el cliente exige que las especificaciones deben oscilar entre un mínimo de 335.85 mm y 337,37 mm esta se corrobora a través del altímetro.

El peso de las botellas oscila entre 43,6 y 44,4 para ello se utiliza la balanza analítica. El volumen o capacidad de llenado es de 1500 ± 15 ml para ello se utiliza la balanza analítica para pesar la botellas vacias luego se pesan las botellas llenas.

El diámetro de las botellas se encuentra entre las siguientes especificaciones $89,95 +0.75-1$ mm este se efectúa con una cinta PI por la parte central de la botella .

En cuanto a la apariencia de las botellas es de manera visual, se chequean los defectos que puedan presentar las botellas como por ejemplo marcas, contaminación, tip choreado, etc.

La variabilidad de las características de calidad es un efecto observado que tiene múltiples causas. Cuando ocurre algún problema con la calidad del producto, se debe investigar para identificar las causas del mismo.

Un diagrama de causa-efecto es por si educativo, sirve para que las personas conozcan en profundidad el proceso con que trabaja, visualizando con claridad las relaciones entre los efectos y sus causas. Sirve también para guiar las discusiones, al exponer con claridad los orígenes de un problema de calidad. Y permite encontrar más rápidamente las causas asignables cuando el proceso se aparta de su funcionamiento habitual.

A continuación se presentan los diagramas Causa-Efecto para cada una de las Etapas del proceso.

ETAPA I

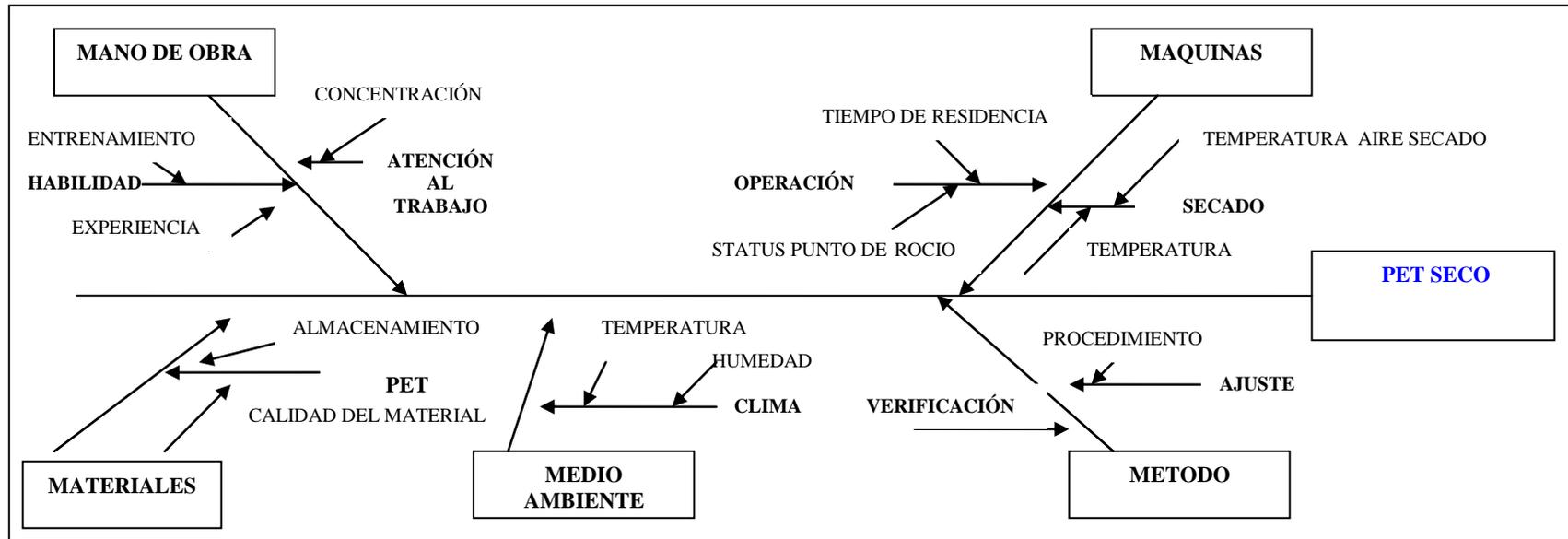


Figura 10. Diagrama Causa-Efecto Pet Seco

Después de obtener el Diagrama de Ishikawa para la Característica de Calidad: Pet Seco, se procedió a la selección de las variables en esta etapa.

Cuadro 4. Etapa I: El Secado

FACTOR	CAUSAS	CP (*)	CS (*)	CT (*)	VARIABLE DE PROCESO	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE SELECCIONADA
MANO DE OBRA	ATENCIÓN AL TRABAJO	X			-----	
	HABILIDAD	X			-----	
MAQUINAS	OPERACION	X			(TRES)	TIEMPO DE RESIDENCIA SE REFIERE AL TIEMPO DE SECADO. ESTE NO DEBE SER MENOS DE 4 HORAS. SE RECOMIENDA DE 6 A 8 HORAS
					(STPRO)	STATUS PUNTO DE ROCIO Menores o iguales a -40°C
	SECADO	X			(TASE)	TEMPERATURA AIRE SECADO Esta no debe exceder de 180°C
					(TESEC)	TEMPERATURA DEL SECADOR DEBE ESTAR ENTRE 150°C Y 160°C
METODO	AJUSTE		X		-----	
	VERIFICACION		X		-----	
				X		-----
MATERIALES	PET		X		-----	
MEDIO AMBIENTE	CLIMA		X		-----	

(*) CP : Causa Principal CS: Causa Secundaria CT: Causa Terciaria

ETAPA II

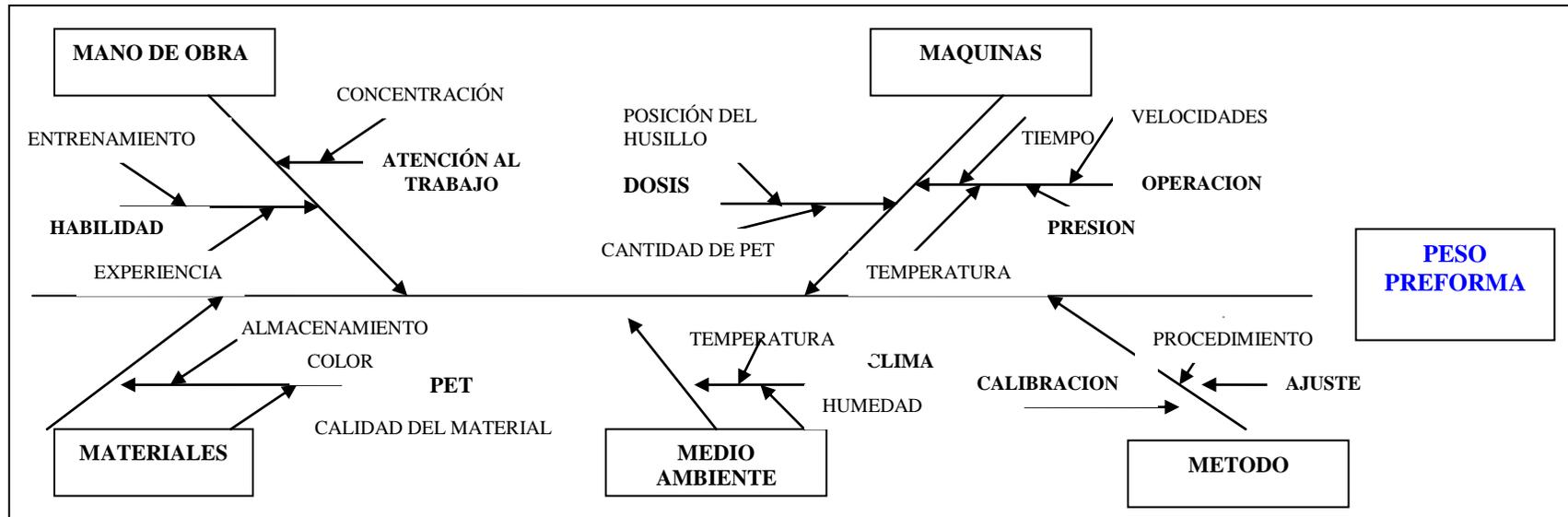


Figura 11. Diagrama Causa-Efecto Peso De La Preforma

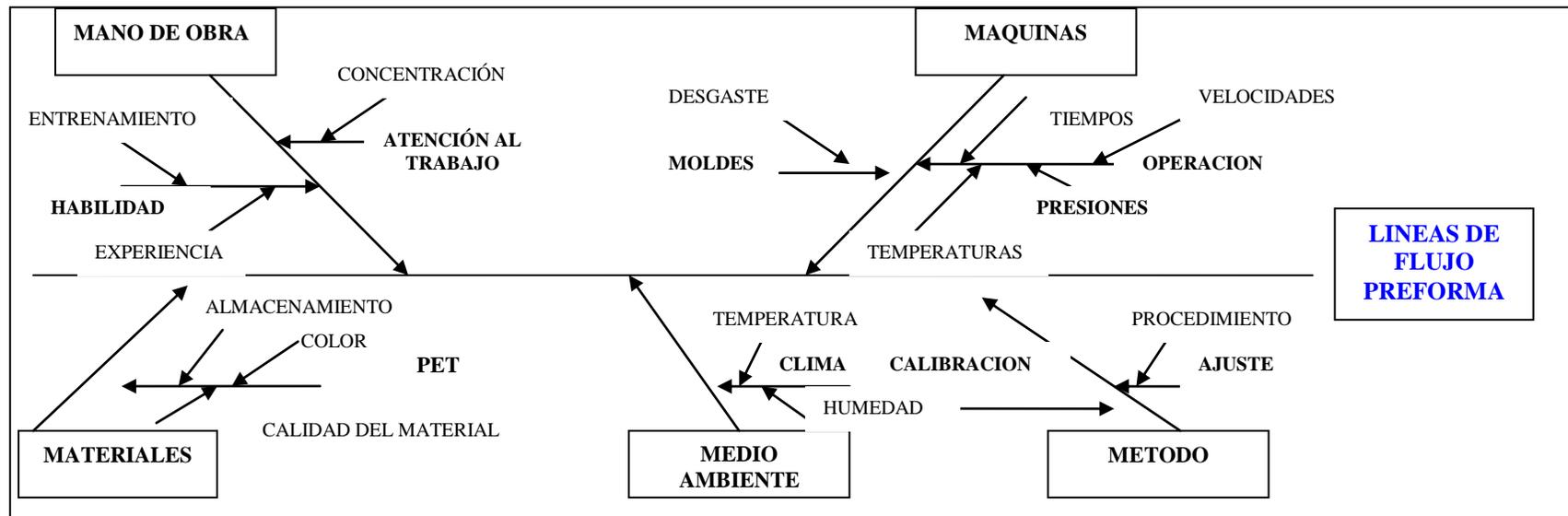


Figura 12. Diagrama Causa-Efecto Líneas De Flujo De La Preforma

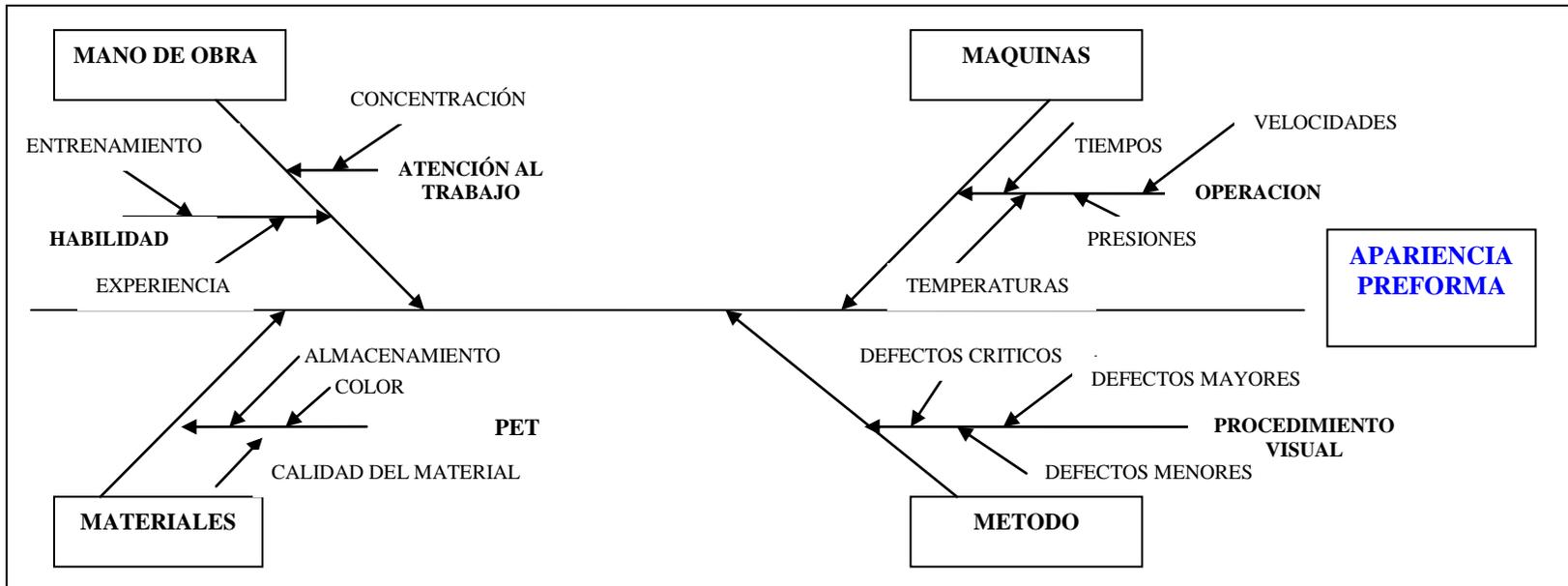


Figura 13. Diagrama Causa-Efecto Apariencia De La Preforma

Luego de obtener los Diagramas de Ishikawa de las Características de Calidad: Peso, Líneas de flujo, Apariencia se procedió a la selección de las variables en esta etapa.

Cuadro 5-A. Descripción de las variables en la etapa II Área De Inyección

FACTOR	CAUSAS	CP (*)	CS (*)	CT (*)	VARIABLE DE PROCESO	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE SELECCIONADA
MANO DE OBRA	ATENCION AL TRABAJO	X			-----	
	HABILIDAD	X			-----	
MAQUINAS	OPERACION	X	X		TIEMPOS	<p>Tiempo de inyección: es el tiempo en el que se lleva a cabo el llenado de las cavidades del molde.</p> <p>Tiempo de postpresión: es el tiempo en que permanece activa la postpresión, o segunda presión.</p> <p>Tiempo de plastificación: es el tiempo requerido para llevarse a cabo la fusión del amaterial, hasta llevarlo a un estado líquido viscoso.</p> <p>Tiempo de enfriamiento: es el tiempo para acabar de solidificar la pieza, y este empieza después de que termina el tiempo de postpresión y acaba cuando el molde se abre para expulsar la pieza.</p> <p>Tiempo de ciclo: es el tiempo en el que se llevan a cabo las etapas del proceso de inyección: tiempo de cierre+tiempo de inyección+tiempo de postpresión+tiempo de enfriamiento que incluye el tiempo de plastificación+tiempo de apertura y expulsión.</p>
				X		(TENF)
				X	VELOCIDADES	<p>Velocidad de cierre de molde: es la distancia que recorre la platina móvil hasta hacer contacto con la platina fija del molde</p> <p>Velocidad de apertura de molde: es la distancia que recorre la platina móvil del molde hasta separarse de la platina fija y dejar el espacio suficiente para la expulsión de las piezas en un tiempo determinado.</p>

(*) CP:Causa Principal CS: Causa Secundaria CT: Causa Terciaria

Cuadro 5-B. Descripción de las variables en la etapa II Area De Inyección

FACTOR	CAUSAS	CP (*)	CS (*)	CT (*)	VARIABLE DE PROCESO	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE SELECCIONADA
MAQUINAS	OPERACION	X	X		VELOCIDADES	Velocidad de plastificación: la velocidad de plastificación se controla por las revoluciones por minuto o giros por minuto del husillo o tornillo en el momento de la plastificación
			X		X	(PRERT) PRESIONES

(*) CP:Causa Principal CS: Causa Secundaria CT: Causa Terciaria

Cuadro 5-C. Descripción de las variables en la etapa II Area De Inyección

FACTOR	CAUSAS	CP (*)	CS (*)	CT (*)	VARIABLE DE PROCESO	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE SELECCIONADA
MAQUINAS	OPERACION	X			TMDIS, TMCD2, TMCD1, TETR6, TETR5, TETR4, TETR3, TETR2, TETR1 TXM1, TXM2, TSBAH, TSB. TBOQ, TAC, CICLO,	Las temperaturas pueden ser de los distribuidores, cilindros de plastificación, tambores y del molde. Temperatura de la boquilla , temperatura de aceite y el tiempo que viene dado por el ciclo.
METODO	AJUSTE		X		-----	
	CALIBRACION	X	X		-----	
	PROCEDIMIENTO VISUAL		X		-----	
MATERIALES	PET	X			(COLOR)	SE REFIERE A LA TINTA QUE DEBE USARSE PARA COLOREAR LAS PREFORMAS

(*) CP: Causa Principal CS: Causa Secundaria CT: Causa Terciaria

ETAPA III

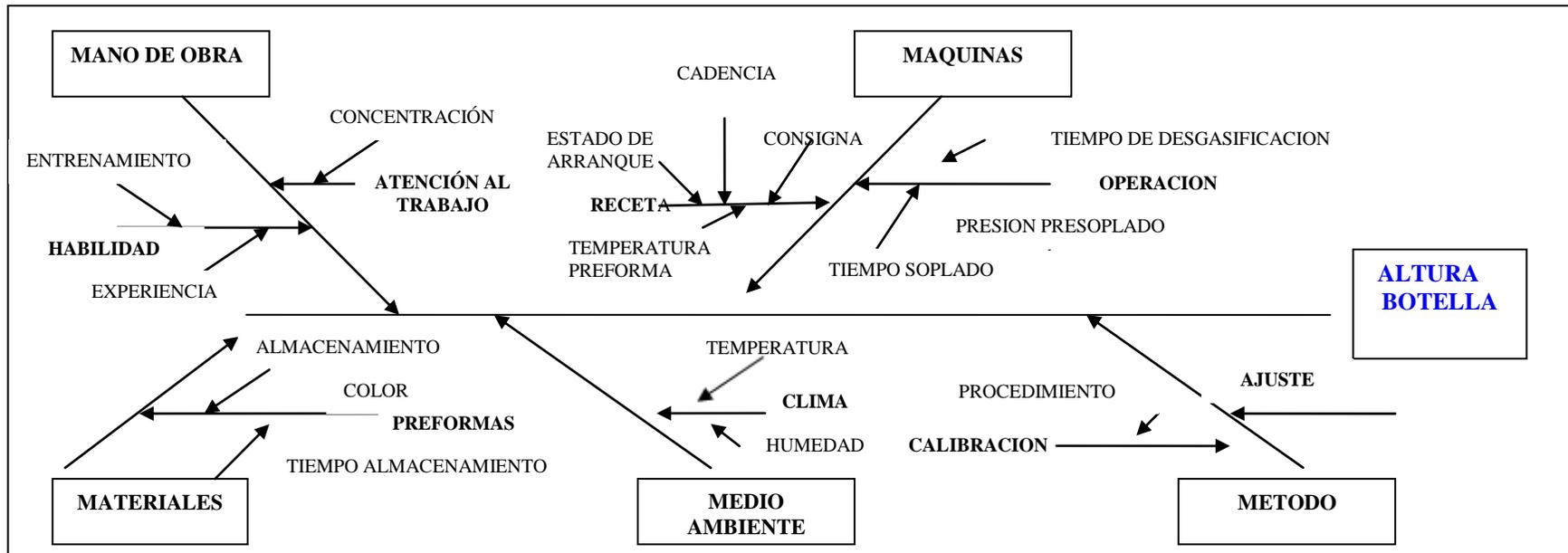


Figura 14. Diagrama causa-efecto Altura de la botella

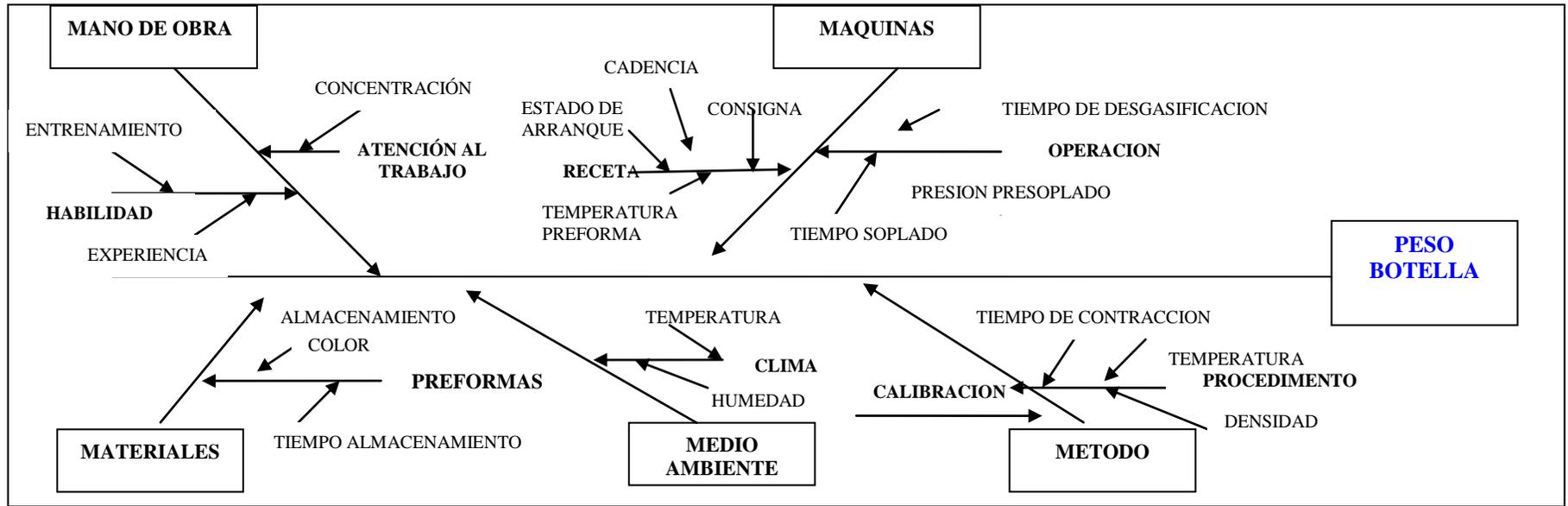


Figura 15. Diagrama causa-efecto Peso de la botella

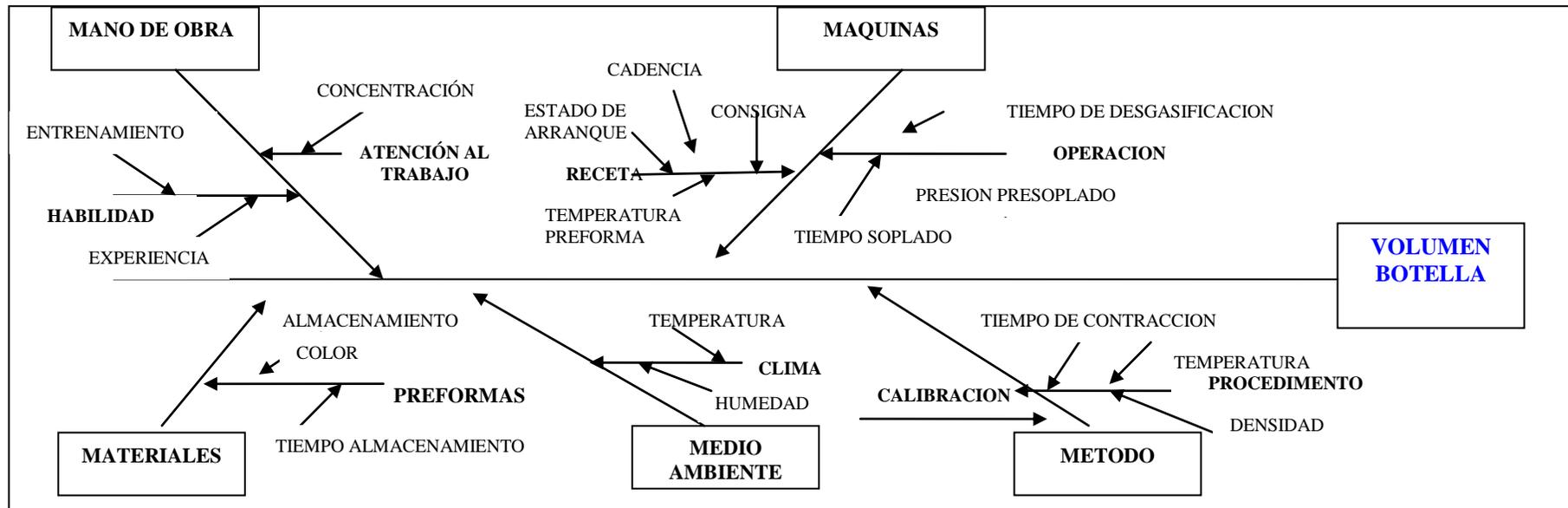


Figura 16. Diagrama causa-efecto Volumen de la botella

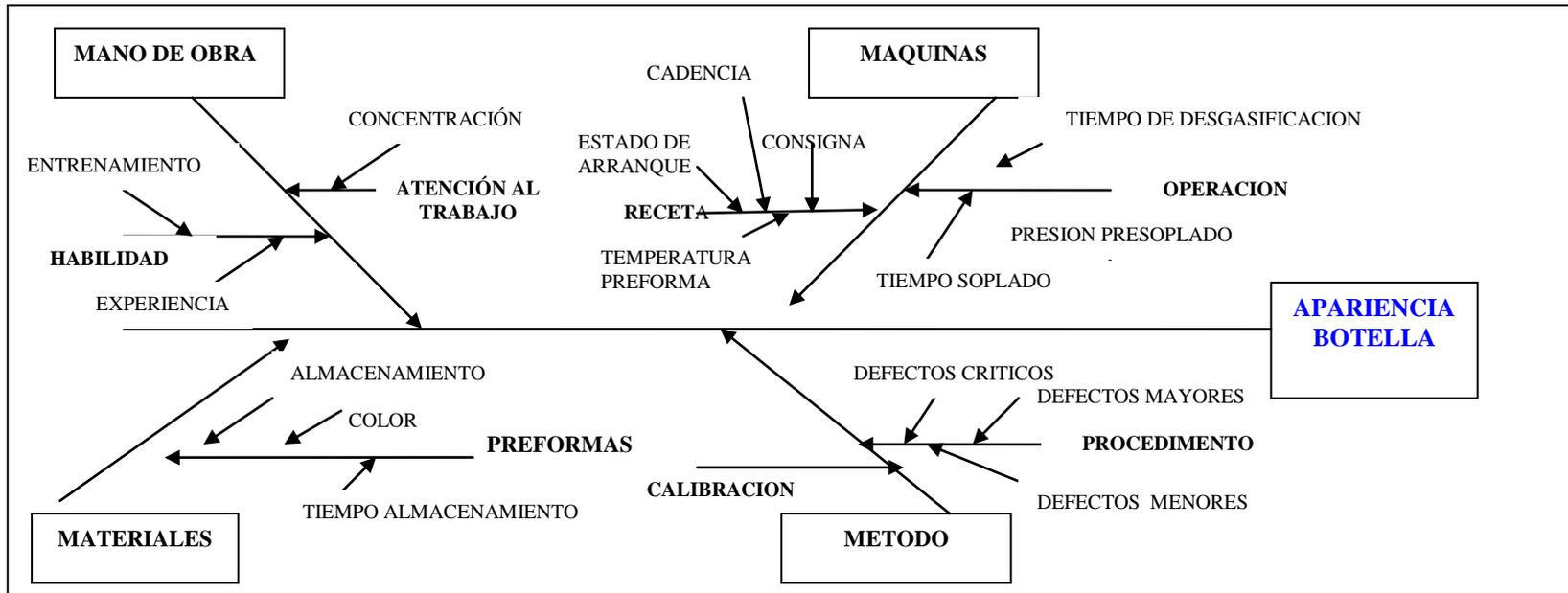


Figura 17. Diagrama causa-efecto Apariencia de la botella

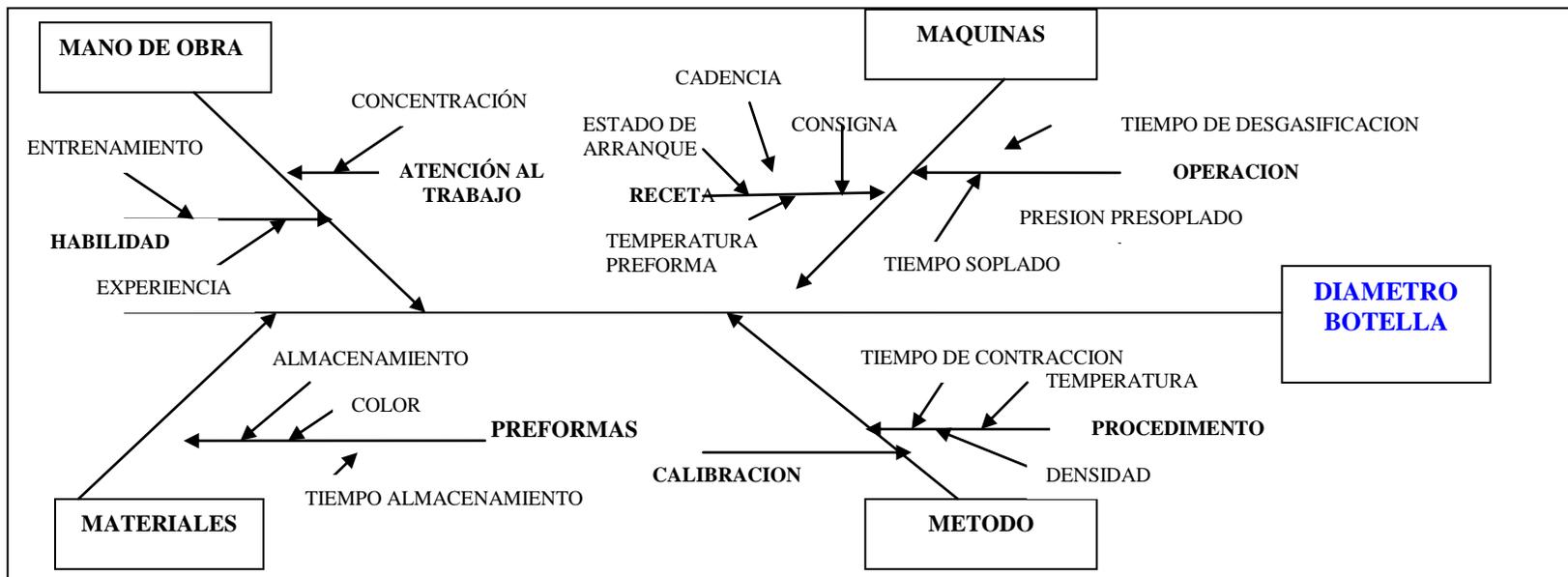


Figura 18. Diagrama causa-efecto Diámetro de la botella

Tomando como referencia los Diagramas de Ishikawa de las Características de Calidad: Altura, Peso, Volumen y Apariencia de las botellas, se procedió a la selección de las variables en esta etapa.

Cuadro 6-A Descripción de las variables en la Etapa III: Área Soplado

FACTOR	CAUSAS	CP (*)	CS (*)	CT (*)	VARIABLE DE PROCESO	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE SELECCIONADA
MANO DE OBRA	ATENCIÓN AL TRABAJO	X			----	
	HABILIDAD	X			----	
MAQUINAS	OPERACIÓN		X		(TDES)	TIEMPO DE DESGASIFICACION PREAJUSTE 0,8 SEG
		X			(PREP)	PRESION PRESOPLADO PREAJUSTE 8 BAR DEPENDE DE LA BOTELLA A REALIZAR
		X			(TATM)	TIEMPO DE ATEMPERAMIENTO SE DETERMINA A PARTIR DEL TIEMPO QUE SE PRODUJERON LA PREFORMAS.

(*) CP: Causa Principal, CS: Causa Secundaria, CT: Causa Terciaria

Cuadro 6-B Descripción de las variables en la etapa III: Area Soplado

FACTOR	CAUSAS	CP (*)	CS (*)	CT (*)	VARIABLE DE PROCESO	DESCRIPCIÓN DE VARIABLE SELECCIONADA
MAQUINAS (MAQ)	RECETA	X			(ARRAP)	Estado de arranque de producción entre 40 Y 60%
			X		(CAD)	CADENCIA NOMINAL CONTRACTUAL LO QUE SE DESEA PRODUCIR
		X			(TPREF) (TLAMP) (VNHOR)	Temperatura de la preforma, medida por una cámara infrarroja en salida del horno y utilizada para la regulación del caldeo de los hornos, viene dado por la temperatura de las lámparas. Temperatura de la Ventilación de los hornos
		X			(TEXT)	Temperatura exterior.

(*) CP:Causa Principal CS: Causa Secundaria CT: Causa Terciaria

Luego de la selección de las variables se procedió a realizar un resumen por etapas. Esto se puede ver reflejado en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Selección de las variables respuestas por etapas

ETAPAS	CARACTERISTICAS DE CALIDAD	VARIABLE DE PROCESO	VARIABLE RESPUESTA
I	PET SECO	STPRO COLOR	Temperatura del Secador (TESEC)
II	PESO DE LA PREFORMA	TENF, TMTO, TMDIS, TMCD2, TMCD1, TETR6, TETR5, TETR4, TETR3, TETR2, TETR1, TXM1, TXM2, TSB, TSBAH, TAC, CICLO, TBOQ, PRERT	Peso de la preforma (PESP)
	LINEAS DE FLUJO		Líneas de flujo (FLUJO)
	APARIENCIA DE LA PREFORMA		Marcas en la preformas (MARCA) Tip Chorreado (TIPCHO) Gotas de agua (GAGUA)
III	ALTURA DE LA BOTELLA	TATM, MAQ, CAD, ARRAP, TDES, PREP, TPREF, TCAL, TEXT, VNHOR, TLAMP	Altura (ALT)
	PESO, VOLUMEN Y DIAMETRO DE LAS BOTELLAS		Peso de la botella (PESB) Volumen (VOL) Diámetro (DIAM)
	APARIENCIA DE LA BOTELLA		Marcas en la botellas (MARCA2) Tip Chorreado (TIPCHO2) Gotas de agua (GAGUA2)

Estudio de correlación de Variables

Una vez obtenidas las mediciones de las variables de proceso y de calidad del producto, para las diferentes fases, se generó una matriz con 75 observaciones y 48 variables (Ver Anexo 1), a partir de la cual se efectuó el análisis de correlación. Los Cuadros 8 y 9. Resumen los resultados para aquellos casos en los que la correlación resultó significativa ($\alpha=0.05$).

Cuadro 8. Correlación de Pearson para Color Cristal

ETAPA	VC (*)	VP (**)	(r) PEARSON PROBABILIDAD
II	PESP	TBOQ	0,762 0,000
	MARCA	TMDIS	0.467 0.033
	TIPCHO	TMDIS	-0.431 0.050
III	ALT	ARRAP	0,788 0,000
		TPRE	0,789 0,000
		VHNOR	0,729 0,000
	VOL	DIAM	0,537 0,012

(*) Variable de calidad (**) Variable de Proceso (ver glosario)

Cuadro 9. Correlación de Pearson para Color Verde

ETAPA	VC (*)	VP (**)	(r) PEARSON PROBABILIDAD	
I	TESEC	STPRO	0.458	
			0.037	
II	PESP	TBOQ	0,651	
	GAGUA	TENF	0,001	
III	ALT	TATM	0.606	
			0.004	
	MARCA2	TMDIS	0.466	
			0.033	
	MARCA2	MARCA	0.466	
			0.025	
	VOL		TATM	0.617
			VNHOR	0.003
ARRAP			0.587	
DIAM			0.005	
			-0.604	
			0.004	
			0,642	
			0,009	

(*)Variable de calidad (**) Variable de Proceso (ver glosario)

En la investigación realizada por Dodd, Kevin; Ney, Kendall; y Otros (2002) sobre la mejora de pesos de preformas pet, en una máquina inyectora de 48 cavidades, se constata que ellos también emplearon en su metodología análisis de correlación.

A continuación se presentan las graficas de las variables significativas para el multiproducto de 1,5 litros color Cristal.

En la etapa II Area de inyección se encontró asociación entre la variable de calidad Peso y temperatura de Boquillas

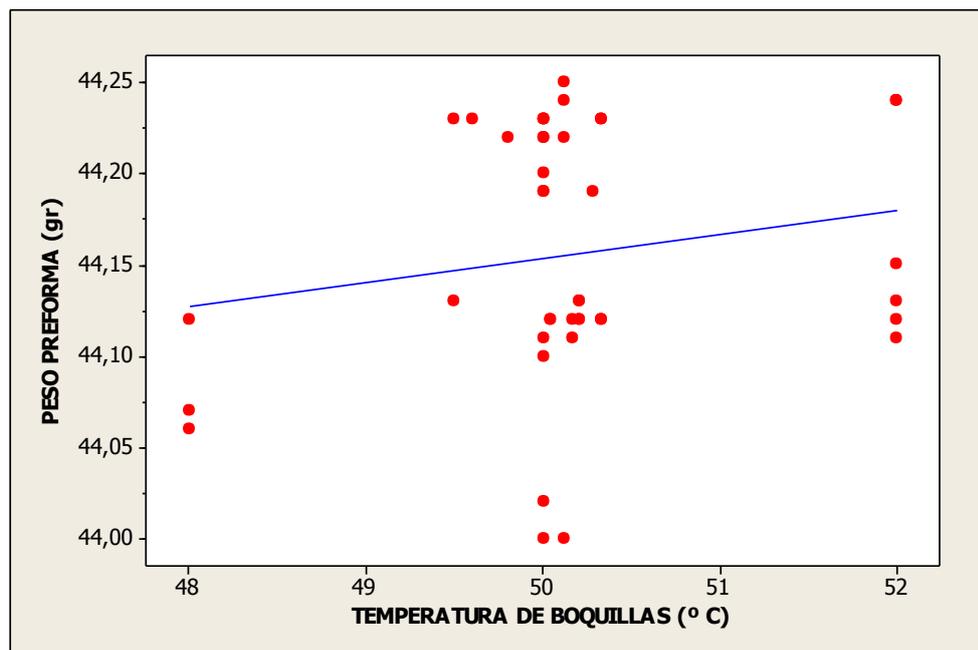


Figura 19. Gráfica de dispersión Peso de Preforma Color Cristal

En la grafica se observa que la Temperatura de las Boquillas influye en el peso de las preformas. El control de temperatura en la boquilla es fundamental en la definición de las características finales de la pieza moldeada, ya que es el último elemento que atravesará el polímero antes de llenar al elemento más importante del sistema de inyección. Los pesos de las preformas se encuentran dentro de los límites de especificación establecidos por la empresa min=43,6 y máx= 44,4 gramos. El peso ideal 44 gramos.

Se obtuvo una asociación significativa entre la Variable marca y tip chorreado.

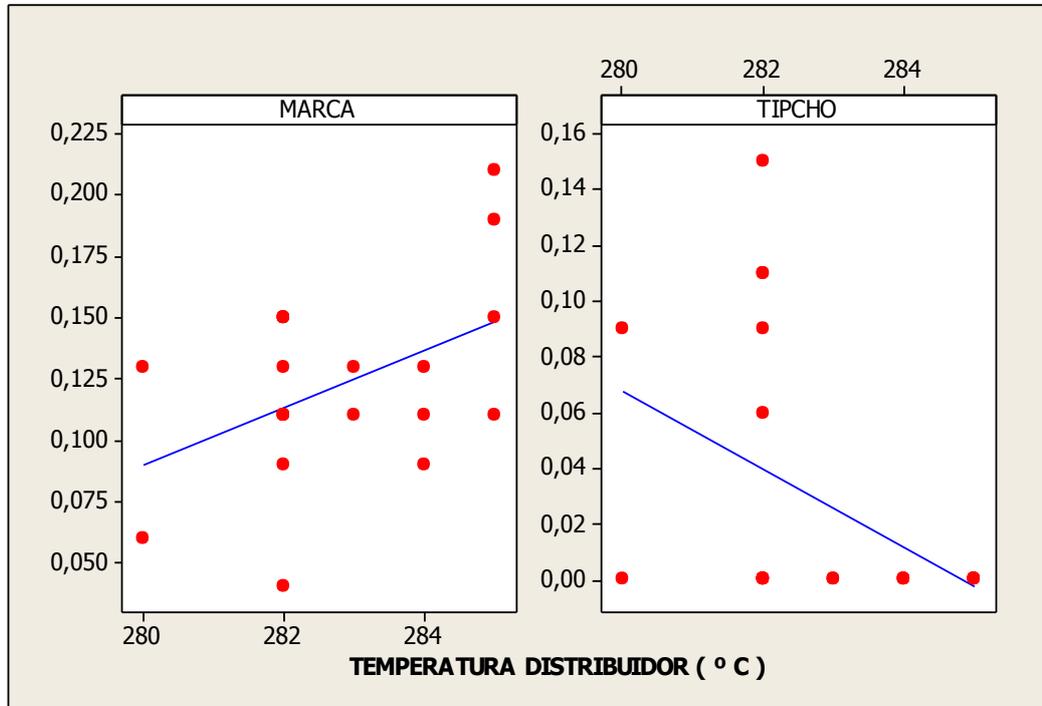


Figura 20. Gráfica de dispersión Marca y Tip chorreado preforma Color Cristal en la temperatura del distribuidor

En la grafica se observa que la temperatura del distribuidor influye en la apariencia de las preformas, tanto en marcas como el tip chorreado. En el caso de marca (se refiere a rayas, puntos presentes en las preformas) y tipcho (Tip chorreado se describe a la punta de la preforma la cual se desliza y pierde su forma). Esto a veces repercute en el producto final, ya que puede afectar la apariencia de la botella. Se observa también que se podría generar varias interrogantes: ¿Qué temperatura del distribuidor es la más adecuada? ¿Qué resulta mejor que se generen marcas o menos tip chorreado? Para el empresa, serían menos tip chorreado ya que este es un defecto crítico; en cuanto a marcas: hay que observar donde se presentan, ya que si existen en el cuerpo de la botella la etiqueta la cubre y no se ven, ahora bien si las marcas están en el cuello de la botella no se permite despacharla, van al molino igual sucede para el tip chorreado.

Etapa III Area de Soplado:

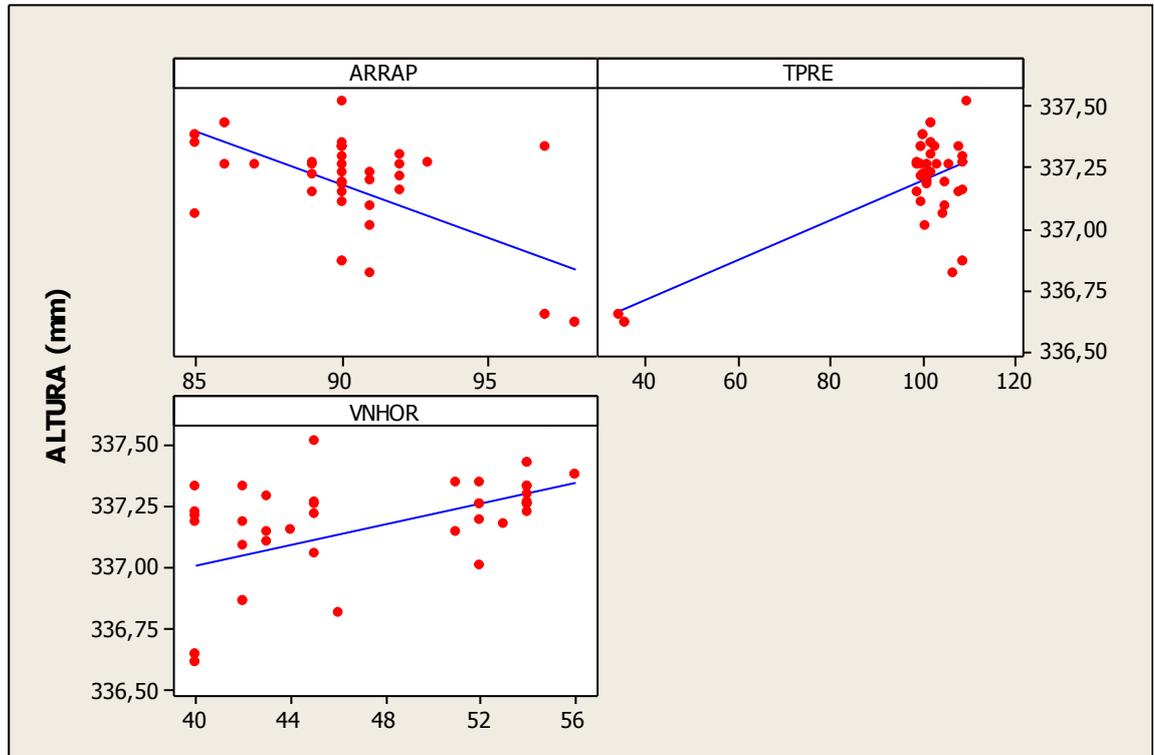


Figura 21. Gráfica de dispersión de la Altura de Botellas Color Cristal a) (ARRAP) Temperatura arranque de producción, b) (TPRE) Temperatura de la preforma, c) (VNHOR) Temperatura ventilación del horno

En la grafica se evidencia que si se aumenta la temperatura del arranque de producción hasta 90°C, la altura se mantiene dentro de las especificaciones ya que los datos varían entre 337 hasta 337,5 mm, y las especificaciones establecidas por la empresa se encuentran entre 335.85 hasta 337,8 mm. Cuando la temperatura de arranque de producción es mayor de 90°C comienza a decaer la altura de las botellas trayendo como consecuencia que estén fuera de especificaciones. También se observa que cuando la temperatura de las preformas llega a 100° C la altura de las botellas están dentro de las especificaciones.

A continuación se presentan las graficas para cada una de las variables significativas del multiproducto de 1,5 litros color Verde

En la Etapa I Pet seco:

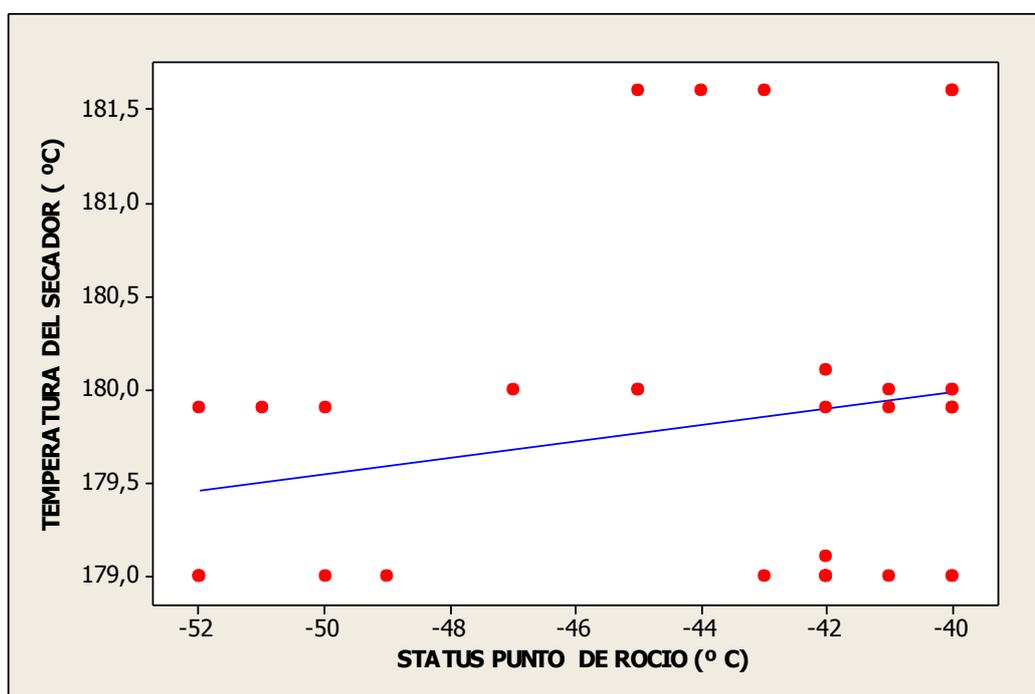


Figura 23. Gráfica de dispersión Temperatura del Secador Botellas Color Verde

Con respecto al status del punto de rocío, en la grafica se puede observar que los datos se encuentran dentro de las especificaciones establecidas por la empresa, ya que sus valores oscilan ente 180 ± 2 °C y ellos se concentran en el valor nominal 180°C, se puede presumir que el secador está trabajando de manera correcta.

Para la etapa II Area de inyección existe una asociación entre la variable de calidad Peso y temperatura de Boquillas

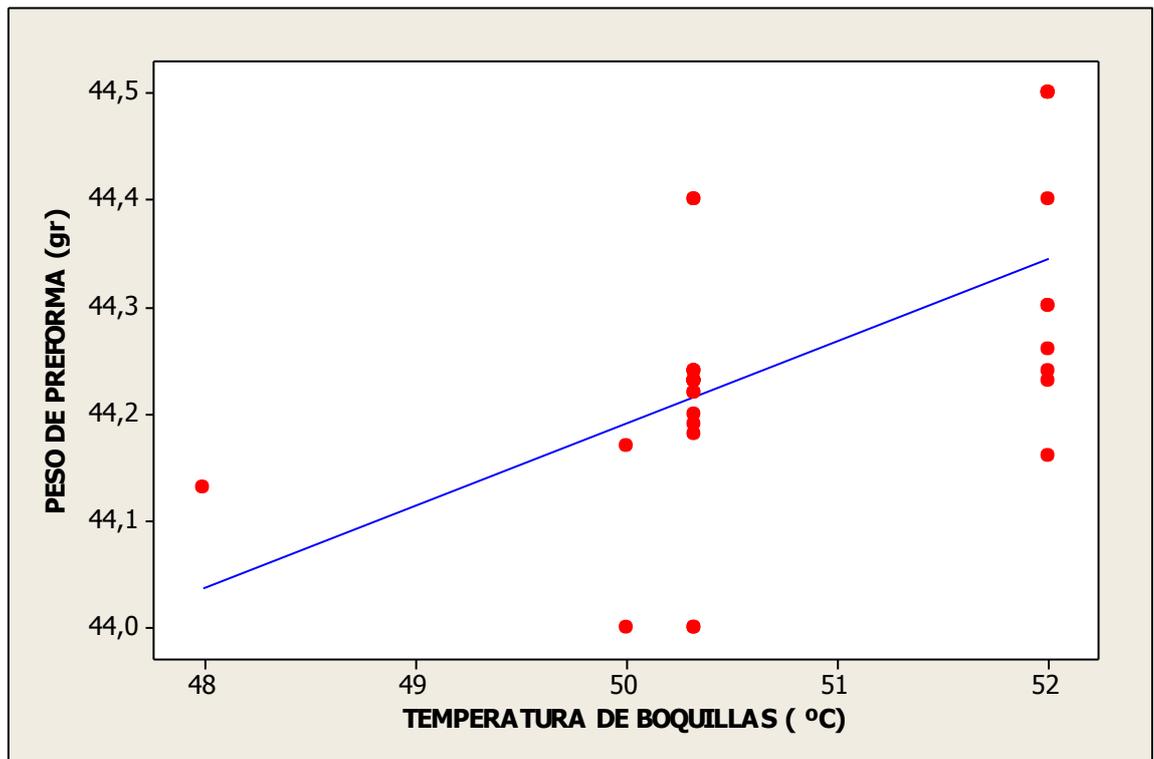


Figura 24. Gráfica de dispersión Peso de Preforma Color Verde

En la grafica se observa que la Temperatura de las Boquillas puede influir en el peso de las preformas. El control de temperatura en la boquilla es fundamental en la definición de las características finales de la pieza moldeada, ya que es el último elemento que atravesará el polímero antes de llenar al elemento más importante del sistema de inyección. Los pesos de las preformas no se encuentran dentro de los límites de especificación establecidos por la empresa $\text{min}=43,6$ y $\text{máx}= 44,4$ gramos. El peso ideal 44 gramos. Se corrobora que existen pesos por encima de los limites generando productos defectuosos.

En cuanto a la variable de calidad Apariencia, existen asociaciones para las siguientes variables:

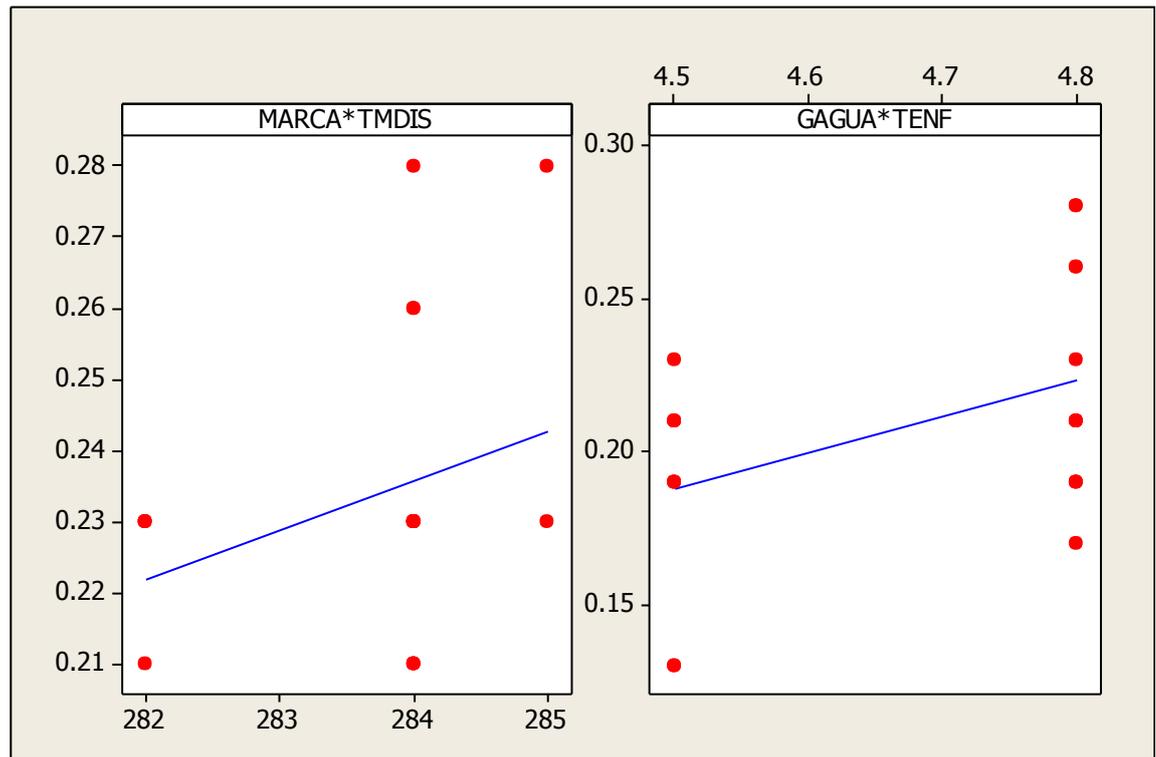


Figura 25. Gráfica de dispersión Marcas y Gotas de Agua preforma Color Verde a) (TMDIS) Temperatura Distribuidor vs (Marca) b) TENF= Tiempo de Enfriamiento vs (GAGUA) Gotas de Agua

En la grafica se observa que a medida que aumenta la temperatura del distribuidor influye en el aspecto de las preformas tanto en marcas que vendrían hacer por ejemplo rayas, sucio ,etc. Repercutiendo en el producto final, ya que puede afectar la apariencia de la botella. También se aprecia que a medida que aumentamos el tiempo de enfriamiento, también genera consecuencias en la apariencia de las botellas porque aumentan las gotas de agua reflejadas en las preformas.

Etapa III Area de Soplado:

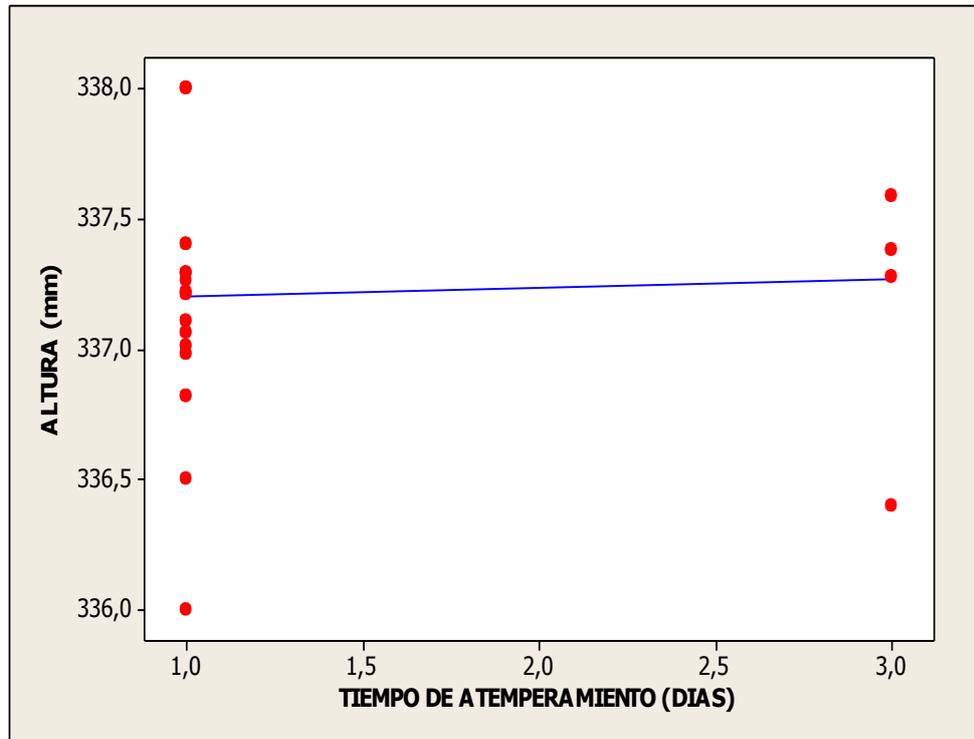


Figura 26. Gráfica de dispersión Altura de las Botellas Color Verde vs Tiempo de atemperamiento

El Tiempo de atemperamiento se refiere al tiempo de reposo que debe tener las preformas ya que las botellas sufren una contracción lo recomendable es una aproximado de 72 horas, es decir, un mínimo de 3 días antes de ser sopladas. En la grafica podemos observar que existen alturas de las botellas por debajo de 337 mm para tres días de reposo de las preformas y que a partir del primer día las botellas tienen alturas superiores a 337mm, acercándose mas al límite superior que es 337,8 mm, trayendo como consecuencias productos fuera de especificación .

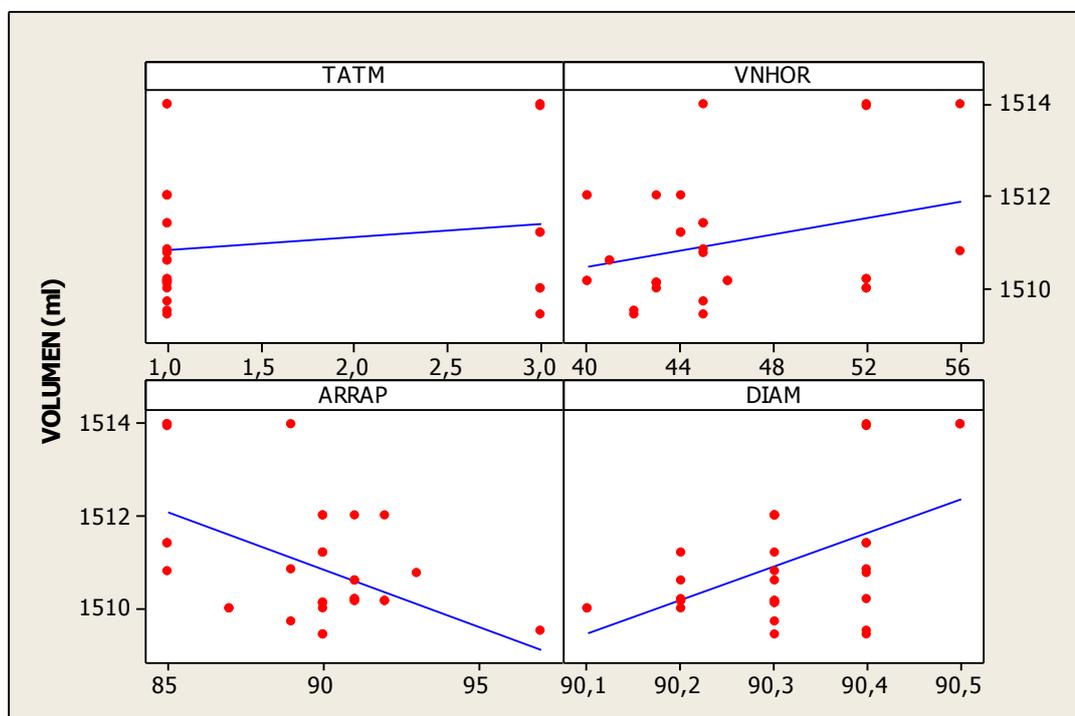


Figura 27. Gráfica de dispersión Volumen de las Botellas Color Verde a) (TATM) Tiempo de atemperamiento, b) (VNHOR) Temperatura ventilación del horno, c) (ARRAP) Temperatura de arranque de producción d) (DIAM) Diámetro

Existe una asociación entre la variable de calidad volumen y las siguientes variables: Tiempo de atemperamiento: este se refiere al tiempo de reposo que debe tener las preformas ya que las botellas sufren una contracción lo recomendable es una aproximado de 72 horas, es decir, un mínimo de 3 días antes de ser sopladas. En la grafica podemos observar que existen volumen o contenido de las botellas por debajo de 1510 ml para un día de reposo de las preformas y que a partir del tercer día las botellas tienen volumen superiores.

Similar a lo conseguido por Maja Rujnić-Sokele, Mladen Serčer, Igor Catić (2005), donde señalan los factores más influyentes eran el volumen y la contracción en las botellas de Pet.

En otras palabras, que el volumen de las botellas aumenta al aumentar la temperatura de la preforma, y que disminuye al aumentar el tiempo de almacenamiento. La temperatura ventilación del horno, es sumamente eficaz, ya que este toma aire fresco del exterior y se lo hace circular perpendicular y uniformemente a través de las preformas. En la grafica se aprecia que si la temperatura de la ventilación del horno se mantiene entre 40 y 56 °C, el volumen de las botellas se encuentra dentro de las especificaciones.

En la grafica se evidencia que si aumentamos la temperatura del arranque de producción hasta 90°C, el volumen se mantiene dentro de las especificaciones, y si la temperatura de arranque de producción es mayor de 90 comienza a decaer el volumen de las botellas trayendo como consecuencia que estén fuera de especificaciones.

Se aprecia en la grafica que si el diámetro de las botellas aumenta se obtiene un volumen o contenido mayor. También se verifica que el diámetro se encuentra dentro de las especificaciones establecidas por el cliente $89,95+0.75 -1$ mm.

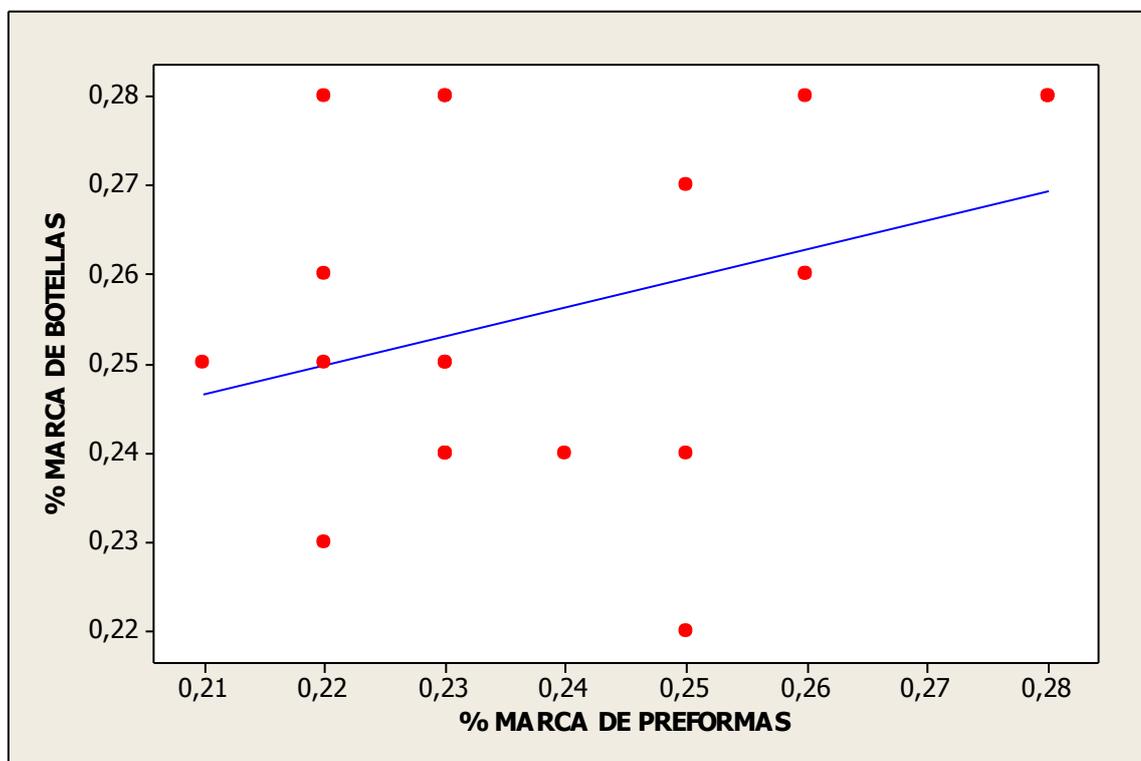


Figura 28. Gráfica de dispersión Apariencia de las Botellas Color Verde

En la gráfica se puede observar que las marcas que presentan las preformas coinciden con las marcas de las botellas, trayendo como consecuencia que afecte la apariencia de la botella y en algunas ocasiones son defectos que el cliente rechaza totalmente.

A continuación se realizaron a las variables de calidad y de proceso más importantes: estadística descriptiva, histograma de frecuencia, graficas de control y capacidad de procesos, en cada una de las etapas o áreas del proceso y para cada uno de los colores en estudio.

En el área de Inyección (color Cristal) tenemos:

Cuadro 10. Estadística descriptiva para la variable de calidad: peso de la preforma (PESP)

N	42
Media	44.123
SE Media	0.0236
Stdev	0.133
Coefvar	0.30
Minimo	44
Q1	44.108
Mediana	44,120
Q3	44.143
Maximo	44.24
Sesgo	-0.21
Curtosis	1.32

Las especificaciones de la empresa, en cuanto al peso de las preformas están entre 43,6 y 44,4 gramos y el valor medio es 44 gramos, es decir, que de acuerdo a lo obtenido los datos tomados se encuentran dentro de las especificaciones.

La Mediana del proceso se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (44 gramos), también se observa que la desviación estándar es de 0,133 y un coeficiente de variación de $CV= 0,3$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo de -0,21 indica que la distribución es asimétrica negativa, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 1.32 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

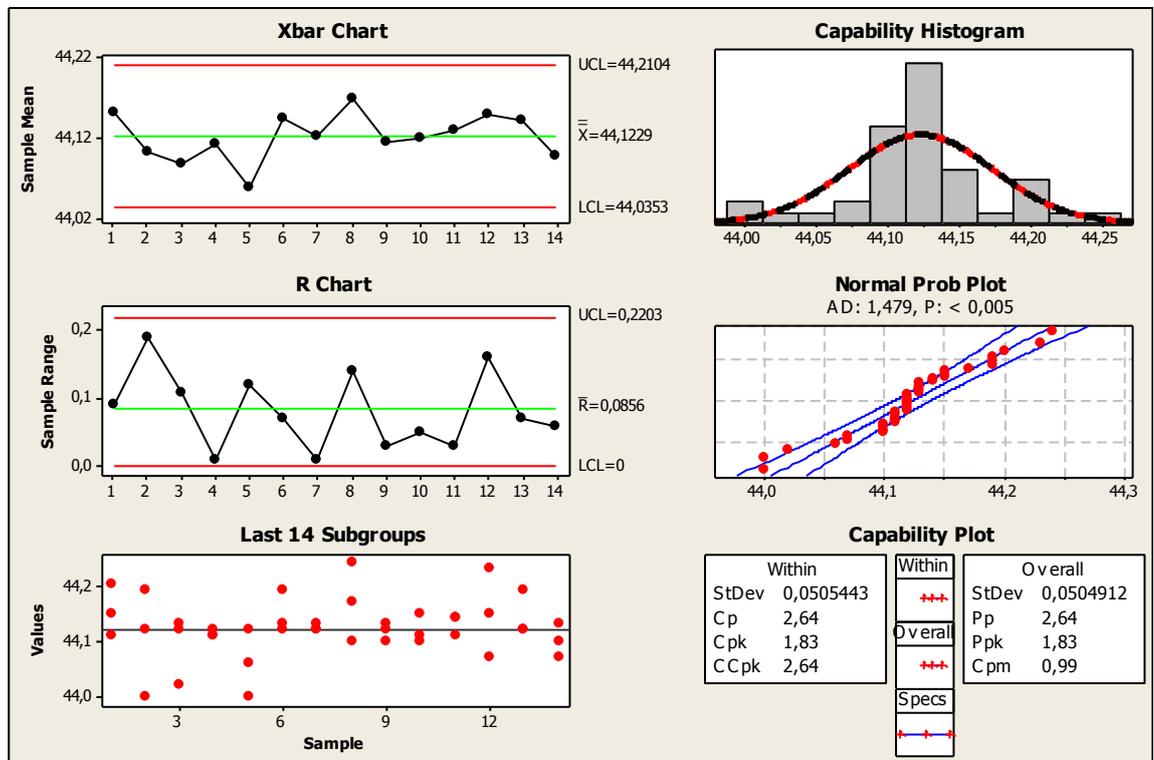


Figura 29. Grafica Peso Preforma Color Cristal

En el histograma se corrobora la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica. Los datos se encuentran dentro de los límites establecidos por la empresa en cuanto al peso 43,6 min a 44,4 max gramos. El target establecido es de 44 gr, se evidencia que la mayoría de los datos están alejados del objetivo.

La grafica \bar{X} -R muestra y se verifica que el proceso está bajo control estadístico. En la gráfica de probabilidad normal se corrobora que los datos son normales.

El peso de las preformas con respecto al color cristal para las especificaciones del proceso presenta una capacidad suficiente $C_p=2.64$, tiene problemas de centrado $C_pK=1,83$.

**Cuadro 11. Estadística descriptiva para la variable de proceso
Temperatura de boquillas (TBOQ)**

N	42
Media	50.184
SE Media	0,145
Stdev	0.938
CV	1.87
Minimo	48
Q1	50
Mediana	50
Q3	50.293
Maximo	52
Sesgo	0.11
Curtosis	1.66

La Mediana del proceso es el mismo valor medio establecido por la empresa (50°C) también se observa que la desviación estándar es de 0, 145 y un coeficiente de variación de $CV= 1.87$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales, lo que indica que el proceso es aceptable. El valor del Sesgo es de 0.11 indica que la distribución es asimétrica positiva, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 1.66 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

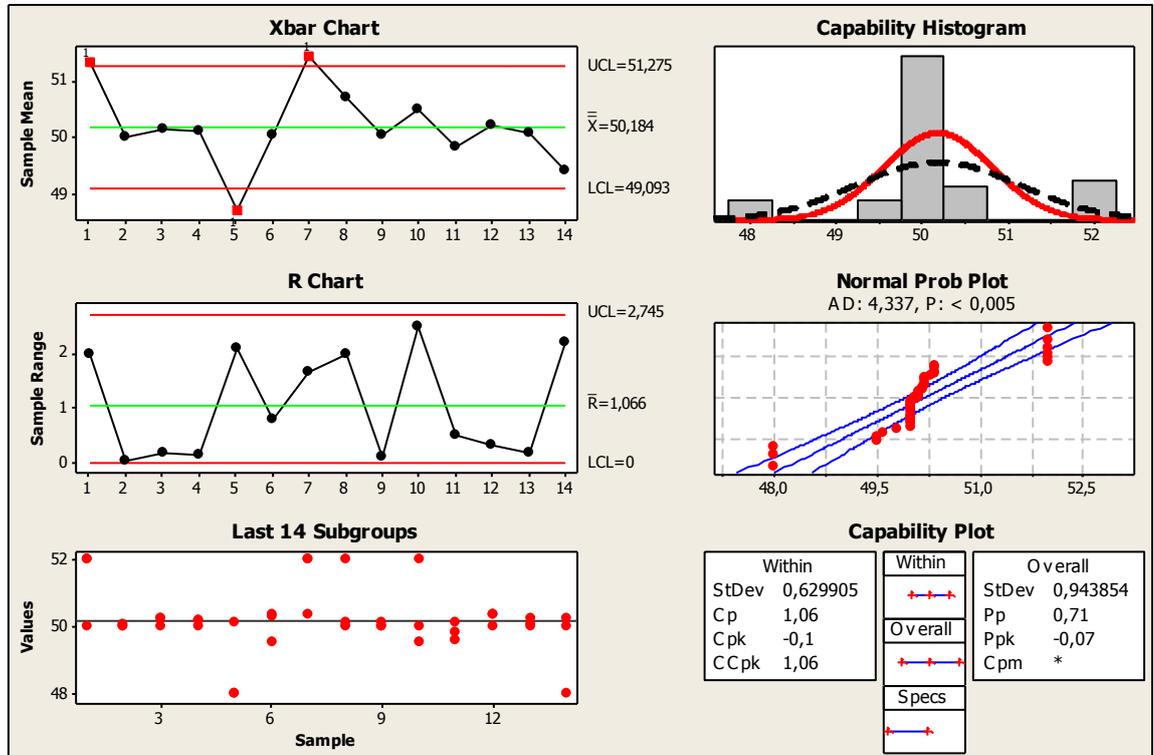


Figura 30. Grafica Temperatura de Boquillas de preforma Color Cristal

En el histograma se ratifica la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicurtica. El target establecido es de 50°C, se evidencia que la mayoría de los datos están concentrados al objetivo.

En la grafica \bar{X} -R se verifica que el proceso no está bajo control estadístico.

La temperatura de las boquillas con respecto al color cristal para las especificaciones del proceso no presenta una capacidad suficiente $C_p=1.06$, por lo que es necesario realizar mejoras y disminuir la variabilidad para mejorar la capacidad, no tiene problemas de centrado $C_{pK}=-0.1$

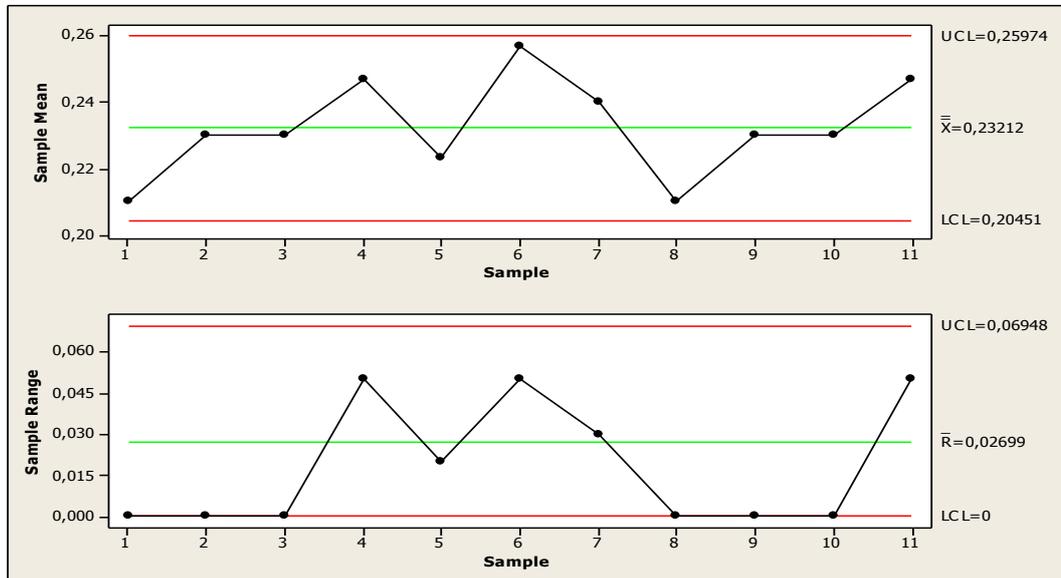


Figura 31. Graficas marca de preformas color cristal

En la gráfica, se observa que unos pocos puntos se encuentran alejados de la media y se aproximan a los límites de control, se puede decir que no presenta comportamientos anormales. Las marcas en las preformas es un defecto que se refiere a rayas, puntos presentes en las preformas

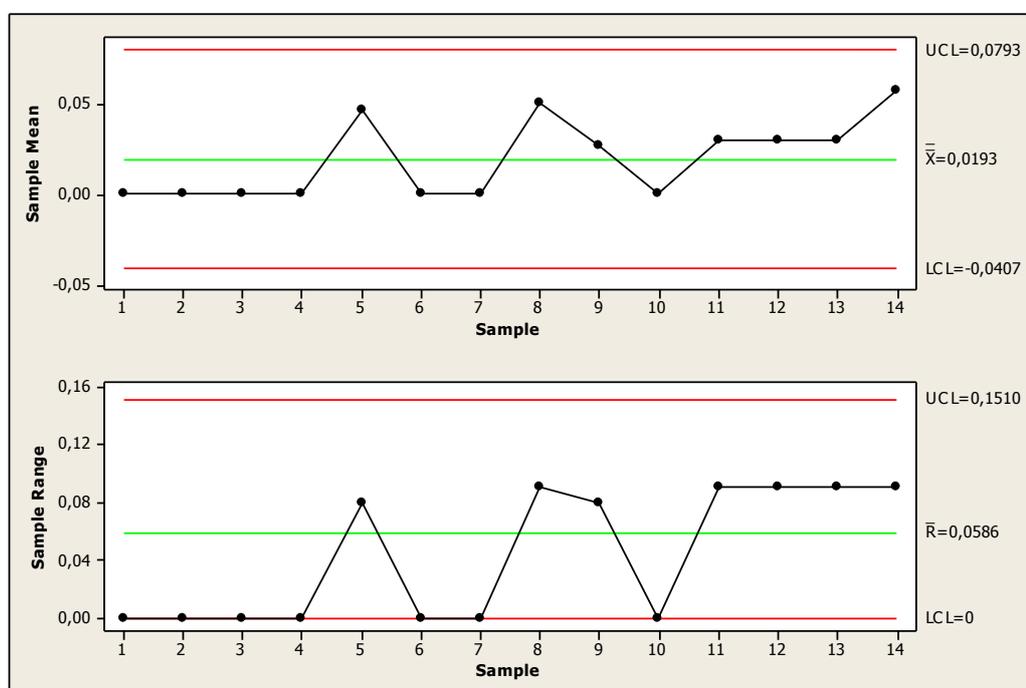


Figura 32. Graficas Tip chorreado de preformas color cristal

En la figura 32, se observa que unos pocos puntos se encuentran alejados de la media y se aproximan a los límites de control, se puede decir que presenta comportamientos anormales entre ellos tendencia, una posible causa de variación sería: cambio de operario, material con discrepancias o sustitutos. Tip chorreado es un defecto que se genera en la punta de la preforma la cual se desliza y pierde su forma. Ahora bien a veces repercute en el producto final, ya que puede afectar la apariencia de la botella. La acción a tomar sería comentar y analizar conjuntamente con el personal de control estadístico, reportar un mantenimiento preventivo.

**Cuadro 12. Estadística descriptiva para la variable de proceso
Temperatura Distribuidor (TMDIS)**

N	42
Media	281.69
SE Media	0,272
Stdev	1.76
CV	0.62
Minimo	280
Q1	280
Mediana	282
Q3	282.25
Maximo	285
Sesgo	0.64
Curtosis	-0.77

La Mediana del proceso no coincide con el valor medio establecido por la empresa (280°C) también se observa que la desviación estándar es de 0,272 y un coeficiente de variación de $CV= 0.62$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales, lo que indica que el proceso es aceptable. El valor del Sesgo es de 0.64 indica que la distribución es asimétrica positiva, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es -0.77 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

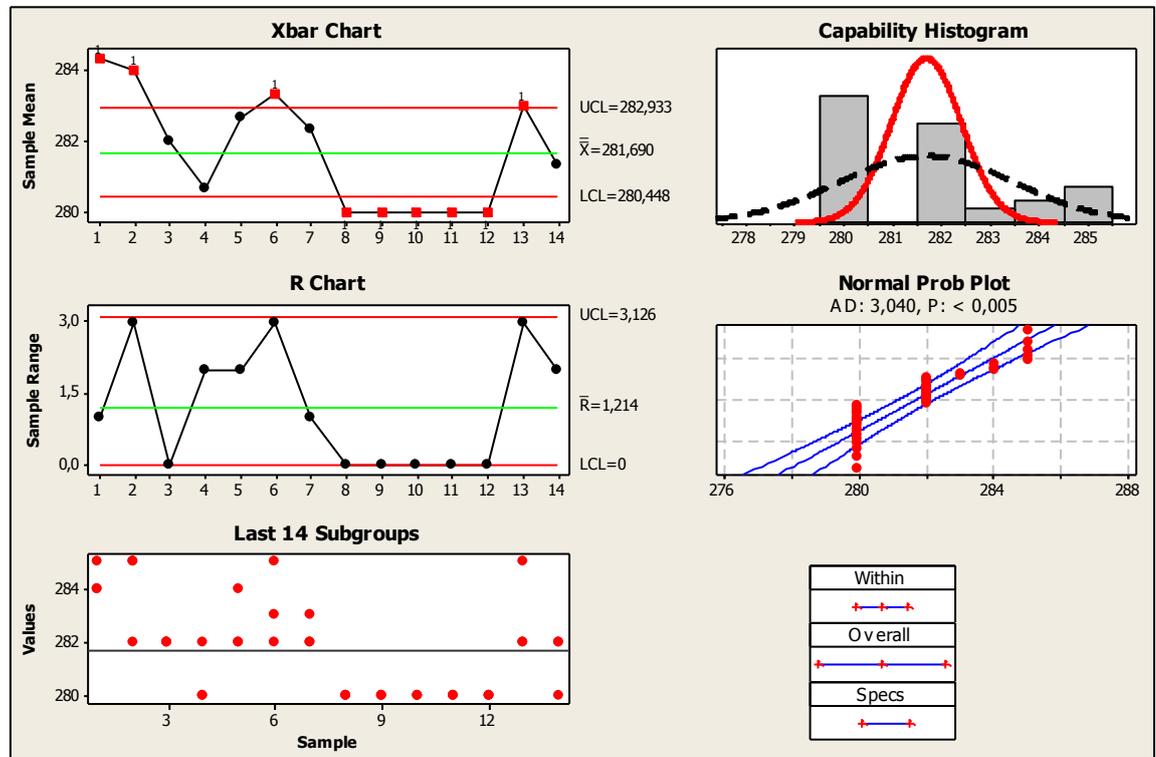


Figura 33. Grafica Temperatura Distribuidor Color Cristal

En el histograma se confirma la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicurtica.

En la grafica \bar{X} -R se verifica que el proceso no está bajo control estadístico. Se observa que algunos puntos se encuentran alejados de la media y que están fuera de los límites de control, se puede decir que presenta un comportamiento anormal. Las Posibles causas hay errores de medición o calculo; existió una condición de operario equivocada. Las acciones que se deben tomar: solicitar asesoría de control estadístico de proceso, chequear otra muestra y confirmar las mediciones.

En la Etapa III Soplado de Botella

Cuadro 13. Estadística descriptiva para la variable de calidad: altura (ALT)

N	42
Media	337.17
SE Media	0.0350
stdev	0.227
coefvar	0.07
Minimo	336.62
Q1	337.11
Mediana	337.2
Q3	337.33
Máximo	337.52
Sesgo	-1.25
Curtosis	0,92

Las especificaciones de la empresa, en cuanto a la altura de las botellas están entre 335,7 mm y 337,8 mm y el valor medio es 337.2 mm, es decir, que de acuerdo a lo obtenido los datos tomados se encuentran dentro de las especificaciones.

La Mediana del proceso es igual al establecido por la empresa (337,2 mm) también se observa que la desviación estándar es de 0,227 y un coeficiente de variación de $CV=0,07$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -1,25 indica que la distribución es asimétrica negativa, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 0,92 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

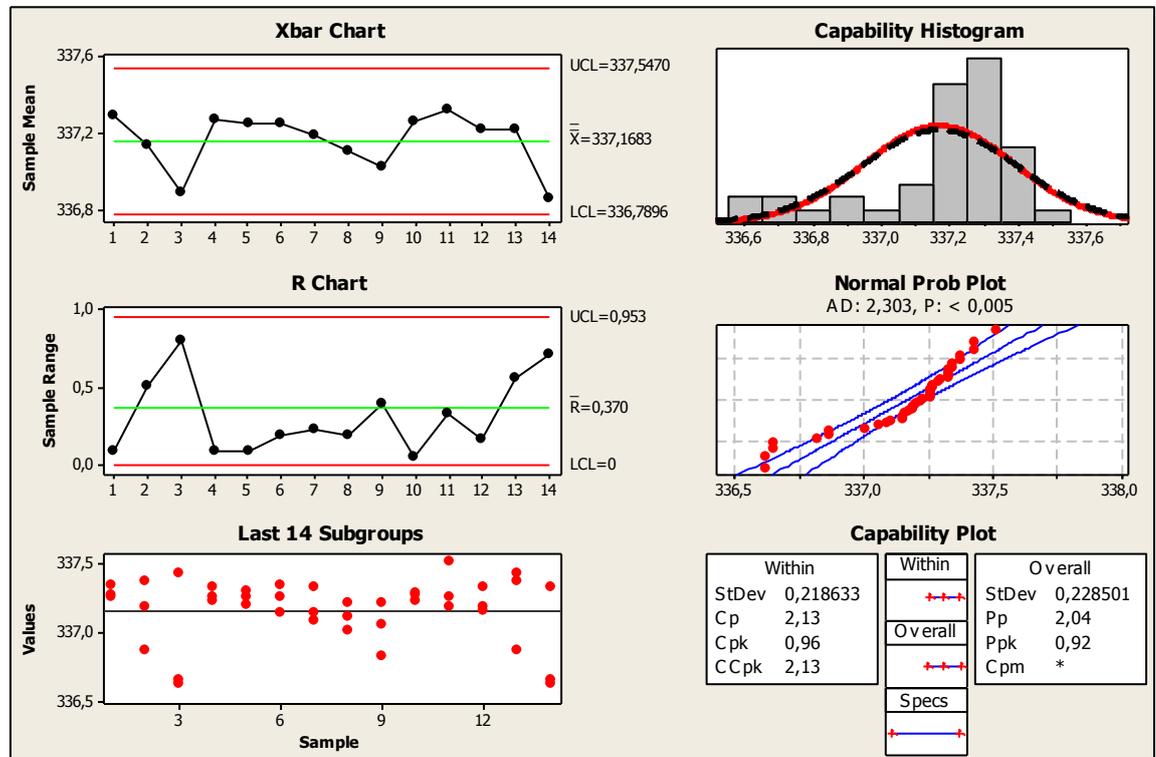


Figura 34. Graficas Altura de Botellas Color Cristal

En el histograma se aprueba la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica. Cumple con las especificaciones del cliente LEI= 335.7 mm y LES=337.80mm, aunque el target establecido es de 336 mm, se evidencia no existen datos dentro del objetivo.

En la grafica \bar{X} se considera que el proceso está bajo control estadístico; y en la grafica R existe variabilidad. En la gráfica de probabilidad normal se corrobora que los datos son normales.

En cuanto a la capacidad del proceso se verifica que $C_p=2,13$ el proceso es capaz, y tiene problemas de centrado $C_{pk}=0,96$,

Por lo tanto el proceso está bajo control y sin embargo no se producen productos defectuosos.

Cuadro 14. Estadística descriptiva para la variable de proceso arranque de producción (ARRAP)

N	42
Media	90,333
SE Media	0,518
stdev	3,354
CV	3,71
Mínimo	85
Q1	89
Mediana	90
Q3	91,250
Máximo	98
Sesgo	0,63
Curtosis	0,64

La Mediana del proceso se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (90°) también se observa que la desviación estándar es de 3,354 y un coeficiente de variación de $CV= 3,71$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de 0,63 indica que la distribución es asimétrica positiva, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 0,64 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

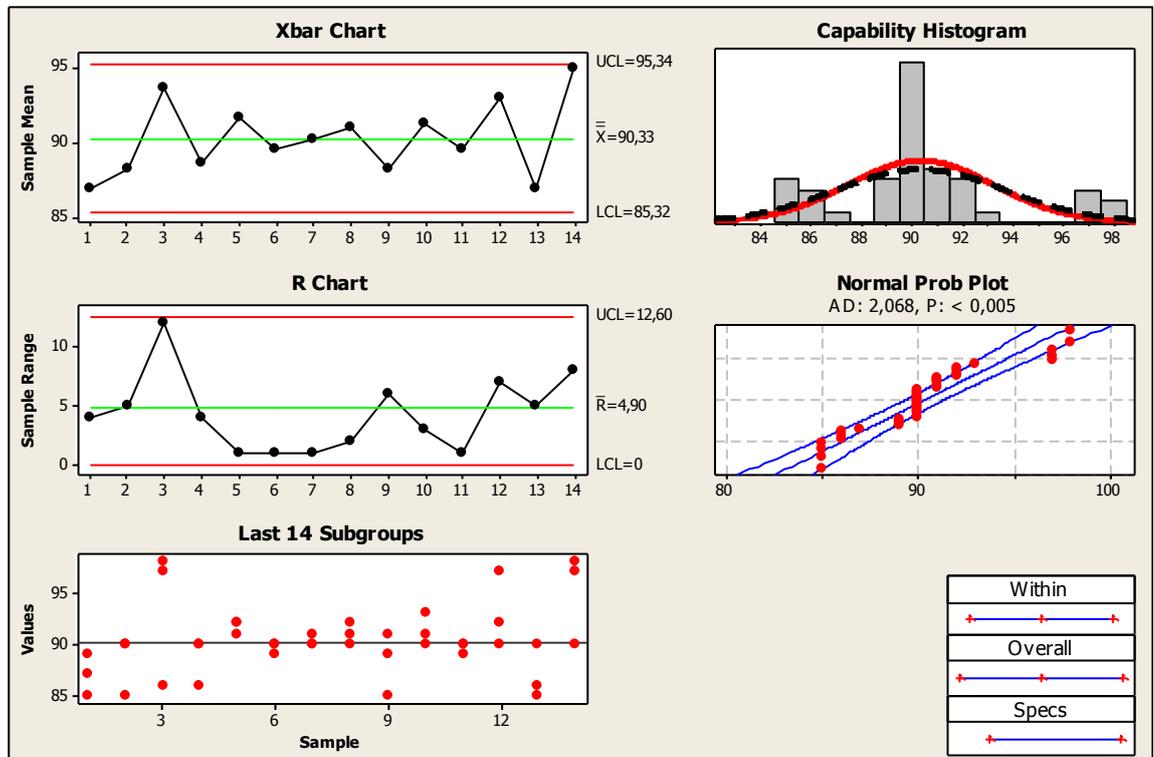


Figura 35. Graficas Arranque de Producción Color Cristal

Con la información obtenida en la estadística descriptiva, se verifica en el histograma que la distribución tiende a ser platicúrtica.

En la grafica \bar{X} se considera que el proceso está bajo control estadístico.

En la gráfica de probabilidad normal se corrobora que los datos son normales.

Se observa que la mayor parte de los puntos se encuentran cercanos de la media y unos pocos puntos se aproximan a los límites de control, se puede decir que no presenta comportamientos anormales.

**Cuadro 15. Estadística descriptiva para la variable de proceso:
ventilación del horno (VNHOR)**

N	42
Media	47.310
SE Media	0,897
stdev	5.816
coefvar	12.29
Minimo	40
Q1	42
Mediana	45
Q3	54
Máximo	56
Sesgo	0,08
Curtosis	-1,72

La Mediana del proceso se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (45°) también se observa que la desviación estándar es de 5.816 y un coeficiente de variación de CV= 12.29 valor aceptable si se compara con los valores de los procesos industriales. El valor del Sesgo es de 0,08 indica que la distribución es asimétrica positiva, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es -1.72 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

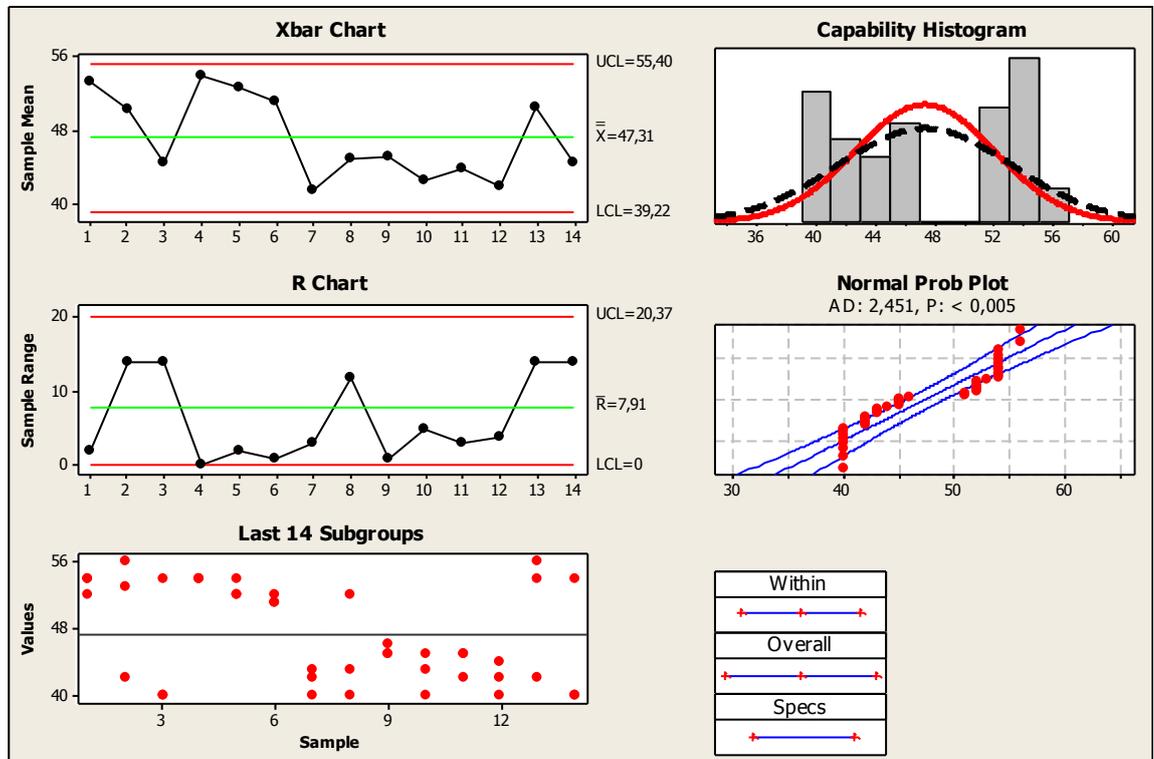


Figura 36. Graficas Ventilación del horno color cristal

En el histograma se observa que existe una distribución platicurtica, la frecuencia de los datos tiende a bajar en el centro, se observa dos distribuciones.

En la grafica \bar{X} -R se considera que el proceso está bajo control estadístico. Se observa que unos pocos puntos se encuentran alejados de la media y se aproximan a los limites de control, se puede decir que no presenta comportamientos anormales

**Cuadro 16. Estadística descriptiva para la variable de calidad:
Volumen (VOL)**

N	42
Media	1511.2
SE Media	0.249
stdev	1.61
coefvar	0.11
Minimo	1508
Q1	1509.8
Mediana	1511.4
Q3	1512.8
Máximo	1513.9
Sesgo	-0.16
Curtosis	-1.34

El valor de la mediana se encuentra fuera del valor medio establecido por la empresa (1511.4 ml) también se observa que la desviación estándar es de 1.61 un coeficiente de variación de $CV= 0.11$ valor tolerable si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -0.16 indica que la distribución es asimétrica negativa. El valor de la Curtosis es -1.34 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

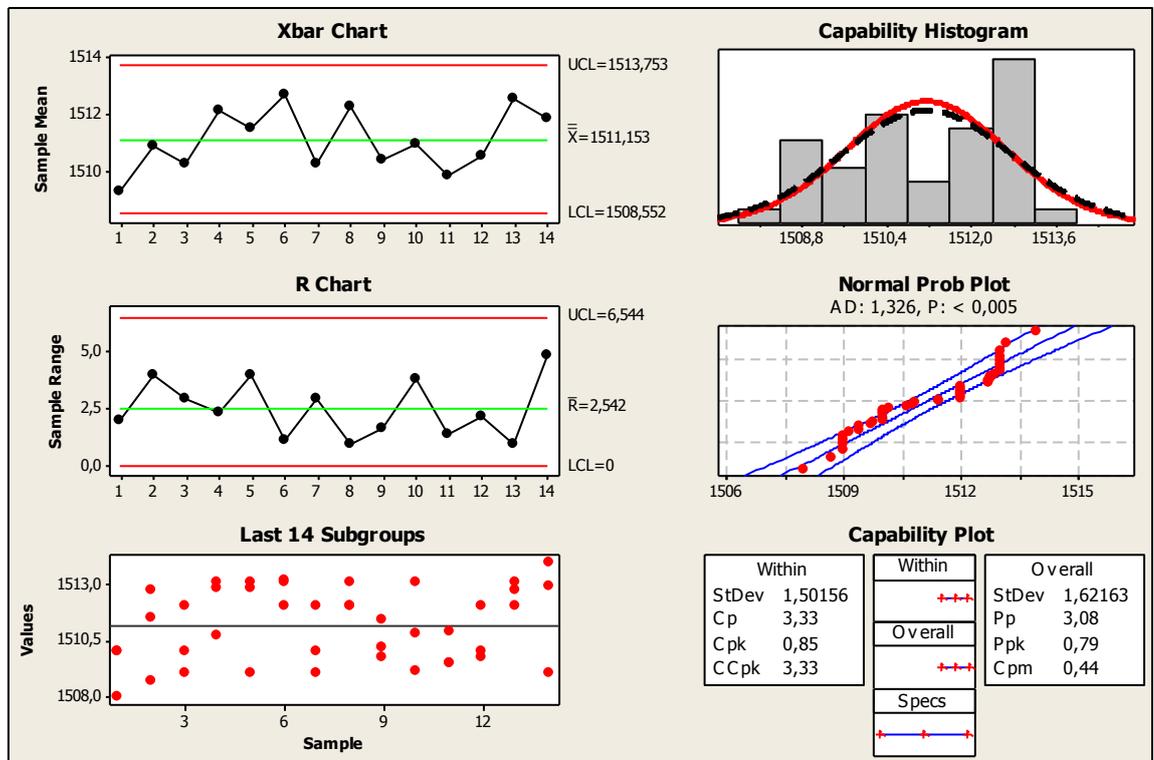


Figura 37. Graficas Volumen botellas (Color cristal)

En el histograma se confirma los resultados de la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica. Los datos se encuentran dentro de los límites establecidos por la empresa, este se evidencia en el límite de especificación 1500 ± 15 ml; aunque el target establecido es de 1500ml, se evidencia no existen datos dentro del objetivo.

En la grafica \bar{X} se considera que el proceso está bajo control estadístico; y en la gráfica R se verifica que existe variación. En la gráfica de probabilidad normal se corrobora que los datos son normales.

El volumen de las botellas con respecto al color cristal para las especificaciones del proceso presenta una capacidad suficiente $Cp=3.33$; tiene problemas de centrado $Cpk=0.85$. Por lo tanto el proceso se encuentra bajo control y posee capacidad ideal.

**Cuadro 17. Estadística descriptiva para la variable de calidad:
Diámetro (DIAM)**

N	42
Media	90,276
SE Media	0,015
stdev	0,103
coefvar	0.11
Minimo	90
Q1	90,2
Mediana	90,3
Q3	90,4
Máximo	90,4
Sesgo	-0.61
Curtosis	-0,09

El valor de la mediana se encuentra fuera del valor medio establecido por la empresa (90.276 mm) también se observa que la desviación estándar es de 0,103 un coeficiente de variación de $CV= 0.11$ valor tolerable si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -0.61 indica que la distribución es asimétrica negativa. El valor de la Curtosis es -0.09 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

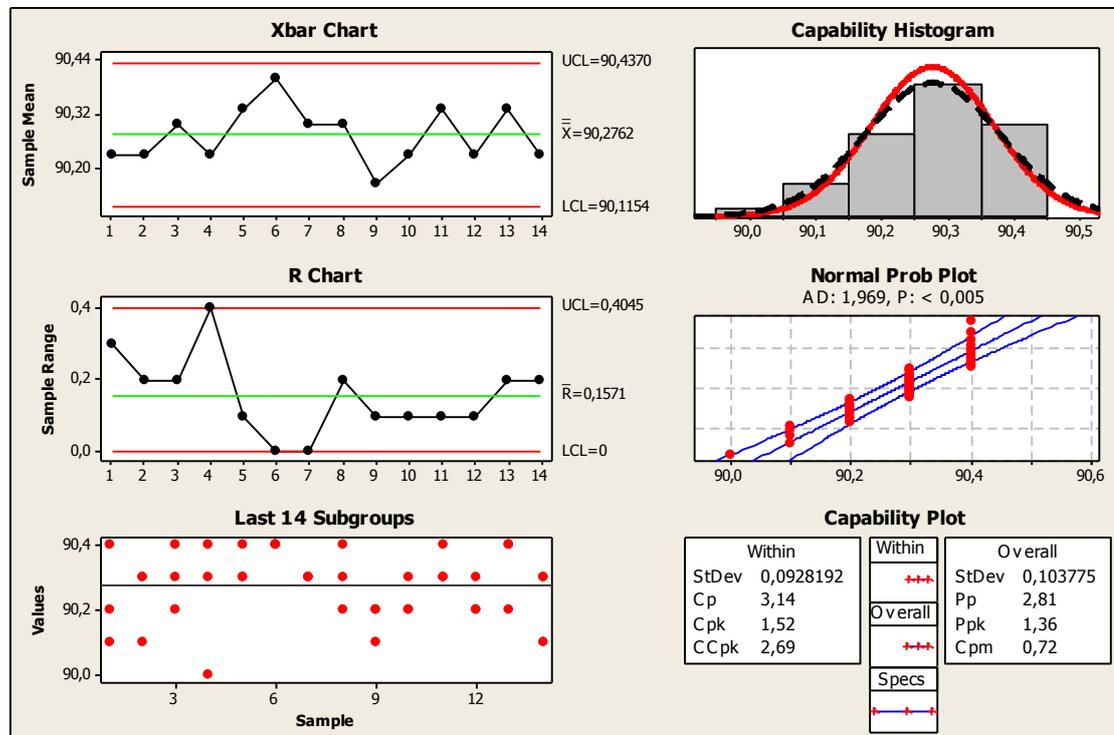


Figura 38. Graficas diámetro botellas color cristal

En el histograma se observa que existe una distribución platicurtica se corrobora la información suministrada por el cuadro anterior.

Las especificaciones de la empresa para diámetro es $89,95 + 0,75-1$ se puede verificar que están dentro de las especificaciones.

En la grafica \bar{X} -R se considera que el proceso está bajo control estadístico.

Se observar también que el diámetro presenta una capacidad suficiente $C_p= 3,14$; por lo tanto el proceso es capaz, el valor C_{pk} es menor al C_p , tiene problemas de descentrado es necesario realizar mejoras.

En la Etapa I Secado (color verde) tenemos:

**Cuadro 18. Estadística descriptiva para la variable de proceso:
estatus punto de rocío (STPRO)**

N	33
Media	-44.152
SE Media	0.753
stdev	4.324
coefvar	-9.79
Minimo	-52
Q1	-48
Mediana	-42
Q3	-40
Máximo	-40
Sesgo	-0.85
Curtosis	-0.8

La Mediana del proceso no se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (-40°) también se observa que la desviación estándar es de 4.324 y un coeficiente de variación de $CV = -9.79$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -0,85 indica que la distribución es asimétrica negativa, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es -0.8 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

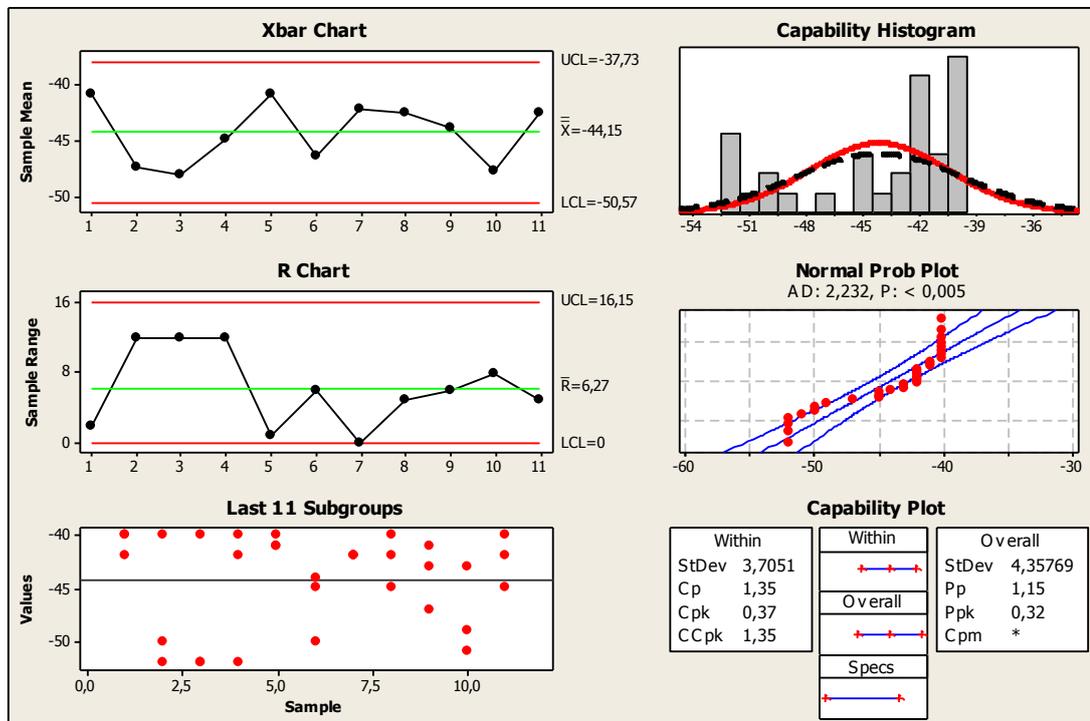


Figura 39. Graficas status punto de rocío Color verde

En el histograma se corrobora la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica, la frecuencia de los datos tiende a bajar en el centro del rango de la información y hay un pico a cada lado. La temperatura estatus punto de rocío, cumple con las especificaciones ya que se encuentra entre -40°C y -30°C .

En la grafica \bar{X} -R se verifica que el proceso está bajo control estadístico.

Se puede observar que la temperatura del estatus del punto de rocío, con respecto al color verde para las especificaciones del proceso presenta una capacidad suficiente $C_p=1,35$ se puede decir que el proceso es capaz, pero está descentrado ya que el valor $C_{pk}= 0,37$.

**Cuadro 19. Estadística descriptiva para la variable de calidad:
temperatura del secador (TESEC)**

N	33
Media	179.88
SE Media	0,155
stdev	0.891
coefvar	0,50
Minimo	179
Q1	179
Mediana	180
Q3	180
Máximo	181.6
Sesgo	1.03
Curtosis	0.15

La Mediana del proceso se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (180°C) también se observa que la desviación estándar es de 0.891 y un coeficiente de variación de $CV= 0.50$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de 1.03 indica que la distribución es asimétrica positiva, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 0.15 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

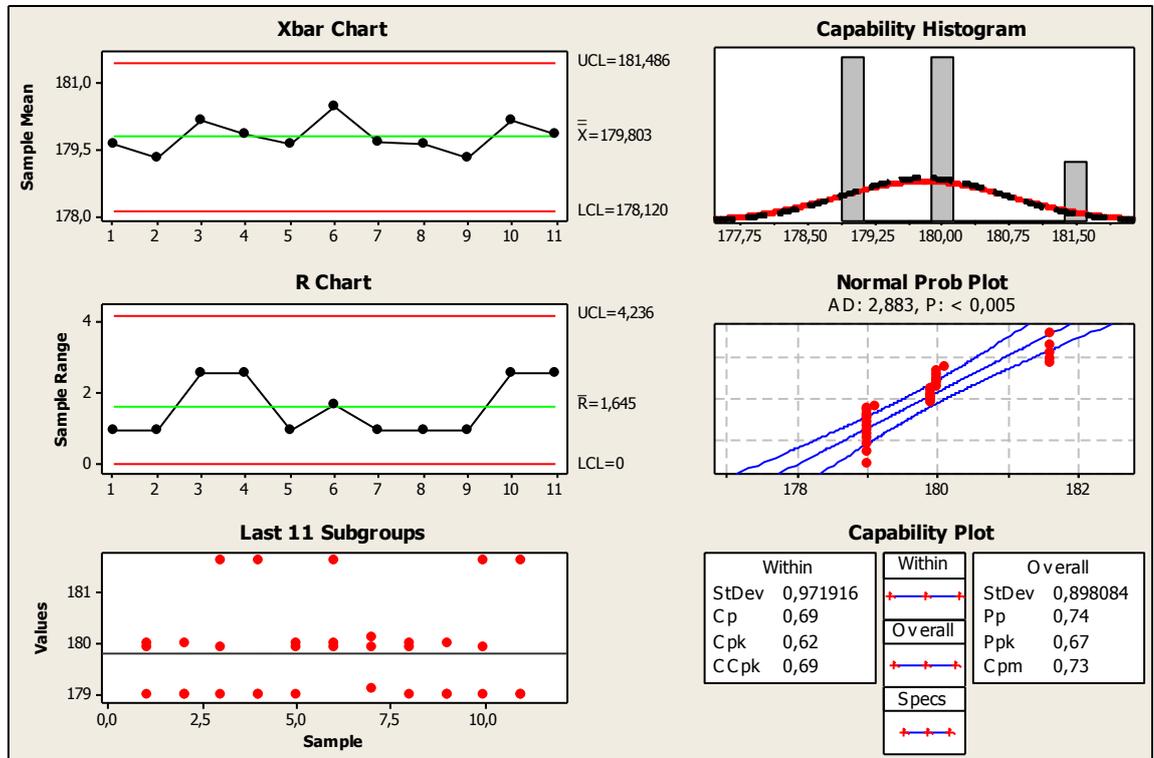


Figura 40. Grafica Temperatura del secador color verde

En el histograma se corrobora la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica. Las especificaciones de la empresa para el secado es 180 ± 2 ° C se puede decir que están dentro de las especificaciones; aunque el target establecido es de 180°C se evidencia la mayoría de los datos se encuentran dentro del objetivo.

En la grafica \bar{X} -R se verifica que el proceso está bajo control estadístico. Se puede observar que la temperatura del secador, con respecto al color verde para las especificaciones del proceso, no tiene una capacidad suficiente $Cp=0.69$ por lo tanto el proceso no es capaz, pero está centrado ya que el valor $Cpk= 0,6$.

El proceso está en estado de control pero la capacidad es insuficiente.

En la Etapa II y III tenemos:

Cuadro 20. Estadística descriptiva para la variable de calidad peso de la Preforma (PESP) color verde

N	33
Media	44.243
SE Media	0.0123
stdev	0.0709
coefvar	0.25
Mínimo	44.13
Q1	44.230
Mediana	44.23
Q3	44.260
Máximo	44.4
Sesgo	1.10
Curtosis	0.89

Las especificaciones de la empresa, en cuanto al peso de las preformas están entre 43,6 y 44,4 gramos y el valor medio es 44 gramos, es decir, que de acuerdo a lo obtenido los datos tomados se encuentran dentro de las especificaciones, este se evidencia en el valor máximo.

La mediana del proceso se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (44 gramos), también se observa que la desviación estándar es de 0,0709 y un coeficiente de variación de $CV= 0,25$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de 1.10 indica que la distribución es asimétrica positiva, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 0.89 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

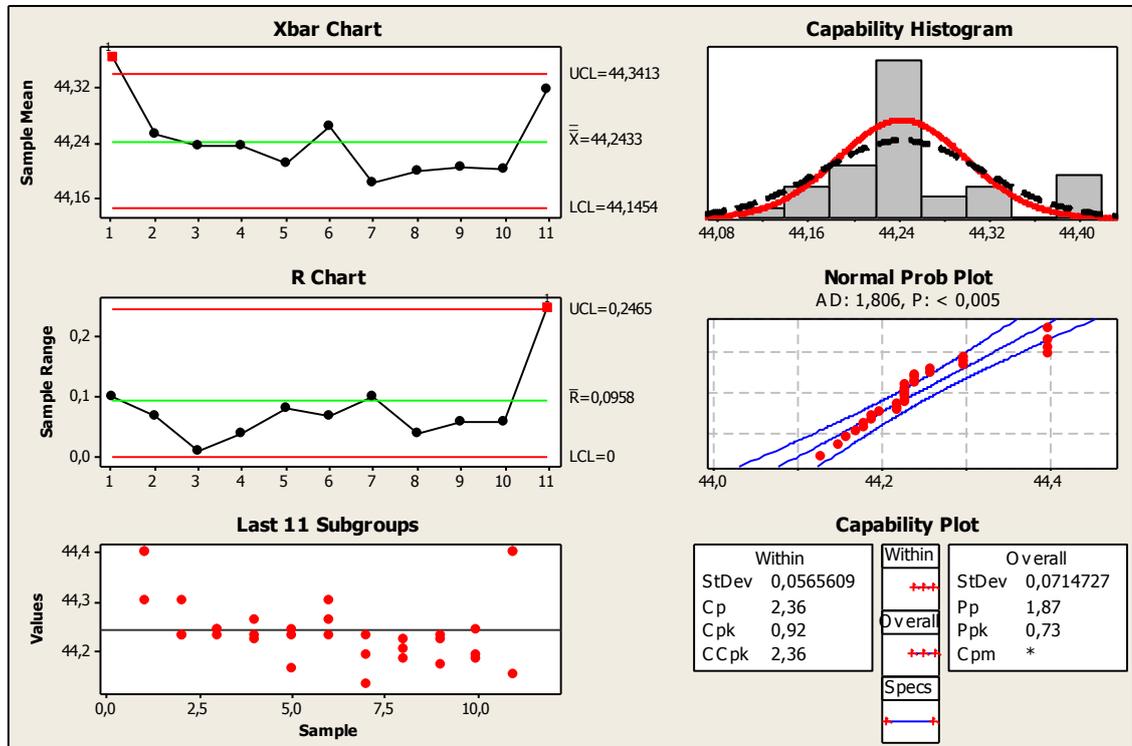


Figura 41. Grafica Peso de las preformas color verde

En el histograma se confirma los resultados de la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica. Los datos se encuentran fuera de los límites establecidos por la empresa en cuanto al peso 43,6 min a 44,4 max gramos. El target establecido es de 44 gr, se evidencia que la mayoría de los datos están alejados del objetivo.

En la grafica \bar{X} se considera que el proceso no está bajo control estadístico; y en la gráfica R se verifica que existe variación. En la gráfica de probabilidad normal se corrobora que los datos son normales.

El peso de las preformas con respecto al color verde para las especificaciones del proceso presenta una capacidad suficiente $Cp=2.36$; tiene problemas de centrado $Cpk=0.92$. Por lo tanto el proceso no está bajo control estadístico y se producen productos defectuosos.

**Cuadro 21. Estadística descriptiva para la variable de proceso:
temperatura de las boquillas (TBOQ) color verde**

N	33
Media	49.574
SE Media	0.249
stdev	1.428
coefvar	2.88
Minimo	46
Q1	49
Mediana	50
Q3	50.33
Máximo	52
Sesgo	-1.3
Curtosis	0.99

La Mediana del proceso se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (50°) también se observa que la desviación estándar es de 1.428 y un coeficiente de variación de $CV= 2.88$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -1.3 indica que la distribución es asimétrica negativa, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 0.99 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicurtica.

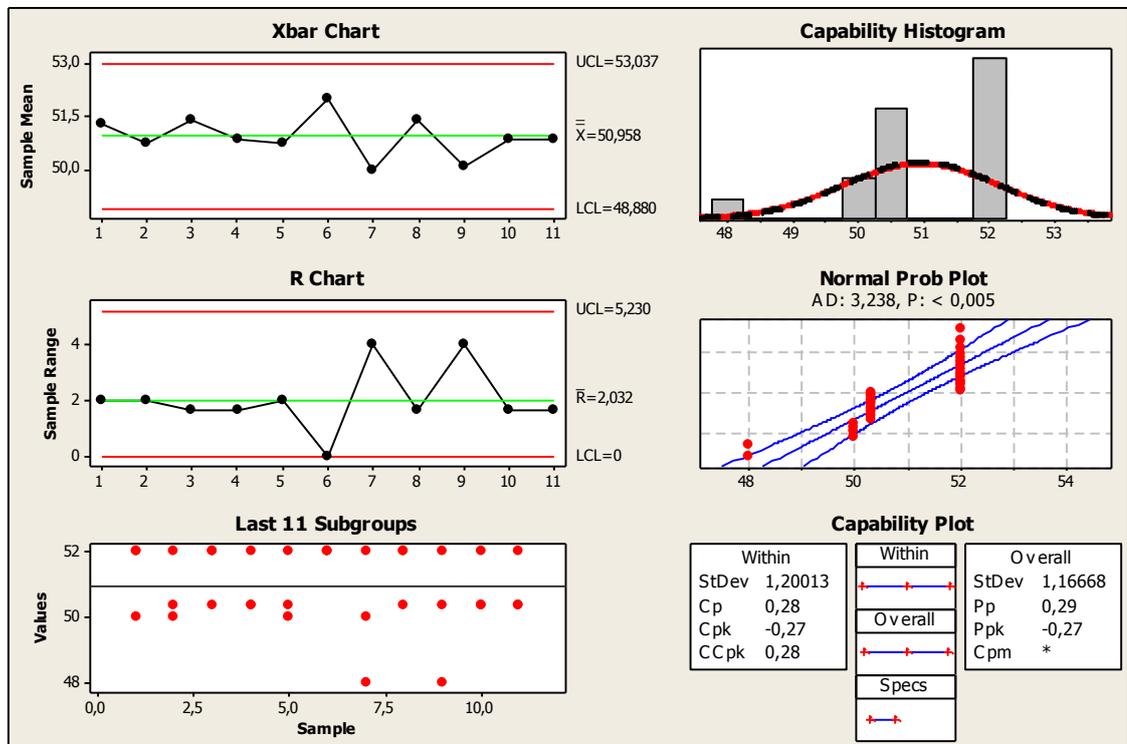


Figura 42. Grafica Temperatura de boquillas (color verde)

En el histograma se corrobora la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicurtica.

En la grafica \bar{X} -R se considera que el proceso está bajo control estadístico.

La temperatura de las boquillas con respecto al color verde para las especificaciones del proceso presenta una capacidad $Cp=0.28$ el proceso no es capaz, tiene problemas de centrado $Cpk=-0.27$

Por lo tanto el proceso está bajo control estadístico, no es capaz y se producen productos defectuosos, debe hacerse el esfuerzo para mejorar la capacidad del proceso

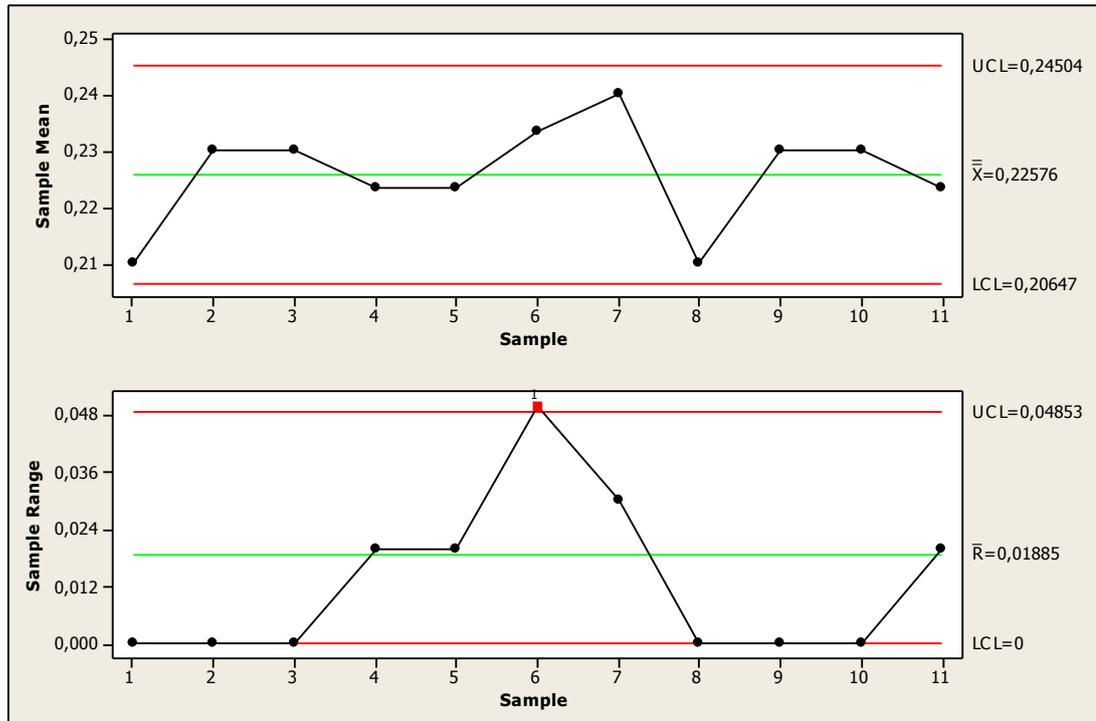


Figura 43. Graficas marca de botellas color Verde

En la grafica, se observa que unos pocos puntos se encuentran alejados de la media y se aproximan a los limites de control, se puede decir que no presenta comportamientos anormales. El proceso está controlado. Las marcas en las botellas es un defecto que se refiere a rayas, puntos presentes en estas.

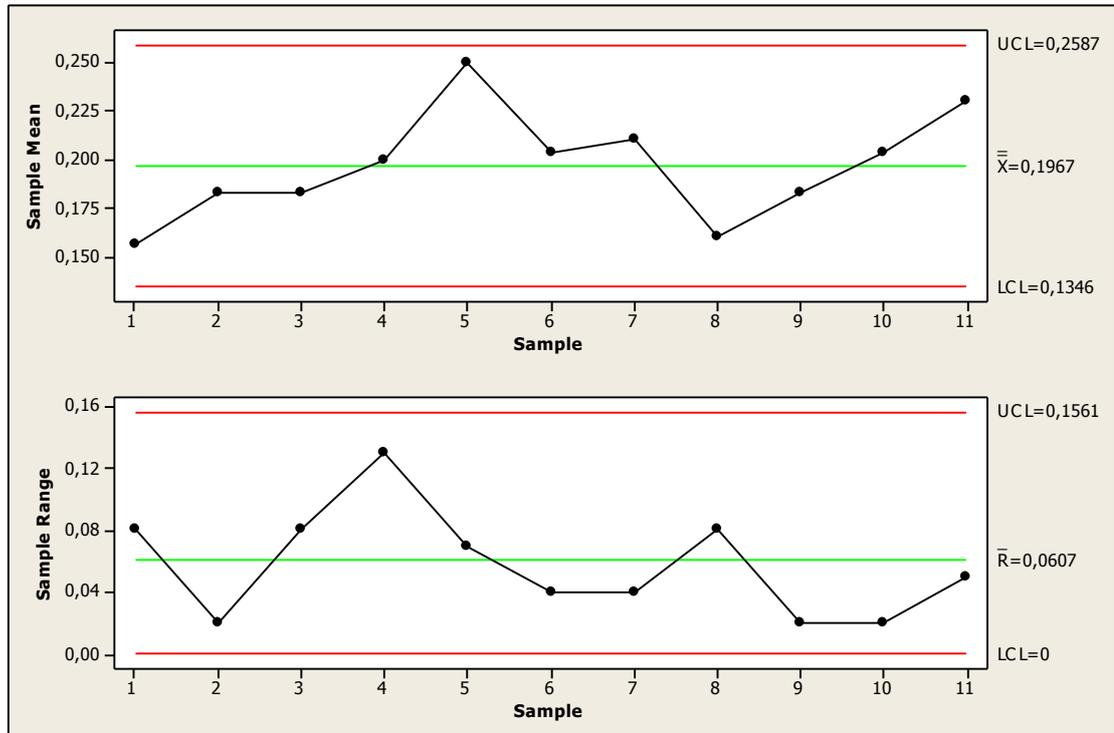


Figura 44. Graficas marcas gotas de agua en las botellas color Verde

En la grafica se observa que unos pocos puntos se encuentran alejados de la media y se aproximan a los limites de control, se puede decir que no presenta comportamientos anormales. El proceso está controlado. Estas marcas genera consecuencias en la apariencia de las botellas

Cuadro 22. Estadística descriptiva para la variable de proceso:

Temperatura Distribuidor (TMDIS)

N	33
Media	282.79
SE Media	0.298
stdev	1.71
coefvar	0.6
Minimo	280
Q1	282
Mediana	283
Q3	284
Máximo	285
Sesgo	-0.25
Curtosis	-1.07

La Mediana del proceso no se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (280°) también se observa que la desviación estándar es de 1.71 y un coeficiente de variación de $CV= 0.6$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -0.25 indica que la distribución es asimétrica negativa, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es -1.07 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicurtica.

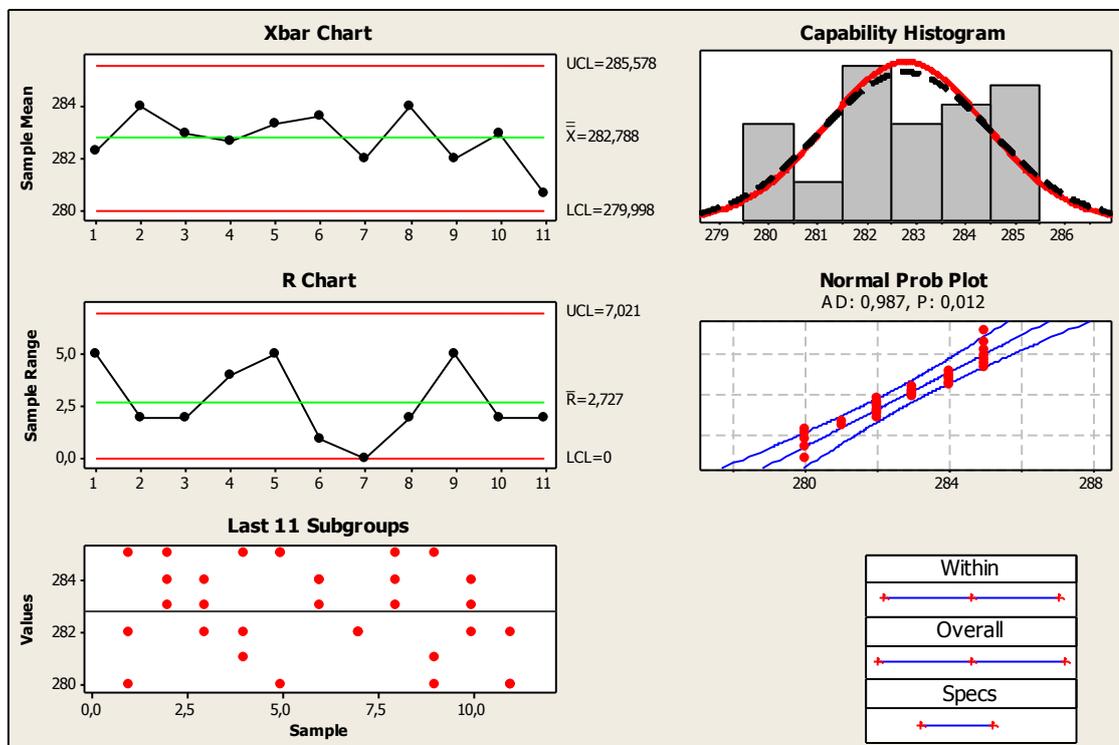


Figura 45. Grafica Temperatura Distribuidor (color verde)

En el histograma se confirma la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica.

En la grafica \bar{X} -R se considera que el proceso está bajo control estadístico. En la gráfica de probabilidad normal se corrobora que los datos son normales.

Se observa que la mayor parte de los puntos se encuentran cercanos de la media, se puede decir que no presenta comportamientos anormales

Cuadro 23. Estadística descriptiva para la variable de proceso:**Tiempo de Enfriamiento (TENF)**

N	33
Media	4,6727
SE Media	0.0262
stdev	0.1506
coefvar	3.22
Minimo	4.5
Q1	4.5
Mediana	4.8
Q3	4.8
Máximo	4.8
Sesgo	-0.32
Curtosis	-2.02

La Mediana del proceso no se encuentra en el valor medio establecido por la empresa (4 Seg) también se observa que la desviación estándar es de 0.02 y un coeficiente de variación de $CV= 3.22$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -0.32 indica que la distribución es asimétrica negativa, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es -2.02 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicurtica.

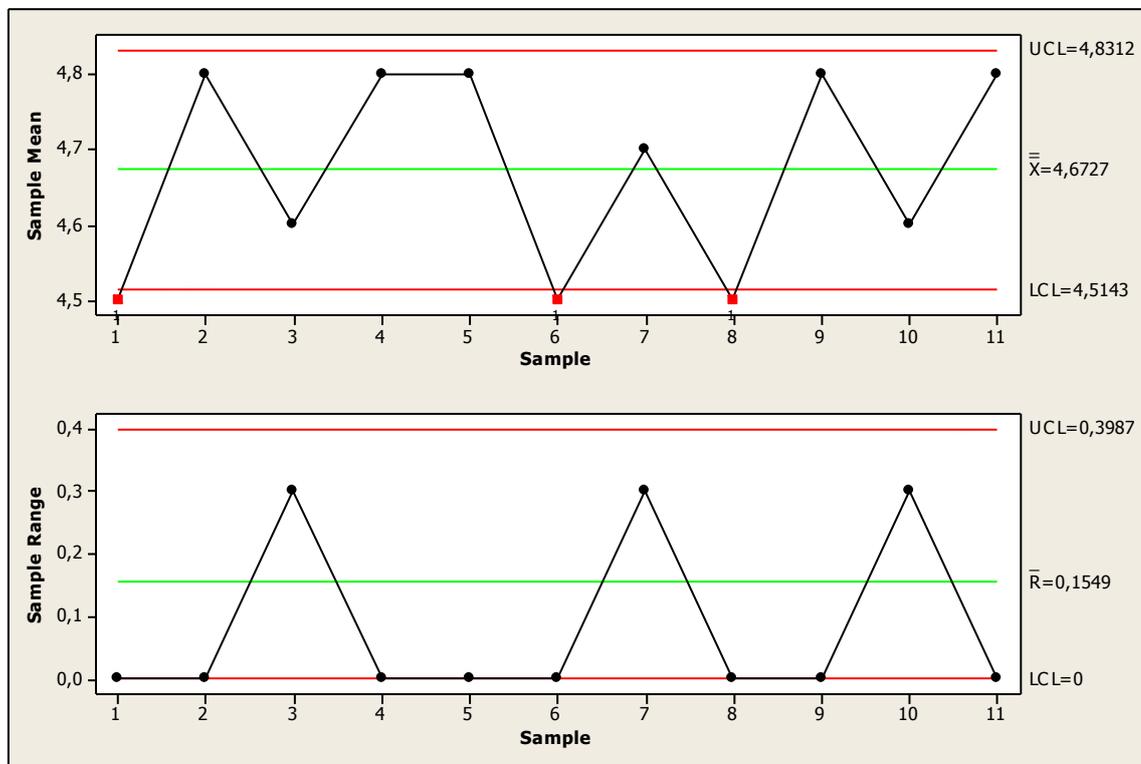


Figura 46. Grafica Tiempo de enfriamiento (color verde)

En la grafica se observa que algunos puntos se encuentran alejados de la media y se sobrepasan los límites de control, se puede decir que presenta comportamientos anormales entre ellos puntos fuera, una posible causa de variación seria: hay errores de medición, existió una condición de operario equivocada.

El proceso no está bajo control estadístico. La acción a tomar seria comentar y analizar conjuntamente con el personal de control estadístico, reportar un mantenimiento preventivo.

En la Etapa III Soplado de botellas (Color verde):

Cuadro 24. Estadística descriptiva para la variable de calidad: Altura (ALT)

N	33
Media	337,23
SE Media	0,0688
stdev	0.395
coefvar	0.12
Minimo	336,5
Q1	337.01
Mediana	337.2
Q3	337.39
Máximo	338
Sesgo	-0,27
Curtosis	0.34

El valor medio establecido por la empresa (337,2 mm) coincide con el arrojado en los resultados, también se observa que la desviación estándar es de 0.395 y un coeficiente de variación de $CV= 0,12$ valor bajo si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -0,27 indica que la distribución es asimétrica negativa, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 0.34 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

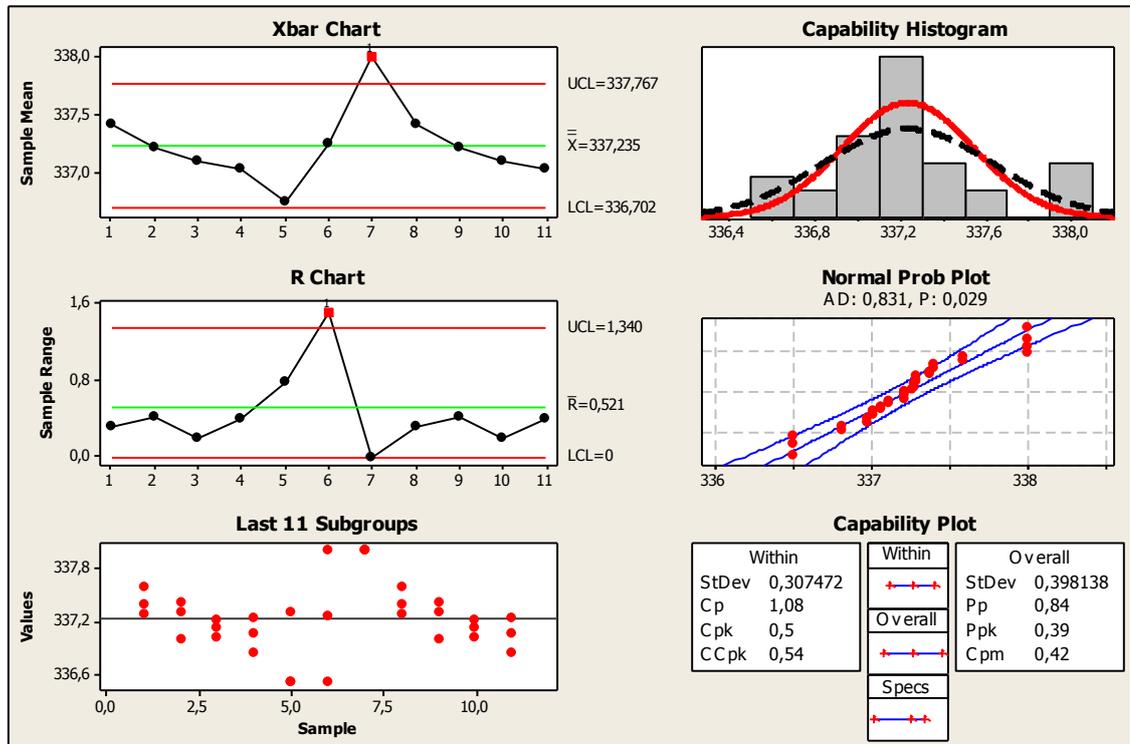


Figura 47. Graficas altura botellas (color verde)

El histograma coincide con la información suministrada por la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica, hay un pico a cada lado. No cumple con las especificaciones del cliente LEI= 335.7mm y LES=337.80mm.

En la gráfica X se considera que el proceso no está bajo control estadístico; y en la grafica R existe variabilidad, En la gráfica de probabilidad normal se corrobora que los datos son normales.

En cuanto a la capacidad del proceso se verifica que $C_p=1.07$ el proceso no es capaz, y tiene problemas de centrado $C_{pk}=0.56$,

Por lo tanto el proceso no está bajo control, se producen productos defectuosos.

Cuadro 25. Estadística descriptiva para la variable de proceso: tiempo de atemperamiento (TATM)

N	33
Media	1.4522
SE Media	0.138
stdev	0.794
coefvar	12.3
Minimo	1
Q1	1
Mediana	1
Q3	2
Máximo	3
Sesgo	1.35
Curtosis	0.06

La mediana del proceso se encuentra fuera del valor medio establecido por la empresa (3 días) también se observa que la desviación estándar es de 0.794 un coeficiente de variación de $CV= 12.3$ valor tolerable si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de 1.35 indica que la distribución es asimétrica positiva, sin embargo por ser cercano a cero, tiene cierta tendencia a la distribución normal. El valor de la Curtosis es 0.06 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

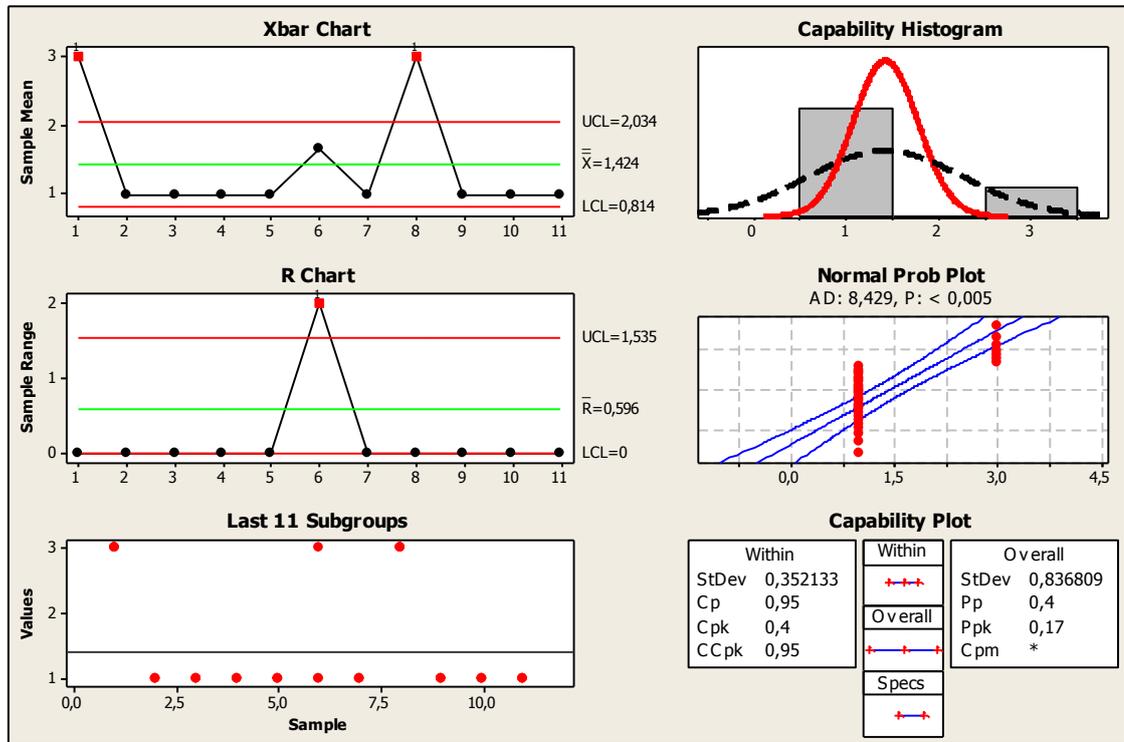


Figura 48. Graficas tiempo de atemperamiento (Color verde)

Con la información obtenida en la estadística descriptiva, se verifica en el histograma que la distribución tiende a ser platicúrtica. No cumple con las especificaciones del cliente debería tener un tiempo de atemperamiento de tres días.

En la grafica \bar{X} se verifica que el proceso no está bajo control estadístico, existen puntos fuera de los limites de control LCS. Puede deberse a: Errores de medición, condición de operario equivocada, aparato de medición descalibrado. En la grafica R se evidencia la variación.

En cuanto a la Capacidad tenemos Cp=0.95 este valor no supera al valor 1.33, es decir, el proceso no es capaz, y tiene problemas de centrado Cpk=0.4,

Por lo tanto el proceso no está bajo control estadístico, no tiene suficiente capacidad, y se producen productos defectuosos.

**Cuadro 26. Estadística descriptiva para la variable de calidad:
Volumen (VOL)**

N	33
Media	1510.7
SE Media	0.233
stdev	1.34
coefvar	0.09
Minimo	1509.1
Q1	1509.8
Mediana	1510.2
Q3	1511
Máximo	1514
Sesgo	1.55
Curtosis	1.76

El valor de la mediana se encuentra fuera del valor medio establecido por la empresa (1510 ml) también se observa que la desviación estándar es de 1.34 un coeficiente de variación de $CV= 0.09$ valor tolerable si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de 1.55 indica que la distribución es asimétrica positiva. El valor de la Curtosis es 1.76 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

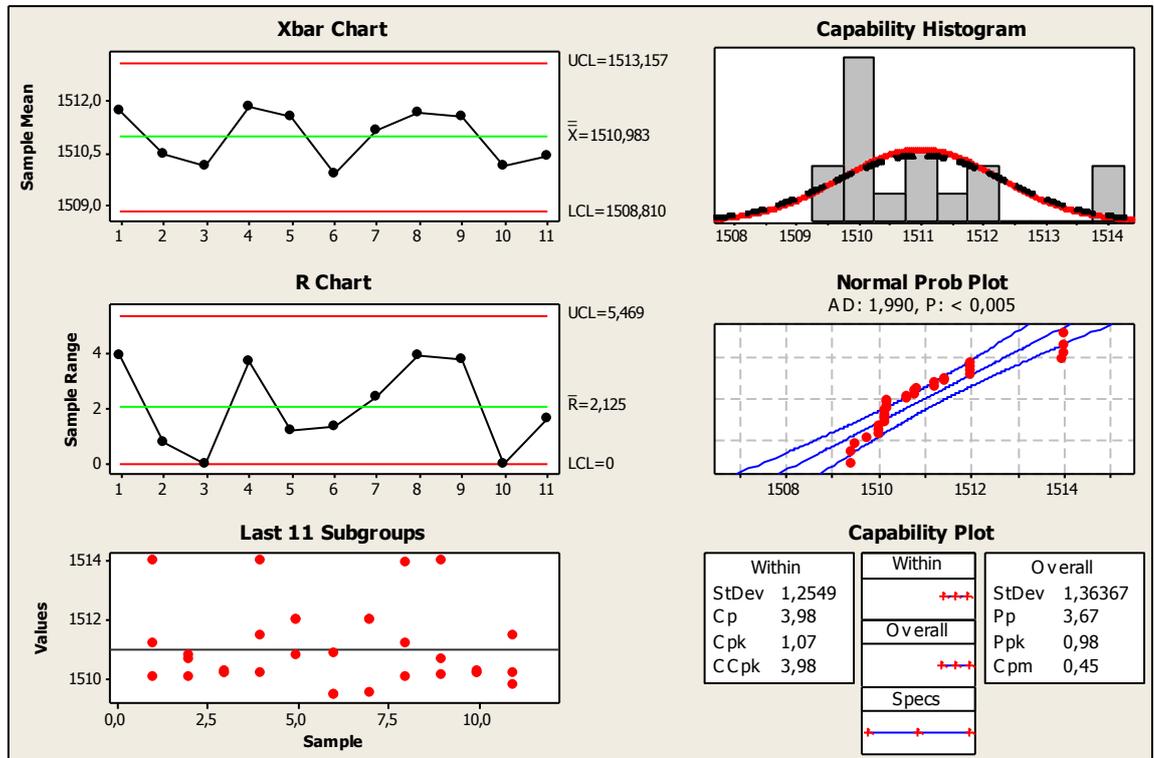


Figura 49. Graficas Volumen botellas (Color verde)

En el histograma se confirma los resultados de la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica, la frecuencia de los datos tiende a bajar en el centro del rango de la información y hay un pico a cada lado, los datos se encuentran dentro de los límites establecidos por la empresa, este se evidencia en el límite de especificación 1500 ± 15 ml.

En la grafica \bar{X} se considera que el proceso está bajo control estadístico;

El volumen de las botellas con respecto al color verde para las especificaciones del proceso presenta una capacidad suficiente $Cp=3.98$; tiene problemas de centrado $Cpk=1.07$. El target en este caso es 1500ml todos los valores están concentrados más hacia el limite de especificaciones superior; aunque el proceso está en estado de control se debe hacer mejoras ya que en cualquier momento el proceso podría generar productos fuera de especificaciones.

**Cuadro 27. Estadística descriptiva para la variable de calidad:
Diametro (DIAM)**

N	33
Media	90.309
SE Media	0.017
stdev	0,09
coefvar	0.11
Mínimo	90,1
Q1	90.25
Mediana	90.3
Q3	90.4
Máximo	90.5
Sesgo	-0,19
Curtosis	-0,05

El valor de la mediana se encuentra fuera del valor medio establecido por la empresa (90.309mm) también se observa que la desviación estándar es de 0.09 un coeficiente de variación de $CV= 0.11$ valor tolerable si se compara con los valores aceptados en los procesos industriales. El valor del Sesgo es de -0.19 indica que la distribución es asimétrica negativa. El valor de la Curtosis es -0.05 es menor a tres, por lo tanto los datos tienen una cierta tendencia a una distribución platicúrtica.

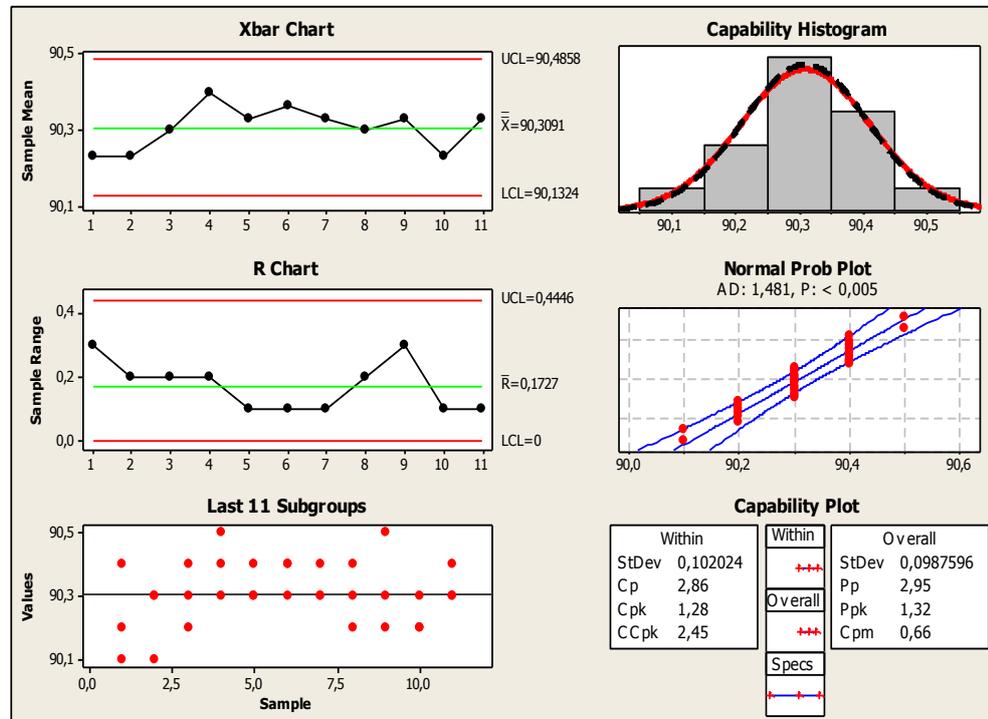


Figura 50. Graficas Diámetro botellas (Color verde)

En el histograma se confirma los resultados de la estadística descriptiva, donde indica que la distribución tiende a ser platicúrtica. Los datos se encuentran dentro de los límites establecidos por la empresa $89,95 \pm 0,75$ -1mm, aunque el target establecido es de 89 mm se evidencia que los datos están alejados del objetivo.

En la grafica \bar{X} -R se considera que el proceso está bajo control estadístico;

El diámetro de las botellas con respecto al color verde para las especificaciones del proceso presenta una capacidad suficiente $C_p=2.86$; tiene problemas de centrado $C_{pk}=1.28$. Por lo tanto el proceso está en estado de control pero los productos no son defectuosos.

A continuación se presentan una serie de cuadros donde muestra un resumen de los resultados obtenidos en las variables de calidad y de proceso que se estudiaron.

Cuadro 28. Síntesis de los resultados obtenidos en las variables de calidad

Variable de calidad		Peso preforma Cristal	Peso preforma Verde	Altura botellas Cristal	Altura botellas Verde
Gráfico de Control \bar{X}	LSC	44,21	44.34	337.54	337.76
	LC	44,12	44.24	337.16	337.23
	LIC	44,03	44.15	336.79	336.702
Gráfico de Control R	LSC	0.22	0.23	0.953	1.34
	LC	0.085	0.095	0.37	0.521
	LIC	0	0	0	0
Especificaciones de la empresa	LSE	44.4	44.4	337.8	337.8
	LE	44	44	336	336
	LIE	43.6	43.6	335.7	335.7
Cp		2.64	2.36	2.13	1.07
Cpk		1.83	0.92	0.96	0.56

En el cuadro se observa que la variable de calidad con mayor capacidad de proceso es el peso de la preforma color cristal; así mismo el único valor de C_p que está por debajo del valor normal 1.33 valor mínimo establecido en procesos industriales; es la altura de botellas color verde demostrando que el proceso no es capaz. En cuanto a los valores de C_{pk} de manera general se evidencia que el proceso está descentrado, ningún valor coincide con el C_p , por lo tanto se deben introducir mejoras para controlar el descentrado y disminuir la variabilidad para mejorar la capacidad para la altura de botellas color verde.

Se observa también que existe una excepción en los límites de control calculados para las características de calidad altura botellas color verde, se aproxima al límite superior de especificación, como se evidencia en la figura 42. donde en este caso se están generando productos fuera de especificación; sin embargo los límites de control para la altura de botella color cristal son aceptables, se puede decir que se están generando productos dentro de los límites de especificaciones de la empresa.

Cuadro 29. Síntesis resultados de variables de calidad

Variable de calidad		volumen Cristal	volumen Verde	Diámetro Cristal	Diámetro Verde
Gráfico de Control \bar{X}	LSC	1513,75	1513,157	90,437	90,488
	LC	1511,15	1510,983	90,276	90,309
	LIC	1508,53	1508,810	90,115	90,132
Gráfico de Control R	LSC	6,54	5,469	0,404	0,4448
	LC	2,54	2,125	0,157	0,1727
	LIC	0	0	0	0
Especificaciones de la empresa	LSE	1515	1515	90,7	90,7
	LE	1500	1500	89,95	89,95
	LIE	1485	1485	88,95	88,95
Cp		3,33	3,98	3,14	2,85
Cpk		0,85	1,07	1,52	1,28

En el cuadro se observa que la variable de calidad con mayor capacidad de proceso es el volumen de la botella color verde; así mismo todos los valores de Cp están por encima del valor normal 1,33 demostrando que el proceso es capaz para cada una de estas variables. Sin embargo, los valores de Cpk de manera general se evidencia que el proceso está descentrado, ningún valor coincide con el Cp, por lo tanto se deben introducir mejoras para controlar el descentrado.

Se observa también que los valores obtenidos en los límites de control calculados para las características de calidad, se aproxima al límite superior de especificación, en este caso hay que estar pendiente; sin embargo los límites de control para estas variables son aceptables, se puede decir que se están generando productos dentro de los límites de especificaciones de la empresa.

Cuadro 30. Síntesis resultados de variables de proceso

Variable de proceso		Temperatura Boquillas Cristal	Temperatura Boquillas Verde	Temperatura Distribuidor Cristal	Temperatura Distribuidor Verde
Gráfico de Control \bar{X}	LSC	51.275	53.037	282.933	285.578
	LC	50.184	50.958	281.69	282.78
	LIC	49.093	48.88	280.448	279.99
Gráfico de Control R	LSC	2.745	5.230	3.126	7.02
	LC	1.066	2.032	1.214	2.727
	LIC	0	0	0	0
Especificaciones de la empresa	LSE	52	52		
	LE	50	50		
	LIE	48	48		
Cp		1.06	0.28		
Cpk		-0.1	-0.27		

En el cuadro 29. se observa que los valores de C_p no están por encima del valor normal 1.33 demostrando que el proceso no es capaz para cada una de estas variables. En cuanto a los valores de C_{pk} de manera general se evidencia que el proceso está descentrado, ningún valor coincide con el C_p , por lo tanto se deben introducir mejoras para controlar el descentrado. y disminuir la variabilidad para mejorar la capacidad para cada una de las variables de proceso.

Se observa también que los valores obtenidos en los límites de control calculados para las características de proceso, se aproxima al límite superior de especificación y algunas veces los superan, generando productos fuera de especificación y en numerosos casos productos defectuosos.

Finalmente para dar consecución con el último objetivo: Proponer las acciones preventivas y correctivas que permitan minimizar la variación del proceso tenemos:

Con base en los resultados obtenidos, se le propuso a la empresa las siguientes mejoras:

- En términos de acciones preventivas: Implementar la matriz técnica de proceso, ya que es un instrumento que constituye un aporte a la organización, porque puede ser utilizado en lo siguiente como formato de supervisión y auditoría de proceso. En ella se puede apreciar de forma detallada la totalidad de observaciones y oportunidades de mejoras halladas. Estas auditorías deberían aplicarlo a intervalos regulares y determinar cómo se encuentra trabajando el proceso en sus diferentes etapas.

En el diagnóstico del estado actual del proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros en una empresa de envases plásticos. Por medio de la matriz técnica de proceso se obtuvo lo siguiente:

En la recepción de materia prima (pet)

-No se realiza la prueba de viscosidad ya que no existe un laboratorio especial.

La calidad del producto puede verse afectada debido a las diferencias de viscosidades de los fundidos provenientes de los finos y la resina originando puntos de degradación, ya que esta debe tener un fundido uniforme en el momento de la inyección.

Para la Operación de Secado del Pet

-No se realiza la prueba de humedad, se verifica a través de la máquina, esta trae una opción y se corrobora el estatus del punto de rocío

Inyectar y moldear preformas

-Existen formatos que tienen demasiada información tiende a confundir.

-Las variables peso, altura y espesores son importantes a la hora de soplar las botellas

Las preformas son calentadas y estiradas y sopladas a unos 100 grados aproximadamente. A esta temperatura el PET es deformable, gomoso y elástico y se mantiene amorfo durante el tiempo suficiente para desarrollar la forma deseada y provocar el crecimiento de la botella en altura y diámetro.

-Tienen codificado los defectos de las Preformas

-En esta área también se presentan problemas en cuanto a las etiquetas usadas para identificar las cestas ya que algunos trabajadores las quitan y se pierde la información de la producción, no existe una trazabilidad confiable del producto.

-No se lleva un control confiable del desperdicio, ya que las preformas no son pesadas por separado, es decir para conocer el desperdicio por máquina sino las unen y a veces ni las pesan dan aproximado del desperdicio.

-Las preformas se almacenan en cestas, esta posee una bolsa a veces el operario no chequea bien esta y se han encontrado preformas de diferentes colores o diferentes

Soplar Preformas y Elaborar Botellas

Problemas más frecuentes:

Mecánicos:

*Moldes no bloqueados es decir, no cierra el molde

*Fuga de aire de pistón de tobera

*Explota la botella

*otros problemas:

-tip chorreado

-marcas en las preformas

-Algunas veces no se cumple con el tiempo de almacenaje antes de soplar las botellas.

Se debe cumplir el tiempo de atemperamiento de las preformas, ya que para la presentación multiproducto 1,5 litros color verde, se evidencia que existen problemas en altura y pueden ser debido a ello ya que para este producto no se cumplió eficazmente el tiempo.

No se lleva un control FIFO (first in, first out) significa que la primera existencia que entra es la primera que sale, el montacarguista toma las cestas de preformas más cercanas, y las lleva al área de soplado.

Así mismo como acciones correctivas: Introducir un programa de gráficos de control, tomando en cuenta los límites de control preliminares determinados, para efectuar el período de vigilancia que permita controlarlos en forma continua y así reducir su variabilidad, evitándose descontrol en el proceso y corrigiéndose una posible falla antes de que ocurra o se haga mayor.

De los resultados obtenidos en la graficas de control, se evidencia que en la variable de proceso Temperatura de boquillas, el operario tiene que velar por el buen cumplimiento de colocar las temperaturas correspondientes a las boquillas y vigilar los defectos que se generan de acuerdo a los cambios que él realiza en cada boquilla, ya que se comprobó que existe una asociación lineal en las temperatura de boquillas y el peso de las preformas, este sucede tanto para el color cristal como para el verde. Por lo tanto se propone vigilar esta variable y así evitar un número significativo de defectos.

En cuanto a las observaciones y entrevistas efectuadas in situ, en el área de inyección, se verificó que los operarios que laboran allí toman sus propios criterios, para aumentar o bajar las temperaturas a las boquillas no tienen una guía para ello.

- Ajustar los equipos de medición, en las características de calidad que presentaron problemas de confiabilidad de los resultados, debido a la resolución inadecuada de los equipos de medición. Una vez que los equipos tienen la resolución acorde con las características de calidad, se toman nuevamente los datos para describir su comportamiento y verificar el estado de control del proceso, de ésta manera se determinarán los límites preliminares que serán utilizados para el período de vigilancia.
- Determinar cuáles son los problemas que están afectando la capacidad en el tiempo de atemperamiento, efectuar un diseño de experimento donde se considere tipo de resina, a intervalos de tiempo para 72, 48, 36,24, 0 horas
- Entrenar al personal en lo que respecta a auditoria del proceso, a fin de que el mismo pueda tomar las acciones eficaces, o realizar una mejora si es necesario en el momento en que se presente una no conformidad en el proceso. El éxito de la empresa está en función de su competitividad, para poder cumplir con esto, la organización debe abrirse integralmente, por ello, no se puede olvidar que quienes hacen posible el mejoramiento de la empresa son las personas que trabajan en ella.

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados:

En la etapa II Inyección de preformas los defectos que se produjeron con mayor frecuencia en el proceso fueron marcas y tip chorreado, para la empresa es mejor que se produjeran menos tip chorreado ya que este es un defecto crítico; en cuanto a marcas: hay que observar donde se presentan, ya que repercute significativamente en la botella que es el producto final si existen en el cuerpo de la botella la etiqueta la cubre y no se ven, ahora bien si las marcas están en el cuello de la botella no se permite despacharla, van al molino igual sucede para el tip chorreado.

En la etapa III Sopladode botellas: constituye una etapa decisiva en el proceso de producción multiproducto de 1,5 litros, una mala calidad de una botella influye en la calidad de producción de toda la línea, lo cual puede incluso provocar la detención total de la producción; la distribución del material en la botella determina su calidad; por consiguiente es necesario detectar lo antes posible los defectos de distribución para evitar poner en peligro toda una producción. Los defectos que se producen con mayor frecuencia en el proceso son marcas en las botellas.

A través del diagnostico se evidencia que la empresa requiere de mejoras en el proceso de producción multiproducto de 1,5 litros.

Las principales causas de los defectos encontrados en la elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros color cristal y verde son:

- En la etapa I Secado de Pet: La causa fue la temperatura del estatus del punto de rocío esto ocurrió en el proceso para el color verde.
- En la Etapa II Inyección de Preformas: La temperatura de maquinas específicamente la temperatura del distribuidor y temperatura de boquillas. Estas causas coinciden para el color verde.
- En la etapa III Soplado de botellas: las causas de los defectos presentes en las botellas vendrían a ser las temperaturas de máquinas: arranque de producción y ventilación de los hornos. Igual sucedió cuando se utilizo preformas color verde.

Otras de las causas en esta etapa fue el tiempo de atemperamiento se refiere al tiempo de reposo que debe tener las preformas ya que las botellas sufren una contracción lo recomendable es una aproximado de 72 horas, es decir, un mínimo de 3 días antes de ser sopladas; solamente ocurrió para el color verde.

Las mejoras propuestas a la empresa sobre el proceso de elaboración de botellas Pet NR para bebidas carbonatadas en su presentación Multiproducto 1.5 litros que permitan disminuir la variación del proceso serian:

El operario debe chequear periódicamente las áreas donde se requiere una estricta vigilancia:

- ❖ En la etapa de secado deberían chequear la temperatura del status del punto de rocío y del secador. Por lo menos una vez por turno
- ❖ En el área de inyección verificar el defecto de tip chorreado y pet sin fundir ya que la empresa no cumple con las pruebas de viscosidad ni humedad
- ❖ Implementar un formato donde se lleve un control de los parámetros de las maquinas por turno y operario, cuando se realizaron las observaciones y entrevistas en el área de inyección, se verificó que los operarios que laboran allí toman sus propios criterios, para aumentar o bajar las temperaturas a las boquillas no tienen una guía para ello.
- ❖ Implementar un control FIFO y verificar para que el montacarguista tome las cestas correspondiente en el área de soplado
- ❖ Se verifico que para las botellas color cristal en cuanto a la variable de calidad altura el proceso estaba bajo control estadístico y era capaz , mientras que para el color verde se corroboró que el proceso no estaba bajo control estadístico ni era capaz . No cumplia con las especificaciones del cliente y por ello se produjo devoluciones del producto.

RECOMENDACIONES

- Realizar nuevas mediciones en las características de calidad que presentaron problemas de falta de control, para determinar los límites de control preliminares
- Utilizar la información suministrada por los límites de control de las características de calidad bajo control, para efectuar periodos de vigilancia.
- Realizar un estudio sobre los factores que afectan las mediciones, para mejorar la confiabilidad de los problemas.
- Realizar un diseño de experimento donde se considere : tipo de resina, a intervalos de tiempo para 72, 48, 36,24, 0 horas y así verificar el tiempo de atemperamiento que deben tener las preformas tanto para cristal como para el color verde.

Como los gráficos de control son una técnica de eficacia probada para mejorar la productividad. La adecuada implantación de un programa de control estadístico de proceso reduce la repetición de las operaciones no conformes y los rechazos por desechos que son uno de los principales enemigos de la productividad. De esta reducción se deriva una disminución en los costes y un incremento de producción de producto correcto; por todo esto:

- Introducir un programa de gráficos de control, tomando en cuenta los límites de control preliminares determinados.

- Ajustar los equipos de medición, en las características de calidad que presentaron problemas de confiabilidad de los resultados.
- Realizar auditorías a intervalos regulares sobre el proceso
- Establecer una mayor frecuencia de muestreo
- Realizar mantenimientos preventivos con mayor frecuencia
- Entrenar al personal en lo que respecta a las auditorías del proceso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alba Ramiro : Introducción a la Química Orgánica (20 marzo 2009)

<http://www.telecable.es/personales/albatros1/quimica/industria/oxieteno.htm>

Aprepet (19 Marzo 2009) http://www.aprepet.org.mx/esp/sec_2/sec2b.htm [On Line]

Centeno y Parra (2002) Determinar la influencia de los espesores de la Botella de Polietilén Tereftalato en el fenómeno Environmental Stress Cracking, Trabajo de Grado. Universidad Central de Venezuela

Dodd, Kevin; Ney, Kendall; y Otros (2002) Improvement in Preform Weights from a 48 Cavity Pet Injection Molder, Quality Engineering, 14(3), 501-511

Enciclopedia Wikipedia (12 Enero 2009) <http://es.wikipedia.org/wiki/Envase>
[On Line]

García Olivares, Arnulfo: (2006) Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa de logística inversa, (Estudio de caso en la industria del reciclaje de plástico). Edición electrónica gratuita. Texto completo en www.eumed.net/libros/2006a/

Giallongo (2000), Estudios en el proceso de envasado de mayonesa en la línea de producción para el formato de 1000 cc. Trabajo de Grado. Especialización. Gerencia de Calidad y Control Estadístico De Proceso. Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela

Greivan (2002) Manual de Control Estadístico de procesos en la Línea Waffer relleno de chocolate en una empresa de alimentos. Trabajo de Grado. Especialización. Gerencia de Calidad y Control Estadístico De Proceso. Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela

Harrington, James: El Mejoramiento de los Procesos de la empresa Editorial Mc. Graw Hill, Colombia, 1997.

Kume, Hitoshi: Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad, 1998, Grupo Editorial Norma

Maja Rujnić-Sokele, Mladen Serčer, Igor Catić (2005) Efecto de los parámetros de procesamiento en las propiedades de botellas de pet moldeadas por soplado, Universidad de Zagreb, Facultad de Ingeniería Mecánica y Arquitectura Naval, Oficina de Procesamiento de Polímeros, Zagreb, Croacia
http://www.plastico.com/pragma/documenta/tp/formas/42701/Bottles_PDF.pdf

Montgomery, Douglas: Control Estadístico de la Calidad, 1991 Grupo Editorial Iberoamérica, Mexico

Mota (2001), Diagnostico de la Línea B del proceso de llenado de Champú, acondicionador y tratamiento sin enjuagar para el cabello. Trabajo de Grado. Especialización. Gerencia de Calidad y Control Estadístico De Proceso. Maracay, Venezuela. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.

Pulgar (2007) Evaluación del proceso de llenado de cilindros de acetileno en sus distintas capacidades dentro de una empresa productora de gases industriales. Trabajo de Grado. Especialización. Gerencia de Calidad y Control Estadístico De Proceso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela

Santos y Giallongo (2004) Manual de Control Estadístico de Proceso en la línea Wafer relleno de Chocolate en una empresa de alimentos. Trabajo de Grado. Especialización. Gerencia de Calidad y Control Estadístico De Proceso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela

Septién y Hernandez (2002) Aplicación de herramientas estadísticas en el Análisis del Proceso de Producción de Impermeabilizantes asfálticos. Trabajo de Grado. Especialización. Gerencia de Calidad y Control Estadístico De Proceso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela

Tomassi Ninoska (2006) Implantación de un programa Piloto de Costos de la Calidad en la Planta de Impresión de una Empresa fabricante de productos Plásticos. Trabajo de Grado. Especialización. Gerencia de Calidad y Control Estadístico De Proceso. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela

Zaragoza, Steve (Ene 19,2007) Manufactura de envases de Pet. El Control Efectivo Comienza en el Secado.

http://www.ambienteplastico.com/artman/publish/article_677.php

ANEXOS

MINTAB - VERDE.MPJ - [Worksheet 2 ***]

File Edit Data Calc Stat Graph Editor Tools Window Help

	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15
	STPRO	TENF	TMTO	TMDIS	TMCD2	TMCD1	TETR6	TETR5	TETR4	TETR3	TETR2
1	-66,8	4,5	280	280	280	280	280	280	280	280	280
2	-67,0	4,5	280	285	281	281	281	280	280	280	280
3	-69,0	4,5	280	282	281	281	281	281	281	281	281
4	-67,0	4,8	280	285	281	281	281	280	280	280	280
5	-68,9	4,8	280	283	281	281	281	281	281	281	281
6	-67,3	4,8	280	284	281	281	281	281	281	281	281
7	-71,0	4,8	280	282	281	281	281	281	281	281	281
8	-36,0	4,5	280	283	281	281	281	281	281	281	281
9	-39,3	4,5	280	284	281	281	281	281	281	281	281
10	-39,8	4,8	280	282	281	281	281	281	281	281	281
11	-68,0	4,8	280	285	281	281	281	281	281	281	281
12	-38,0	4,8	280	281	280	280	280	280	280	280	280
13	-42,0	4,8	280	280	281	281	281	281	281	281	281
14	-39,2	4,8	280	285	280	280	280	280	280	280	280
15	-38,0	4,8	280	285	280	280	280	280	280	280	280
16	-39,6	4,5	280	284	280	280	280	280	280	280	280
17	-71,0	4,5	280	284	280	280	280	280	280	280	280

GLOSARIO

Calidad: El significado de esta palabra puede adquirir múltiples interpretaciones, ya que todo dependerá del nivel de satisfacción o conformidad del cliente. Sin embargo, la calidad es el resultado de un esfuerzo arduo, se trabaja de forma eficaz para poder satisfacer el deseo del consumidor. Dependiendo de la forma en que un producto o servicio sea aceptado o rechazado por los clientes, podremos decir si éste es bueno o malo.

Control estadístico de procesos El Control Estadístico de Procesos (C.E.P.), también conocido por sus siglas en inglés "SPC" es un conjunto de herramientas estadísticas que permiten recopilar, estudiar y analizar la información de procesos repetitivos para poder tomar decisiones encaminadas a la mejora de los mismos, es aplicable tanto a procesos productivos como de servicios siempre y cuando cumplan con dos condiciones: Que se mensurable (observable) y que sea repetitivo. El propósito fundamental de C.E.P. es identificar y eliminar las causas especiales de los problemas (variación) para llevar a los procesos nuevamente bajo control.

Envases plásticos: es un recipiente de forma y tipo variados, elaborados con materiales plásticos, en el que se van a envasar un producto determinado.

Inyección: es un proceso intermitente de etapas: Plastificación el material es fundido por efecto de temperatura y fricción, Introducción el material fundido es introducido en la cavidad del molde por efecto de presión, enfriamiento solidificación y desmoldeo.

No Retornable (NR): No se puede volver a utilizar.

Plástico,: en su significación mas general, se aplica a las sustancias de distintas estructuras y naturalezas que carecen de un punto fijo de ebullición y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido restringido, denota ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales.

PET: El tereftalato de polietileno o polietilén tereftalato se obtiene a partir de etilenglicol y ácido tereftálico Mediante policondensación.

Preforma: Tubo de plástico utilizado para hacer botellas, se recurre a el proceso de inyección de soplo-moldura.

Proceso es cualquier operación o serie de operaciones que provoca un cambio físico o químico en un material o mezcla de materiales.

Soplado: El moldeo por Soplado es un proceso discontinuo de producción de recipientes y artículos huecos, en donde una resina termoplástica es fundida, transformada en una preforma hueca y llevada a un molde final en donde, por la introducción de aire a presión en su interior, se expande hasta tomar la forma del molde, finalmente es enfriada y expulsada como un artículo terminado.

Variables de calidad (VC) : están determinadas por las *características de calidad*, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, estéticas, durabilidad, funcionamiento, etc. que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo. Estas variables pueden ser cualitativas o cuantitativas.

Variables de proceso (VP) :son magnitudes tales como presión, flujo, nivel, etc., que van a ser controladas o supervisadas. El entendimiento del comportamiento de las variables de proceso involucradas en una medición permite una adecuada selección de la instrumentación a ser implantada en un proceso industrial.