

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE CALIDAD EN EL
PROCESO DE LÍNEA DE INYECCIÓN DE LA EMPRESA ECSI SAS EN SU SEDE
BOGOTÁ, PLANTA FONTIBON

SANDRA JIMENA PATIÑO RUIZ

PROYECTO INTEGRAL DE GRADO PARA OPTAR EL TÍTULO DE
MAGISTER EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD.

DIRECTOR

NASLY MIRANDA ARANDIA
MSC., INGENIERIA INDUSTRIAL

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE MAESTRIA EN GERENCIA INTEGRAL DE LA CALIDAD Y
PRODUCTIVIDAD.

BOGOTÁ D.C

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

Nombre del director

Firma del Director

Nombre

Firma del presidente Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Nombre

Firma del Jurado

Bogotá, D.C. noviembre de 2023

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Vicerrector Académico de Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada Garcia-Peña

Vicerrectora Académica y de Investigaciones

Dra. Alexandra Mejía Guzmán

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano Facultad de Ingenierías

Dra. Naliny Patricia Guerra Prieto

Directora de programa

Dra Mónica Yineth Suárez Serrano

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedicado a la familia Ruiz Patiño.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme cumplir esta meta.
A la Empresa Colombiana de Soplado e Inyección - ECSI S.A.S.
A la directora del Proyecto de Grado: Msc., Nasly Miranda Arandia.
A la Universidad de América.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	15
INTRODUCCIÓN	16
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
1.1 Preguntas de investigación	19
1.2 Justificación	19
2 OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo general	21
2.2 Objetivos específicos	21
3 MARCO TEÓRICO	22
3.1 Personajes de la Historia Moderna de la Calidad	24
3.1.1 <i>Edward Deming</i>	24
3.1.2 <i>Joseph Juran</i>	25
3.1.3 <i>Kaoru Ishikawa</i>	26
3.1.4 <i>Armand V. Feigenbaum</i>	27
3.1.5 <i>Shigeru Mizuno</i>	28
3.1.6 <i>Genichi Taguchi</i>	29
3.2 Control de calidad	30
3.2.1 <i>Control</i>	31
3.2.2 <i>Control de calidad</i>	31
3.2.3 <i>Características de calidad</i>	32
3.2.4 <i>Definición del proceso y productos</i>	33
3.2.5 <i>Plan de calidad</i>	34
3.3 Herramientas de Control de Calidad	36
3.3.1 <i>Diagrama de flujo</i>	36
3.3.2 <i>Diagrama de Pareto</i>	38
3.3.3 <i>Histograma de frecuencias</i>	40
3.3.4 <i>Diagrama o Gráficos de control</i>	42
3.3.5 <i>Diagrama causa – efecto</i>	43

4 MARCO INSTITUCIONAL	46
4.1 Ubicación	48
4.2 Misión	48
4.3 Visión	49
4.4 Política de calidad	49
4.5 Objetivos de calidad	50
4.6 Personal y cultura	50
4.7 Materia prima	50
4.7.1 Polietileno de alta densidad	50
4.7.2 Polietileno de baja densidad	51
4.7.3 Polipropileno	52
4.7.4 Poliestireno	53
4.8 Máquinas	53
4.9 Proceso de inyección	54
4.9.1 Moldes de inyección	55
4.9.2 Elementos fundamentales en la inyección del plástico	55
4.10 Proceso de soplado PET	56
4.10.1 Tipos de soplado PET	58
4.11 Proceso de inyectosoplado	59
4.12 Principales productos fabricados a través del proceso de inyección – Planta 4 Fontibón	60
5 DISEÑO METODOLÓGICO	62
5.1 Verificar información existente	62
5.2 Acciones de control	62
5.3 Ciclo PHVA	62
5.3.1 Planear	63
5.3.2 Hacer	63
5.3.3 Verificar	63
5.3.4 Actuar	64
5.4 Las directrices de control de calidad	64
5.4.1 Establecer la medición	65

5.4.2	<i>El receptor</i>	66
5.4.3	<i>AutoControl</i>	66
5.4.4	<i>Medición del desempeño real</i>	67
5.4.5	<i>Comparación de estándares</i>	69
5.4.6	<i>Significancia estadística</i>	69
5.4.7	<i>Significancia económica</i>	70
5.4.8	<i>Plan de acción ante la detección de diferencias</i>	71
5.4.9	<i>Solución de problemas</i>	72
6	RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN	74
6.1	Descripción del proceso	74
6.2	Diagnóstico	75
6.2.1	<i>Herramienta 5W +2H</i>	76
6.2.2	<i>Descripción del problema</i>	77
6.3	Análisis de causas	77
6.3.1	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	78
6.4	Selección de línea de producción y productos	79
6.4.1	<i>Criterios de selección</i>	79
6.4.2	<i>Producto no conforme detectado internamente: Reporte de no conformidad de producto en proceso y/o terminado.</i>	79
6.4.3	<i>Producto no conforme detectado externamente: Reclamaciones de clientes</i>	83
6.4.4	<i>Producto no conforme detectado externamente: Devoluciones de clientes.</i>	86
6.4.5	<i>Síntesis para la definición del proceso y productos</i>	89
6.5	Identificación de los parámetros de control	90
6.5.1	<i>Tapa Nutribella</i>	91
6.5.2	<i>Cuñete 5 galones</i>	105
6.6	Metodología propuesta	111
6.6.1	<i>Para el Operario (a)</i>	111
6.6.2	<i>Para el Analista de control de calidad</i>	111
6.7	Tiempos empleados y unidades evaluadas	113
6.7.1	<i>Tapa Nutribella</i>	114
6.7.2	<i>Cuñete 5 Gal</i>	119

6.8 Planes de calidad	123
6.8.1 <i>Plan de control de calidad propuesto para la tapa Nutribella</i>	123
6.8.2 <i>Plan de control de calidad propuesto para el Cuñete 5 galones</i>	125
7 CONCLUSIONES	126
REFERENCIAS	130

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Trilogía de la calidad	20
Figura 2. Ilustración de un Proceso	34
Figura 3 Diagrama de flujo	37
Figura 4 Diagrama de Pareto	39
Figura 5 Histograma de frecuencias	40
Figura 6 Diagrama o gráficos de control	42
Figura 7. Diagrama de Ishikawa	44
Figura 8. Ubicación ECSI Planta 4.	48
Figura 9. Inyectora	54
Figura 10. Molde de Inyección	55
Figura 11. Soplado PET automático	57
Figura 12. Soplado PET manual	58
Figura 13. Inyectosopladora	59
Figura 14. Proceso de Inyectosoplado PET	60
Figura 15. Ciclo PHVA	63
Figura 16 Significancia Económica	71
Figura 17. Diagrama de Flujo	74
Figura 18. Diagrama de Ishikawa	78
Figura 19. Eventos de producto no conforme interno por proceso	79
Figura 20. Eventos de producto no conforme interno por producto	82
Figura 21. Eventos PQR por proceso	84
Figura 22. Eventos PQR por producto	85
Figura 23. Devoluciones de cliente PQR por proceso	87
Figura 24. Devoluciones de cliente PQR por producto	88
Figura 25. Equipo para la toma del peso	93
Figura 26. Gráfica de control para la variable peso	93
Figura 27. Tapa con linner	94
Figura 28. Gráfica de control para la variable peso con linner	95
Figura 29. Medición de la altura total	95

Figura 30. Gráfica de control para la variable altura total	96
Figura 31. Ejemplo de una galga pasa no pasa	96
Figura 32. Medición del diámetro externo.	97
Figura 33. Gráfica de control para la variable diámetro externo	97
Figura 34. Medición del diámetro externo.	98
Figura 35. Gráfica de control para la variable diámetro de rosca	98
Figura 36. Gráfica de control para la variable diámetro base de rosca	99
Figura 37. Medición de la fuerza de apertura	100
Figura 38. Gráfica de control para los resultados de la prueba de fuerza de apertura	100
Figura 39. Gráfica de frecuencias para los resultados del torque mínimo de cierre	101
Figura 40. Medición altura interna.	102
Figura 41. Gráfica de control para la variable altura interna	102
Figura 42. Gráfica de frecuencias resultados del sobretorque mínimo de cierre	103
Figura 43. Peso cuñete	106
Figura 44. Gráfica de control para la variable peso	106
Figura 45. Altura total cuñete	107
Figura 46. Gráfica de control para la variable altura total	108
Figura 47. Altura de pestaña cuñete	108
Figura 48. Gráfica de control para la variable altura de pestaña	109
Figura 49. Gráfica de control para la variable diámetro externo	109
Figura 50. Gráfica de control para la variable diámetro interno	110
Figura 51. MFV actual Proceso de Control de Calidad de la Tapa Nutribella	113
Figura 52. MFV Proceso de Control de Calidad de la tapa Nutribella propuesto	117
Figura 53. MFV Proceso de Control de Calidad del Cuñete 5 galones actual	118
Figura 54. MFV Proceso de Control de Calidad del Cuñete 5 galones propuesto	122

LISTADO DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Productos clasificados por familias	61
Tabla 2. Descripción del problema con la herramienta 5W+2H	76
Tabla 3. Problema redactado con la herramienta 5W+2H	77
Tabla 4. Cantidad de eventos no conforme interno por proceso	80
Tabla 5. Clasificación de productos por familia	81
Tabla 6. Cantidad de eventos no conformes internos por producto	83
Tabla 7. Cantidad de eventos PQR por proceso	84
Tabla 8. Cantidad de eventos PQR por producto	86
Tabla 9. Cantidad devoluciones por proceso	87
Tabla 10. Cantidad de devoluciones por producto	88
Tabla 11. Ponderación para los criterios	89
Tabla 12. Consolidación de productos	90
Tabla 13. Referencias tapa Nutribella	91
Tabla 14. Variables dimensionales tapa nutribella	92
Tabla 15. Cuadro resumen tapa nutribella	104
Tabla 16. Referencias cuñete	105
Tabla 17. Variables dimensional cuñete	105
Tabla 18. Cuadro resumen cuñete	110
Tabla 19. Datos producción tapa Nutribella	114
Tabla 20. Plan de muestreo tapa Nutribella	114
Tabla 21. Tiempos actuales de medición tapa Nutribella	114
Tabla 22. Cantidad de unidades revisadas actuales tapa nutribella	115
Tabla 23. Tiempos propuestos para autocontrol operario tapa nutribella	115
Tabla 24. Tiempos propuestos analista de control de calidad tapa Nutribella	116
Tabla 25. Cantidad de unidades revisadas propuestas tapa Nutribella	116
Tabla 26. Datos producción cuñete 5 gal	119
Tabla 27. Plan de muestreo cuñete 5 gal	119
Tabla 28. Tiempos actuales de medición cuñete 5 gal	119
Tabla 29. Cantidad de unidades revisadas actuales cuñete 5 gal	120

Tabla 30. Tiempos propuestos para autocontrol operario cuñete 5 gal	120
Tabla 31. Tiempos propuestos analista de control de calidad cuñete 5 gal	121
Tabla 32. Cantidad de unidades revisadas propuestas cuñete 5 gal	121
Tabla 33. Plan de Control de Calidad propuesto para la Tapa Nutribella	123
Tabla 34. Plan de Control de Calidad propuesto para el Cuñete 5 galones	125

RESUMEN

Los envases plásticos producidos por la empresa ECSI S.A.S. desempeñan un papel esencial en el mundo del embalaje, siendo elementos fundamentales que entran en contacto directo con alimentos, productos de aseo y cosméticos, en su ciclo de vida. Para cumplir con su propósito, estos envases deben cumplir con estándares técnicos en términos de diseño, utilidad y seguridad. El plan de calidad de ECSI SAS para la producción de envases plásticos, involucra verificaciones funcionales, dimensionales y de atributos, algunos de los cuales se implementan sin considerar verificaciones que realmente contribuyan en la identificación de la conformidad del producto.

La propuesta actual tiene como objetivo establecer un plan de calidad que se centre en verificaciones críticas y relevantes en términos funcionales, dimensionales y de atributos, que permitan validar la conformidad de los productos de manera más eficiente y en un plazo más corto. Para lograr esto, se realiza un análisis de la línea de producción y los productos, utilizando datos de productos no conformes, y mediante herramientas estadísticas, se analizan los datos de los productos definidos, para determinar qué variables son críticas para el control de calidad. Esto permite una definición más precisa de la línea de producción y los productos. Una vez identificadas las variables, se realizaron mediciones de tiempo y con el mapa de flujo de valor se identifican áreas y momentos en los que se pueden lograr mejoras. Como resultado, se logró no solo la reducción de los tiempos, sino también el aumento en la cantidad de unidades analizadas, permitiendo elaborar un Plan de Calidad para los productos seleccionados.

Palabras claves: Calidad, control, plan, variable, gráficos de control.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, el proceso de inyección se utiliza en una amplia gama de industrias, incluyendo la fabricación de envases plásticos, sector donde se encuentra a posicionada la empresa ECSI S.A.S.: Empresa Colombiana líder en Soplado e Inyección fundada en el año 1992, con inversión 100% colombiana, con los procesos productivos de transformación de resinas plásticas mediante los procesos de soplado e inyección (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023).

En este ámbito de la fabricación y la producción por Inyección, el respaldo constante de los procesos de apoyo, como el Control de Calidad, es esencial para garantizar la conformidad de los productos en fabricación. Dentro de la gestión de calidad, la clave para el éxito radica en la comprensión y el control de la variabilidad en los procesos. La variabilidad es el enemigo de la calidad, y la estadística es la herramienta esencial para su comprensión y mejora (Montgomery, 2014, págs. 13-15). En este contexto, la eficacia de los métodos de verificación y control se convierte en un aspecto crítico, debiendo adaptarse a la envergadura de la operación y aspirando a abarcar la mayor cantidad de muestras en el menor tiempo posible. Esto se traduce en la minimización de productos no conformes, tanto en cantidad como en impacto (Arenas Reina, 2010, pág. VII).

A pesar de que en los procesos de transformación del plástico es posible reintegrar los productos no conformes al flujo de producción, es importante destacar que estos materiales reciclados suelen perder propiedades, lo que puede dar lugar a la aparición de productos no conformes por esta causa. Además, esto conlleva pérdidas de tiempo, energía y recursos, así como la ocupación de las máquinas en la fabricación de productos que no cumplen con las especificaciones.

De aquí surge la imperante necesidad de desarrollar un método que permita identificar los parámetros de control críticos, es decir, aquellos que realmente agregan valor y evalúan los aspectos esenciales de los productos: envases, tapas, válvulas, cuñetes, canastas, entre otros. En este contexto, el presente trabajo propone una herramienta que

no solo determina los parámetros críticos de control, sino que también empodera a los operarios mediante el autocontrol de las variables pertinentes. Este enfoque posibilita analizar un mayor número de unidades a lo largo de todo el proceso de fabricación. La incorporación de herramientas como los gráficos de control (Álvarez, 2019, pág. 13) se erige como una vía para tomar decisiones fundamentadas en evidencia, mejorando así la calidad y la eficiencia en los procesos de producción.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los envases plásticos fabricados en ECSI S.A.S., son elementos de empaque, por lo general primario es decir el componente que está en contacto directo con el alimento, producto de aseo o cosméticos y que se convierte en el medio al través del cual va a llegar al consumidor final. Para que esto se dé los envases plásticos deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas de diseño, funcionales e inocuidad.

En la organización objeto del presente análisis se fabrican envases en diferentes tipos de resinas poliméricas tales como Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polipropileno (PP) y Tereftalato de Polietileno (PET).

El Control de Calidad para los procesos de producción está perfectamente definido por (Acuña, 2012, págs. 20-22), quien indica que la calidad de un producto no es algo estático que debe ser controlado por una única vez, sino a lo largo del tiempo y necesita ser verificada continuamente, pues si con el tiempo x se reúne las condiciones, no es cierto que también lo haga en el tiempo $x+1$.

A esto se le suma la enorme cantidad de envases plásticos que pueden fabricarse entre el tiempo x y el tiempo $x+1$, y que podrían tener diferencias en sus características ocasionando producción no conforme.

En el rango de tiempo x a $x+1$ el plan de control de calidad de ECSI S.A.S. para la producción de los envases plásticos, establece la ejecución de verificaciones funcionales, dimensionales y de atributos que en ocasiones supera este intervalo. Asimismo, algunas de dichas verificaciones fueron establecidas sin tener en cuenta la funcionalidad razón por la cual no aportan valor para la definición del estatus final del producto de conformidad o no conformidad. Por último, pero no menos importante, la ejecución del plan de control de calidad implica el uso de los recursos de la organización sin lograr el objetivo para el que fueron asignados.

1.1 Preguntas de investigación

- ¿Qué consecuencias trae para la organización aplicar un plan calidad de calidad inapropiado?
- ¿De qué manera se está realizando en la actualidad el plan de calidad para los productos plásticos fabricados por el proceso de Inyección en la empresa ECSI S.A.S.?
- ¿Cómo diseñar un plan de control de calidad pertinente / apropiado para la organización que permita evaluar las pruebas funcionales, variables dimensionales y atributos que permitan definir la conformidad o no de los envases plásticos?
- ¿Cuáles serían las variables críticas de control de los productos fabricados en las líneas de negocio de Inyección?, ¿se podrían sectorizar o crear grupos?

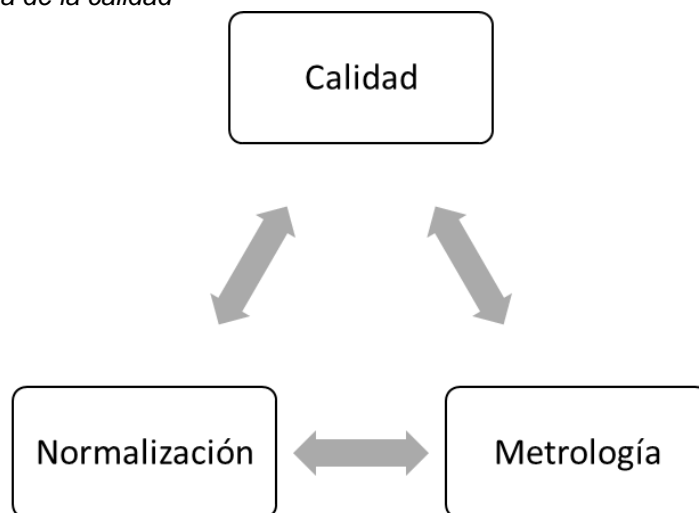
1.2 Justificación

De acuerdo con (Acuña, 2012, pág. 20) la calidad es un área de estudio en la que intervienen diferentes disciplinas que se encargan de investigar sobre los medios que permiten la disminución y, si es posible, la eliminación de la variabilidad en los procesos antes de la producción masiva.

Este estudio implica la toma de datos, para lo que existen tres preguntas básicas: ¿qué característica se va a medir?, ¿cómo se va a medir? Y una vez medida, ¿contra qué se compara para concluir sobre su estudio? Para contestar estas preguntas el autor plantea la siguiente trilogía:

Figura 1.

Trilogía de la calidad



Nota. La figura presenta la trilogía de la calidad. Tomado de: Acuña, J. A. (2012). Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico . Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica .

La primera pregunta se responde con la identificación y el análisis de los problemas de calidad. La segunda la contesta la metrología y la tercera pregunta la contesta la normalización.

De allí que sea necesario revisar y evaluar el mecanismo mediante el cual la organización ECSI S.A.S. determinó las características a medir y la especificación técnica frente a la cual se comparan los resultados de dichas mediciones y si éstas le apuntan directamente a la funcionalidad que requieren los productos en las líneas de producción (Herrera Retiz, 2010, págs. 28-30) de sus clientes.

La importancia que todos los esfuerzos de la organización por cumplir con los requisitos del cliente se encuentren bien enfocados radica, en primera instancia, en la satisfacción de este último, así como también en la optimización de los recursos económicos que se invierten en la aplicación a cada producto del programa de control de calidad y los costos de no calidad asociados a producto no conforme no detectado (López Lemos, 2016, págs. 15-17).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta para la implementación de un plan de calidad, en el proceso de línea de inyección de la empresa ECSI S.A.S en su sede Bogotá, Planta Fontibón, que facilite la inspección de los atributos y la verificación de las variables dimensionales en línea con la producción, identificando en un menor tiempo el producto no conforme.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar los parámetros de control de calidad para el proceso de Inyección, que permita el control en línea para la detección oportuna del producto no conforme.
- Analizar los datos actuales de control de calidad de las variables dimensionales y resultados de pruebas funcionales. Clasificar los datos que son relevantes para el control del proceso de Inyección y determinar una metodología acorde con la naturaleza y realidad del proceso.
- Identificar los tiempos de empleados con el plan para Control de Calidad para el proceso de Inyección aplicado en la actualidad.
- Establecer las unidades analizadas de acuerdo con las unidades fabricadas por turno, con el plan para Control de Calidad para el proceso de Inyección aplicado en la actualidad.
- Diseñar el Plan para Control de Calidad para el proceso de Inyección.

3 MARCO TEÓRICO

Dentro del proceso de optimización de las técnicas de aseguramiento de la calidad en la industria de manufactura, bajo el marco de búsqueda del cumplimiento de los estándares y regulaciones de los productos y servicios, y el cumplimiento de los requisitos acordados con el cliente, es necesario reconocer el contexto de conceptos y orígenes de la calidad, presentados a continuación.

El hombre consolida las primeras civilizaciones conocidas, en las cuales existen pruebas documentadas sobre la existencia de la calidad y su importancia en las actividades desarrolladas (Cubillos Rodriguez & Rozo Rodriguez, 2009, págs. 82-83), y ha evolucionado a lo largo del tiempo en diferentes etapas y contextos.

Traduciendo el concepto del Amitava Mitra: La calidad está definida como esa capacidad de satisfacer las necesidades del cliente, cumpliendo un requerimiento en base a características y/o requisitos planteados de acuerdo con el servicio y/o producto solicitado. (Mitra, 2021, pág. 79).

López (2019, pág 6), enmarca la calidad en el cumplimiento de ocho atributos: características, confiabilidad, conformidad, durabilidad, capacidad de servicio, estética, rendimiento, cumplimiento de los requisitos.

Un plan de calidad hace referencia a un documento que especifica qué procedimientos y recursos asociados deben aplicarse, cuándo deben aplicarse y quién debe aplicarlos a un objeto específico (Instituto de Normas Técnicas y Certificación, Icontec, 2015, pág. 19)

Para reconocer los componentes claves del desarrollo de un plan de calidad, es necesario primero reconocer algunos de los momentos clave en el desarrollo de la calidad (Acuña, 2012, pág. 23):

En la antigua civilización egipcia, se aplicaba un riguroso control de calidad en la construcción de las pirámides, asegurándose de que cada piedra estuviera perfectamente tallada y encajara en su lugar, siendo una referencia, de cómo desde el inicio de la historia de los procesos productivos de la humanidad, se considera la calidad como un elemento importante en el aseguramiento (Evans, 2014, págs. 4, 5).

En la Edad Media, los gremios artesanales comenzaron a establecer estándares de calidad para los productos que fabricaban, así como para la formación de sus aprendices y la certificación de sus maestros.

Durante la Revolución Industrial, la producción en masa de bienes y la aparición de las fábricas llevó a una mayor atención hacia la eficiencia y la uniformidad en la producción, aunque la calidad no siempre era una prioridad.

A finales del siglo XIX y principios del XX, pensadores como Frederick Winslow Taylor y Walter A. Shewhart comenzaron a aplicar métodos científicos al estudio y mejora de los procesos productivos, lo que llevó al surgimiento del movimiento de la Gestión de la Calidad Total (TQM, por sus siglas en inglés) en la década de 1950.

En la década de 1960, Japón emergió como un líder en la calidad, gracias en gran parte a los esfuerzos de empresas como Toyota para implementar prácticas de calidad rigurosas y mejorar continuamente sus procesos. Esto llevó al desarrollo del concepto de Lean Manufacturing, que enfatiza la eliminación de desperdicios y la maximización del valor para el cliente.

En la década de 1980, el enfoque en la calidad se extendió a nivel global, con la aparición de normas internacionales como la serie ISO 9000, que establece requisitos para los sistemas de gestión de la calidad en las empresas (González Ortiz & Arciniegas Ortiz, 2016, págs. 27-28).

En la actualidad, la calidad sigue siendo un tema central en la gestión empresarial, y se han desarrollado numerosas herramientas y técnicas para mejorar la calidad y la eficiencia de los procesos productivos, desde Six Sigma hasta la gestión de la cadena de suministro (Acuña, 2012, pág. 47).

3.1 Personajes de la Historia Moderna de la Calidad

En la historia moderna de la calidad, es preciso nombrar algunos personajes que realizaron grandes aportes:

3.1.1 *Edward Deming*

Es una figura clave en el campo de la calidad y la gestión empresarial. Su trabajo ha sido de gran importancia en la mejora de la calidad de los productos y servicios en todo el mundo (Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 32-34).

Edward Deming es quizás más conocido por su trabajo en el Japón de posguerra, donde ayudó a transformar la industria japonesa y establecerla como líder mundial en calidad. Deming afirmaba que la calidad era el resultado de un proceso cuidadosamente diseñado y controlado, y que la mejora continua era esencial para mantener esa calidad. A lo largo de su carrera, desarrolló una serie de técnicas y herramientas que ayudaron a las empresas a mejorar su calidad y su competitividad.

Entre sus principales contribuciones se encuentran los 14 puntos que llevan su apellido, que establecen las claves para una gestión empresarial efectiva y la mejora continua de la calidad. Estos puntos incluyen la importancia de la constancia en el propósito, la mejora continua, la capacitación y el desarrollo de los empleados, la eliminación de barreras entre departamentos, la promoción de la innovación y la creación de un ambiente de trabajo que permita el aprendizaje y la mejora constante.

Otra de las herramientas ampliamente difundida y conocida de Deming es el ciclo PHVA (PDCA en inglés) (Planear – Hacer – Verificar y Actuar), que es usado en la gestión de la mejora continua de un proceso.

La contribución más importante de Deming a la calidad fue su enfoque en la mejora continua. Él creía que la calidad nunca se alcanza de una vez por todas, sino que debe ser perseguida constantemente. Sus ideas y técnicas han sido adoptadas por empresas en todo el mundo y han contribuido a mejorar la calidad de vida y el bienestar económico.

Edward Deming fue un líder visionario en el campo de la calidad y la gestión empresarial. Su trabajo ha trascendido en el tiempo con el concepto de la mejora de la calidad alrededor de todo el mundo, y sus ideas y técnicas siguen siendo relevantes hoy en día.

3.1.2 Joseph Juran

Es uno de los pioneros de la gestión de la calidad y ha tenido una gran influencia en el campo de la calidad. Juran es conocido por su trabajo en la mejora de la calidad y la gestión empresarial. Uno de sus principales enfoques fue la gestión de la calidad total (TQM), que se centraba en la mejora continua de la calidad y la satisfacción del cliente. Juran desarrolló la idea de que la calidad era una responsabilidad de todos los empleados de una organización y no solo del departamento de control de calidad (Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 45-47).

Juran también fue pionero en la aplicación de técnicas estadísticas para la mejora de la calidad. Desarrolló el concepto de control de calidad estadístico (SQC), que utiliza herramientas estadísticas para controlar y mejorar los procesos. Juran creía que la mejora de la calidad no era solo una cuestión de corregir problemas, sino que también debía involucrar la prevención de problemas.

Además, Juran fue uno de los primeros en abogar por la mejora de la calidad a nivel mundial. Creía que la calidad era una herramienta importante para la competencia global y abogó por la cooperación internacional en la mejora de la calidad.

Juran también fue un prolífico escritor y autor de varios libros sobre calidad. Su libro "Manual de Control de Calidad" es una obra clásica en el campo de la calidad y sigue siendo una referencia importante para los profesionales de la calidad en todo el mundo.

Joseph Juran es un pionero en el campo de la gestión de la calidad que ha tenido una gran influencia en la mejora de la calidad en todo el mundo. Su trabajo en la gestión de la calidad total y la aplicación de técnicas estadísticas para la mejora de los procesos ha sido fundamental para la mejora de la calidad en muchas empresas. Además, su enfoque en la prevención de problemas y su defensa de la mejora de la calidad a nivel mundial lo convierten en una figura importante en la historia de la calidad y la gestión empresarial.

3.1.3 Kaoru Ishikawa

Ishikawa fue un ingeniero y experto en calidad japonés que hizo importantes contribuciones al campo de la calidad, tanto en Japón como a nivel internacional. Kaoru Ishikawa es conocido por su enfoque en la mejora de la calidad a través de la colaboración de los empleados y la aplicación de técnicas estadísticas y de gestión de calidad. En particular, fue un defensor de la herramienta de mejora de la calidad conocida como "Diagrama de Ishikawa", también conocido como "Diagrama de Espina de Pescado" o "Diagrama de Causa y Efecto".

Este diagrama es una herramienta visual que se utiliza para identificar y analizar las posibles causas de un problema en un proceso o producto. El diagrama se divide en categorías de causas, como "Personas", "Procesos" o "Materiales", y las posibles causas se registran en las espinas del diagrama. Luego, se analizan las posibles causas y se identifica la causa raíz del problema, lo que permite tomar medidas correctivas para resolver el problema y prevenir su recurrencia (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 48).

Además, Ishikawa desarrolló el enfoque de la "Calidad Total", que se centra en la mejora continua de la calidad en todos los aspectos de la empresa, incluyendo la gestión, la producción, el diseño y la satisfacción del cliente. Este enfoque fue fundamental para la mejora de la calidad en muchas empresas japonesas y se convirtió en un modelo para la calidad en todo el mundo.

Ishikawa también fue un defensor de la formación y la educación en calidad. Desarrolló el concepto de los "Círculos de Control de Calidad", que eran grupos de empleados de la empresa que trabajaban juntos para identificar y resolver problemas de calidad en el proceso de producción. Estos círculos fueron fundamentales para la mejora de la calidad en muchas empresas japonesas y se convirtieron en un modelo para la cooperación de los empleados en la mejora de la calidad en todo el mundo.

Kaoru Ishikawa fue un ingeniero y experto en calidad japonés que hizo importantes contribuciones al campo de la calidad. Su enfoque en la mejora de la calidad a través de la activa participación de todos los colaboradores, la aplicación de técnicas estadísticas y la formación en calidad, y su desarrollo del Diagrama de Ishikawa y los Círculos de Control de Calidad, lo convierten en una figura clave en la historia de la calidad y la gestión empresarial.

3.1.4 Armand V. Feigenbaum

Armand V. Feigenbaum un experto en calidad estadounidense que fue fundamental en el desarrollo del concepto de "Control Total de Calidad" (Total Quality Control o TQC) y en la promoción de la calidad como una estrategia de negocio clave (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 49).

Feigenbaum se graduó en ingeniería mecánica en la Universidad de Massachusetts en 1944 y comenzó su carrera en General Electric (GE), donde trabajó en la mejora de la calidad. Durante su tiempo en GE, Feigenbaum desarrolló su filosofía de TQC, que se centra en la mejora continua de la calidad de los productos y servicios mediante la participación de todos los empleados de la empresa en todos los niveles. Esta filosofía

se basa en la idea de que la calidad no es solo responsabilidad de un departamento o de un grupo de personas, sino que debe ser una preocupación y responsabilidad de todos.

Feigenbaum también acuñó el término "Costo de la Calidad", que se refiere a los costos asociados con la prevención de defectos, la evaluación de la calidad, el fracaso en la producción y la pérdida de clientes debido a la mala calidad. Este enfoque permitió a las empresas comprender la importancia de la calidad y cómo invertir en la prevención de defectos puede ahorrar costos en el largo plazo (Gutiérrez Pulido, 2010, pág. 49).

En 1961, Feigenbaum fundó su propia consultora de gestión, la firma de consultoría General Systems Company, que se especializó en la mejora de la calidad y la implementación del TQC en empresas de todo el mundo. Además, en 1983 publicó su libro "Control Total de la Calidad", en el que detalla su filosofía de TQC y su enfoque en la mejora continua de la calidad.

Armand Feigenbaum fue un experto en calidad estadounidense que desarrolló el concepto de "Control Total de Calidad" y fue fundamental en la promoción de la calidad como una estrategia de negocio clave. Su filosofía de TQC, que se centra en la mejora continua de la calidad a través de la participación de todos los empleados de la empresa, y su enfoque en el "Costo de la Calidad" permitieron a las empresas comprender la importancia de la calidad y cómo invertir en la prevención de defectos puede ahorrar costos en el largo plazo.

3.1.5 Shigeru Mizuno

Es un experto japonés en calidad que ha hecho importantes contribuciones al desarrollo y promoción de la filosofía de calidad japonesa conocida como "administración de calidad total" (Total Quality Management o TQM) (Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 13-15).

Mizuno se graduó en ingeniería mecánica en la Universidad de Tokio en 1951 y comenzó su carrera en la compañía Hitachi. A lo largo de su carrera, Mizuno ha desempeñado un

papel importante en el desarrollo y la promoción de la filosofía de la calidad en Japón y en todo el mundo.

Una de las principales contribuciones de Mizuno es su enfoque en el "Despliegue de la función de calidad" (Quality Function Deployment o QFD), un proceso que se utiliza para garantizar que los productos o servicios cumplan con las necesidades y expectativas del cliente. El QFD se utiliza para traducir las necesidades del cliente en requisitos específicos del producto y a su vez, en las características del diseño y del proceso necesarias para cumplir con esos requisitos.

Según Mizuno, la eliminación de errores, accidentes, retrasos, defectos y residuos en una empresa es posible a través de la mejora continua y la implicación de todos los empleados. Creía que el logro de "los cinco ceros" era un objetivo realista para cualquier organización y que podía lograrse mediante la educación, la formación y la mejora continua de los procesos.

Además, Mizuno ha sido un defensor clave de la educación y formación en calidad en Japón y en todo el mundo. En 1974, Mizuno fundó el "Instituto de Administración de Calidad Total" (Institute of Total Quality Management) en Japón, que proporciona educación y formación en calidad a través de programas de capacitación, conferencias y publicaciones.

3.1.6 Genichi Taguchi

Taguchi fue un ingeniero japonés que hizo importantes contribuciones al campo de la calidad. Sus aportes se centran en la metodología Taguchi, que es un enfoque sistemático para mejorar la calidad del producto y reducir la variación del proceso. A continuación, se detallan algunos de los principales aportes de Taguchi a la calidad (Gutiérrez Pulido, 2010, págs. 13-15):

- **Diseño robusto:** Taguchi propuso que la calidad del producto se puede mejorar mediante el diseño de un producto "robusto". Un producto robusto es aquel que es

resistente a las variaciones en el proceso y en las condiciones de uso. Para lograr esto, Taguchi desarrolló técnicas para identificar las variables críticas del proceso y para optimizar el diseño del producto.

- **Función de pérdida:** Taguchi introdujo la función de pérdida, que es una forma de medir el costo de la variación en el proceso. La función de pérdida se utiliza para determinar la calidad óptima de un producto en términos de las especificaciones del cliente y el costo de la variación del proceso.
- **Análisis de varianza:** Taguchi desarrolló una técnica estadística llamada análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la importancia de cada variable del proceso en la variación del producto. El ANOVA permite identificar las variables más críticas del proceso y optimizar su control para mejorar la calidad del producto..
- **Método de Taguchi:** El método de Taguchi es una metodología sistemática para el diseño y optimización de productos y procesos. El método de Taguchi se centra en la reducción de la variación del proceso y en la mejora de la calidad del producto a través del diseño robusto y la optimización de las variables críticas del proceso.

Estas técnicas son ampliamente utilizadas en la industria para mejorar la calidad del producto y reducir la variación del proceso.

3.2 Control de calidad

El Control de Calidad es una práctica fundamental para asegurar que los productos fabricados en la organización cumplan con los más altos niveles de calidad y confiabilidad, que permitan mejorar la satisfacción del cliente, reducir los costos de producción, aumentar la eficiencia la productividad y mantener la competitividad en el mercado (Ishikawa Kaoru, 1997, pág. 16).

3.2.1 Control

Control se refiere al proceso empleado para cumplir con los estándares de manera consistente. El proceso de control implica observar el desempeño actual, compararlo con algún estándar y luego tomar medidas si el desempeño observado es significativamente diferente al estándar.

El control supone una secuencia universal de pasos como la siguiente:

1. Elegir el evento de control, es decir, seleccionar lo que se intenta regular.
2. Establecer una medición.
3. Establecer estándares de desempeño: objetivos del producto y del proceso.
4. Medir el desempeño real.
5. Comparar con los estándares el desempeño real medido.
6. Actuar en relación con la diferencia.

3.2.2 Control de calidad

El control de calidad es un proceso que se utiliza para asegurar que los productos o servicios cumplan con los estándares de calidad establecidos. Es una parte importante de la gestión de la calidad y se utiliza para garantizar que los productos o servicios sean confiables, seguros y satisfagan las necesidades del cliente (López Lemos, 2016, pág. 18).

El control de calidad es empleador para mantener un nivel específico de calidad de un producto o servicio. Para tal fin, se suelen emplear controles estadísticos, consistentes en comparar un resultado de un proceso contra un estándar definido. En este sentido, se debe mencionar la capacidad de proceso que es la forma de forma producir unidades con especificaciones requeridas. (López, 2019, pág. 6)

3.2.3 Características de calidad

3.2.3.a. Variables y atributos. Variables, son las características que pueden ser medidas y expresadas en una escala numérica, las mismas que son muy importantes debido a que mantienen estable las condiciones del proceso y de esta manera poder lograr un producto final confortable. (López, 2019, pág. 7)

Atributos, son las cualidades o características propias de una cosa, que se pueden medir y también son expresadas en una escala numérica. Además, un atributo puede ser clasificado como una conformidad o inconformidad, de acuerdo con lo establecido en los requisitos de las especificaciones. (López, 2019, pág. 7)

3.2.3.b. Estándar y Especificación. Una especificación es un conjunto de condiciones que se imponen a un bien o servicio, que cumplan con los objetivos planteados. También, es un grupo de requerimientos de aplicación específica y limitada. Y un estándar, es un conjunto de requisitos que se precisan al elaborar un bien o servicio para satisfacer mediante: un material, producto, proceso. (Zurita, 2008, págs. 2-4).

3.2.3.c. Defecto o Inconformidad. Defecto es una característica de calidad que ocurre cuando un producto, luego de ser elaborado con los estándares o especificaciones necesarias, no cumple con lo requerido por el consumidor. Lo que hace que el producto no sea capaz de cumplir los estándares o no pueda ser usado como se requiere. (Zurita, 2008, págs. 1-2)

3.2.3.d. Medición. La medición de la calidad es básica para el proceso de control de calidad: Lo que se hace, se mide. La medición es básica para los tres procesos operacionales de calidad y para la administración estratégica: para el control de calidad, la medición proporciona retroalimentación y advertencia tempranas a los problemas; para la planeación operacional de calidad, la medición cuantifica las necesidades de los clientes y las capacidades del producto y del proceso; para la mejora de la calidad, la medición puede motivar a las personas, ordenar por prioridades las oportunidades de mejora y ayudar en el diagnóstico de las causas y para la administración estratégica de

la calidad, la medición proporciona entradas para establecer los objetivos y después aportar los datos para la revisión del desempeño.

El control de calidad implica la medición y el monitoreo constante de los productos o servicios para detectar cualquier problema o defecto en su calidad. Esto puede implicar la inspección visual, pruebas físicas o químicas, análisis estadísticos y otros métodos de evaluación (Instituto de Normas Técnicas y Certificación, Icontec, 2007, págs. 16-18). Si se detectan problemas, se toman medidas correctivas para resolverlos y prevenir futuros problemas similares.

El control de calidad también puede incluir la identificación de áreas de mejora y la implementación de medidas preventivas para evitar problemas en el futuro. Estas medidas pueden incluir la capacitación y el desarrollo de los empleados, la revisión y actualización de los procesos de producción o servicio, y la implementación de nuevos sistemas o tecnologías.

El control de calidad es un proceso importante en la gestión de la calidad que se utiliza para garantizar que los productos o servicios cumplan con los estándares de calidad establecidos. Implica la medición y el monitoreo constante de los productos o servicios, la detección de problemas o defectos en su calidad, y la implementación de medidas correctivas y preventivas para mejorar la calidad en el futuro.

3.2.4 Definición del proceso y productos

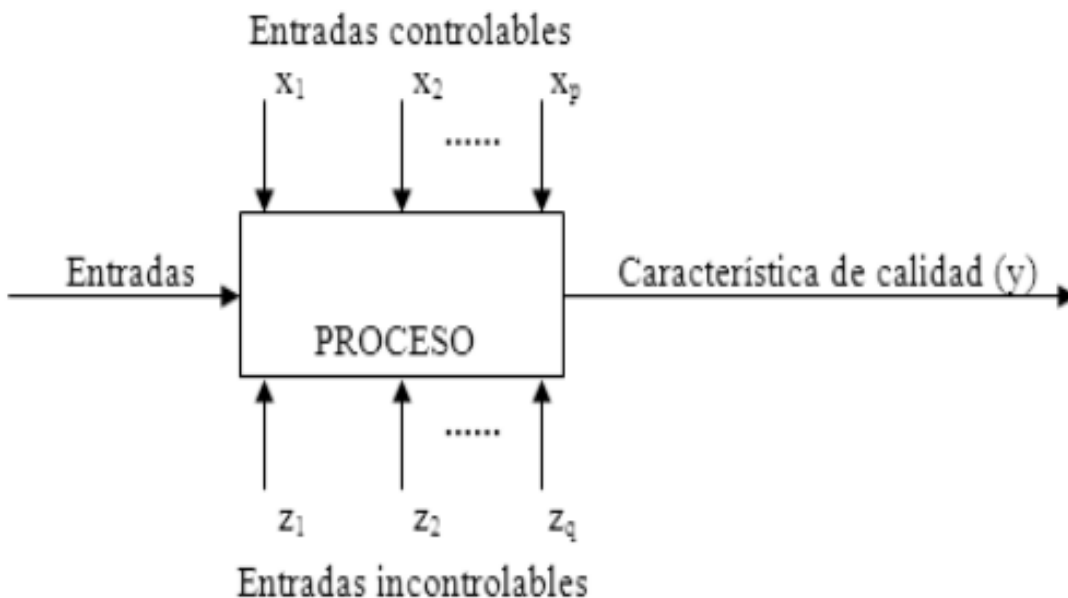
En el cumplimiento del propósito del presente trabajo, se busca optimizar el proceso de producción de los productos de inyección de ECSI S.A.S., para cual se deben definir claramente los procesos y productos existentes, identificando las áreas específicas que requieren mejoras (Louffat, 2017, págs. 3-5). Esto ayuda a enfocar los esfuerzos de mejora en los puntos críticos y prioritarios, en lugar de abordar de manera genérica todo el sistema, por lo cual es importante reconocer los conceptos enmarcados dentro de los procesos y productos en la línea de producción.

3.2.4.a. Proceso. Se denomina proceso a un conjunto de actividades y recursos interrelacionados, que transforman elementos de entrada en elementos de salida (ver Figura 1.). Generan un valor agregado para el cliente o usuario final, dando como resultado la satisfacción del cliente. (Instituto de Normas Técnicas y Certificación, Icontec, 2015, pág. 14)

Un proceso de producción se puede determinar como un conjunto de entradas y salidas, según (Pérez, 2016, págs. 1-2):

Figura 2.

Ilustración de un proceso



Nota. La imagen representa el esquema un proceso. Tomado de Pérez (2016) Pág 2. Control De Calidad Técnicas y Herramientas. Madrid: Alga Omega RC Libros.

3.2.5 Plan de calidad

Un Plan de Calidad es un documento o conjunto de documentos que detalla la estrategia y las acciones que una organización llevará a cabo para garantizar la calidad en un proyecto, producto o proceso específico, para este caso: producto. Su objetivo principal es establecer cómo se cumplirán los estándares de calidad y cómo se gestionarán los aspectos relacionados con la calidad durante todas las etapas de un proyecto o en la producción de un producto o servicio (Taquer, 2004, págs. 48-51).

El Plan de Calidad puede incluir, entre otros, los siguientes elementos:

- **Objetivos de calidad:** En ellos se debe definir los objetivos específicos que se deben alcanzar en términos de calidad. Estos objetivos pueden incluir la satisfacción del cliente, la conformidad normativa o estándares específicos, la reducción de defectos, etc.
- **Procedimientos y estándares:** Aquí se especifican los procedimientos y estándares que se seguirán para garantizar la calidad, incluyendo las normas de control de calidad, las especificaciones técnicas y los métodos de análisis y pruebas.
- **Responsabilidades:** Debe estar claramente definido quiénes son responsables de la gestión y el control de la calidad en cada etapa del proyecto o proceso. Esto puede incluir roles como el director de calidad, supervisores de producción, analistas de control de calidad, Gerente de Planta, etc.
- **Recursos:** Se deben describir los recursos necesarios para implementar el plan, como personal capacitado, equipos de inspección, laboratorios de pruebas, etc.
- **Calendario:** En algunos casos, el Plan de Calidad requiere establecer un cronograma detallado que muestra cuándo se llevarán a cabo las actividades de control de calidad a lo largo del proyecto o proceso, para el caso del presente trabajo, se entenderá como frecuencia, para cada variable de control del producto.
- **Métodos de seguimiento y control:** Allí se describa cómo se recopilarán y analizarán los datos de calidad, cómo se identificarán y gestionarán los problemas de calidad, y cómo se tomarán medidas correctivas si es necesario.

La finalidad de un Plan de Calidad es asegurar de que los productos o servicios cumplan con los estándares / requisitos de calidad requeridos y, en última instancia, satisfagan las expectativas de los clientes. También ayuda a prevenir problemas de calidad, reducir desperdicios y costos de corrección, y mejorar la eficiencia y la eficacia de los procesos de producción o desarrollo de proyectos.

Es una herramienta esencial para garantizar la excelencia y la consistencia en la entrega de productos y servicios de alta calidad.

3.3 Herramientas de Control de Calidad

Las herramientas de control de calidad son técnicas estadísticas necesarias para la detección, análisis, solución e implantación de problemas y mejoramiento continuo de los procesos de cualquier organización (Albert Prat Bartés, 1997, pág. 25).

Estas herramientas son técnicas que proporcionan una metodología práctica y sencilla, de solución efectiva de los problemas encontrados; con el fin de establecer controles, determinando el mejoramiento continuo de las operaciones. Algunas de las herramientas usadas en el presente trabajo son:

- Diagrama de flujo
- Diagrama de Pareto
- Histograma
- Diagrama causa efecto
- Gráficos de control

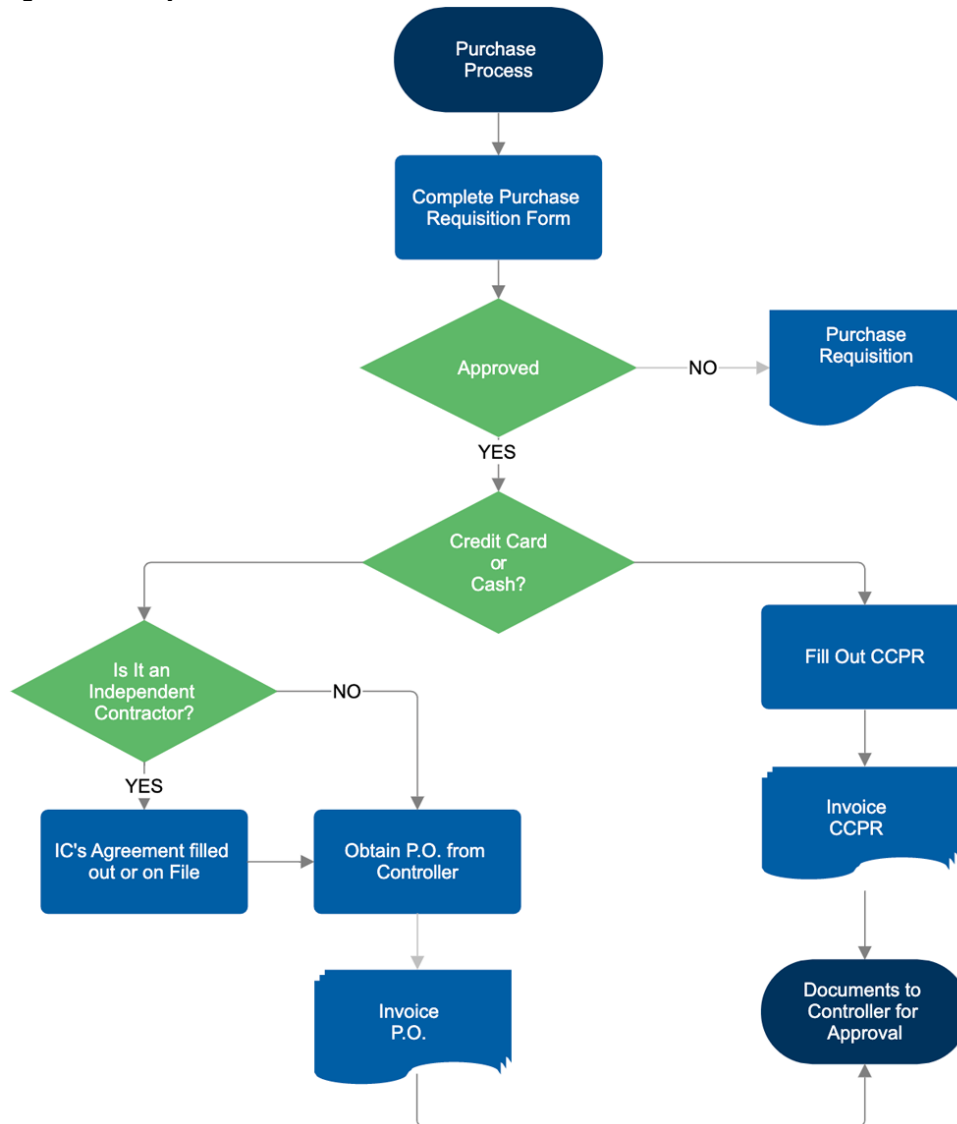
3.3.1 *Diagrama de flujo*

Es una herramienta visual que representa gráficamente el flujo de un proceso o sistema. Consiste en una serie de símbolos estándar conectados por flechas para mostrar la secuencia de pasos o actividades necesarias para completar una tarea o alcanzar un objetivo específico.

Un diagrama de flujo se utiliza como una herramienta de calidad para varias finalidades:

Figura 3

Diagrama de flujo



Nota. La figura presenta un diagrama de flujo con todos elementos. Tomado de: Smartdraw, La Elección Fácil para Crear Diagramas de Flujo en Línea <https://www.smartdraw.com/flowchart/diagramas-de-flujo.htm>

- Análisis y comprensión de procesos: Un diagrama de flujo permite visualizar y comprender de manera clara y concisa cómo funciona un proceso. Proporciona una visión general de las etapas involucradas, las decisiones tomadas, las acciones realizadas y los posibles resultados.

- Identificación de mejoras y problemas: Al mapear un proceso en un diagrama de flujo, es más fácil identificar ineficiencias, cuellos de botella, retrasos o actividades innecesarias. Esto permite identificar áreas problemáticas y oportunidades de mejora.
- Estandarización de procesos: El diagrama de flujo también se utiliza para establecer estándares y procedimientos claros para realizar una tarea o actividad de manera consistente. Esto ayuda a garantizar la calidad y la uniformidad en la ejecución del proceso.
- Comunicación y colaboración: El diagrama de flujo es una herramienta de comunicación efectiva para transmitir información sobre un proceso o sistema a otras personas involucradas. Permite compartir conocimientos y promover la colaboración entre diferentes departamentos o equipos.
- Capacitación y formación: El diagrama de flujo puede ser utilizado como material de capacitación para enseñar a los empleados cómo realizar un proceso específico. La representación visual facilita el aprendizaje y la retención de información.

3.3.2 Diagrama de Pareto

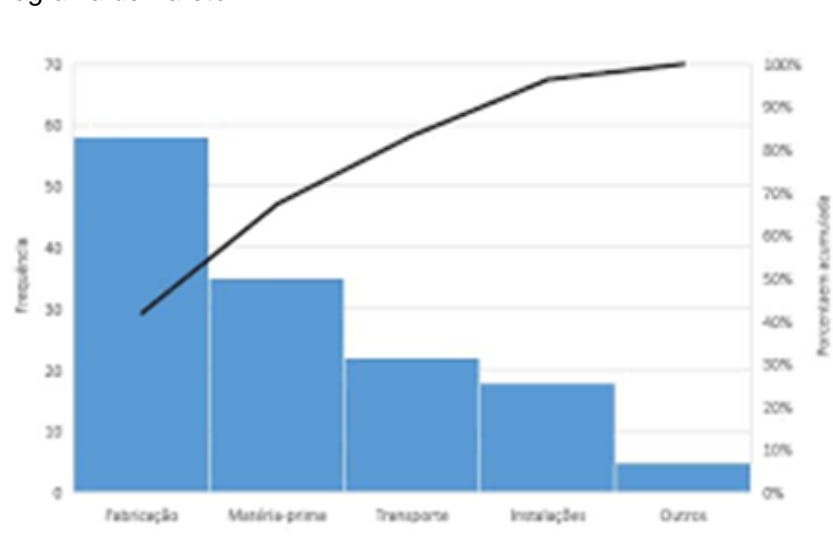
El diagrama de Pareto se emplea para establecer y dar prioridad a los problemas o causas más significativas que contribuyen a un resultado no deseado. También se conoce como "principio del 80/20".

El diagrama de Pareto se basa en el principio propuesto por el economista italiano Vilfredo Pareto, quien observó que aproximadamente el 80% de los resultados provienen del 20% de las causas.

Esta idea se ha aplicado en diversos campos, incluyendo la calidad y gestión empresarial.

Figura 4

Diagrama de Pareto



Nota. La figura corresponde a un diagrama de Pareto. Tomado de: Tueconomía, Inversiones – Diagrama de Pareto. <https://tueconomia.net/inversiones/diagrama-de-pareto/>

El proceso de creación de un diagrama de Pareto implica los siguientes pasos:

- Recopilación de datos: Se recolectan datos sobre los diferentes problemas o causas que se están analizando. Estos datos pueden provenir de registros, informes, encuestas, etc.
- Clasificación de los datos: Los datos se clasifican en categorías o grupos relacionados. Por ejemplo, si se está analizando el rendimiento de un producto, las categorías pueden ser defectos, demoras, errores, etc.
- Cuantificación de la frecuencia o impacto: Se determina la frecuencia o el impacto de cada categoría en función de la cantidad de veces que ocurren o de la magnitud de su influencia en el resultado.
- Ordenamiento de las categorías: Las categorías se ordenan en orden descendente, desde la más significativa hasta la menos significativa, según su frecuencia o impacto.

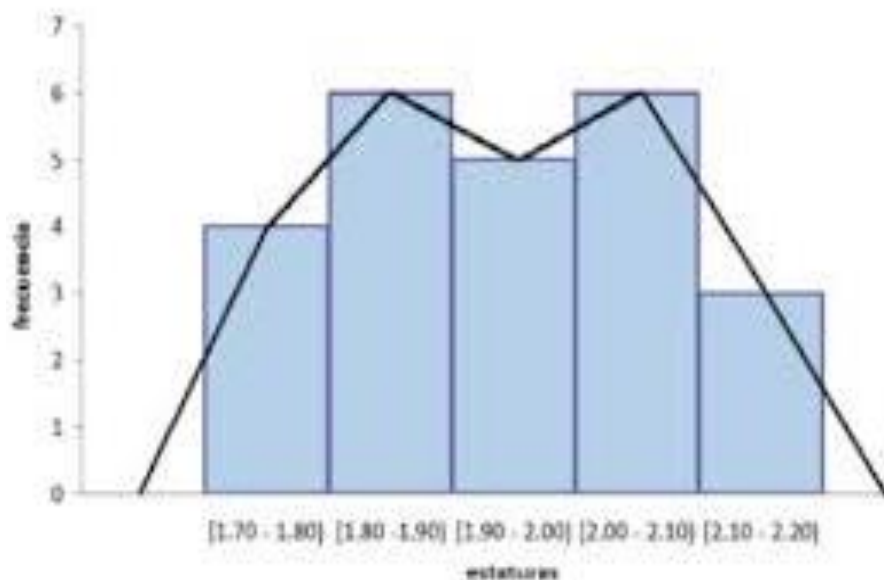
- Creación del gráfico: Se representa gráficamente el diagrama de Pareto utilizando un gráfico de barras. En el eje vertical se muestra la frecuencia o el impacto, y en el eje horizontal se enumeran las categorías. Se agrega una línea acumulativa que muestra el porcentaje acumulado de cada categoría.

El diagrama de Pareto es útil porque permite identificar y visualizar las causas principales que generan la mayoría de los problemas o resultados no deseados. Esto ayuda a tomar decisiones informadas sobre dónde enfocar los esfuerzos de mejora y asignar los recursos de manera más efectiva. Al abordar las causas principales, se puede lograr un impacto significativo en la calidad y la eficiencia de un proceso o sistema.

3.3.3 Histograma de frecuencias

Figura 5

Histograma de frecuencias



Nota. El gráfico presenta un histograma de frecuencias. Tomado de: Ceibal el centro de innovación educativa con tecnologías digitales de Uruguay, Estadística ¿Qué es? Histograma y polígono de frecuencia. https://rea.ceibal.edu.uy/elp/estadistica-que-es/histograma_y_polgono_de_frecuencia.html

Un histograma de frecuencias es una representación gráfica que muestra la distribución de frecuencias de un conjunto de datos. Es una herramienta estadística que se utiliza para visualizar y comprender la distribución de valores dentro de un conjunto de datos.

En un histograma, el eje horizontal representa las diferentes categorías o rangos de valores, y el eje vertical muestra la frecuencia con la que ocurren esos valores en el conjunto de datos. Las barras del histograma representan visualmente la cantidad o proporción de observaciones en cada categoría.

El histograma de frecuencias se utiliza en calidad con el fin de:

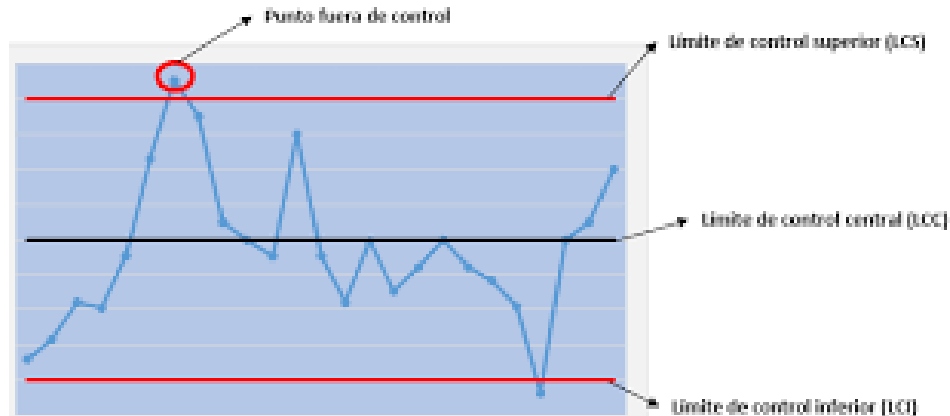
- **Analizar la variabilidad:** Permite comprender la variabilidad de los datos y cómo se distribuyen dentro de un proceso. Esto es especialmente útil para identificar desviaciones o comportamientos anómalos que pueden afectar la calidad del producto o servicio.
- **Identificar patrones y tendencias:** El histograma puede mostrar si los datos siguen una distribución normal, sesgada, bimodal u otra forma específica. Esto puede indicar la presencia de patrones o tendencias en los datos que deben tenerse en cuenta al analizar la calidad del proceso.
- **Evaluar la capacidad del proceso:** Al analizar un histograma, es posible determinar si el proceso está dentro de los límites aceptables. Esto implica evaluar si la distribución de los datos se encuentra dentro de las especificaciones requeridas y si hay una variabilidad excesiva que pueda afectar la calidad.
- **Tomar decisiones basadas en datos:** El histograma proporciona una representación visual clara de la distribución de los datos, lo que facilita la toma de decisiones basadas en datos. Permite identificar áreas problemáticas y priorizar acciones de mejora para alcanzar los objetivos de calidad.

Es importante destacar que el histograma de frecuencias es una herramienta exploratoria y descriptiva que proporciona información valiosa para el análisis de calidad. Sin embargo, no ofrece conclusiones estadísticas definitivas, por lo que puede requerir análisis complementarios para una evaluación más completa del proceso.

3.3.4 Diagrama o Gráficos de control

Figura 6

Diagrama o gráficos de control



Nota. El grafico presenta un gráfico de control con sus límites y datos por fuera de los mismos. Tomado de Ingeniero – Empresa, Mejoramiento de Procesos – Carta de Control: Cómo hacer un gráfico de control: Ejemplo resuelto en calidad. <https://www.ingenioempresa.com/grafico-de-control/>

También son conocidos como carta de control, es una herramienta estadística utilizada en calidad para monitorear y controlar un proceso en el tiempo. Su objetivo principal es determinar si un proceso está bajo control estadístico o si presenta variaciones que indican la presencia de causas especiales.

Un diagrama de control consta de dos componentes principales:

- Líneas de control: Estas líneas representan los límites estadísticos que se utilizan para determinar si el proceso se encuentra dentro de un estado de control estable. Por lo general, se dibujan límites superior e inferior, que se derivan del análisis estadístico de los datos históricos del proceso.
- Puntos de datos: Los puntos de datos se representan en el gráfico de control y corresponden a las mediciones o muestras tomadas del proceso en momentos específicos. Cada punto se traza en el gráfico y se compara con los límites de control establecidos.

El uso de un diagrama de control en calidad es fundamental por las siguientes razones:

- **Monitoreo de procesos:** El gráfico de control permite monitorear y seguir de cerca el desempeño del proceso a lo largo del tiempo. Permite detectar de manera temprana cualquier cambio o desviación significativa que pueda afectar la calidad del proceso.
- **Detección de causas especiales:** El gráfico de control proporciona una señal visual clara para identificar si un punto de datos cae fuera de los límites de control establecidos. Esto indica la presencia de una causa especial que puede requerir una investigación y acción inmediata para corregir el problema.
- **Evaluación de la estabilidad del proceso:** El gráfico de control ayuda a determinar si un proceso se encuentra en un estado de control estadístico estable o si muestra una variabilidad inusual. Esto es esencial para garantizar la consistencia y la calidad del proceso a lo largo del tiempo.
- **Mejora continua:** Al analizar los datos del gráfico de control, se pueden identificar patrones, tendencias o fluctuaciones que sugieren áreas de mejora. Esto brinda oportunidades para implementar cambios y optimizar el proceso con el objetivo de lograr una mayor calidad y eficiencia.

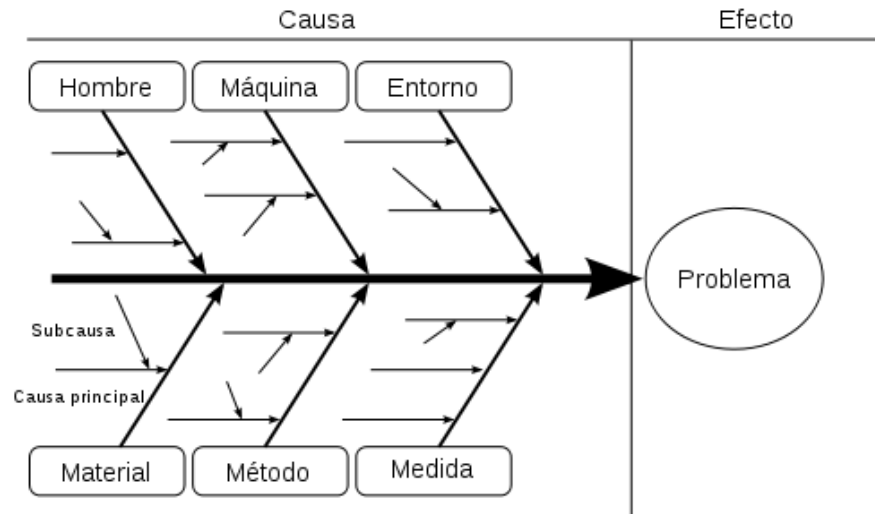
Los diagramas o gráficos de control se considera una herramienta fundamental en calidad para monitorear, controlar y mejorar los procesos. Permite identificar variaciones y desviaciones significativas, tomar medidas correctivas y mantener la estabilidad y la calidad del proceso a largo plazo.

3.3.5 Diagrama causa – efecto

Es también conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, es una herramienta visual utilizada para identificar y visualizar las posibles causas de un problema o efecto particular. Fue desarrollada por el estadístico japonés Kaoru Ishikawa y se utiliza comúnmente en el ámbito de la calidad y la resolución de problemas.

Figura 7.

Diagrama de ISHUKAWA



Nota. La figura representa el Diagrama de Ishikawa con la ubicación de la causa y la subcausa. Tomado de Progressa Lean, Blog – Metodología, Técnicas Lean: Diagrama Causa – Efecto (Diagrama Ishikawa) <https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>

El diagrama causa-efecto tiene la forma de una espina de pescado, donde la "columna vertebral" representa el problema o efecto que se desea analizar y las "espinas" representan las diferentes categorías de causas potenciales. Las categorías de causas comunes utilizadas en el diagrama son las denominadas "5M":

- **Método:** Se refiere a los métodos o procesos utilizados para realizar una tarea o alcanzar un objetivo. Incluye aspectos como procedimientos, instrucciones, normas, etc.
- **Mano de obra (Manpower):** Se relaciona con el personal involucrado en el proceso, incluyendo habilidades, conocimientos, capacitación y experiencia.
- **Materiales (Materials):** Se refiere a los materiales, insumos o recursos utilizados en el proceso, como materias primas, suministros, herramientas, etc.

- Máquinas (Machinery): Se refiere a los equipos, herramientas o maquinaria utilizados en el proceso. Esto incluye aspectos como el estado de los equipos, mantenimiento, calibración, etc.
- Medio ambiente (Environment): Se refiere a las condiciones ambientales o contextuales en las que se realiza el proceso, como temperatura, humedad, iluminación, entre otros.

Para crear un diagrama causa-efecto, se sigue generalmente el siguiente proceso:

- Definir claramente el problema o efecto que se desea analizar y escribirlo en la columna vertebral del diagrama.
- Identificar las categorías de causas relevantes para el problema y dibujar las "espinas" que representan estas categorías.
- Realizar una lluvia de ideas o un análisis exhaustivo para identificar las posibles causas dentro de cada categoría y escribirlas como ramas o sub-espinas que se extienden desde las espinas correspondientes.
- Analizar y evaluar las causas identificadas, utilizando técnicas como el análisis de Pareto, para determinar las causas más significativas o relevantes.

El diagrama causa-efecto es útil porque ayuda a organizar y visualizar las posibles causas de un problema de manera estructurada, lo que facilita el análisis y la búsqueda de soluciones. También fomenta la participación y el trabajo en equipo, ya que diferentes personas pueden contribuir con ideas y conocimientos sobre las posibles causas.

Al identificar las causas potenciales, se pueden tomar medidas correctivas específicas y abordar las raíces del problema para mejorar la calidad y eficiencia del proceso.

4 MARCO INSTITUCIONAL

La Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI S.A.S-, es una de las compañías líderes en plásticos en Colombia su vocación es la calidad, sostenibilidad, servicio al cliente y un ambiente de trabajo seguro y saludable. Está localizada en la ciudad de Bogotá D.C. y en Itagüí (Antioquia), fue fundada el 21 de diciembre de 1992 con la filosofía de lograr liderazgo basado en la calidad integral y valor agregado a quienes nos depositan su confianza. Su función primordial es la producción, venta y comercialización de artículos de plástico. (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023, pág. 4)

ECSI S.A.S procesa alrededor de 10.219 toneladas/año de resinas plásticas, principalmente PEAD, seguido de PEBD, PP, PET y PS. Genera alrededor de 704 empleos directos de los cuales el 70% son mujeres (en su gran mayoría cabeza de hogar) y 30% hombres:

- Administrativos: 46
- Mano de obra directa: 397
- Mano de obra indirecta: 218
- Ventas: 43

Para el proceso a analizar,

- Inyección de ECSI – Planta 4, son alrededor de:
- Mano de obra directa: 78
- Mano de Obra indirecta: 15

ECSI S.A.S, cuenta con tecnología en la transformación de plástico. En la línea de inyección labora con 34 máquinas y tiene una capacidad mínima de producción de 0,5 gramos y máximo de 4,8 kilogramos. La línea de soplado cuenta con 30 máquinas y tiene una capacidad mínima de producción de 60 centímetros cúbicos y máxima de 20 litros.

La línea de PET cuenta con 2 inyectoras, 2 inyectoras, 6 sopladoras manuales y automáticas, la capacidad es de 250 a 6000 centímetros cúbicos. (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023, pág. 4)

ECSI S.A.S posee una línea de impresión de serigrafía para envases y offset para cuñetes y un sistema de etiquetado termoencogible.

ECSI S.A.S en la línea de encartonado cuenta con máquinas troqueladoras para la colocación de lanners en las tapas y tres ensambladoras para válvula y tapa doypack.

ECSI S.A.S vende productos en Colombia, Centroamérica y Sudamérica. Exporta principalmente a: El Salvador, Panamá, Ecuador, Perú, Costa Rica y República Dominicana. Es proveedor de grandes empresas del sector alimenticio, petrolero, productos de aseo, químicos y comerciales.

Los productos principales son:

- Envases plásticos rígidos
- Envases en PET
- Tapas plásticas,
- Canastas
- Cuñetes
- Bidones y
- Otros productos plásticos.

ECSI S.A.S es miembro de ICONTEC, ANDI, Cámara del Comercio de Bogotá y Cámara de Comercio de Centroamérica y ha sido certificada por:

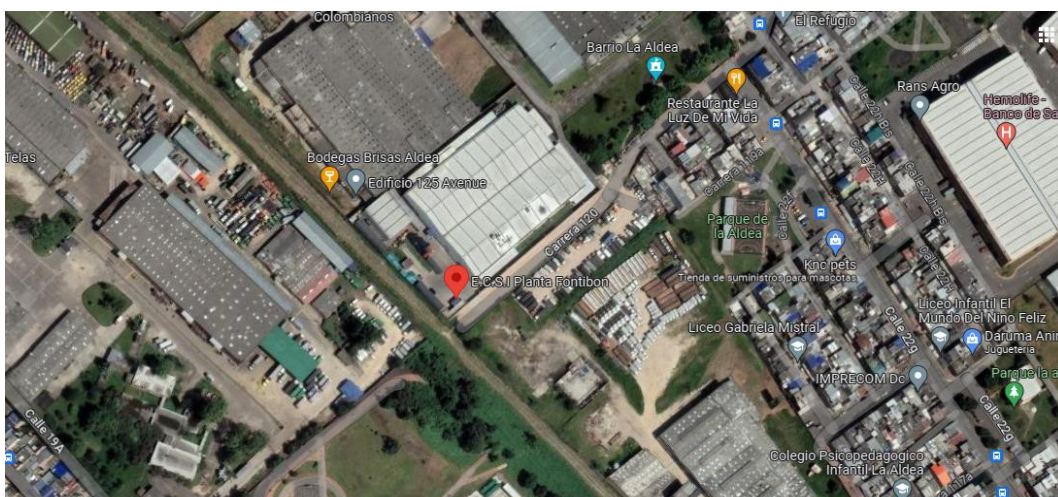
- ICONTEC, NTC ISO 9001/2015 (Desde noviembre 2012)
- COLGATE PALMOLIVE, Proveedor Certificado (2008)
- SGS SMETA, Responsabilidad Social Empresarial (Desde julio 2011)

- SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE DE BOGOTÁ DC, Programa de Excelencia Ambiental, Nivel PREAD (Desde noviembre 2014) (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023, pág. 6).

4.1 Ubicación

El proceso a analizar se encuentra ubicado en la planta 4 de ECSI S.A.S, localizada en la localidad de Fontibón, ciudad de Bogotá, Colombia.

Figura 8.
Ubicación Planta 4 – ECSI S.A.S.



Nota. Ubicación de la Planta 4 de ECSI S.A.S. en la localidad de Fontibón. Mayo 2023.
Tomado de Googlemaps. <https://www.google.com/maps/search/ecsi+fontibon/@4.6898861,-74.1541208,382m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>.

4.2 Misión

“Satisfacer las necesidades de nuestros clientes, aportando toda nuestra experiencia en ingeniería y desarrollo de moldes para Inyección y Soplado, ajustados a cada sector Productivo, con los más altos estándares de Calidad y aportando ahorros importantes en sus proyectos.” (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023, pág. 6)

4.3 Visión

“Constituirnos como la empresa líder del sector Plástico con la Tecnología más avanzada en Innovación y Desarrollo, generando el mejor servicio en producción, calidad y comercialización de artículos en Inyección y Soplado con reconocimiento nacional y con presencia internacional, logrando la excelencia Organizacional y contribuyendo a la conservación del medio ambiente”. (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023, pág. 6)

4.4 Política de calidad

ECSI S.A.S. desarrolla sus actividades con base en las siguientes siete directrices:

- 1) Servicio Al Cliente: Satisfacer las necesidades y expectativas de nuestros clientes internos y externos.*
- 2) Mejoramiento continuo.*
- 3) Factor Humano: Personas competentes para el desempeño de sus responsabilidades*
- 4) contribuyendo a su formación continua.*
- 5) Buenas Prácticas De Manufactura: Garantizar envases y materiales libres de contaminantes físicos, químicos y biológicos que pongan en riesgo la inocuidad de los alimentos en los que se usen.*
- 6) Medio Ambiente: Trabajar continuamente por minimizar los riesgos ambientales y dar cumplimiento a los requisitos legales aplicables.*
- 7) Elaborar Productos Inocuos: Minimizar y controlar los riesgos (físicos, químicos y*
- 8) microbiológicos), que afecten la inocuidad del producto durante el proceso de fabricación.*
- 9) Seguridad Industrial y Salud Ocupacional: Asegurar el bienestar físico de todos nuestros colaboradores, contratistas y visitantes, minimizando y controlando los riesgos relacionados con la Salud Ocupacional y la Seguridad Industrial.* (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023, pág. 8)

4.5 Objetivos de calidad

- I. Servicio Al Cliente: Suministrar a nuestros clientes externos e internos productos con calidad.*
- II. Mejoramiento Continuo: Mantener la eficacia del Sistema de Gestión de la Calidad.*
- III. Factor Humano: Elevar la competencia técnica del equipo de colaboradores de ECSI S.A.S.*
- IV. Utilización De Recursos: Mantener una producción eficiente.*
- V. Medio Ambiente: Manejo seguro de residuos.*
- VI. Elaborar Productos Inocuos: Producir productos inocuos.*
- VII. Seguridad Industrial y Salud Ocupacional: Controlar los riesgos relacionados con la Salud ocupacional y la Seguridad Industrial. (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-, 2023, pág. 8).*

4.6 Personal y cultura

El personal que labora en ECSI S.A.S. Mantiene una cultura que es consecuencia de la estructura vertical de la organización, en la que los subordinados siguen los valores y creencias de sus líderes los que generalmente tienden al trabajo en pro de la calidad y satisfacción del cliente y del entorno. (Empresa Colombiana de Soplado e Inyección - ECSI-, 2023, pág. 13).

4.7 Materia prima

Para la fabricación de los productos plásticos se utilizan las siguientes materias primas:

4.7.1 Polietileno de alta densidad

El polietileno de alta densidad es un polímero termoplástico formado por múltiples unidades de etileno. También es conocido por sus siglas en inglés (HDPE, o High Density Polyethylene) y en español (PEAD, o polietileno de alta densidad) (Envaselia, 2018). La rigidez y resistencia del polietileno son sus principales ventajas. Se trata de un material

resistente a los impactos, a la tracción y a las temperaturas altas y bajas. Su resistencia no solo es física, ya que no es atacado por los ácidos o el disolvente. Se trata de un material incoloro y casi opaco. Su facilidad para imprimir, pintar y pegar sobre él permite un amplio abanico de opciones de personalización. Se trata, además de un material muy fácil de procesar mediante métodos como Inyección, Soplado, Extrusión, o Rotomoldeo. El polietileno de alta densidad es un material reciclable, especialmente mediante reciclaje mecánico y térmico. Le corresponde el Código de Identificación Plástico 2 (Noralba Sierra. Clara E. Plazas. Luis F. Guillén, pág. 158). Las propiedades del polietileno de alta densidad HDPE/PEAD lo hacen idóneo para fabricar objetos tan variados como tuberías, garrafas de productos de limpieza, tapones de envases de todo tipo o productos de plástico.

4.7.2 Polietileno de baja densidad

El polietileno de baja densidad es un polímero termoplástico de la familia de los olefínicos, formado por múltiples unidades de etileno. También es frecuente verlo nombrar por sus siglas en español (PEBD, o polietileno de baja densidad) y en inglés (LDPE, o Low Density Polyethylene) (Envaselia, 2018).

La principal diferencia entre el polietileno de alta densidad y el polietileno de baja densidad es, precisamente, la densidad molecular de cada uno. Mientras que las moléculas del polietileno de alta densidad apenas presentan ramificaciones, el polietileno de baja densidad está formado por estructuras muy ramificadas, que le confieren una menor densidad.

Si bien el polietileno de alta densidad se caracterizaba por su gran rigidez y resistencia, el punto fuerte del polietileno de baja densidad es, sin duda, su flexibilidad. A ella se unen otras cualidades como una buena resistencia tanto al impacto como a altas temperaturas y a sustancias químicas.

Se trata de un material de color lechoso que, dependiendo de su espesor, puede llegar a ser casi transparente. Esto hace que sea difícil imprimir, pintar o pegar sobre él. En

cambio, es un material muy fácil de procesar mediante métodos como inyección o extrusión. Además, el polietileno de baja densidad PEBD/LDPE es un material reciclable. Se le asigna el Código de Identificación Plástico 4.

La flexibilidad que caracteriza al polietileno de baja densidad PEBD/LDPE lo convierte en un material ideal para la fabricación de bolsas y sacos de plástico (tanto de supermercado como de basura) así como para la elaboración de film transparente, tanto doméstico como industrial.

Es muy frecuente encontrar envases para el sector cosmético y el sector sanitario elaborados con polietileno de baja densidad PEBD/LDPE.

4.7.3 Polipropileno

El polipropileno, también denominado por las siglas PP, es uno de los materiales plásticos más utilizados, junto con el tereftalato de polietileno. Sus usos abarcan desde textiles y envases hasta dispositivos médicos, material de laboratorio o componentes automovilísticos (Envaselia, 2018).

El polipropileno, como su nombre indica, se obtiene a partir de la polimerización del propileno, un material que entra en la categoría de los termoplásticos. Entre las principales ventajas del polipropileno o PP destacan las siguientes:

- Gran resistencia mecánica, tanto al impacto como a la fatiga. Elevado punto de fusión (a alrededor de 160°C) que lo hace adecuado para trabajar con él a alta temperatura.
- Baja absorción de humedad, por lo que no se daña con el agua.
- Resistencia química, tanto a sustancias ácidas como alcalinas.
- Gran versatilidad, por lo que es compatible con la mayoría de las técnicas de procesamiento (lo que le da usos muy diversos). Ligereza, ya que es uno de los plásticos con menor densidad
- Buena relación coste/beneficio. Sirve como aislante eléctrico

- Dadas su versatilidad y su gran resistencia, el polipropileno o PP es un material que puede encontrarse en objetos de todo tipo. Estos son algunos de sus usos más frecuentes:
- Piezas y componentes para vehículos (especialmente parachoques y cajas de baterías).
- Láminas como el film.
- Componentes eléctricos y electrónicos (su aislamiento de la electricidad lo hace ideal para esta función).
- Envases y embalajes de alimentos, productos de cosmética y medicamentos (su resistencia a la fatiga lo hace idóneo para tapones de tipo bisagra).
- Materiales industriales.
- Textiles (como alfombras y tapetes) y cuerdas.

4.7.4 Poliestireno

El poliestireno es un plástico versátil usado para fabricar una amplia variedad de productos de consumo. Dado que es un plástico duro y sólido, se usa frecuentemente en productos que requieren transparencia, tales como envases de alimentos y equipos de laboratorio. Cuando se combina con varios colorantes, aditivos y otros plásticos, el poliestireno se usa para hacer electrodomésticos, electrónicos, repuestos automotrices, juguetes, macetas y equipamiento para jardines, entre otros (Chemicalsafetyfacts, 2022).

El número 6 y las siglas PS indican que se trata de poliestireno. PS (Poliestireno) Cristal es un polímero versátil para distintos sectores, es un plástico duro, sólido y con una buena resistencia al calor, se usa en productos que requieren transparencia, tales como envases, pequeñas ventanas o visores y equipos de laboratorio.

4.8 Máquinas

ECSI S.A.S. (Planta 4 – Fontibón Aldea, Bogotá) tiene actualmente 29 máquinas:

- | | | | |
|--------------------|----|-----------------|---|
| • Inyección | 19 | • Inyección PET | 3 |
| • Inyectosopladora | 2 | • Soplado PET | 5 |

Moldes: ECSI S.A.S. cuenta con 1080 moldes de Soplado y 237 moldes de Inyección, donde 1027 son propiedad de la empresa y la demás propiedad exclusiva de varios clientes.

4.9 Proceso de inyección

La técnica de inyección del plástico consiste en moldear un elemento gracias a un molde que aloja la pieza. Las resinas: PEAD, PEBD, PP, PS, PET, entre otros, se inyectan a presión al molde mediante una boquilla y se mantiene la presión constante mientras se enfría la pieza adquiriendo su forma final. Una vez finalizado este proceso: ciclo, con la apertura del molde se obtiene la pieza final (*Interempresas, 2021*). A continuación, se presenta una ilustración de la máquina utilizada en el proceso de inyección en ECSI S.A.S. (Planta 4 – Fontibón Aldea, Bogotá).

Figura 9. Inyectora

Inyectora



Nota. La fotografía presenta una de las maquinas inyectoras utilizadas en ECSI S.A.S. – Planta 4.

Para lograr fundir la resina o mezcla: proporción de Polímero + pigmento, antes de llenar el molde se debe seguir un complejo proceso de puesta a punto que debe estar en

completa coordinación con la inyección para controlar la temperatura, cantidad de material y tiempo (Chañi Castro, 2014, pág. 12) . Por esta razón, aunque el proceso de Inyección pueda parecer un proceso simple al ser el más utilizado en la actualidad, toda la transformación requiere de un exhaustivo control.

4.9.1 Moldes de inyección

En la transformación de las resinas plásticas a través del proceso de Inyección, los moldes son parte vital del mismo toda vez que dan la forma deseada del envase, tapa, válvula, etc.; un molde puede tener una sola cavidad, para inyectar una pieza por ciclo, o varias cavidades. En el proceso anterior a la inyección del plástico al molde, unas potentes resistencias ubicadas en la cámara del husillo son las encargadas de que el plástico se funda, se homogenice y se plastifique adecuadamente para posteriormente ser inyectado en el molde.

Figura 10. Molde de Inyección

Molde de Inyección



Nota. La fotografía presenta un molde usado en el proceso de Inyección de la empresa ECSI S.A.S. – Planta 4.

4.9.2 Elementos fundamentales en la inyección del plástico

4.9.2.a. Temperatura. La temperatura es una de las principales variables de control y debe ser cuidadosamente definida y controlada de manera muy precisa para conseguir

que la resina inyectada se fusione correctamente. Además, hay que recordar que el proceso de inyección requiere de un calentamiento previo para su inyección y un enfriamiento posterior para conseguir la pieza deseada. En el proceso de enfriamiento también dependeremos del tipo de pieza requerido (tamaño, forma, cantidad, ...). Por todo ello, la temperatura es uno de los elementos más importantes en el proceso de transformación.

4.9.2.b. Presión. Existen varias presiones a controlar en el proceso de Inyección, sin embargo, en términos generales esta variable también es un elemento clave para que la resina o se enfríe de forma correcta tomando la geometría a la del molde utilizado. Ejercer una presión fuerte y constante es uno de los requerimientos más importantes del proceso.

4.9.2.c. Velocidad. El polímero ya fundido a través de las resistencias de la (s) cavidad (es) se desplaza al molde en cuestión de segundos. Este proceso debe ser inmediato y rápido ya que, desde el primer momento que la resina ingresa al molde comienza el proceso de enfriamiento. Por este motivo, el paso al molde debe ser muy rápido y controlado.

4.10 Proceso de soplado PET

El soplado PET o soplado de plástico es uno de los procesos mediante el cual se transforma el plástico en piezas huecas, como por ejemplo botellas para bebidas carbonatadas, agua, jugo, aceite, vinagre, medicamentos o de uso cosmético (Grandermex, 2022). La principal característica de esta técnica es que se utiliza aire inyectado para ejercer presión en las paredes de una pieza de PET previamente moldeada (preforma o precursor) y estas se expanden siguiendo una forma estipulada de antemano (molde).

Figura 11.

Soplado PET automático



Nota. La fotografía presenta el proceso de soplado PET en una de las máquinas automáticas de la empresa ECSI S.A.S. – Planta 4.

En el caso del moldeo de piezas huecas, el proceso es multifase. Se describen a continuación sus elementos en términos generales, para luego desarrollarlos con más detalle de acuerdo a cada técnica:

- Fusión del PET.
- Fabricación una forma tubular mediante extrusión o inyección (precursor).
- Fase opcional: calentar el material en caso de ser necesario.
- Soplado en el molde según la geometría del envase final.
- Enfriamiento de la pieza.
- Expulsión.

Figura 12.

Soplado PET Manual



Nota. La fotografía presenta una de las máquinas manuales para soplado PET de la empresa ECSI S.A.S. – Planta 4.

4.10.1 Tipos de soplado PET

Existen diferentes tipos de soplado de acuerdo con el precursor que se utilice: el moldeo por inyección-soplado, el moldeo por extrusión-soplado, el moldeo por coextrusión-soplado y el moldeo por tensión-soplado. En ECSI S.A.S., se fabrican envases mediante los procesos de Inyección-soplado y tensión-soplado. De igual manera para algunas referencias se fabrican las preformas (precursor) a través del proceso de Inyección.

4.11 Proceso de inyectosoplado

Figura 13.

Inyectosopladora



Nota. La fotografía presenta una de las máquinas Inyectosopladoras de PET de la empresa ECSI S.A.S. – Planta 4.

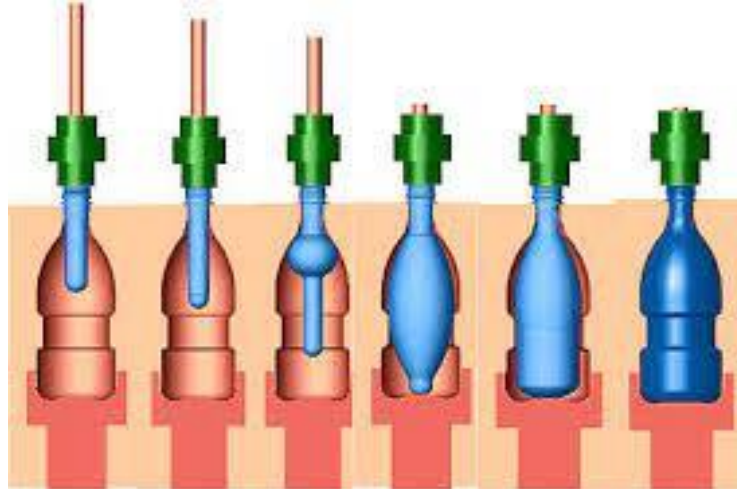
El polímero que será procesado, en este caso el PET, se moldea en una preforma (precursor) parecida a un tubo de ensaye. Este moldeo puede realizarse también mediante inyección. Luego, ésta se calienta y se introduce en el molde que contiene la forma final deseada; posteriormente, se inyecta aire hasta conseguir que se expanda por todo el molde y se expulsa.

Las máquinas de este tipo son más caras que las que extrusión debido al paso adicional de moldear la preforma. Sin embargo, permite un control más elevado del producto final, de la densidad de las paredes del plástico, y es idónea para la producción de botellas pequeñas.

Tensión-soplado o estiramiento-soplado

Figura 14.

Proceso de Inyectosoplado PET



Nota. La imagen presente el paso a paso del proceso de inyectosoplado. Tomado de: Tecnología de los plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2012/03/inyeccion-soplado.html>

Este proceso se realiza en varios pasos.

Primero, se obtiene la preforma o precursor mediante inyección y se enfría en un molde para evitar que cristalice y que se formen zonas opacas.

Luego, la preforma se calienta de nuevo y se tensiona mediante el estiramiento de la barra central que se utilizó para la preforma, y el soplado, que expande la pieza radialmente.

De esta forma, alcanza su volumen total en ambos ejes.

4.12 Principales productos fabricados a través del proceso de inyección – Planta 4 Fontibón

Con el fin de agrupar los productos fabricados por ECSI S.A.S. – Planta 4, se realizó una asociación por familias, tal como se presenta a continuación:

Tabla 1.*Productos clasificados por familias*

Familia	
Tapa cuñete Aro	Base
Cuñete 5	Tapa Trader
Tapa cuñete sin Aro	Piso
Preforma 93	Sobretapa 73
Tapa Nutribella	Envase 36/1
Preforma 23	Tapa Scalpi
Tapa personal	Preforma 16
Sobretapa 99	Tapa Envase 36/1
Tapa cuello corto	Tapa 500
Canasta 60x40x41	Tapa Envase 6/5
Preforma 67,5	Tapa Frescavena
Canasta 60x40x13	Tapa Goya
Tapa Nescafe 200	Tapa Nescafe 50
Manija PET	Probeta
Preforma 100	Canasta 39x29x24
Tapa Nescafe 100	Cuñete 4,5
Canasta 60x40x25	Preforma 41
Tapa conica 28	Manija PET Coke
Tapa Acetona	Cuchara arequipe
Sobretapa 127	Tapa 38
Tapa Pote Gallina	Tapa flip top 28
Cuñete 5 Mod	Cuchara postre
Sobretapa 153	Manija cuñete
Cuchara Nucita	Cuchara cereal
Pote Gallina	Bandeja

Nota. La tabla presenta la clasificación por familias de los productos fabricados en Planta 4 – ECSI S.A.S.

5 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de este proyecto el enfoque de la investigación es **cuantitativa**.

5.1 Verificar información existente

Con el fin de identificar la situación actual es necesario realizar la recopilación de toda la información del proceso de Inyección del tal manera que se puedan determinar las características de los productos No conformes utilizando diagrama de Pareto, se realizará un análisis de causa raíz que permitirá identificar las causas de los problemas, teniendo identificado las diferentes sub-lineas: maquina – molde / producto con mayor cantidad de defectos se utilizará herramientas de calidad para su análisis.

5.2 Acciones de control

Con base en la información obtenida del punto anterior establecer medidas de control para el proceso de Inyección para el control de calidad del producto, diseñando gráficos de control y se definiendo las métricas para su seguimiento. Los cuales permitirán monitorear las actividades del proceso en marcha (Villagra Villanueva, 2016, pág. 25).

5.3 Ciclo PHVA

Con la metodología del ciclo de PHVA, que es una herramienta de simple aplicación y, permite la realización de actividades y procesos de manera más organizada y eficaz presentada por Edward Deming; basado en un ciclo de cuatro (4) pasos como se muestra en la donde se determina los pasos a seguir en el presente proyecto, además el diseño de un plan de acción que minimice el efecto de los productos no conformes.

Esta metodología permite realizar un análisis de aquellos problemas que se identifiquen en el proceso objeto de estudio, considerando los productos no conformes a través de los siguientes puntos:

Figura 15.

Ciclo PHVA



Nota. La figura representa el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar). Tomado de: Fuente: Safetya. <https://safetya.co/phva-procedimiento-logico-y-por-etapas/>

5.3.1 Planear

- Levantamiento de Información del proceso de Soplado convencional.
- Identificación de No Conformidades mediante herramientas de Calidad.

5.3.2 Hacer

- Analizar y elaborar gráficos de control de calidad con información de variables a determinadas dentro del proceso de Inyección del periodo de enero de 2022 a diciembre de 2022.
- Plantear un procedimiento para el control de calidad en proceso de Inyección.

5.3.3 Verificar

- Verificar y medir: indicadores, resultados de gráficos de control cumplen especificación de acuerdo con los objetivos planteados de acuerdo con datos del año 2023.

5.3.4 Actuar

- Propuesta de mejoras al proceso de Inyección cumpliendo las especificaciones técnicas acordadas para el control de calidad minimizando productos no conformes. El Diseño metodológico del presente proyecto está basado en las orientaciones expuestas en el libro de Frank M. Gryna, Richard C. H. Chua, Joseph A. DeFeo, José Pantoja Magaña: Método Jurán. Análisis y planeación de la calidad.

5.4 Las directrices de control de calidad

Para identificar y elegir los temas de control de calidad, se aplican diferentes principios (Frank M. Gryna, 2007, pág. 171):

- Los temas de control de calidad deben estar alineados y vinculados con los criterios de los clientes, es decir, debe medir directamente las necesidades, satisfacción y lealtad de los clientes o medir las características de los productos y procesos que se asocian con estos parámetros de los clientes, los clientes externos que afectan los ingresos por ventas son un parámetro; igual de importante son los clientes internos que afectan los costos internos, como el costo por la mala calidad.
- Los temas de control de calidad deben reconocer los dos componentes de la definición de la calidad, es decir: la ausencia de deficiencias y las características de los productos.
- Los temas potenciales de control de calidad pueden identificarse al obtener las ideas tanto de los clientes como de los empleados, en términos de calidad: clientes internos y externos. Todos los empleados son fuentes de ideas, pero los empleados que tienen contacto directo con los clientes externos pueden ser una fuente inagotable de ideas imaginativas sobre temas de control de calidad.
- Aquellos que serán medidos deben ver los temas de control de calidad como válidos, apropiados y fáciles de entender cuando se traduzcan a cifras.

5.4.1 Establecer la medición

Para cuantificar, se debe crear un sistema de medición compuesto de (Frank M. Gryna, 2007, pág. 177):

- Una unidad de medida: la unidad usada para informar el valor de un tema de control, por ejemplo: libra, segundo, dólares.
- Un receptor: un método o instrumento que realice la evaluación y enuncie los hallazgos en términos de la unidad de medición.
- Las unidades de medición para el desempeño de productos y proceso por lo general se deben expresar en términos científicos, conocidos por los interesados.

A menudo hay un número importante de características del producto. Para desarrollar una unidad total de medición, se pueden identificar las características importantes del producto y luego definir la importancia relativa de cada una de ellas. En mediciones siguientes, cada característica recibe una puntuación. La medición total se calcula como el promedio ponderado de las puntuaciones de todas las características. (Frank M. Gryna, 2007, pág. 177).

Primero, la importancia relativa de cada característica no es precisa y puede cambiar mucho con el tiempo. Segundo, la mejora en ciertas características puede resultar en una medición total mejorada, pero puede ocultar el deterioro de otra característica que tenga gran importancia. Las escalas de medición son parte de un sistema de medición. La más útil es la escala de proporción, en la cual se registran las cantidades reales de un parámetro como el peso. Una escala de intervalo registra números ordenados, pero carece de un origen aritmético como el cero. Una escala ordinal registra información en categorías clasificadas.

5.4.2 El receptor

El receptor es el medio utilizado para hacer la medición real. La mayoría de los receptores se diseñan para entregar información en términos de unidades de medición. Para temas operaciones de control, los receptores son, por lo general, instrumentos tecnológicos o seres humanos empleados como instrumentos para directivos, los sensores son sistemas de datos. Elegir el receptor incluye definir cómo se harán las mediciones: cómo, cuándo y quién hará las mediciones, y los criterios para actuar.

5.4.3 AutoControl

La planeación de la calidad para cualquier actividad debería contar con el empleado en un estado de autocontrol. Para conseguir el autocontrol en un trabajo o actividad la persona que lo va a desarrollar debe tener un completo dominio sobre la realización de los resultados planeados, solo en ese caso se puede afirmar que la persona está en un estado de autocontrol y puede, por lo tanto, ser considerada responsable de los resultados.

Para estar es estado de autocontrol, las personas deben recibir (Frank M. Gryna, 2007, pág. 174):

- Conocimiento de lo que se supone se tiene que hacer, por ejemplo, el beneficio presupuestado, el programa y la especificación.
- Conocimiento de su desempeño, por ejemplo: el beneficio real.
- Medios para regular el desempeño si fracasan al cumplir sus objetivos. Estos medios deben incluir siempre la autoridad y la capacidad para regular en caso de que varíe
a) el proceso bajo la autoridad de la persona o b) la propia conducta de la persona.

Si se han cumplido todos los parámetros anteriores, se dice que la persona está en un estado de autocontrol y puede ser considerada, apropiadamente, como responsable de

cualquier deficiencia en el desempeño. Si algún parámetro no se ha satisfecho, la persona no se encuentra en estado de autocontrol y, en la medida de la deficiencia, no puede ser considerada como verdaderamente responsable. En la práctica, estos tres criterios no se cumplen totalmente. Por ejemplo, algunas especificaciones pueden ser imprecisas o indiferentes (el primer criterio); la retroalimentación de los datos puede ser insuficiente, a menudo imprecisa o llegar demasiado tarde (el segundo criterio); las personas pueden no recibir el conocimiento y los mecanismos de ajuste de procesos para corregir un proceso (el tercer criterio). Por tanto, si se tiene un problema de calidad y se fracasa al cumplir con cualquiera de los tres criterios, el problema es “controlable por la dirección” (o “controlable por sistema”). Si se tiene un problema de calidad y se cumplen totalmente los tres criterios, el problema es “controlable por el trabajador”.

5.4.4 *Medición del desempeño real*

En el contexto de la gestión de la calidad, al establecer un sistema de control, suele resultar efectivo designar un número limitado de estaciones de control para llevar a cabo las mediciones pertinentes. Cada una de estas estaciones asume la responsabilidad de llevar a cabo un conjunto específico de evaluaciones relacionadas con el control de calidad (Frank M. Gryna, 2007, pág. 184). Al analizar diversas estaciones de control, es evidente que, deben ser ubicadas en puntos críticos de control, como, por ejemplo:

- En puntos de cambio de responsabilidad, como la transición de productos entre empresas o departamentos principales.
- Antes de tomar decisiones irreversibles, como la aprobación del montaje antes de la producción.
- Después de la creación de elementos de calidad esenciales.
- En las variables principales del proceso, en lugar de aquellas menos cruciales.
- En momentos estratégicos que permiten un control económico eficaz.

- Para determinar la ubicación adecuada de estas estaciones de control, resulta útil crear un diagrama de flujo que ilustra el proceso de fabricación del producto.

Es de suma importancia evaluar tanto la calidad del producto final entregado al cliente externo (producción final) como la calidad en los puntos iniciales del proceso, que incluyen la producción inicial (Frank M. Gryna, 2007, págs. 184-185).

En cada estación de control, es esencial definir detalladamente las tareas a realizar, incluyendo qué aspectos se medirán en términos de control, cuáles son los objetivos y estándares que cumplir, qué procedimientos e instrumentos se emplearán, qué datos se registrarán y qué decisiones se tomarán. Esto también implica especificar los criterios y la responsabilidad para la toma de decisiones en cada estación (Frank M. Gryna, 2007, pág. 186).

Los temas de control abarcan tanto la medición de los parámetros del producto como de las variables del proceso. Cada tema de control debe tener un objetivo de calidad bien definido, que cumpla con los siguientes requisitos:

- Debe ser legítimo, es decir, contar con un estatus oficial de la organización.
- Debe estar centrado en las necesidades del cliente: tanto externo como interno.
- Debe ser cuantificable, expresado en términos numéricos.
- Debe ser claro y comprensible para todos los involucrados.
- Debe integrarse de manera coherente con los objetivos de niveles superiores.
- Debe ser equitativo y justo para todos los individuos involucrados en el proceso.

5.4.5 Comparación de estándares

Durante este punto crítico del control de la calidad, es fundamental comparar la medición objetivo con los resultados reales y determinar si las diferencias identificadas tienen la relevancia necesaria para justificar la adopción de medidas correctivas. Para llevar a cabo esta evaluación de manera efectiva, es fundamental establecer previamente criterios cuantitativos, antes de realizar las mediciones, y garantizar que el personal esté debidamente capacitado para aplicar estos criterios de manera precisa y coherente. (Frank M. Gryna, 2007, pág. 185).

5.4.6 Significancia estadística

En su libro Método Juran, Análisis y Planeación de la calidad, los autores presentan conceptos esenciales sobre la variación en el desempeño y el control de calidad.

5.4.6.a. Diferencia entre empeño y objetivo. Cuando se observa una diferencia entre el desempeño real y un objetivo, esta discrepancia puede ser el resultado de dos tipos de causas:

- 1) Una diferencia genuina debida a causas reales,
- 2) y una diferencia aparente que surge debido a la variabilidad aleatoria.

Es importante no evaluar estas diferencias de forma individual, sino considerar el patrón de diferencias a lo largo del tiempo para obtener conclusiones precisas (Frank M. Gryna, 2007, pág. 186).

5.4.6.b. Causas de la Variación en el Proceso. De igual manera, las variaciones de un proceso pueden atribuirse a dos tipos de causas.

- 1) Las causas arbitrarias, que son aleatorias y debidas al azar,
- 2) y las causas asignables, que son causadas por factores "especiales".

Un proceso ideal opera solo con causas arbitrarias, también llamadas "comunes", presentes. Cuando un proceso carece de causas asignables, se dice que está en un "estado de control estadístico" o "en control" (Frank M. Gryna, 2007, págs. 186-187).

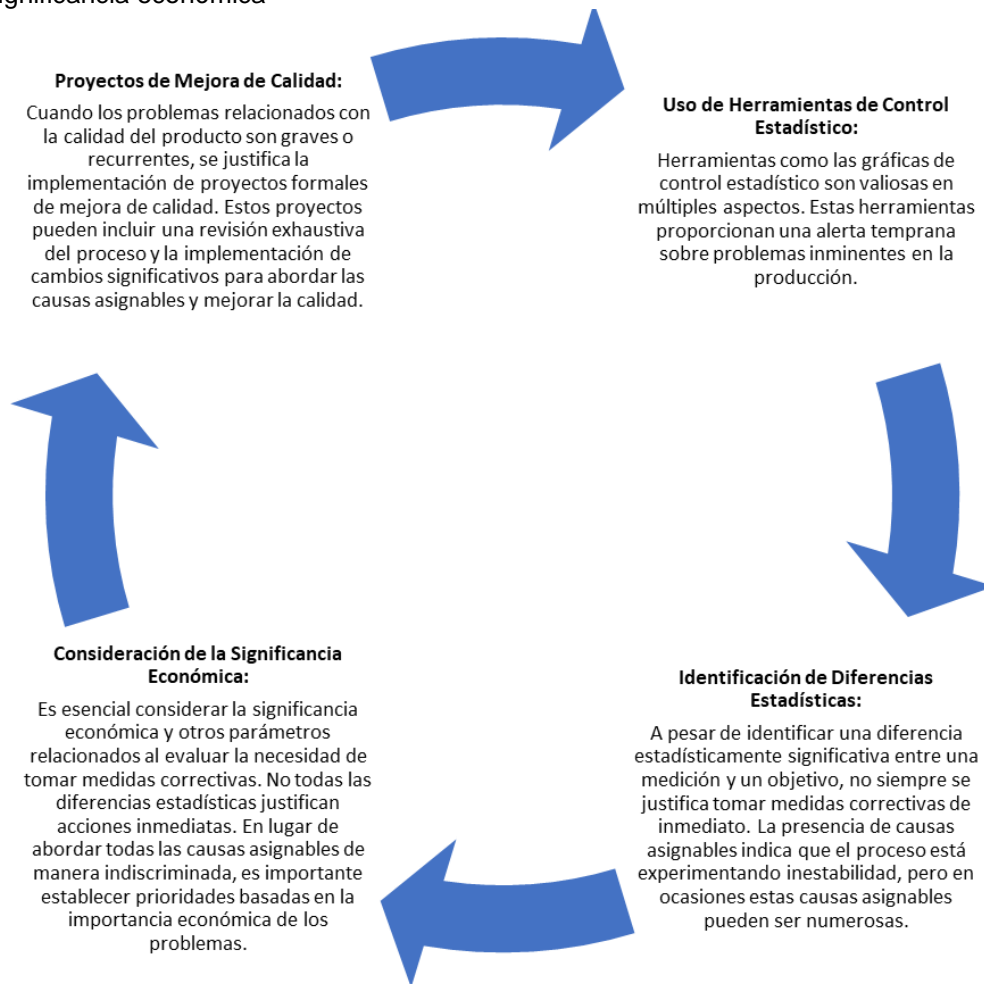
5.4.6.c. Uso de Gráficas de Control. Las gráficas de control son una herramienta fundamental para distinguir entre causas arbitrarias y asignables de variación. Estas gráficas utilizan límites de control calculados según las leyes de probabilidad. Si la variación real excede estos límites de control, es una señal de que causas asignables han ingresado al proceso y deben investigarse. Asimismo, si la variación se mantiene dentro de los límites de control, esto indica que solo las causas arbitrarias están presentes en el proceso (Frank M. Gryna, 2007, pág. 187).

5.4.7 Significancia económica

Continuando con la guía del libro: Método Juran, Análisis y Planeación de la calidad, se destaca que, si bien las herramientas de control estadístico son efectivas para detectar problemas en el proceso de producción, no todas las diferencias estadísticas requieren acciones inmediatas, y es fundamental considerar la significancia económica antes de emprender proyectos de mejora de calidad o tomar medidas correctivas, así:

Figura 16

Significancia económica



Nota. El gráfico representa los cuatro puntos a considerar con la Significancia Económica. Tomado de: (Frank M. Gryna, 2007). Método Juran. Análisis y Planeación de la calidad, pág 188.

5.4.8 Plan de acción ante la detección de diferencias

Para este ítem los autores Frank M. Gryna, Richard C. H. Chua, Joseph A. DeFeo, José Pantoja Magaña, concluyen la necesidad de acciones específicas cuando se detectan diferencias en el proceso de producción, resaltando que las acciones correctivas y de mejora deben ser adaptadas a la naturaleza de las diferencias detectadas en el proceso de producción. Ya sea para abordar problemas crónicos, esporádicos o para regular de

manera continua la variación, es esencial identificar las causas profundas y tomar medidas adecuadas para garantizar la calidad del producto.

5.4.8.a. Eliminación de fuentes crónicas de deficiencias. En situaciones donde se identifican fuentes crónicas de deficiencias, es crucial implementar procesos de mejora de calidad. Esto implica abordar de manera sistemática y continua las causas fundamentales de los problemas que afectan la calidad del producto (Frank M. Gryna, 2007, pág. 189).

5.4.8.b. Eliminación de fuentes esporádicas de deficiencias. Cuando se detectan diferencias esporádicas, es necesario determinar qué cambios o eventos ocasionaron estas diferencias en el proceso. Una vez identificados, se deben tomar medidas para restaurar el control del proceso (Frank M. Gryna, 2007, pág. 189).

5.4.8.c. Regulación continua del proceso para minimizar la variación. En situaciones donde se busca minimizar la variación de manera continua, es esencial establecer una relación entre cada característica del producto y una o más variables del proceso. Esto implica comprender cómo los cambios en la configuración de una variable del proceso afectan las características del producto. proceso y el efecto resultante en las características del producto (Frank M. Gryna, 2007, pág. 189).

5.4.9 Solución de problemas

En su libro Método Juran, Análisis y planeación de la calidad, los autores presentan el método que Juran plantea como el concepto de solución de problemas, también conocido como "*apaga incendios*", que se refiere al proceso de abordar problemas esporádicos y restablecer la calidad del producto a su nivel original. El enfoque de solución de problemas de Juran se basa en la identificación precisa de los problemas, el diagnóstico para comprender sus causas y la implementación de acciones específicas para eliminar esas causas y restaurar la calidad del producto. Este proceso debe ser sistemático y metódico lo cual es fundamental para abordar problemas de calidad de manera efectiva y evitar que vuelvan a ocurrir.

- El primer paso en la solución de problemas según Juran es identificar con precisión cuál es el problema. Esto implica detectar el problema utilizando indicadores específicos relacionados con el proceso, conocer cuándo ocurrió y entender cuál fue su impacto en la calidad del producto. La identificación precisa es fundamental para abordar el problema de manera efectiva (Frank M. Gryna, 2007, pág. 190).
- Una vez que se ha identificado el problema, el siguiente paso es diagnosticarlo. Diagnosticar significa investigar a fondo, desarrollar teorías sobre las posibles causas del problema y probar estas teorías. En otras palabras, se trata de comprender por qué ocurrió el problema y qué factores contribuyeron a él. El diagnóstico es esencial para encontrar la causa raíz (Frank M. Gryna, 2007, pág. 190).
- Por último, con el diagnóstico completo y se ha identificado la causa raíz del problema, es necesario tomar medidas concretas. Estas acciones deben diseñarse para eliminar la causa identificada en el paso anterior. Pueden implicar cambios en los procesos, en la capacitación del personal o en otros aspectos que surgen directamente de la raíz del problema (Frank M. Gryna, 2007, pág. 190).

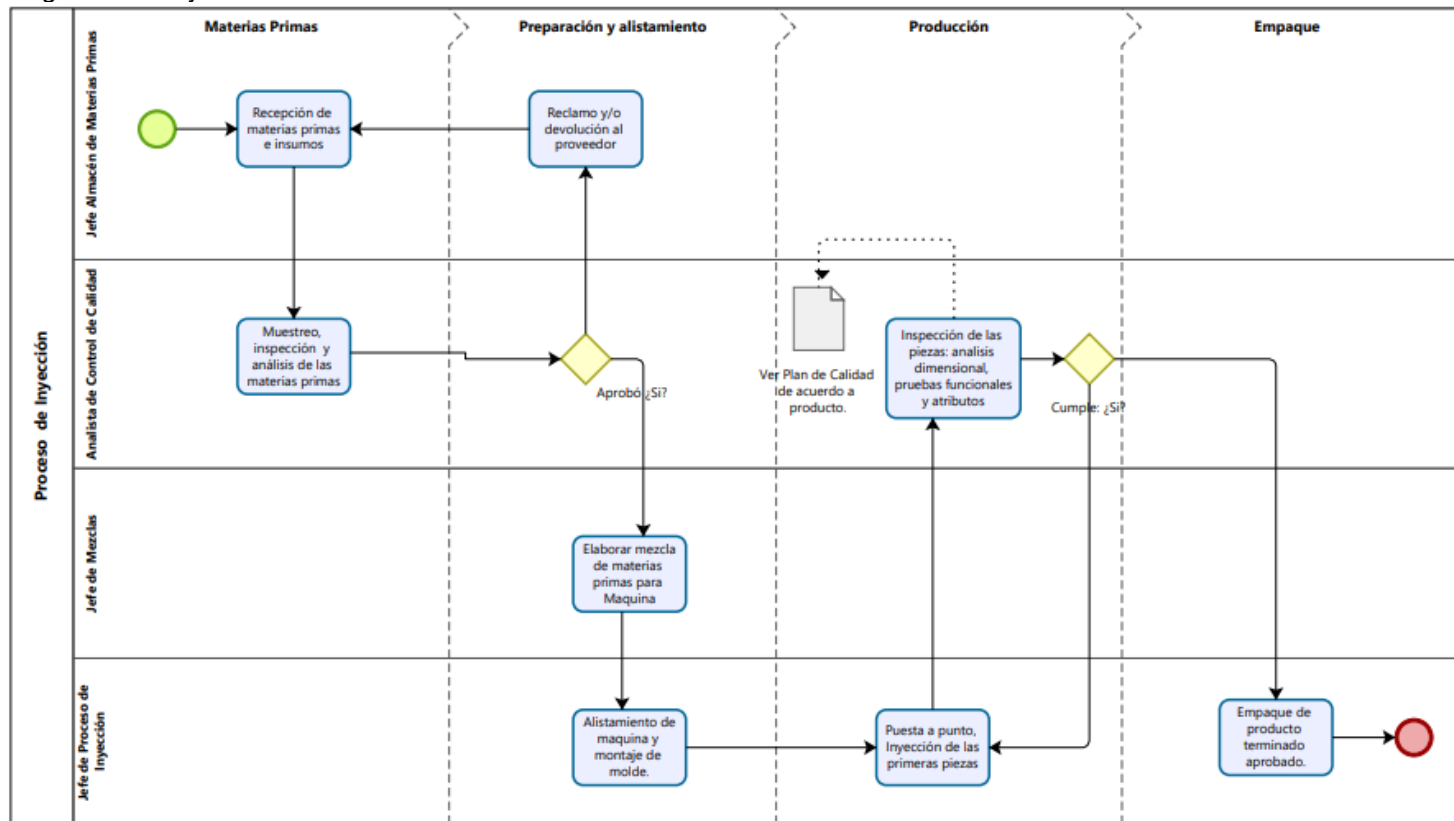
6 RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSIÓN

6.1 Descripción del proceso

A continuación, se presenta la descripción del proceso de inyección de la empresa ECSI S.A.S. resultado de la fase diagnóstica realizada.

Figura 17.

Diagrama de flujo



Nota. La figura representa mediante un diagrama de flujo el proceso de Inyección de Planta 4 – ECSI S.A.S.

6.2 Diagnóstico

Los envases plásticos fabricados en ECSI S.A.S., son elementos de empaque, por lo general primario es decir el componente que está en contacto directo con el alimento, producto de aseo o cosméticos y que se convierte en el medio al través del cual va a llegar al consumidor final. Para que esto se dé los envases plásticos deben cumplir con ciertas especificaciones técnicas de diseño, funcionales e inocuidad. En la organización objeto del presente análisis se fabrican envases en diferentes tipos de resinas poliméricas tales como Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polipropileno (PP) y Tereftalato de Polietileno (PET).

El Control de Calidad para los procesos de producción está perfectamente definido por (Acuña, 2012, págs. 20-21) :

La calidad de un producto no es algo estático que debe ser controlado por una única vez, sino a lo largo del tiempo y necesita ser verificada continuamente, pues si con el tiempo x se reúne las condiciones, no es cierto que también lo haga en el tiempo $x+1$. (p.20).

A esto se le suma la enorme cantidad de envases plásticos que pueden fabricarse entre el tiempo x y el tiempo $x+1$, y que podrían tener diferencias en sus características ocasionando producción no conforme.

En el rango de tiempo x a $x+1$ el plan de control de calidad de ECSI S.A.S. para la producción de los envases plásticos, establece la ejecución de verificaciones funcionales, dimensionales y de atributos que en ocasiones supera este intervalo. Asimismo, algunas de dichas verificaciones fueron establecidas sin tener en cuenta la funcionalidad razón por la cual no aportan valor para la definición del estatus final del producto de conformidad o no conformidad. Por último, pero no menos importante, la ejecución del plan de control de calidad implica el uso de los recursos de la organización sin lograr el objetivo para el que fueron asignados.

6.2.1 Herramienta 5W +2H

La herramienta 5W+2H es una técnica utilizada para recopilar información completa y precisa sobre un tema o problema específico. Se basa en responder seis preguntas fundamentales en inglés, cuyas iniciales en español forman el acrónimo 5W+2H. De esta manera es posible organizar la información de manera sistemática y completa, asegurando que no se pasen por alto aspectos cruciales del problema.

A continuación, con el uso de la herramienta mencionada, se expone de una manera completa y estructurada el diagnóstico del problema:

Tabla 2.

Descripción del problema con la herramienta 5W + 2H.

Problema: Detección oportuna de las no conformidades para evitar la fabricación de producto no conforme.	
What? ¿Qué está pasando?	En el proceso de Control de Calidad se elaboran los análisis de todos los productos fabricados en ECSI S.A.S., no obstante, se miden variables y se efectúan pruebas que son redundantes o excesivos.
Where? ¿En dónde ocurrió o dónde fue detectado?	El proceso de Control de Calidad.
Why? ¿Por qué es un problema?	Porque se emplean tiempos en análisis repetitivos o innecesarios que no aportan a la detección de la no conformidad o no de los productos lo que conlleva a la posible fabricación producción de producto no conforme.
When? ¿Cuándo ocurrió o cuándo sucede?	A diario en la planta de producción con la toma de muestras y la elaboración de los análisis.
Who? ¿Quién está afectado, quién detectó el problema?	Se están afectando los procesos misionales de la empresa puesto que al no contar con los datos o información oportuna no se pueden tomar los correctivos.
How? ¿Cuál es la tendencia o cómo es el impacto del problema?	Producto no conforme interno y externo, junto con las devoluciones de los clientes sin disminución significativa.
How much?	Devoluciones de cliente.

Nota. En la tabla se presenta la formulación del problema mediante la herramienta 5W + 2H.

6.2.2 Descripción del problema

Tabla 3.

Descripción del problema redactado con la ayuda de la herramienta 5W + 2H

Problema redactado de manera original:	Detección oportuna de las no conformidades para evitar la fabricación de producto no conforme.
Problema redactado con el apoyo de la herramienta 5W + 2H:	En el proceso de Control de Calidad se elaboran los análisis de todos los productos fabricados en ECSI S.A.S., no obstante, se miden variables y se efectúan pruebas que son redundantes o excesivas, empleando tiempos en análisis repetitivos o innecesarios que no aportan a la detección de la no conformidad de los productos lo que conlleva a la posible fabricación producción de producto no conforme. Esta situación se presenta a diario en la planta de producción con la toma de muestras y la elaboración de los análisis, afectando los procesos misionales de la empresa puesto que al no contar con los datos o información oportuna no se pueden tomar los correctivos ocasionando Producto no conforme interno y externo, junto con las devoluciones de los clientes sin disminución significativa, con una importante cifra en Devoluciones de cliente para el año 2022 (ver \$ 227.481.969).

Nota. La tabla presenta la redacción del problema una vez se aplicó la herramienta 5W + 2H.

6.3 Análisis de causas

El análisis de causas para el problema planteado se efectuará mediante el Diagrama de Ishikawa o Causa – efecto que tal como se explicó en la sección 4.3.5. Herramientas de la Calidad - Diagrama causa – efecto, ayuda a identificar las causas fundamentales del problema, evitando caer en causas superficiales. Al desglosar las causas en diferentes categorías: las emes, se puede profundizar en las verdaderas razones detrás de un problema.

6.3.1 Diagrama de Ishikawa

Figura 18.

Diagrama de Ishikawa



Nota. La figura presenta el análisis de causas realizado mediante el Diagrama de Ishikawa.

6.4 Selección de línea de producción y productos

6.4.1 Criterios de selección

A continuación, se describe el criterio establecido para definición de la línea de producción y productos a analizar.

Son tres los elementos a considerar:

- 1) Producto no conforme detectado internamente: Reporte de no conformidad de producto en proceso y/o terminado.
- 2) Producto no conforme detectado externamente: Reclamaciones de clientes.
- 3) Producto no conforme detectado externamente: Devoluciones de clientes.

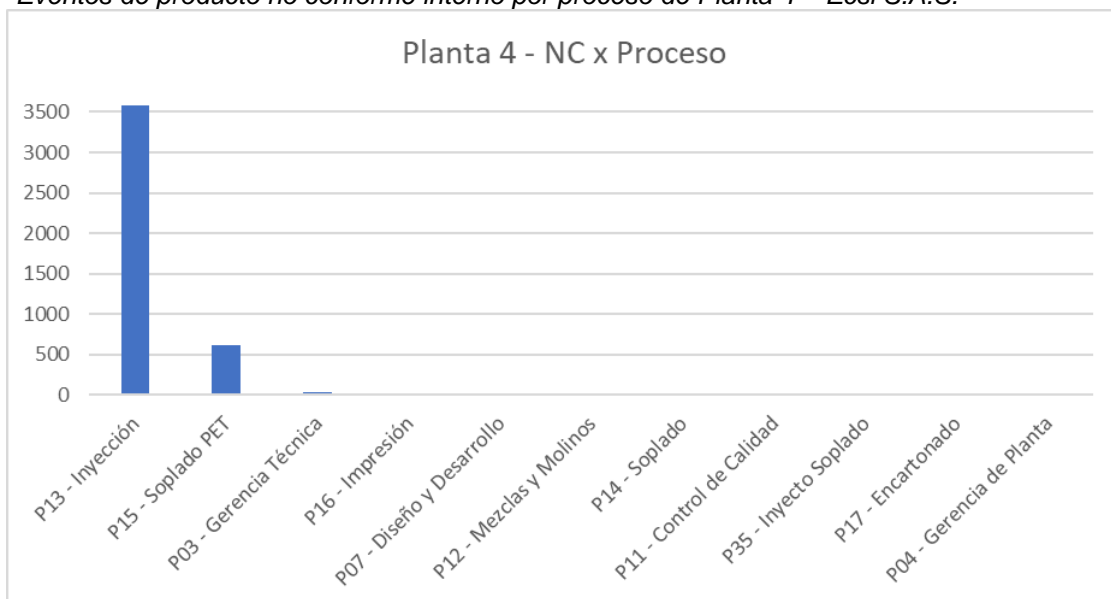
6.4.2 Producto no conforme detectado internamente: Reporte de no conformidad de producto en proceso y/o terminado.

Con base en el registro de las no conformidades detectadas por los Analistas de Control de Calidad, se efectúa el análisis de la cantidad de eventos para todo el año 2022, así:

6.4.2.a. Definición del proceso.

Figura 19.

Eventos de producto no conforme interno por proceso de Planta 4 – Ecsi S.A.S.



Nota. El grafico presenta la cantidad de eventos de no conforme detectado internamente por cada proceso de Planta 4.

Tabla 4.

Cantidad de eventos no conformes detectado internamente por cada proceso de Planta 4

Proceso	Total, General
P13 - Inyección	3580
P15 - Soplado PET	622
P03 - Gerencia Técnica	34
P16 - Impresión	19
P07 - Diseño y Desarrollo	18
P12 - Mezclas y Molinos	15
P14 - Soplado	11
P11 - Control de Calidad	10
P35 - Inyectado Soplado	8
P17 - Encartonado	2
P04 - Gerencia de Planta	1
	4320

Nota. La tabla presenta en total de eventos no conforme interno de cada proceso de Planta 4.

Los dos procesos son mayor cantidad de no conformidades detectadas internamente son:

- P13 - Inyección
- P15 - Soplado PET

Sin embargo, la diferencia entre el primero del segundo es de 5.75 veces, razón por la cual **P13 – Inyección** es el proceso para analizar.

6.4.2.b. Definición de los productos. Para la definición de los productos, es necesario realizar una agrupación por familias debido a número elevado de referencias, tal como se refleja en la sección: 5.12. Principales productos fabricados a través del proceso de inyección – planta 4 Fontibón.

Son las familias establecidas:

Tabla 5.*Clasificación de los productos fabricados en Planta 4 por familias*

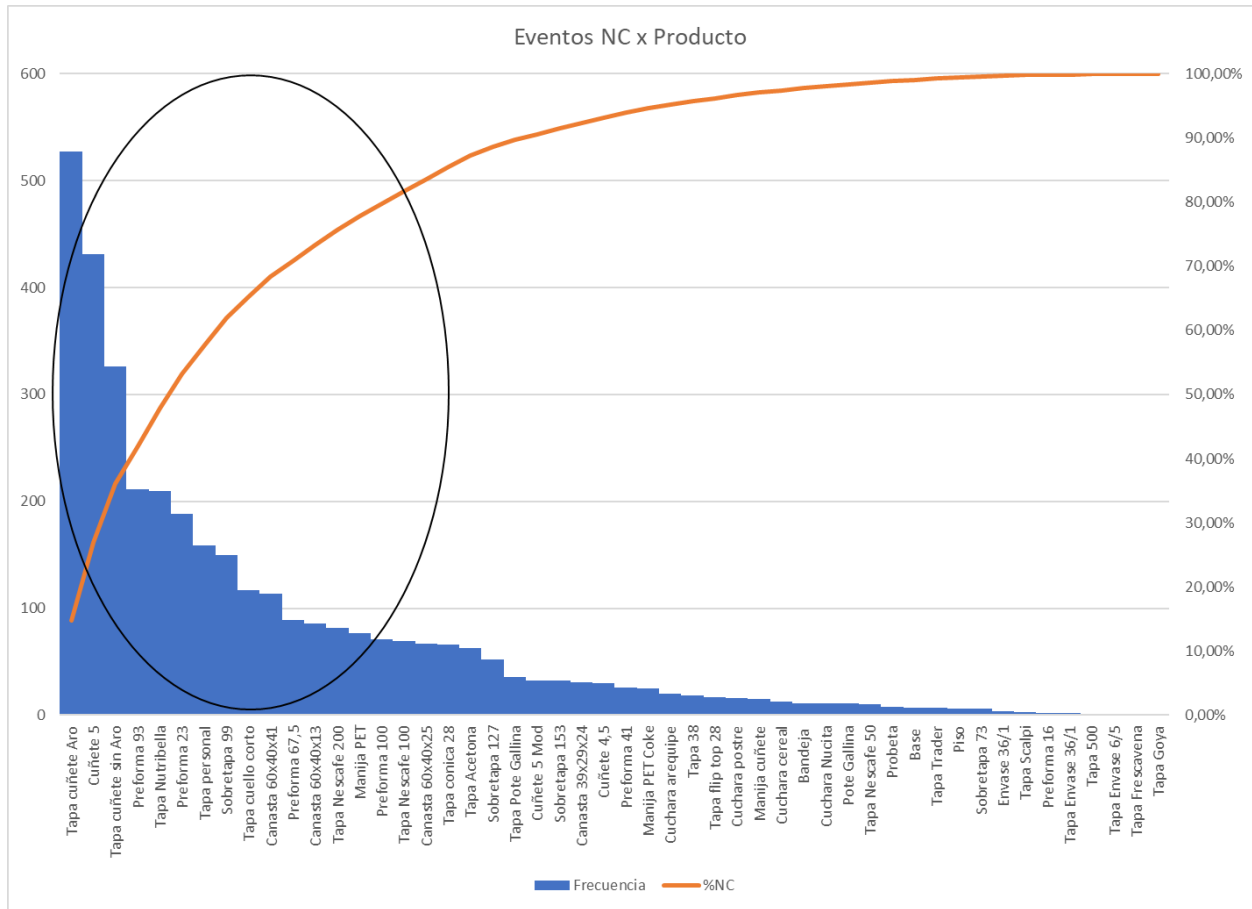
Familia	
Tapa cuñete Aro	Base
Cuñete 5	Tapa Trader
Tapa cuñete sin Aro	Piso
Preforma 93	Sobretapa 73
Tapa Nutribella	Envase 36/1
Preforma 23	Tapa Scalpi
Tapa personal	Preforma 16
Sobretapa 99	Tapa Envase 36/1
Tapa cuello corto	Tapa 500
Canasta 60x40x41	Tapa Envase 6/5
Preforma 67,5	Tapa Frescavena
Canasta 60x40x13	Tapa Goya
Tapa Nescafe 200	Tapa Nescafe 50
Manija PET	Probeta
Preforma 100	Canasta 39x29x24
Tapa Nescafe 100	Cuñete 4,5
Canasta 60x40x25	Preforma 41
Tapa conica 28	Manija PET Coke
Tapa Acetona	Cuchara arequipe
Sobretapa 127	Tapa 38
Tapa Pote Gallina	Tapa flip top 28
Cuñete 5 Mod	Cuchara postre
Sobretapa 153	Manija cuñete
Cuchara Nucita	Cuchara cereal
Pote Gallina	Bandeja

Nota. La tabla presenta la clasificación realizada por el autor de los productos fabricados en Planta 4, en el proceso de Inyección.

Con las familias de producto definidas, se busca establecer cuáles de dichas familias presentan la mayor cantidad de eventos, para lo cual se utilizó el diagrama de Pareto, herramienta gráfica que permite identificar y priorizar los problemas o causas más significativas en un conjunto de datos, así:

Figura 20.

Eventos de producto no conforme interno por producto



Nota. El gráfico presenta la cantidad de eventos de producto no conforme interno por producto fabricado en Planta 4.

Tabla 6.

Cantidad de eventos no conformes internos por producto

Eventos NC			
Familia	Frecuencia	%NC	Acumulado
Tapa cuñete Aro	527	14,81%	527
Cuñete 5	431	26,93%	958
Tapa cuñete sin Aro	326	36,09%	1284
Preforma 93	211	42,02%	1495
Tapa Nutribella	210	47,92%	1705
Preforma 23	188	53,20%	1893
Tapa personal	159	57,67%	2052
Sobretapa 99	150	61,89%	2202
Tapa cuello corto	117	65,18%	2319
Canasta 60x40x41	114	68,38%	2433
Preforma 67,5	89	70,88%	2522
Canasta 60x40x13	86	73,30%	2608
Tapa Nescafe 200	82	75,60%	2690
Manija PET	77	77,77%	2767
Preforma 100	71	79,76%	2838
Tapa Nescafe 100	69	81,70%	2907

Nota. La tabla expone la cantidad de eventos por producto y el porcentaje de cada producto sobre el total de no conformes interno.

Resultado del análisis del diagrama de Pareto del criterio: Producto no conforme detectado internamente: Reporte de no conformidad de producto en proceso y/o terminado, se identifican como principales productos: Tapa cuñete Aro, Cuñete 5, Tapa cuñete sin Aro, Preforma 93, Tapa Nutribella.

6.4.3 Producto no conforme detectado externamente: Reclamaciones de clientes

6.4.3.a Definición del proceso. Mediante el registro en la plataforma de la compañía de los reclamos de los clientes, se presenta la cantidad de eventos PQR por proceso:

Tabla 7.

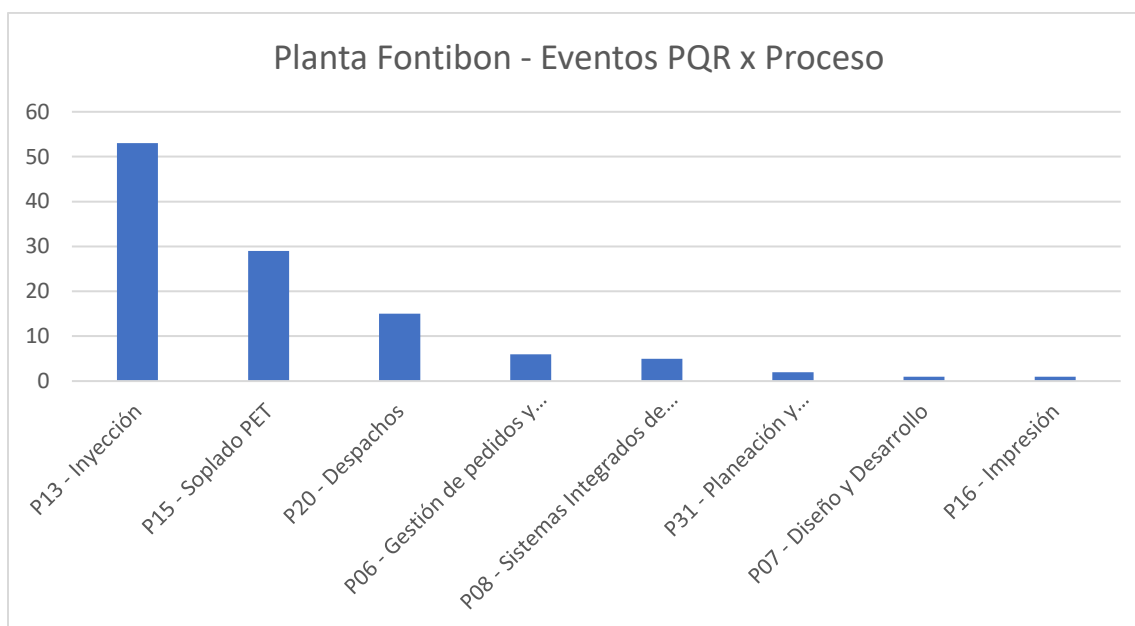
Cantidad de eventos PQR por proceso

Proceso	Total
P13 - Inyección	53
P15 - Soplado PET	29
P20 - Despachos	15
P06 - Gestión de pedidos y Servicio al Cliente	6
P08 - Sistemas Integrados de Gestión	5
P31 - Planeación y Programación de la Producción	2
P07 - Diseño y Desarrollo	1
P16 - Impresión	1
Total general	112

Nota. En la tabla se encuentran la cantidad de eventos PQR, por cada proceso de Planta 4.

Figura 21.

Eventos PQR por proceso



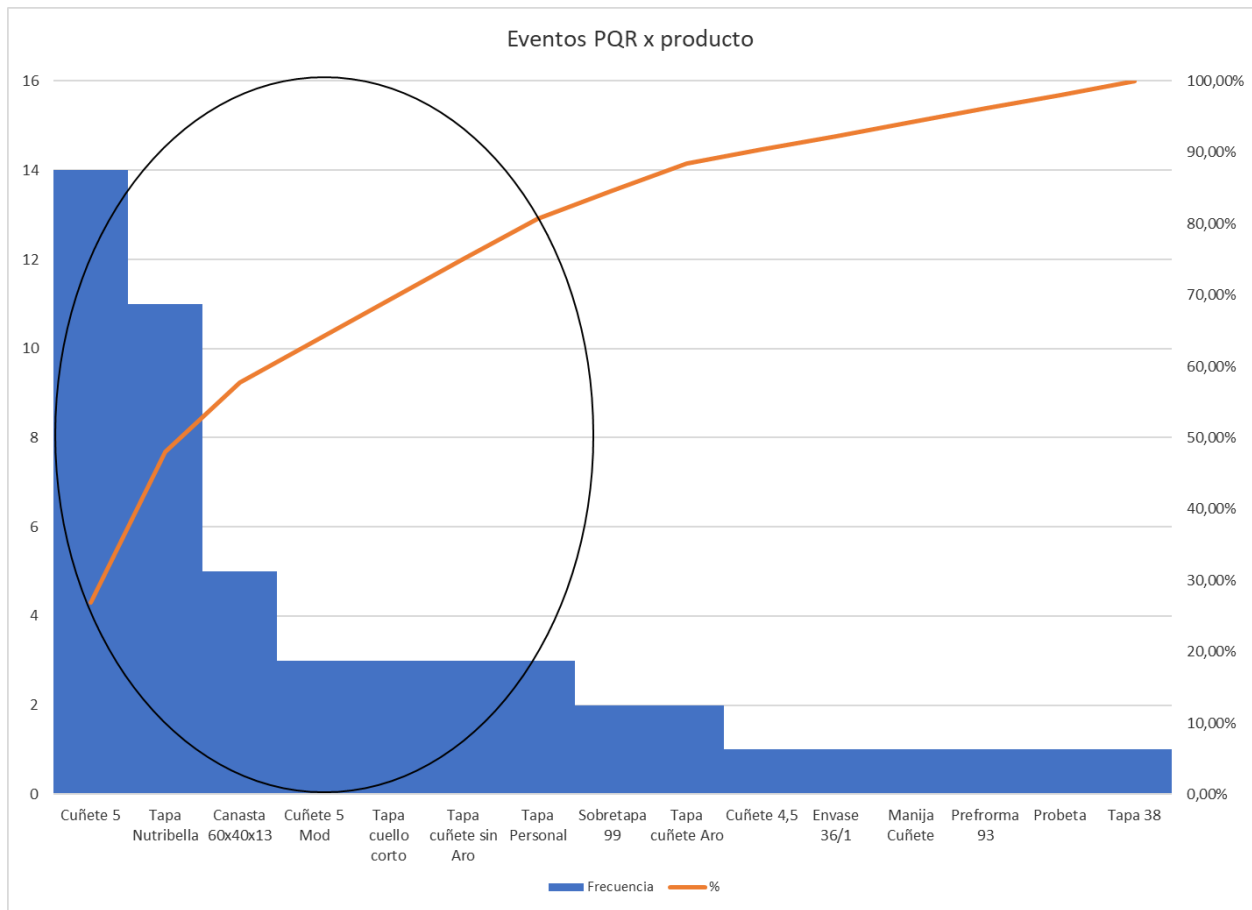
Nota. La tabla presenta, mediante un diagrama de barras la cantidad de eventos PQR – No conforme externo por cada uno de los procesos de Planta 4.

Con este segundo criterio, es coincidente con el primero: el proceso a analizar es **P13 – Inyección, Planta 4, Fontibón.**

6.4.3.b. Definición de los productos. Efectuando la misma agrupación por familias que la aplicada para el primer criterio: eventos no conformes detectados internamente, se logra establecer:

Figura 22.

Eventos PQR por proceso



Nota. En el gráfico se presenta la cantidad de eventos PQR – Producto No Conforme detectado externamente por los productos fabricados en Planta 4.

Tabla 8.

Cantidad de eventos PQR por producto

Referencia	Frecuencia	%	Acumulado
Cuñete 5	14	26,92%	14
Tapa Nutribella	11	48,08%	25
Canasta 60x40x13	5	57,69%	30
Cuñete 5 Mod	3	63,46%	33
Tapa cuello corto	3	69,23%	36
Tapa cuñete sin Aro	3	75,00%	39
Tapa Personal	3	80,77%	42
Sobretapa 99	2	84,62%	44
Tapa cuñete Aro	2	88,46%	46
Cuñete 4,5	1	90,38%	47
Envase 36/1	1	92,31%	48
Manija Cuñete	1	94,23%	49
Preforma 93	1	96,15%	50
Probeta	1	98,08%	51
Tapa 38	1	100,00%	52

Nota. La tabla expone la cantidad de eventos por producto y el porcentaje de cada producto sobre el total de los eventos PQR – Producto no conforme detectado externamente.

Resultado del análisis del diagrama de Pareto del criterio dos: Producto no conforme detectado externamente: Reclamaciones de clientes, se identifican como principales productos: Cuñete 5, Tapa Nutribella, Canasta 60x40x13, Cuñete 5 Mod, Tapa cuello corto.

6.4.4 Producto no conforme detectado externamente: Devoluciones de clientes.

Este criterio está derivado de las reclamaciones de los clientes, dado que algunas de estas terminan en devolución de producto.

6.4.4.a. Definición del proceso. A continuación, se presenta el análisis correspondiente a las devoluciones de las reclamaciones del año 2022, estableciendo nuevamente que el proceso a analizar es: **P13 – Inyección, Planta 4, Fontibón**, con base en el siguiente análisis:

Tabla 9.

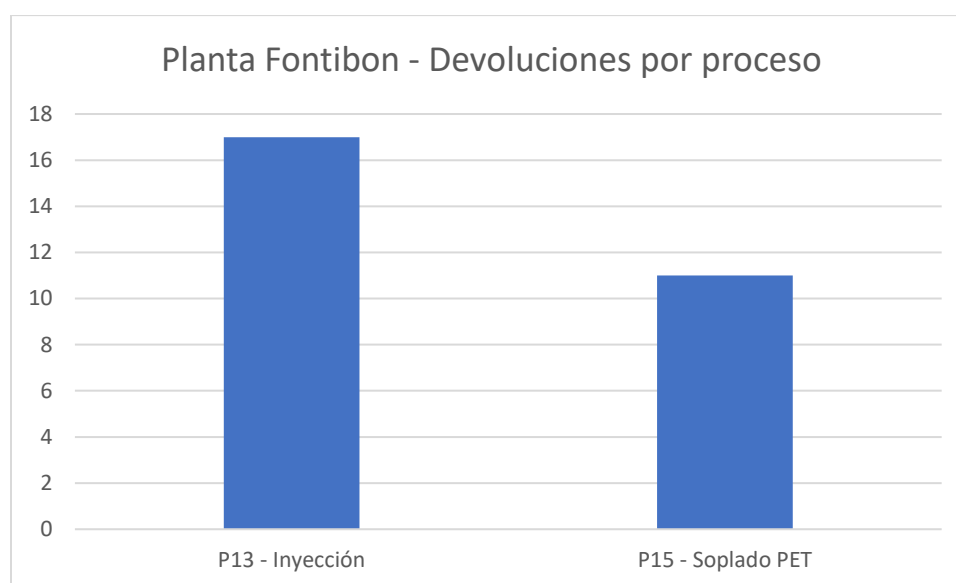
Cantidad de devoluciones por proceso

Devoluciones por proceso	Total, General
P13 - Inyección	17
P15 - Soplado PET	11
Total General	28

Nota. La tabla presenta la cantidad de devoluciones de los procesos de Inyección y Soplado PET.

Figura 23.

Devoluciones de cliente con PQR por proceso

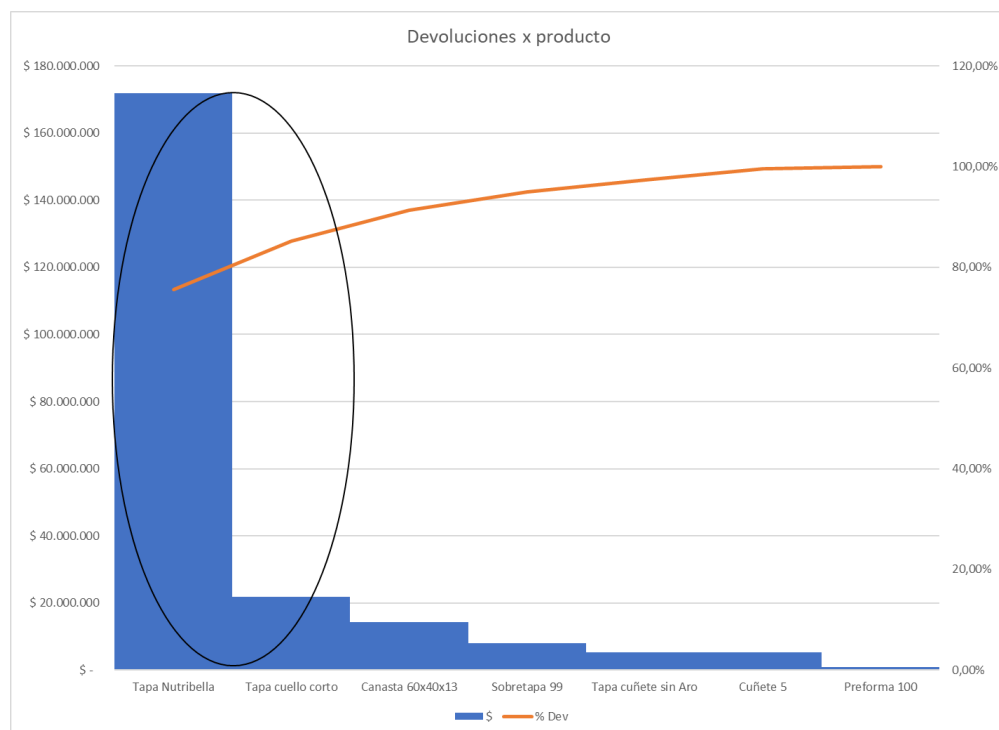


Nota. La tabla presenta, mediante un diagrama de barras la cantidad de devoluciones – No conforme externo de los procesos de Inyección y Soplado PET.

6.4.4.b. Definición de los productos. El resultado de la agrupación por familias, para las devoluciones es el siguiente:

Figura 24.

Devoluciones de cliente con PQR por producto



Nota. La grafica presenta mediante un diagrama de Pareto, las devoluciones en pesos por cada producto.

Tabla 10.

Costo de las devoluciones por producto.

Familia	\$	% Dev	Acumulado
Tapa Nutribella	\$ 171.985.365	75,60%	\$ 171.985.365
Tapa cuello corto	\$ 21.750.000	85,17%	\$ 193.735.365
Canasta 60x40x13	\$ 14.198.400	91,41%	\$ 207.933.765
Sobretapa 99	\$ 8.038.800	94,94%	\$ 215.972.565
Tapa cuñete sin Aro	\$ 5.359.484	97,30%	\$ 221.332.049
Cuñete 5	\$ 5.215.000	99,59%	\$ 226.547.049
Preforma 100	\$ 934.920	100,00%	\$ 227.481.969

Nota. La tabla presenta el valor de las devoluciones (en pesos) y su participación porcentual, por producto.

Resultado del análisis del diagrama de Pareto del criterio tres: Producto no conforme detectado externamente: Devoluciones de clientes, se identifican como principales productos: Tapa Nutribella, Tapa cuello corto, Canasta 60x40x13, Sobretapa 99, Tapa cuñete sin Aro.

6.4.5 Síntesis para la definición del proceso y productos

Con base en los tres criterios anteriormente expuesto, resulta como factor común el proceso analizar: **P13 – Inyección, Planta 4, Fontibón.**

Para la definición de los productos, adicional a los tres criterios se debe considerar la ponderación dada por la Alta Dirección para cada criterio, establecido por la Gerencia, así:

Tabla 11.

Ponderación para los criterios.

Criterio	Consecuencia general	Ponderación
Producto no conforme detectado internamente: Reporte de no conformidad de producto en proceso y/o terminado.	Implica acciones internas para la atención y mejora de los procesos. Puede comprometer los tiempos de entrega. La NC no es detectada por el cliente.	20%
Producto no conforme detectado externamente: Reclamaciones de clientes.	Existe identificación de la NC por parte del cliente. Requiere acciones correctivas inmediatas. La imagen de la organización se ve comprometida.	30%
Producto no conforme detectado externamente: Devoluciones de clientes.	Adicional a las consecuencias del ítem anterior: El producto no es funcional y no permite ningún tipo de negociación. Las devoluciones afectan de manera directa la facturación de la organización y por ende sus EEEF.	50%

Nota. En la tabla se presentan los porcentajes de ponderación dados por la Gerencia para la selección de los productos.

De acuerdo con lo anterior, se establece de los productos a analizar en el presente proyecto, los dos primeros: **Tapa Nutribella y Cuñete 5 galones**, dejando la metodología definida para que la organización la haga extensiva a los demás productos en una fase posterior de implementación.

Tabla 12.*Consolidación de productos*

Familia	Eventos NC	Eventos PQR	Devoluciones	Ponderación
Tapa Nutribella	1,44%	7,86%	37,80%	47,10%
Cuñete 5	2,97%	10,00%	1,15%	14,11%
Tapa cuello corto	0,80%	2,14%	4,78%	7,73%
Canasta 60x40x13	0,00%	3,57%	3,12%	6,69%
Tapa cuñete sin Aro	2,24%	2,14%	1,18%	5,56%
Tapa cuñete Aro	3,63%	0,00%	0,00%	3,63%
Tapa personal	1,09%	2,14%	0,00%	3,24%
Sobretapa 99	1,03%	0,00%	1,77%	2,80%
Cuñete 5 Mod	0,00%	2,14%	0,00%	2,14%
Preforma 93	1,45%	0,00%	0,00%	1,45%
Preforma 23	1,29%	0,00%	0,00%	1,29%
Preforma 100g	0,00%	0,00%	0,21%	0,21%

Nota. La tabla presenta la aplicación de la ponderación entregada por la Gerencia a los productos preseleccionados.

6.5 Identificación de los parámetros de control

En este capítulo, se identifican los parámetros de control fundamentales para el adecuado desarrollo del proceso de Control de Calidad de la organización, en línea con los objetivos establecidos en este trabajo de grado. La selección de estos parámetros se basa, en primer lugar, en considerar aquellos que influyen directamente en la calidad del producto, incluyendo los requisitos explícitos del cliente cuando corresponda. Además, se toma en cuenta la variabilidad de los parámetros; aquellos con alta variabilidad seguirán siendo objeto de seguimiento por parte del proceso de control de calidad, mientras que los que no presenten esta característica podrían ser gestionados mediante un proceso de autocontrol por parte del operario (Villagra Villanueva, 2016, pág. 26).

Para identificar la variabilidad en cada variable del producto, se utilizará una gráfica de control específica. Esta herramienta permitirá visualizar de manera clara y rápida el comportamiento de la variable en análisis, facilitando la detección de patrones, tendencias o puntos que se desvíen de los límites de control establecidos (Carro Paz & Gonzalez Gomez, 2012). Cuando la variabilidad de la variable se mantenga dentro de los límites predefinidos, se considera que el proceso está bajo control y estable, lo que podría permitir aplicar un proceso de autocontrol.

No obstante, si se identifica dentro de la gráfica de control puntos fuera de los límites de control o patrones inusuales que indiquen una variación, esta variable deberá ser considerada como un parámetro de control a ser monitoreado y gestionado de manera más rigurosa dentro del Plan de Calidad a plantear.

El propósito de identificar estos parámetros de control es abordar en planta rápidamente cualquier problema mediante la aplicación de medidas correctivas adecuadas. Estas medidas se basan en datos concretos y objetivos, lo que facilita realizar ajustes y mejoras precisas. De esta manera, se logra una identificación certera de la causa raíz y se evita que los problemas se repitan en el futuro.

6.5.1 Tapa Nutribella

Considerando la selección realizada tanto de la línea del proceso como de los productos a analizar (numeral 7.4 Selección de la línea de producción y productos), el siguiente es el listado total de las referencias vigentes del primero producto seleccionado:

Tabla 13.

Referencias tapa Nutribella

Código Interno	Referencia	Código cliente
F500669	Tapa Verde Nutribela Linner Espuma	31227768
F500670	Tapa Dorada Nutribela Linner Espuma	31227770
F500671	Tapa Pardo Nutribela Linner	31227771
F500672	Tapa Naranja Nutribela Linner Espuma	31227769
F500675	Tapa Rosada Nutribela Linner	31227773
F500683	Tapa Aguamarina Nutribela Linner Espuma	31227772
F500687	Tapa Violeta Nutribela Leo Linner Esp	31228011
F500692	Tapa Violet Perlad Nutribe Biok Linner Espuma	31227774
F500716	Tapa Roja Nutribela Linner Espuma	34228047
F500727	Tapa Azul Nutribela Cel Madre	34228579
F500737	Tapa Roja Hera Nutribelalinner Espuma	32160007

Nota. La tabla presenta todas las referencias de tapa Nutribella que se fabrican mediante el proceso de Inyección en Planta 4.

6.5.1.a. Parámetros de control actuales

6.5.1.a.i. Variables dimensionales

Tabla 14. Variables dimensionales tapa nutribella

Variables dimensionales tapa Nutribella

Variable dimensional	Especificación	Unidad de medida	Tolerancia	Mín.	Máx.
Peso	19,5	g	1	18,5	20,5
Peso + linner	21,5	g	1	20,5	22,5
Altura total	20,1	mm	0,6	19,5	20,7
Diámetro externo	95	mm	0,7	94,3	95,7
Diámetro de rosca	89,8	mm	0,3	89,5	90,1
Diámetro base rosca	91,7	mm	0,3	91,4	92
Fuerza de apertura	1,5	kgf	0,5	1	2
Torque mínimo de cierre	15	lbf/inch		15	
Sobretorque Min de cierre	30	lbf/inch		30	
Ovalamiento max	2	mm			2
Altura interna sin linner	10,5	mm	0,2	10,3	10,7
GAP Tapa - Sobretapa	0,4	mm			0,4

Nota. En la tabla se encuentran las variables dimensiones de la tapa Nutribella con sus respectivas unidades de medida y tolerancias.

Para la definición de los parámetros de control se tomará como herramienta los datos obtenidos en las producciones.

6.5.1.b. Descripción de cada variable.

6.5.1.b.i. Peso. El peso de cada pieza es una variable fundamental en el control de la calidad de los productos plásticos. Esta variable permite asegurar que se esté inyectando (para este caso) la cantidad definida de mezcla del PP, para la conformación de la tapa.

Figura 25.

Equipo para la toma del peso

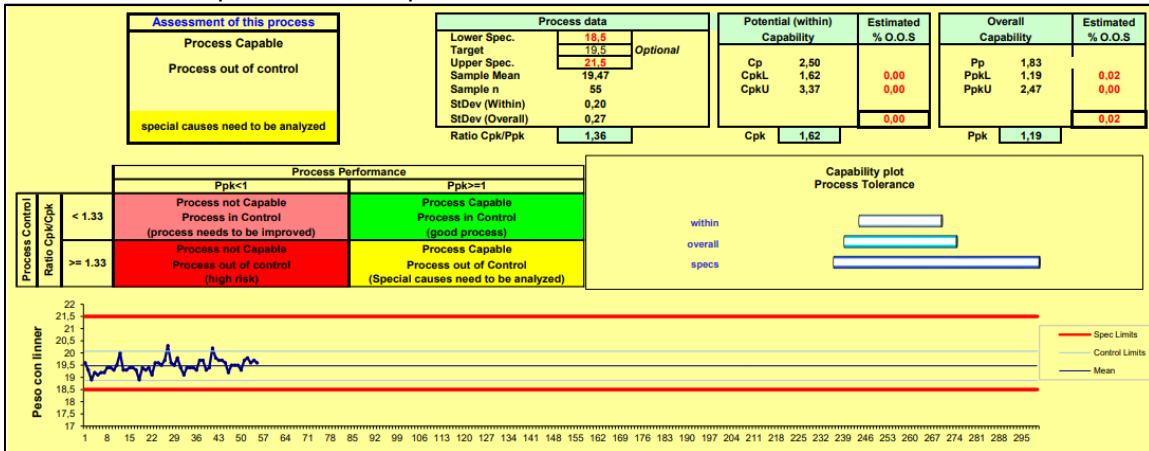


Nota. La fotografía corresponde a una de las balanzas usadas en ECSI S.A.S. para el control de la variable: peso.

Resultados del control de la esta variable:

Figura 26.

Gráfica de control para la variable peso



Nota. En la figura se presenta el grafico de control de la variable peso.

El resultado de esta gráfica indica que existen causas especiales que deben ser analizadas, razón por la cual el peso debe quedar ser considerada una variable de control.

6.5.1.b.ii. Peso + linner. Esta variable se diferencia de la anterior, en que contempla el linner espumado que lleva la tapa.

Figura 27.

Tapa con linner



Nota. En la fotografía se presenta el *linner* espumado que lleva la tapa Nutribella.

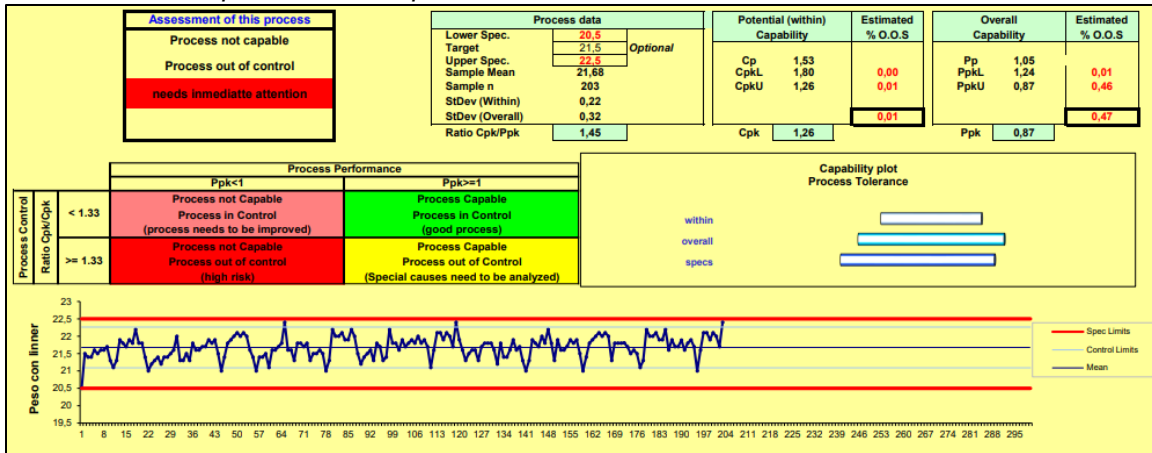
Sin embargo, este control podría resultar redundante debido a que el peso del linner se debe inspeccionar al momento de su ingreso a la compañía como parte del proceso de control de materias primas, esa y las demás variables de control definidas para este insumo.

De esta manera se debe asegurar que cuando este material pase a producción cuente con la revisión y aprobación de Control de Calidad. Con base en lo anterior se determina que esta no es variable de control.

No obstante, con base en los resultados de la siguiente gráfica de control, el peso del linner deberá ser una variable crítica de control a evaluar al momento de la recepción de este insumo.

Figura 28.

Gráfico de control para la variable peso con linner



Nota. En la figura se presenta el grafico de control de la variable peso con *linner*.

6.5.1.b.iii. Altura total. Una vez el proceso de Inyección ha conseguido su puesta a punto, es poco probable que esta variable fluctué. Esto se evidencia en la siguiente gráfica de control, donde se puede apreciar el comportamiento de las mediciones de la Altura Total.

Figura 29.

Calibrador de alturas

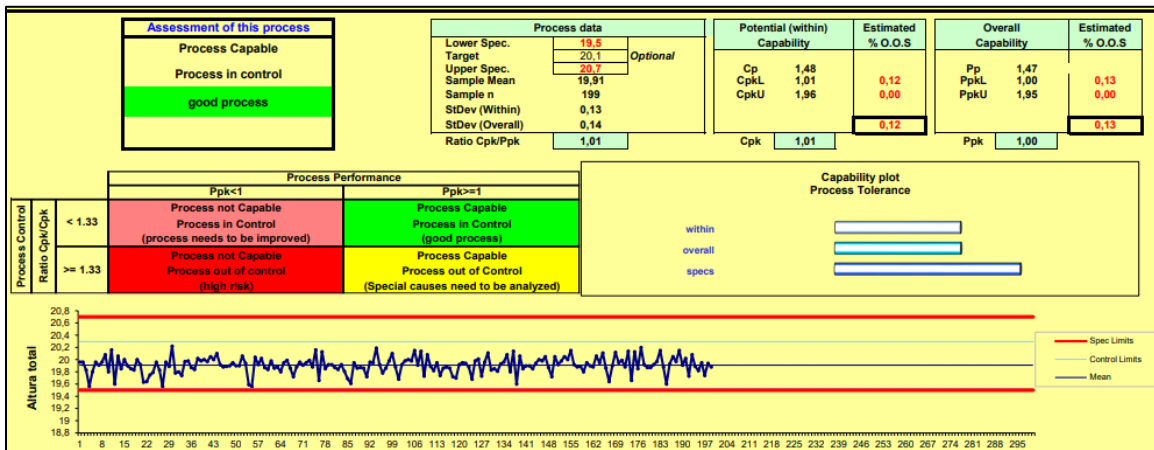


Nota. En la fotografía se presenta la medición de la altura total tapa Nutribella

Sin embargo, es importante efectuar un monitoreo a lo largo de toda la corrida a través de un instrumento tipo galga.

Figura 30.

Gráfico de control para la variable altura total



Nota. En la figura 30 se presenta el grafico de control de la variable altura total

Esta variable debería hacer parte del autocontrol del Operario en maquina mediante una herramienta: pasa no pasa. En este contexto, es de vital importancia comprender que el propósito fundamental de la implementación de un sistema de galgas pasa no pasa radica en la concepción y diseño de sistemas, métodos de trabajo y procesos que sean inherentemente a prueba de errores (Rodriguez Pulido & De la Vara Salazar, 2016).

Figura 31.

Ejemplo de una galga pasa no pasa

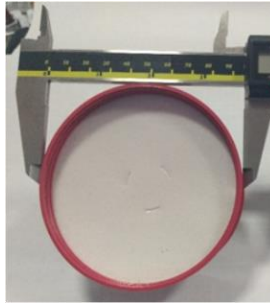


Nota. En la fotografía se aprecian dos galgas pasa y no pasa para el autocontrol de la variable altura total.

6.5.1.b.iv. Diámetro externo. Esta variable hace referencia a la medida exterior de la tapa, su variación es mínima a menos que se presenten defectos relacionados con el ovalamiento o con el llenado en la inyección (pieza incompleta).

Figura 32.

Medición del diámetro externo.

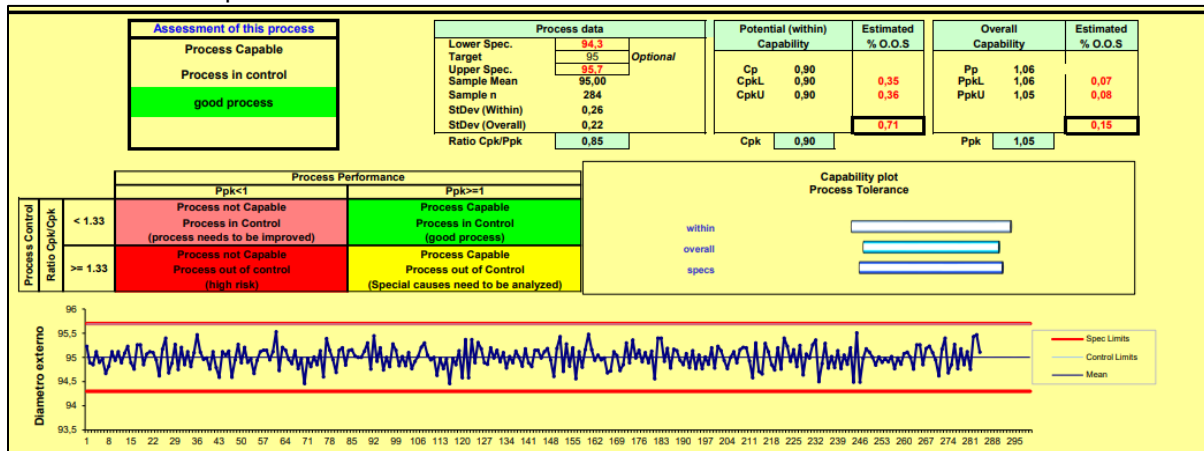


Nota. En la fotografía se aprecia la cómo se realiza la medición del diámetro externo de la tapa Nutribella.

El comportamiento de esta variable dimensional se puede apreciar en la siguiente gráfica:

Figura 33.

Gráfico de control para la variable diámetro externo



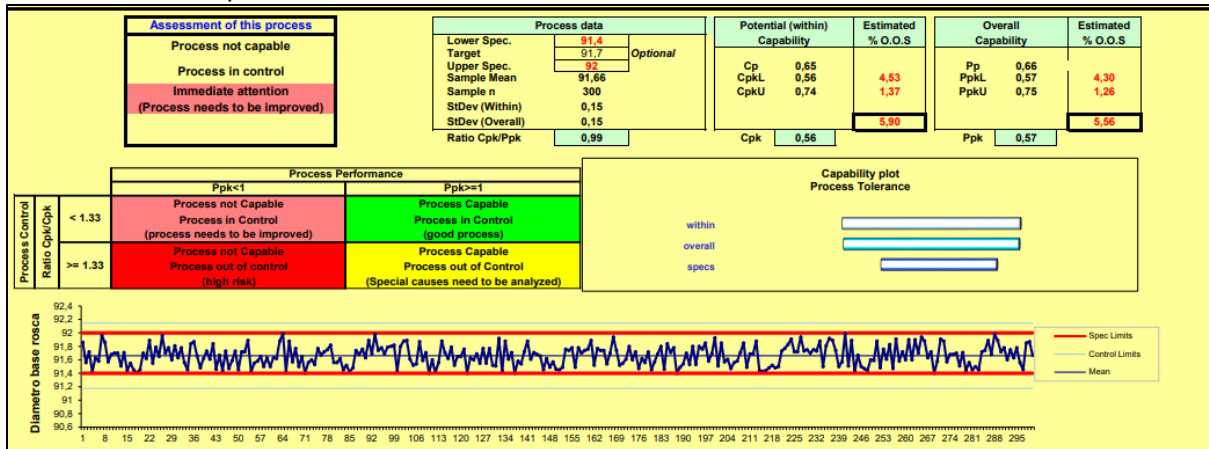
Nota. En la figura se presenta la gráfica de control de la variable diámetro externo.

No sería variable de control. Su seguimiento se puede efectuar con herramienta tipo galga que permita evaluar de manera: pasa no pasa.

6.5.1.b.v. Diámetro de rosca. Esta variable es medida crítica debido a que está directamente relacionada con el selle y ensamble con el envase. La conformación del hilo de la rosca depende del buen desempeño del proceso, caso contrario se hacen evidentes defectos como: rosca incompleta, rosca desgarrada, entre otros.

Figura 36.

Gráfico de control para la variable diámetro base de rosca



Nota. En la figura se presenta el gráfico de control de la variable diámetro base de rosca de la tapa Nutribella.

Es variable de control.

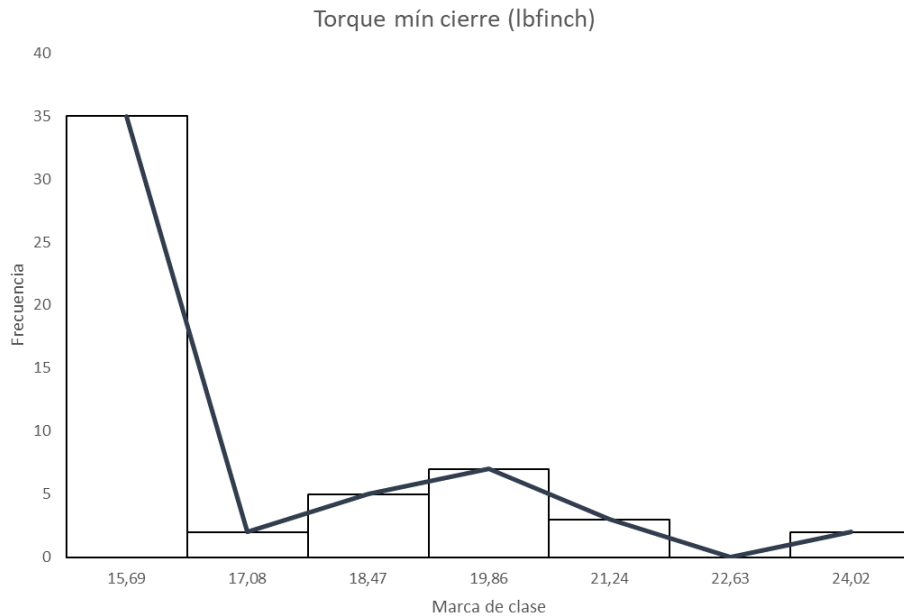
6.5.1.b.vii. Ovalamiento. Mas que una medición, es la diferencia de los dos valores obtenidos de la toma del diámetro base de rosca, que debería quedar formulado y condicionado para que alerte cuanto este valor supere lo descrito en ficha técnica.

6.5.1.b.viii. Fuerza de apertura. Este parámetro hace referencia a una prueba funcional con resultados cuantitativos que permite validar la fuerza requerida por el consumidor para destapar el producto a través del *flip top*.

6.5.1.b.ix. Torque mínimo de cierre. Esta variable sería de control y se evaluaría al momento de efectuar la prueba de fuerza de apertura.

Figura 39.

Gráfica de frecuencia para los resultados del torque mínimo de cierre.



Nota. En la figura se visualiza la gráfica de frecuencias de los resultados del torque mínimo de cierre.

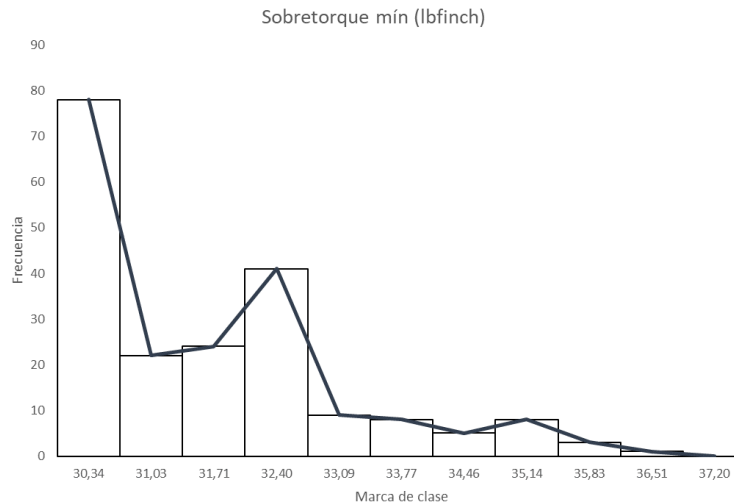
Sería importante contemplar el registro de este torque en el medio donde se almacenan los resultados de la fuerza de apertura de tal manera que no se dupliquen acciones de almacenamiento de datos.

6.5.1.b.x. Altura interna sin linner. Al igual que la altura total, esta variable una vez se ha cumplido el proceso de puesta a punto varia poco, a menos que se presenten defectos visiblemente identificables.

6.5.1.b.xi. Sobre torque Mínimo de cierre. Esta variable busca identificar el correcto cierre de la tapa con el envase asegurando que no exista traslape. Solo cuenta con el valor mínimo deseado, como cota de control.

Figura 42.

Gráfico de frecuencias para los resultados del sobre torque mínimo de cierre.



Nota. En la figura se presenta el grafico de frecuencias obtenido con los resultados de las mediciones del sobretorque mínimo de cierre de la tapa Nutribella.

Es variable de control.

6.5.1.b.xii. GAP Tapa – Sobretapa. Esta variable, también se evaluaría al momento de efectuar la prueba de fuerza de apertura. Cuenta con cota para su tolerancia mínima. Sin embargo, debería efectuarse con una galga de máximo el valor que registra la ficha técnica.

No es variable de control.

6.5.1.c Cuadro resumen

Tabla 15.

Cuadro resumen tapa Nutribella

Variable dimensional de control	Si/No	Observaciones
Peso	Si	/
Peso + linner	No	Control al ingreso.
Altura total	No	Galga
Diámetro externo	No	Galga
Diámetro de rosca	Si	/
Diámetro base rosca	Si	/
Fuerza de apertura	Si	/
Torque mínimo de cierre	Si	Al momento de efectuar la fuerza de apertura.
Sobretorque Min de cierre	Si	/
Ovalamiento max	No	Cálculo matemático con el diámetro base de rosca.
Altura interna sin linner	No	Galga
GAP Tapa - Sobretapa	No	Galga

Nota. La tabla 15 presenta el resumen de los parámetros de control de la Tapa Nutribella.

6.5.2 Cuñete 5 galones

Listado total de las referencias vigentes:

Tabla 16.

Referencias cuñete 5 galones

Código Interno	Referencia
I160000	Cuñete Amarillo T.A. Husky Inyectado
I160001	Cuñete Verde T.A. Husky Inyectado
I160002	Cuñete Azul Unilever T.A. Husky Inyectado
I160003	Cuñete Blanco T.A. Husky T.A. Inyectado
I160004	Cuñete Rojo T.A. Husky Inyectado
I160007	Cuñete Azulado T.A. Husky Inyectado
I160008	Cuñete Negro T.A. Husky Inyectado
I160009	Cuñete Rojo Corona T.A. Husky Inyectad

Nota. En la tabla se encuentran las referencias del cuñete 5 galones.

6.5.2.a. Parámetros de control actuales

6.5.2.a.i. Variables dimensionales

Tabla 17.

Variables dimensionales del cuñete 5 galones

Variable dimensional	Especificación	Unidad de medida	Tolerancia	Mín	Máx
Peso	840	g	10	830	820
Altura total	365,12	mm	2	363,12	367,12
Altura de pestaña	6,2	mm	0,2	6,0	6,4
Diámetro externo	300,99	mm	1,0	299,99	301,99
Diámetro Interno Boca	286	mm	0,5	285,5	286,5

Nota. En la tabla se presentan las variables dimensionales que tiene el cuñete 5 galones

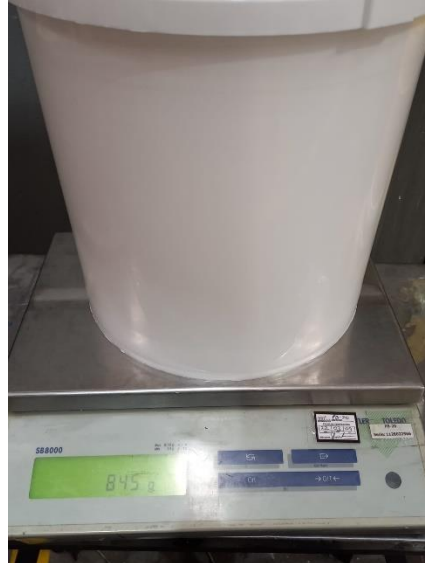
Para la definición de los parámetros de control se tomará como herramienta los datos obtenidos en las producciones.

6.5.2.b. Descripción de las variables

6.5.2.b.i. Peso

Figura 43.

Peso del cuñete 5 galones

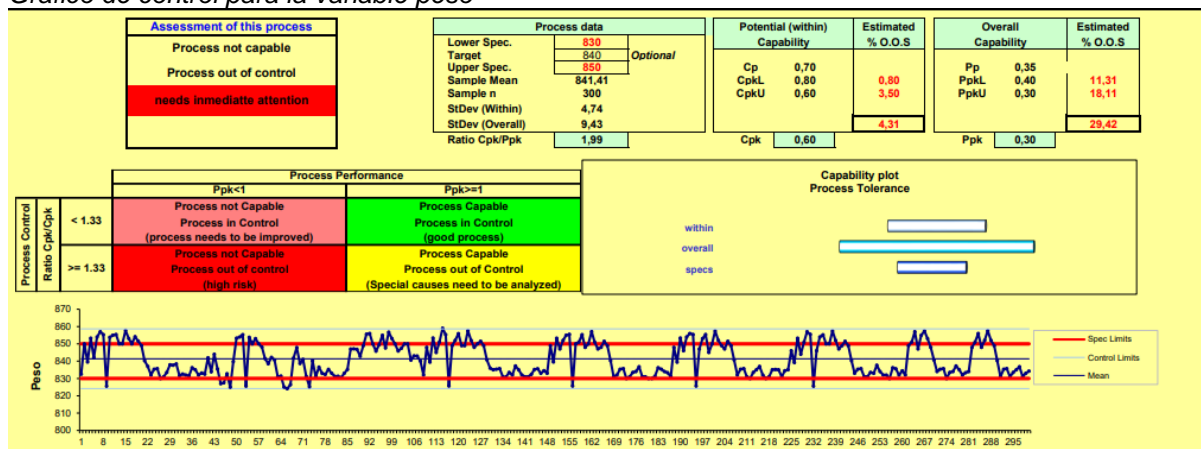


Nota. En la fotografía se aprecia la toma del peso del cuñete 5 galones.

Control el peso del producto, con la balanza de la planta y del laboratorio de control de calidad. Unidad de medida del peso en gramo. Los datos registrados del control de esta variable arrojan la siguiente gráfica:

Figura 44.

Gráfico de control para la variable peso



Nota. En la figura se presenta el gráfico de control de la variable peso del cuñete de 5 galones.

Es variable de control de control.

6.5.2.b.ii. Altura total. Con la medición de los cuatro puntos de esta variable se permite controlar la estabilidad del cuñete:

Figura 45.

Altura total del cuñete

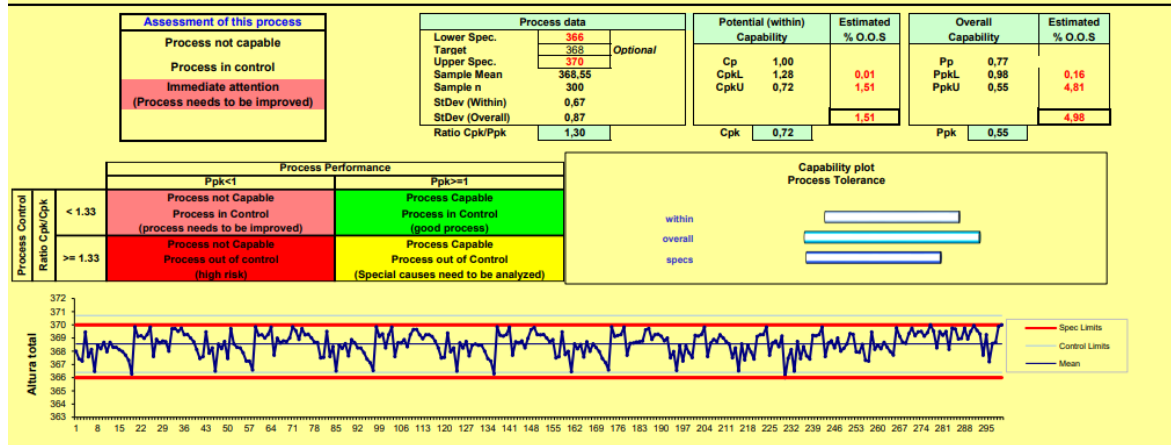


Nota. En la fotografía se presenta el calibrador de alturas y la medición de la altura total del cuñete 5 galones.

Los resultados se encuentran graficados a continuación:

Figura 46.

Gráfico de control para la variable altura total



Nota. En la figura se expone el gráfico de control de la variable altura total del cuñete 5 galones.

Dada la variación de los datos, es variable de control.

6.5.2.b.iii. Altura de pestaña. Esta variable es de importante control, pues permite el enganche del cuñete con la tapa.

Figura 47.

Altura de la pestaña

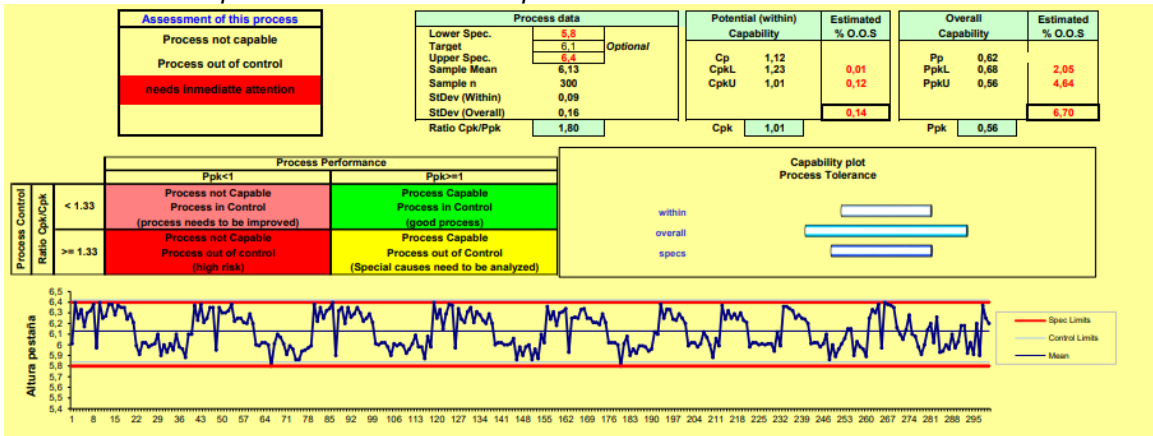


Nota. En la fotografía se señala la pestaña del cuñete 5 galones, variable dimensionada denominada: altura de pestaña.

El control de la altura de pestaña también presenta una alta variación, razón por la cual debe ser variable de control:

Figura 48.

Gráfico de control para la variable altura de pestaña



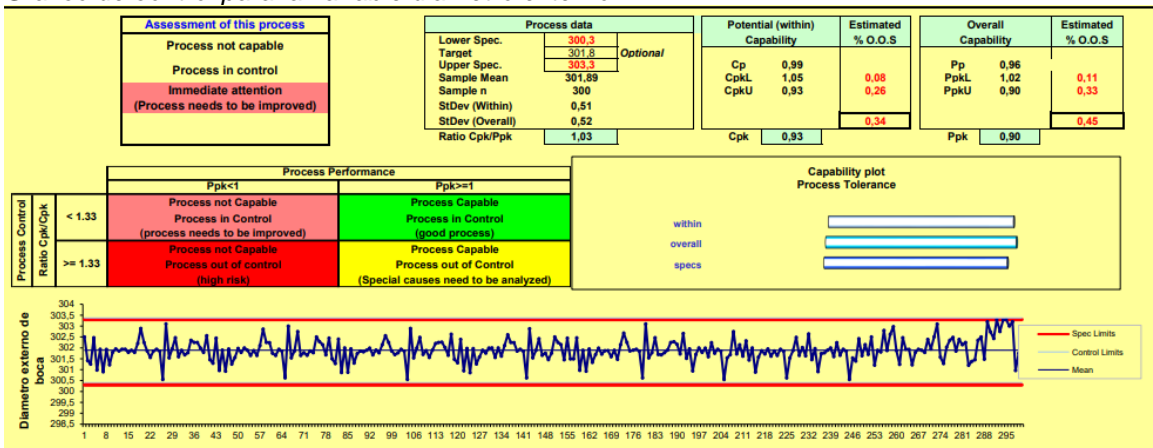
Nota. En la figura se encuentra el gráfico de control de la variable altura de pestaña del cuñete 5 galones.

Adicional, por la criticidad de la variable, sería recomendable crear un método de seguimiento en máquina.

6.5.2.b.iv. Diámetro externo. Esta medida está directamente relacionada con la conformación de la pestaña. Incide de manera directa en el ajuste y cierra de la tapa. Los resultados del análisis de los datos de control son los siguientes:

Figura 49.

Gráfico de control para la variable diámetro externo



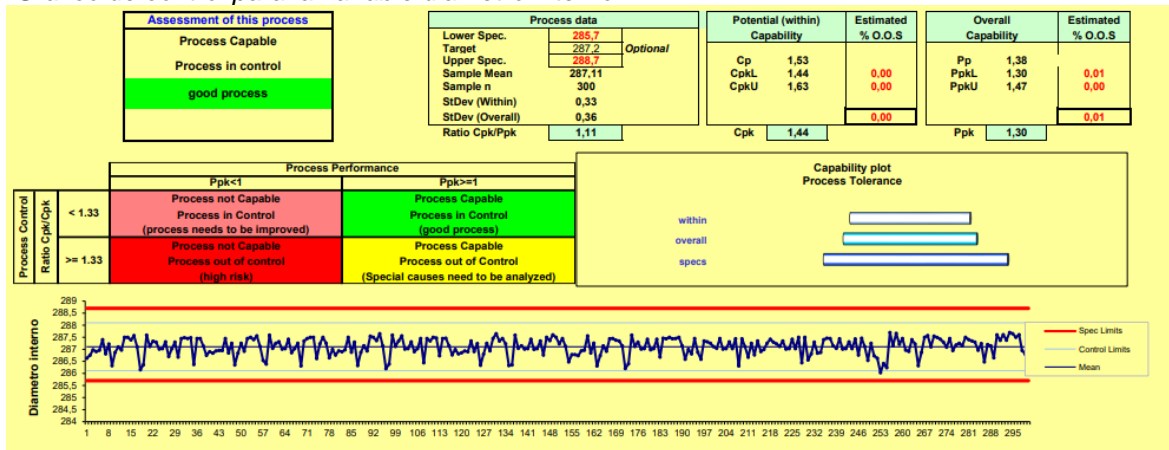
Nota. En la figura se presenta el gráfico de control de la variable diámetro externo del cuñete 5 galones.

Es variable de control.

6.5.2.b.v. Diámetro interno. Esta variable permite validar la medida interna superior del cuñete que donde se alojara la tapa.

Figura 50.

Gráfico de control para la variable diámetro interno



Nota. En la figura se encuentra el gráfico de control de la variable interno del cuñete 5 galones.

No es variable de control.

Podría realizarse seguimiento mediante galga en máquina, lo cual también podrían ayudar a verificar un posible ovalamiento.

6.5.2.c. Cuadro resumen

Tabla 18.

Cuadro resumen cuñete

Variable dimensional de control	Si / No	Observaciones
Peso	Si	Analista de Control de Calidad y Operario.
Altura total	Si	/
Altura de pestaña	Si	Seguimiento dimensional por parte del Analista de Control de Calidad, control pasa no pasa por parte del Operario.
Diámetro externo	Si	/
Diámetro Interno Boca	No	Autocontrol con galga.

Nota. La tabla 18 presenta el resumen de los parámetros de control del cuñete 5 galones.

6.6 Metodología propuesta

Dado que dentro de la metodología propuesta se plantean actividades de autocontrol es indispensable considerar:

6.6.1 Para el Operario (a)

6.6.1.a. Establecer criterios de aceptación claros. Definir los criterios de calidad específicos y claros para las tapas en análisis de tal manera que el Operario (a) que efectuara las labores de auto control se enfoque en identificar rápidamente las unidades que no cumplen con los estándares establecidos.

6.6.1.b. Capacitar al personal de revisión. De la mano de la definición de los parámetros claros, se debe proporcionar capacitación adecuada Operario (a) de la revisión. Esto le permitirá adquirir habilidades específicas para identificar rápidamente los problemas en las unidades de producción y tomar decisiones informadas sobre su calidad.

6.6.1.c. Implementar un sistema de retroalimentación rápida. Establecer canales de comunicación efectivos entre el Supervisor y/o jefe de Proceso y el personal Operario (a) de producción. De tal manera que, si se detecta un problema en una tapa, la información llegue rápidamente al área de producción: Supervisor y/o jefe de Proceso para que se pueda corregir el proceso y evitar que se produzcan más unidades defectuosas.

6.6.2 Para el Analista de control de calidad

6.6.2.a. Utilizar herramientas de análisis de datos. Implementar sistemas sencillos de análisis de datos, ejemplo: gráficos, que le permitan visualizar e identificar patrones y tendencias al Analista de Control de Calidad en las unidades de producción defectuosas. Esto puede ayudar a identificar las áreas problemáticas y tomar medidas correctivas específicas de manera oportuna, evitando grandes volúmenes de producción para mejorar la calidad en esas etapas del proceso. La aprobación efectuada por el Proceso de Control de Calidad de ECSI S.A.S. está basado en un enfoque de muestreo estadístico: En lugar de revisar todas las unidades de producción, considera un muestreo

estadístico que implica seleccionar una muestra representativa de las unidades y revisarlas en detalle. Si la muestra cumple con los criterios de calidad, es probable que el lote completo también lo haga. Para el análisis de los tiempos se efectuará la representación del proceso de control de calidad de cada uno de los productos objeto de análisis del presente documentos utilizando el **mapa de flujo de valor (Value Stream Map, en inglés)**, considerando que es una herramienta muy útil para analizar y mejorar procesos, incluidos los procesos de control de calidad en inyección. El mapa de flujo de valor permite visualizar y analizar en detalle cómo fluye la información del análisis de control de calidad de cada producto. Al representar el flujo de valor, se podrá identificar dónde se encuentran las oportunidades para mejorar la eficiencia, mejorar los tiempos, eliminar actividades necesarias y/o eliminar desperdicios en el proceso (Alarcón Falconí, 2014, págs. 39-40) . Para la elaboración del mapa de flujo de valor se tendrá en cuenta:

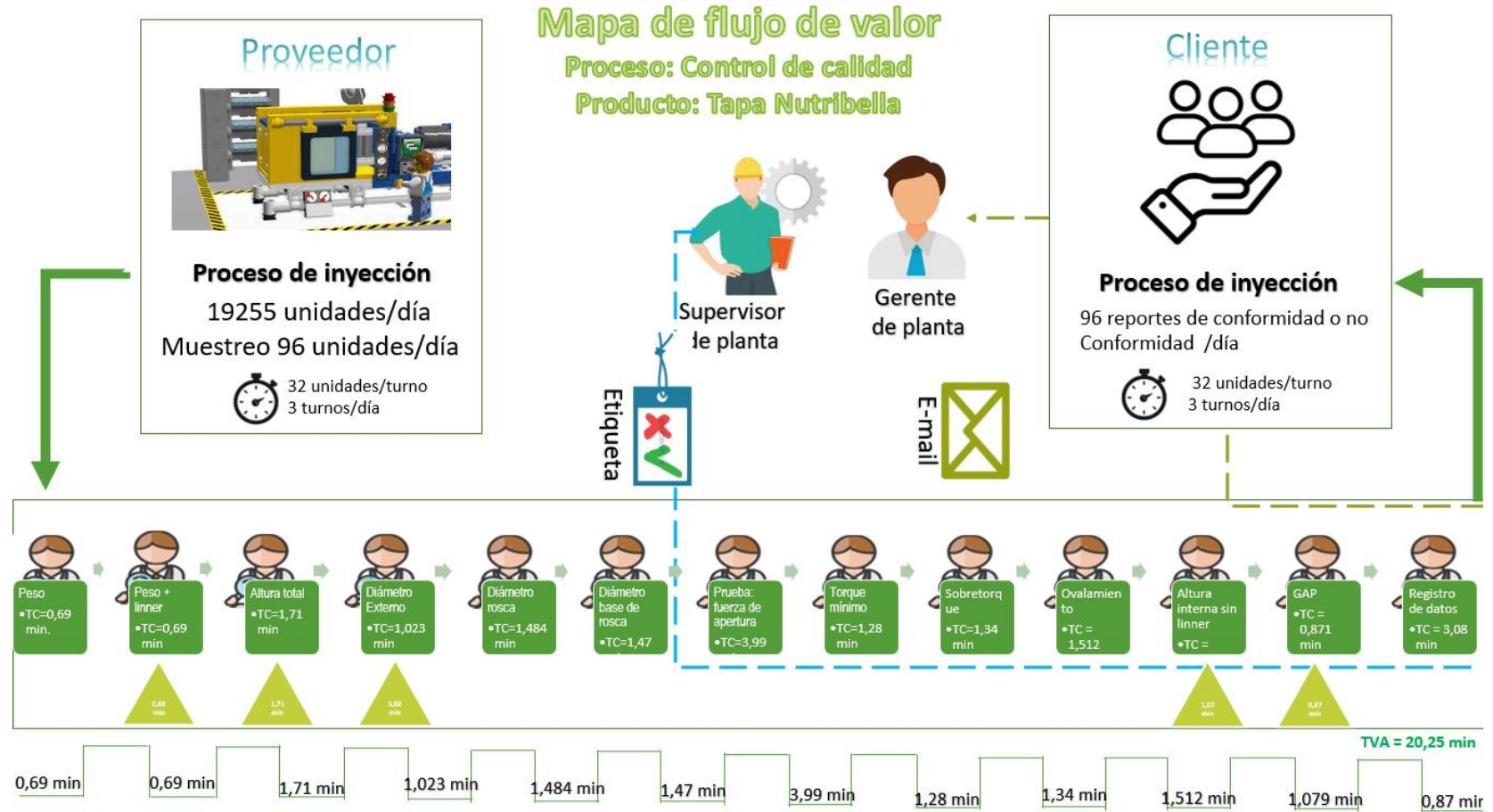
- Paso a paso del proceso de control de calidad: Identificando cada uno de los pasos que se llevan a cabo en el proceso de control de calidad de los dos productos en análisis: Tapa Nutribella y Cuñete 5 galones, desde el arranque de producción hasta la aprobación o rechazo de los productos.
- Establecer e identificar los tiempos de inactividad que pueden ser oportunidades para reducir el tiempo total del proceso. De igual forma, se busca visualizar los posibles cuellos de botella: localizando los puntos del proceso donde se acumula trabajo o recursos, lo que puede ralentizar la eficiencia general del proceso.
- Como punto de suma importancia establecer cuáles son las actividades que no agregan valor real al proceso y que podrían eliminarse o reducirse.
- Determinar los Flujos de información y materiales: Visualizando cómo fluye la información y los materiales dentro del proceso, desde el inicio hasta la conclusión.
- Al crear el mapa de flujo de valor para el proceso de control de calidad, se obtendrá una visión clara y detallada de cómo opera el proceso en la actualidad.

6.7 Tiempos empleados y unidades evaluadas

La propuesta busca aumentar la cantidad de unidades analizadas respecto a las unidades evaluadas en la actualidad:

Figura 51.

Mapa de flujo de valor actual para el proceso de Control de Calidad de la Tapa Nutribella



Nota. En la figura se encuentra el Mapa de Flujo de Valor actual del proceso de Control de Calidad para la tapa Nutribella inyectada.

6.7.1 Tapa Nutribella

Tabla 19.

Datos de producción de la tapa Nutribella

Ciclo	17,5	S
N° Cavidades	4	Unidades
Unidades/hora	823	und/hora
unidades/turno	6583	und/turno
unidades/día	19749	und/día
%	19255	und/día

Nota. En la tabla se registran los datos diarios, por turno y por hora de la tapa Nutribella.

Tabla 20.

Plan de muestreo de la tapa Nutribella

Quala	Unidades por turno		Responsable
Nivel Especial Variables	S2	8	Analista
Nivel General Atributos	II	200	Operario (a)

Nota. En la tabla se presenta en Plan de Muestreo para tapa Nutribella

6.7.1.a Tiempos actuales

Tabla 21.

Tiempos actuales de medición tapa Nutribella

Variable de control	t (s)*	t (m) *	t (h) *
Peso	41,04	0,69	0,0114
Peso + linner	41,04	0,69	0,0114
Altura total	102,96	1,7115	0,0286
Diámetro externo	61,4	1,02333	0,01705556
Diámetro de rosca	89,04	1,48400	0,02473333
Diámetro base rosca	88,68	1,47800	0,02463333
Fuerza de apertura	239,52	3,99200	0,06653333
Torque mínimo de cierre	77,04	1,28400	0,0214
Sobretorque Min de cierre	80,52	1,34200	0,02236667
Ovalamiento max	91,56	1,52600	0,02543333
Altura interna sin linner	64,76	1,0793333	0,01798889
GAP Tapa - Sobretapa	52,28	0,87133333	0,01452222
Registro de datos	184,8	3,08	0,05133333
		20,2514996	0,3374

Nota. En la tabla se presentan los tiempos actuales de medición en segundo, minuto y hora.

(*) Para una inyectada: 4 unidades

6.7.1.b. Unidades revisadas actuales. De acuerdo con el plan de calidad actual la frecuencia de revisión es cada dos (-2-) horas tomando dos inyectadas: ocho (-8-) unidades. Una inyectada, es decir cuatro unidades, para las variables dimensionales, exceptuando el sobre torque mínimo de cierre para el cual se utiliza la segunda inyectada.

Tabla 22.

Cantidad de unidades revisadas actuales tapa Nutribella

Unidades revisadas	
Frecuencia (2h)	Q
6:00	8
8:00	8
10:00	8
12:00	8

Totales 32 Turno (8h)
96 Día 0,50%

Nota. La tabla expone las unidades de tapa Nutribella revisadas en la actualidad.

6.7.1.c Tiempos propuestos.

6.7.1.c.i. Operario.

Tabla 23.

Tiempos propuestos para autocontrol por parte del Operario (a) de la tapa Nutribella

Variable de control	t (s)*	t (m) *	t (h) *2
Peso	23,32	0,388667	0,00647778
Altura total	23.86	0,397667	0,00662778
Diámetro externo	39.59	0,65983	0,010997
Altura interna sin linner	29.79	0,4965000	0,008275
GAP Tapa - Sobretapa	46.23	0,8205	0,013675
Registro de datos	79.60	1,327	0,022111
		4,09	0,0682

Nota. En la tabla se presentan los tiempos propuestos para el proceso de autocontrol por parte del Operario (a).

6.7.1.c.ii. Analista de control de calidad

Tabla 24.

Tiempos propuestos para los analistas de Control de Calidad tapa Nutribella

Variable de control	t (s)*	t (m) *	t (h) *
Peso	41,04	0,69	0,0114
Diámetro de rosca	89,04	1,48400	0,02473333
Diámetro base rosca	88,68	1,47800	0,02463333
Fuerza de apertura	295,62	4,92700	0,08211667
Torque mínimo de cierre (1)			
Sobretorque Min de cierre	80,52	1,34200	0,02236667
Ovalamiento max (2)			
Registro de datos	219	2,15	0,03583333
		12,071	0,20108333

Nota. En la tabla se registran los tiempos propuestos para las verificaciones por parte del analista de control de calidad para la tapa Nutribella

(*) Para una inyectada: 4 unidades

6.7.1.d. Unidades revisadas propuestas. Considerando que el tiempo para el Analista de Control de Calidad disminuye, la frecuencia podría aumentar a 1 hora de tal manera que se puedan analizar más unidades, así:

Tabla 25.

Cantidad de unidades revisadas propuestas para la tapa Nutribella

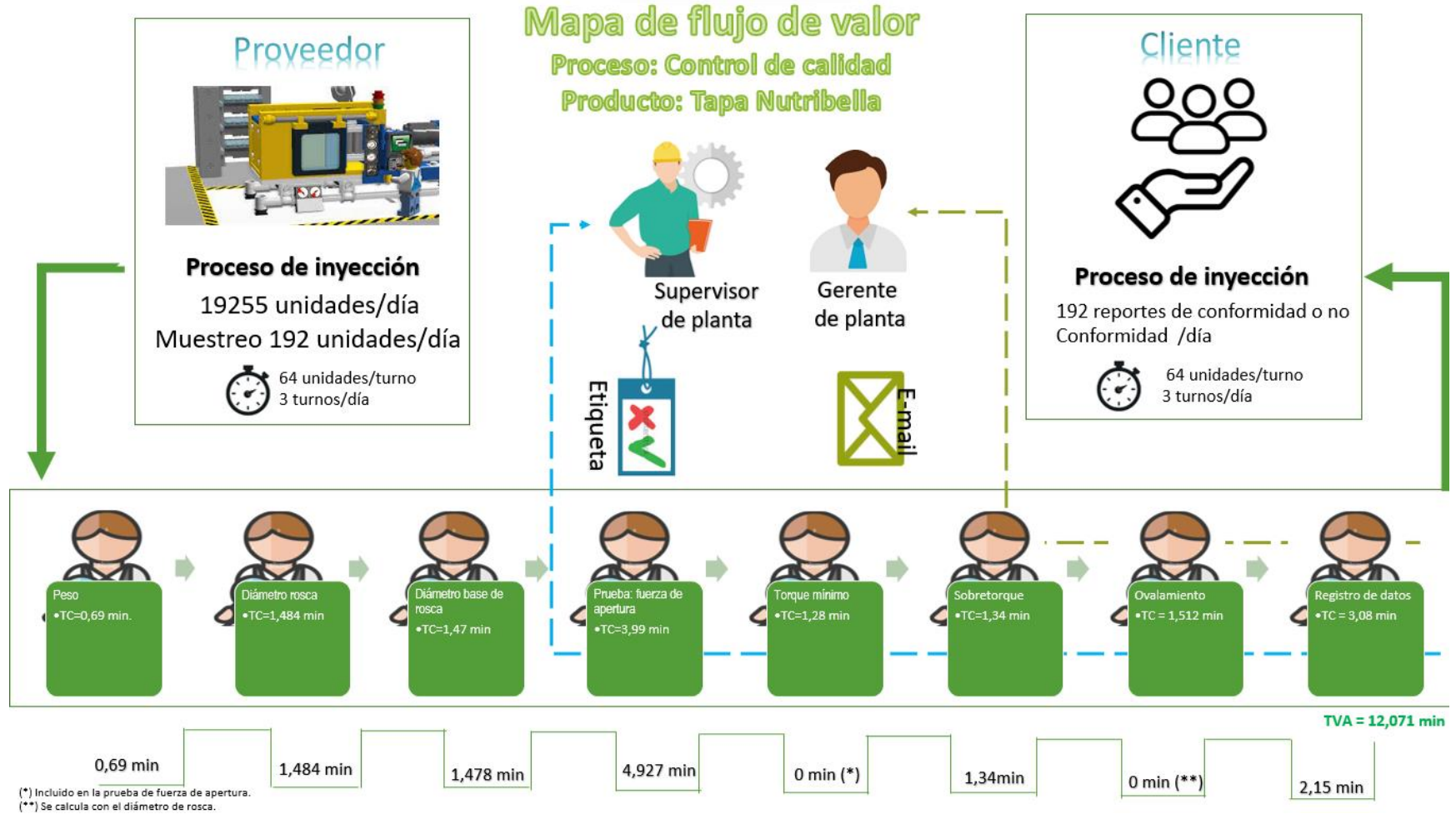
Unidades revisadas	
Frecuencia (1h)	Q
6:00	8
7:00	8
8:00	8
9:00	8
10:00	8
11:00	8
12:00	8
13:00	8

Totales 64 Turno
192 Día 1,00%

Nota. En la tabla se encuentran las unidades revisadas después de aplicar la propuesta.

Figura 52.

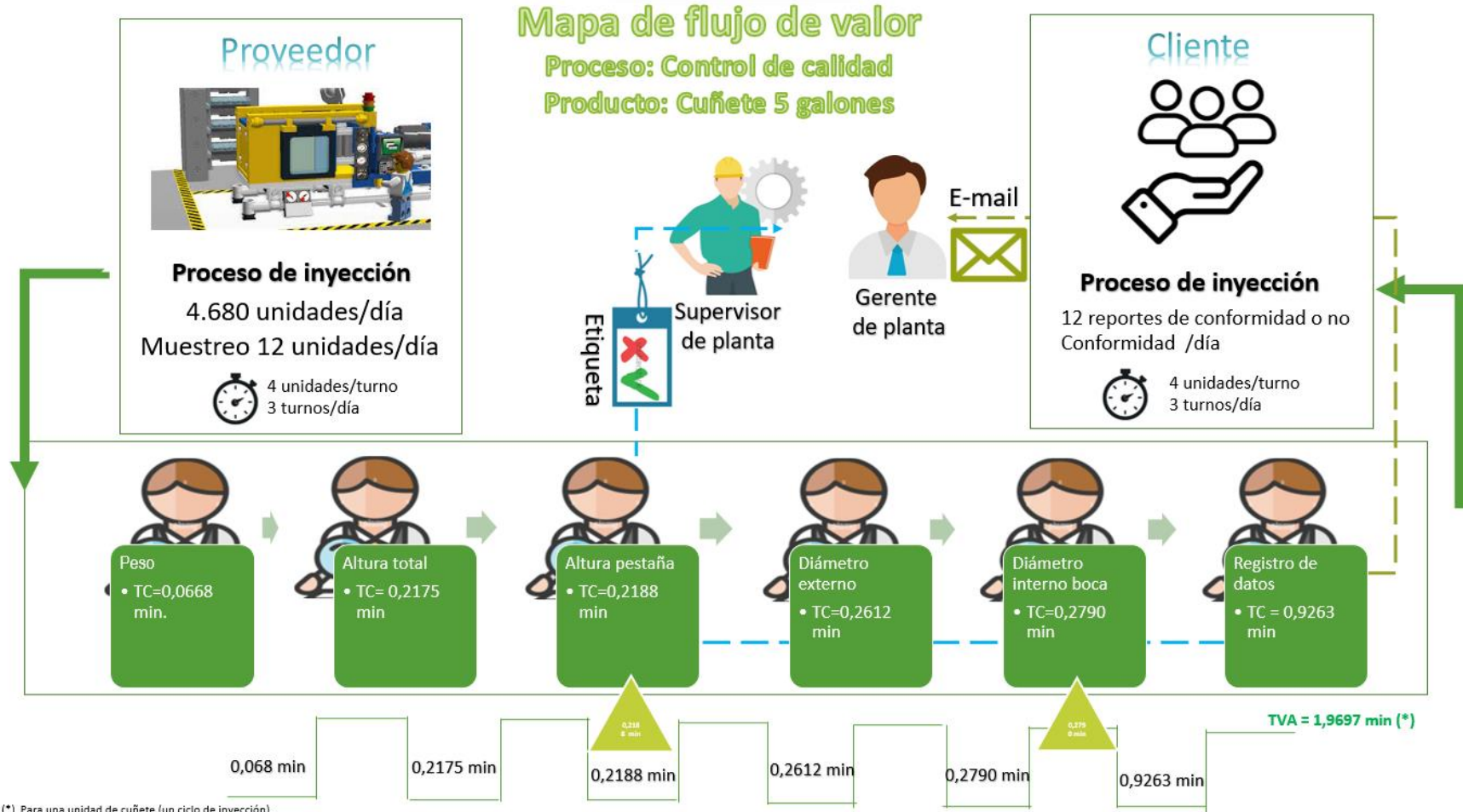
Mapa de Flujo de Valor propuesto del proceso de Control de Calidad de la tapa Nutribella



Nota. La figura corresponde al Mapa de Flujo de Valor propuesto para la tapa Nutribella inyectada.

Figura 53.

Mapa de Flujo de Valor actual del proceso de Control de Calidad del cuñete 5 galones



Nota. En la figura se encuentra el Mapa de Flujo de Valor actual del proceso de Control de Calidad para el cuñete 5 galones inyectado.

6.7.2 Cuñete 5 Gal

Tabla 26.

Datos de producción del cuñete 5 galones

Ciclo	18	s
N° Cavidades	1	Unidades
Unidades/hora	200	und/hora
unidades/turno	1600	und/turno
unidades/día	4800	und/día
%	4680	und/día

Nota. En la tabla se registran los datos de producción diarios, por turno, por hora, del cuñete de 5 galones.

Tabla 27.

Plan de muestreo cuñete 5 galones

Varios	Unidades por turno		Responsable
Nivel Especial Variables	S2	8	Analista
Nivel General Atributos	II	125	Operario (a)

Nota. Plan de muestreo para el cuñete 5 galones.

6.7.2.a. Tiempos actuales.

Tabla 28.

Tiempos actuales de medición cuñete 5 galones

Variable dimensional de control	s (*)	m (*)	h (*)
Peso	4,01	0,0668	0,0011
Altura total	13,05	0,2175	0,0036
Altura de pestaña	13,13	0,2188	0,0036
Diámetro externo	15,67	0,2612	0,0044
Diámetro Interno Boca	16,74	0,2790	0,0047
Registro de datos	55,58	0,9263	0,0154
Totales	118,18	1,9697	0,0174

Nota. En la tabla se presentan los tiempos actuales de medición en segundo, minuto y hora del cuñete 5 galones.

(*) Para una inyectada de una cavidad.

6.7.2.c.ii. Analista de control de calidad

Tabla 31.

Tiempos propuestos para los analistas de control de calidad del cuñete 5 galones

Variable de control	t (s)*	t (m) *	t (h) *
Peso	16,04	0,2673	0,0045
Altura total	52,2	0,8700	0,0145
Diámetro Externo	52,52	0,8753	0,0146
Registro de datos	62,68	1,0447	0,0174
Totales	183,44	3,0573	0,0510

Nota. En la tabla se registran los tiempos propuestos para las verificaciones por parte del analista de control de calidad para el cuñete 5 galones.

(*) Para cuatro (-4-) unidades, es decir cuatro (-4-) inyectadas.

6.7.2.d. Unidades revisadas propuestas. Con esta esta propuesta no solo se cumpliría el plan de muestreo aplicado, sino que se analizaría el 1% de la producción fabricada:

Tabla 32.

Cantidad de unidades revisadas propuestas para el cuñete 5 galones

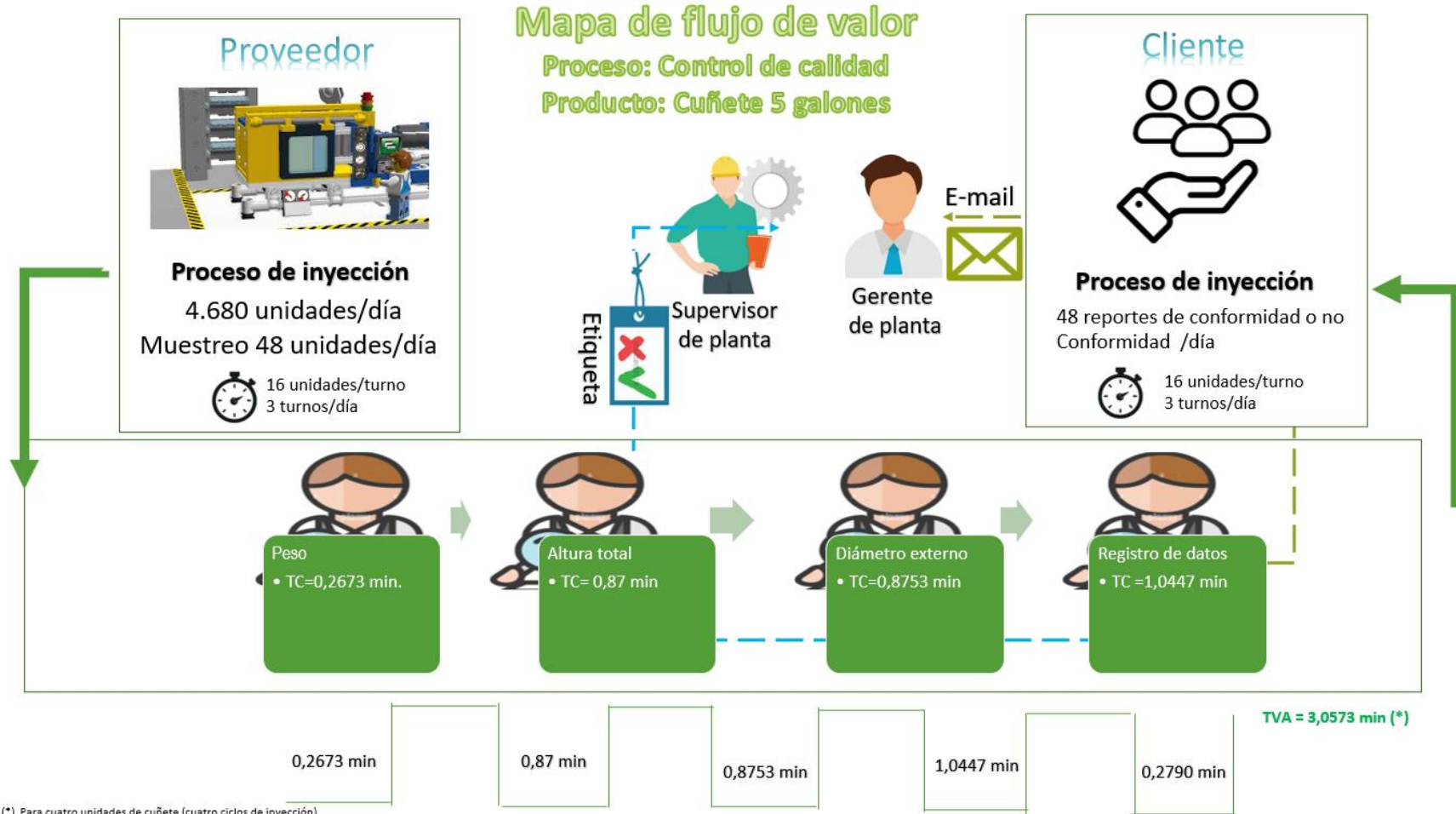
Unidades revisadas	
Frecuencia (2h)	Q
6:00	4
8:00	4
10:00	4
12:00	4

Totales 16 Turno (8h)
 48 Día 1,03%

Nota. En la tabla se encuentran las unidades revisadas después de aplicar la propuesta planteada para el cuñete 5 galones.

Figura 54.

Mapa de Flujo de Valor propuesto para el proceso de Control de Calidad del cuñete 5 galones



(*) Para cuatro unidades de cuñete (cuatro ciclos de inyección).

Nota. La figura corresponde al Mapa de Flujo de Valor propuesto para el cuñete 5 galones inyectado.

6.8 Planes de calidad

6.8.1 Plan de control de calidad propuesto para la tapa Nutribella

Tabla 33.

Plan de Control de Calidad propuesto para la tapa Nutribella

Objetivo: Establecer los parámetros para la verificación, aprobación, rechazo y seguimiento del producto Tapa Nutribella en el proceso de Inyección.											
Entradas:		Unidades de Tapa Nutribella fabricadas en el proceso de Inyección					Salidas:		Informe de estatus de conformidad de la Tapa Nutribella		
Variable / Control	Especificación	Punto de control	Responsable	Registro	Equipo	Procedimiento instructivo para la medición y/o prueba	Frecuencia	Cantidad	Corrección en caso de No Conformidad	Seguimiento	
Peso	Código / Ficha Técnica	Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Balanza asignada a maquina	08-042I	Cada hora	4	08-001P	kg de PNC / turno	
		Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F07:08-012P	Balanza laboratorio		Cada hora	8			
Peso + linner		Ingreso a Almacén de MP	Analista Control de Calidad MP	F03:08-007P	Balanza laboratorio	08-010P-03	De acuerdo con ingreso	De acuerdo con plan de muestreo			
Altura total		Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Galga en maquina	08-010P-03	Permanente	Cada unidad pasa por la galga instalada en el tobogán de salida.			
Diámetro externo		Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Galga en maquina	08-010P-03	Cada hora	4			
Diámetro de rosca		Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F07:08-012P	Pie de Rey Laboratorio	08-042I	Cada hora	8			

Tabla 33. (Continuación)

Diámetro base rosca	Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F07:08-012P	Pie de Rey Laboratorio	08-042I	Cada hora	8
Fuerza de apertura	Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F07:08-012P	Torquimetro, Maquina universal de pruebas	08-042I	Cada hora	8
Torque mínimo de cierre	Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F07:08-012P	Torquimetro	08-042I	Cada hora	8
Sobretorque Min de cierre	Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F07:08-012P	Torquimetro	08-042I	Cada hora	8
Ovalamiento max	Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F07:08-012P	Excel	08-042I	Cada hora	8
Altura interna sin linner	Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Galga en maquina	08-010P-03	Cada hora	4
GAP Tapa - Sobretapa	Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Galga en maquina	08-010P-03	Cada hora	4

Nota. La tabla 33 corresponde al Plan de Control de Calidad propuesto para el proceso de inyección de la tapa Nutribella.

6.8.2 Plan de control de calidad propuesto para el Cuñete 5 galones

Tabla 34.

Plan de Control de Calidad propuesto para el cuñete 5 galones

Objetivo: Establecer los parámetros para la verificación, aprobación y seguimiento del producto Cuñete 5 galones en el proceso de Inyección										
Entradas:		Unidades del Cuñete 5 galones fabricadas en el proceso de Inyección				Salidas:		Informe de estatus de conformidad del Cuñete 5 galones		
Variable / Control	Especificación	Punto de control	Responsable	Registro	Equipo	Procedimiento instructivo para la medición y/o prueba	Frecuencia	Cantidad	Corrección en caso de No Conformidad	Seguimiento
Peso	Código / Ficha Técnica	Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Balanza asignada a maquina	08-012P-03	Cada hora	4	08-001P	kg de PNC / turno
		Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F01:08-015I	Balanza laboratorio	08-012P-03				
Altura total		Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F01:08-015I	Calibrador de alturas	08-012P-03	Cada hora	4		
Altura de pestaña		Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Galga	08-012P-03	Cada hora	4		
		Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F01:08-015I	Pie de Rey	08-012P-03	Cada hora	4		
Diámetro externo		Aprobación de Inicio / Control de Producto en proceso	Analista Control de Calidad PP	F01:08-012P F01:08-015I	Pie de Rey	08-012P-03	Cada hora	4		
Diámetro interno de boca		Control de Producto en proceso	Operario (a)	F13-09-001P	Galga	08-012P-03	Cada unidad pasa por la galga instalada en máquina.	4		

Nota. La tabla 34 corresponde al Plan de Control de Calidad propuesto para el proceso de inyección del cuñete 5 galones.

7 CONCLUSIONES

Se planteó una propuesta para la implementación de un plan de calidad en el proceso de línea de inyección de la empresa ECSI SAS en su sede Bogotá, Planta Fontibón. Esta propuesta facilitó la inspección de los atributos y la verificación de las variables dimensionales en línea con la producción, lo que permitió identificar de manera más eficiente y rápida los productos no conformes.

La determinación de los parámetros críticos de control de calidad en el proceso de Inyección de la Planta de Fontibón P4 se basó en la identificación de los productos de mayor relevancia, abordando tres criterios esenciales: la detección interna de Productos No Conformes, que representó un significativo 82.87% de los incidentes relacionados con este proceso; la identificación externa de Productos No Conformes a través de reclamaciones, a incluyó un considerable 47.32%; y las devoluciones, que constituyeron un notable 60.71% de los problemas asociados a los productos fabricados mediante el proceso de inyección de la planta en mención.

Para llevar a cabo esta identificación de manera efectiva, se aplicaron herramientas valiosas como gráficos de barras y análisis de Pareto, lo que permitió una precisa identificación de los productos críticos que requerían una atención especial. Específicamente, destacamos dos productos de alta prioridad: Cuñete 5 galones, responsable del 26.42% de las reclamaciones de clientes y el 12.03% de los eventos de no conformidad interna en el proceso de inyección, y la Tapa Nutribella, causante del 75.33% de las devoluciones de clientes y el 10,75% de los reclamos.

Es importante destacar que esta metodología se aplicó con éxito durante este proyecto y se espera que la organización continúe utilizándola como parte de su estrategia para gestionar exitosamente los productos en futuros proyectos y procesos. Esta versión destaca la importancia de la metodología utilizada y su aplicabilidad continua en futuros proyectos y procesos de la organización.

Una vez identificados los parámetros críticos de control, se analizó variable por variable de control de cada uno de los productos seleccionados, mediante el gráfico de control de

cada variable para visualizar el comportamiento actual y tomarlo como criterio base para la selección de parámetros de control. Además, se lograron los métodos de control como parte del autocontrol, utilizando galgas y herramientas pasa-no pasa.

Se procedió a realizar una medición precisa de los tiempos requeridos para llevar a cabo las mediciones dimensionales, pruebas funcionales y la evaluación de atributos. Además, se incrementó la cantidad de unidades que podían ser analizadas por turno, teniendo en cuenta especialmente las unidades fabricadas en el mismo periodo de tiempo. El plan propuesto no solo logró una mejora en los tiempos con una disminución promedio de 30.76%, sino que también, y quizás aún más importante en el contexto de la calidad, permitió analizar un mayor número de unidades por turno. Con la implementación de este plan, se pasó de analizar 32 unidades por turno a un total de 64 unidades en el mismo período de tiempo para el caso de la tapa Nutribella. Asimismo, en el caso de los cuñetes 5 galones, se aumentó la capacidad de análisis de 4 unidades por turno a 16 unidades por turno. Estos resultados son un claro indicativo de la eficacia del plan propuesto, ya que no solo optimiza los tiempos de evaluación, sino que también maximiza la capacidad de proceso de control de calidad para garantizar la calidad de los productos en cada turno de producción.

En el proyecto, se implementó un Mapa de Flujo de Valor (Value Stream Map en inglés) como una herramienta clave que facilitó la visualización y el análisis del flujo, los tiempos de ciclo y los tiempos de procesamiento en cada etapa, desde el inicio hasta el final del proceso de inyección. Mediante la representación gráfica, se identificaron oportunidades de mejora, para eliminar desperdicios asociados a los tiempos de ejecución de pruebas y se logró la optimización general del proceso.

Durante el desarrollo del presente trabajo se pudo concluir que el mapa de flujo de valor es una poderosa herramienta que ayudó a la organización a comprender mejor el proceso, particularmente el de Inyección, eliminar desperdicios asociados a los tiempos y optimizar la eficiencia, lo que finalmente se traduce en una mejora del control de la

calidad de los productos analizados, y una reducción de tiempos y aumento de unidades evaluadas.

Como resultado de cada una de estas acciones, se generó y entregó el Plan de Control de Calidad para los dos productos analizados en el proceso de Inyección de la planta de Fontibón de la compañía ECSI S.A.S. Este plan incluyó consideraciones sobre la persona responsable, los registros a mantener, el equipo necesario, la frecuencia de las evaluaciones y los estándares de calidad a cumplir.

La recomendación clave para la organización ECSI S.A.S., es resaltar la importancia de la metodología que acá propuesta y su aplicabilidad constante en futuros proyectos: nuevos productos y en la producción de los ya existentes, tal como se detalla en la tabla derivada de los criterios previamente explicados. Además, se sugiere extender la implementación de esta metodología a todas las plantas de la compañía. En el caso de los productos nuevos, se recomienda especialmente llevar a cabo al menos tres ciclos de producción antes de aplicar esta metodología. De esta manera, se cuenta con los datos recopilados de estas producciones, para poder definir con precisión los parámetros críticos de control. Es fundamental destacar que esta herramienta proporciona una base sólida para la implementación de medidas de control de calidad altamente efectivas en el proceso de inyección. Este enfoque no solo garantiza una mejora significativa en la calidad de los productos, sino que también contribuye de manera directa a la satisfacción del cliente, un objetivo esencial para cualquier empresa que busque el éxito a largo plazo.

Una segunda recomendación, se plantea a la empresa ECSI S.A.S. que, tras el análisis de los hallazgos y resultados obtenidos durante el desarrollo de este proyecto, se identificó una oportunidad significativa para mejorar el proceso de autocontrol y fortalecer el compromiso de los operarios (a) en la planta de producción. En este sentido, se sugiere considerar la implementación de los "Círculos de Calidad" como una estrategia eficaz para incentivar la participación y la retroalimentación directa de los trabajadores, conociendo ellos los pormenores del proceso por estar ubicados en la fuente. Estos círculos no solo fomentarán un mayor sentido de pertenencia y empoderamiento, sino

que también permitirán que las perspectivas y conocimientos prácticos de los operarios (a) sean debidamente reconocidos y valorados en la toma de decisiones de la empresa.

Al involucrar a los empleados en estos círculos, la empresa podrá aprovechar el valioso conocimiento operativo y la experiencia acumulada de su talento interno. Esto no solo mejorará la calidad del proceso de producción, sino que también fomentará un ambiente de trabajo colaborativo y de mejora continua. Además, al destacar las contribuciones de los trabajadores a través de la visibilidad de sus ideas y sugerencias en la planta de producción, se reforzará la cultura de reconocimiento y motivación, incluso sin recurrir a incentivos económicos directos. Asimismo, permitirá fortalecer la relación entre los directivos - gerencias y los empleados, fomentando un entorno laboral más participativo y proactivo.

Desde una perspectiva profesional, la integración de los conocimientos adquiridos durante el programa de maestría con la aplicación práctica en el entorno laboral cotidiano ha brindado una valiosa oportunidad para explorar y desarrollar herramientas de mejora como la aquí presentada. Estas herramientas no solo han mejorado significativamente el proceso diario, sino que también han ampliado la perspectiva sobre las múltiples posibilidades en el ámbito de la mejora continua. Este enfoque, que fusiona el aprendizaje académico con la experiencia laboral, ha demostrado ser un motor poderoso para la innovación y la eficiencia en las operaciones. Motiva a seguir buscando nuevas formas de optimizar los procesos y recuerda constantemente que siempre hay oportunidades para avanzar y elevar los estándares de calidad establecidos y el desempeño en el entorno profesional.

REFERENCIAS

- Acuña, J. A. (2012). *Control de Calidad. Un enfoque integral y estadístico*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Alarcón Falconí, A. H. (6 de Octubre de 2014). Implementación de OEE y SMED como herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector plástico. Guayaquil, Ecuador.
- Albert Prat Bartés, X. T. (1997). *Métodos estadísticos: control y mejora de la calidad*. España: Ediciones UPC.
- Álvarez, S. C. (2019). *Control estadístico de la calidad*. Mexico: McGraw-Hill.
- Arenas Reina, J. M. (2010). *Control de Tiempos y Productividad: ¡La Ventaja Competitiva!*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Carro Paz, R., & Gonzalez Gomez, D. (2012). *Administración de las Operaciones: Control Estadístico de Procesos*. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Chañi Castro, L. L. (2014). Control de calidad en los procesos de extrusión–soplado de envases e inyección de productos plásticos de PE y PP. Arequipa, Perú.
- Chemicalsafetyfacts. (14 de octubre de 2022). www.chemicalsafetyfacts.org.
www.chemicalsafetyfacts.org:
<https://es.chemicalsafetyfacts.org/chemicals/polystyrene/>
- Cubillos Rodriguez, M. C., & Rozo Rodriguez, D. (2009). El concepto de calidad: Historia, evolución e importancia para la competitividad. *Revista de la Universidad de la Salle*, 82-83.
- Empresa Colombiana de Soplado e Inyección -ECSI-. (Enero de 2023). Manual del Sistema de Gestión de calidad y ambiental. Bogotá D.C.
- Envaselia. (2018). <https://www.envaselia.com/>. <https://www.envaselia.com/>:
<https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-polipropileno-id13.htm>
- Envaselia. (2018). <https://www.envaselia.com/>. <https://www.envaselia.com/>:
<https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-poli-etileno-de-alta-densidad-hdpe-o-pead-id18.htm>
- Envaselia. (2018). <https://www.envaselia.com/>. <https://www.envaselia.com/>:
<https://www.envaselia.com/blog/que-es-el-poli-etileno-de-baja-densidad-l-dpe-o-pebd-id19.htm>

- Evans, J. y. (2014). *Administración y control de la calidad*. Mexico: Cengage Learning Editores S.A.
- Frank M. Gryna, R. C. (2007). *Método Juran. Analisis y Planeación de la calidad*. México: McGraw-Hill Interamericana .
- González Ortiz, O. C., & Arciniegas Ortiz, J. (2016). *Sistemas de Gestión de Calidad. Teoría y práctica bajo la norma ISO*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Grandermex. (2022). www.Grandermex.com.mx. www.Grandermex.com.mx:https://grandermex.com.mx/soplado-pet/
- Gutiérrez Pulido, H. (2010). *Calidad Total y Productividad*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Herrera Retiz, A. M. (2010). La medición de la producción en México: aspectos metodológicos. Mexico: Instituto Politecnico Nacional.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Icontec. (2015). *NTC ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, Icontec.
- Instituto de Normas Técnicas y Certificación, Icontec. (2007). *NTC 5511 - Envases plásticos, Uso General*. Bogotá D.C.: Instituto de Normas Técnicas y Certificación, Icontec.
- Instituto de Normas Técnicas y Certificación, Icontec. (2015). *NTC ISO 9000:2015 Sistemas de Gestión de Calidad - Fundamentos y Vocabulario*.
- Interempresas. (24 de Febrero de 2021). www.interempresas.net. <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/326284-Proceso-de-inyeccion-en-el-plastico.html>
- Ishikawa Kaoru, C. M. (1997). *¿Qué es el Control total de la Calidad? (Traducción)*. Bogotá D.C. Colombia: Norma.
- López Lemos, P. (2016). *Herramientas para la mejora de la Calidad*. España: FC Editorial.
- López, D. P. (2019). Diseño de un sistema de control de calidad aplicado al proceso de inyección de plásticos. *Diseño de un sistema de control de calidad aplicado al proceso de inyección de plásticos*. Guayaquil, Ecuador.

- Louffat, E. (2017). *Diseño Organizacional Basado En Procesos*. Mexico: Cengage Learning Editores S.A.
- Mitra, A. (2021). *Fundamentals of Quality Control and Improvement*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Montgomery, D. C. (2014). *Introduction to statistical quality control*. España: Wiley.
- Noralba Sierra. Clara E. Plazas. Luis F. Guillén, P. A. (s.f.). Protocolo para el control de calidad de envases de plástico, utilizados en la industria farmacéutica, de cosméticos y de alimentos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico - Farmacéuticas*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia.
- Pérez, M. M. (2016). *Control De Calidad Técnicas y Herramientas*. Madrid: Alga Omega RC Libros.
- Rodriguez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2016). *Control estadístico de calidad y Seis Sixma*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Taque, N. R. (2004). *La Caja de herramientas de calidad*. Prensa Calidad ASQ.
- Villagra Villanueva, J. A. (2016). *Indicadores de gestión. Un enfoque práctico*. México: Cengage Learning.
- Zurita, G. H. (2008). *Probabilidades y estadísticas*. Guayaquil: Espon - Unidad de Publicaciones.