

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA EMPRESA ECUATORIANA DE MATRICERÍA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA.

Trabajo de titulación modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

ÁREA: Seguridad, calidad y ambiente

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Miguel Ricardo Pazmiño Lizano

TUTOR: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

Ambato - Ecuador

agosto – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA EMPRESA ECUATORIANA DE MATRICERÍA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Miguel Ricardo Pazmiño Lizano, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, agosto 2024.



Firmado electrónicamente por:
LUIS ALBERTO
MORALES PERRAZO

Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.
TUTOR

AUTORÍA

El presente trabajo de titulación con el tema: ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA EMPRESA ECUATORIANA DE MATRICERÍA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA., es absolutamente original, auténtico y personal y ha observado los preceptos establecidos en la Disposición General Quinta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto 2024.



Miguel Ricardo Pazmiño Lizano

C.C. 1850232388

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato para que reproduzca total o parcialmente este trabajo de titulación dentro de las regulaciones legales e institucionales correspondientes. Además, cedo todos mis derechos de autor a favor de la institución con el propósito de su difusión pública, por lo tanto, autorizo su publicación en el repositorio virtual institucional como un documento disponible para la lectura y uso con fines académicos e investigativos de acuerdo con la Disposición General Cuarta del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, agosto 2024.



Miguel Ricardo Pazmiño Lizano

C.C. 1850232388

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el señor Miguel Ricardo Pazmiño Lizano, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA EMPRESA ECUATORIANA DE MATRICERÍA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, juntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, agosto 2024.

Firmado electrónicamente por:
ELSA PILAR URRUTIA URRUTIA

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN GEOVANNY TIGRE ORTEGA

Ing. Franklin Tigre Ortega, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Firmado electrónicamente por:
FREDDY ROBERTO LEMA CHICAIZA

Ing. Freddy Lema Chicaiza, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Con el corazón lleno de gratitud, dedico este proyecto a mis padres Antonio, Susana y a mi hermano Marco, pilares incansables de mi vida, quienes con su amor incondicional y sacrificio han forjado el camino hacia la realización de mis sueños. Su lucha constante y su apoyo inquebrantable han sido la fuerza motriz detrás de cada paso que he dado en este arduo recorrido académico. A ustedes, que han convertido cada desafío en una oportunidad y cada obstáculo en un peldaño hacia el éxito, les ofrezco este logro como testimonio de mi más sincera gratitud y devoción.

Dedico también mi trabajo a quien me enseñó lo que significa la lealtad y el amor incondicional, a quien ha sido testigo silencioso de mis mejores y peores momentos. Su intuición para reconocer mis estados de ánimo ha sido un constante recordatorio de su amor incondicional. A mi mascota Melow, con su presencia tranquila y su inmutable espera en cada regreso a casa, ha sido un pilar de apoyo y consuelo en este arduo camino académico. A ti, mi fiel amiga, que has estado a mi lado en cada proyecto, trabajo y noche de desvelo, te dedico este logro, como símbolo de mi gratitud por tu inquebrantable compañía y el amor que me has brindado.

AGRADECIMIENTO

En este trayecto de esfuerzo y dedicación, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor Ing. Luis Morales, cuyo conocimiento y orientación fueron fundamentales para la culminación de este trabajo. Su paciencia y sabios consejos han sido faros de luz en los momentos más desafiantes, guiándome siempre hacia la excelencia.

Mi gratitud se extiende también a tres personas especiales que han dejado una huella indeleble en este recorrido: Darío Vargas, quien me brindó el primer impulso para embarcarme en esta carrera y siempre creyó en mi potencial, siendo testigo de los primeros pasos de mi formación; Alejandro Tamayo, cuyo inquebrantable apoyo y amistad fueron pilares de fortaleza, acompañándome en cada reto con su lealtad y camaradería, convirtiendo las dificultades en experiencias compartidas; y a mi novia Dayana, cuya constante motivación y amor fueron la energía que me impulsó cada día a seguir adelante, ofreciéndome un refugio de comprensión y estímulo en cada etapa de este proceso. A cada uno de ustedes, les debo una parte esencial de este proyecto.

Finalmente, agradezco a la empresa Ecuamatriz por abrirme sus puertas y permitirme enriquecer mi formación académica con valiosas experiencias profesionales. Y a todos aquellos que, de una u otra forma, han sido parte de esta travesía, les dedico estas palabras con profunda gratitud.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA i

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA iii

DERECHOS DE AUTOR iv

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS viii

ÍNDICE DE TABLAS xii

ÍNDICE DE FIGURAS xv

ÍNDICE DE ANEXOS xvii

RESUMEN EJECUTIVO xviii

ABSTRACT xix

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO 1

1.1 Tema de investigación 1

1.1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Antecedentes investigativos 3

1.3 Fundamentación teórica 7

1.3.1 Proceso productivo 7

1.3.2 Proceso de inyección de plásticos 7

1.3.3 Etapas de la inyección de plásticos 7

1.3.4 Calidad 8

1.3.5 Control de calidad 8

1.3.6 Defectos 8

1.3.7 Variación 9

1.3.8 Herramientas de calidad 9

1.3.9 Interpretación de patrones de gráficos de inestabilidad 10

1.3.10 Índice de inestabilidad 12

1.3.11 Metodología Six Sigma 13

1.3.12 Metodología DMAIC 13

1.3.13 Herramientas utilizadas en la metodología Six Sigma 14

1.3.14 Partes por millón (PPM) 15

1.3.15 Repetibilidad y reproducibilidad (R&R) 16

1.3.16 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) 19

1.3.17 Gráfica de control 19

1.3.18 Gráfica de control para atributos 19

1.4 Objetivos 21

1.4.1 Objetivo general 21

1.4.2 Objetivos específicos 21

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 22

2.1 Materiales 22

2.2 Métodos 23

2.2.1 Enfoque 23

2.2.2 Investigación descriptiva 23

2.2.3 Modalidad de la investigación 23

2.2.4 Población y muestra 24

2.2.5 Recolección de información 25

2.2.6 Procesamiento y análisis de datos 28

2.3 Metodología DMAIC – Six Sigma 30

2.3.1 Fase preliminar 30

2.3.2 Implementación Six Sigma 31

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 38

3.1 Descripción de la empresa 38

3.1.1 Organigrama de la empresa 39
3.1.2 Mapa de procesos 41
3.1.3 Diagrama de flujo del proceso 43
3.1.4 Productos de la empresa 45
3.1.5 Componentes del producto objeto de estudio 47
3.2 Proceso productivo del objeto de estudio 49
3.2.1 Proceso productivo de la Tapa plástica 400 x 220 x 40. 51
3.2.2 Tapa plástica 400 x 220 x 40 53
3.3 Metodología Six Sigma 55
3.3.1 Definición 55
3.3.2 Medición 65
3.3.3 Análisis 86
3.3.4 Mejora y control 99
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 171
4.1 Conclusiones 171
4.2 Recomendaciones 172
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 174
ANEXOS 184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores del Cp y su interpretación 15

Tabla 2. Recursos usados para el desarrollo del proyecto de investigación 22

Tabla 3. Datos del proceso de muestreo R&R 24

Tabla 4. Técnicas y herramientas de recolección de información 26

Tabla 5. Procesamiento y análisis de datos 29

Tabla 6. Datos de la empresa ECUAMATRIZ 38

Tabla 7. Productos - Línea eléctrica 46

Tabla 8. Despiece la caja de policarbonato 48

Tabla 9. Cuantificación de defectos año 2022 - 2023 55

Tabla 10. Defectos de la “Tapa plástica 400 x 220 x 40”. 58

Tabla 11. Clientes internos y externos de la empresa ECUAMATRIZ. 61

Tabla 12. Marco del proyecto Six Sigma 64

Tabla 13. Desacuerdos del análisis R&R 66

Tabla 14. Repetibilidad del análisis R&R 66

Tabla 15. Reproducibilidad el análisis R&R 67

Tabla 16. Total, de desacuerdos entre operadores del análisis R&R 68

Tabla 17. Resumen del análisis R&R 68

Tabla 18. Metáfora "semáforo" para el análisis R&R 69

Tabla 19. Resumen de resultados obtenido de la etapa de medición 84

Tabla 20. Causas relacionadas con el defecto “veteado” 88

Tabla 21. Causas relacionadas con el defecto “incompleto” 91

Tabla 22. Causas relacionadas con el defecto “deformado” 94

Tabla 23. 5 porqués para el defecto “veteado” 95

Tabla 24. 5 porqués para el defecto “incompleto” 96

Tabla 25. 5 porqués para el defecto “deformado” 97

Tabla 26. Causa raíz para los defectos 98

Tabla 27. Matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEEF) 100

Tabla 28. Resultados de la matriz AMEF 101

Tabla 29. Actividades para mitigar el defecto "veteado" 102

Tabla 30. Actividades para mitigar el defecto "incompleto" 102

Tabla 31. Actividades para mitigar el defecto "deformado" 102

Tabla 32. Actividades para los sistemas de la máquina HAITIAN 111

Tabla 33. Actividades de mantenimiento preventivo 114

Tabla 34. Formato para orden de mantenimiento preventivo 116

Tabla 35. Formato de registro para actividades de mantenimiento 118

Tabla 36. Check list para mantenimiento autónomo general 120

Tabla 37. Formato para informes del plan de mantenimiento preventivo 124

Tabla 38. Proyecto para capacitar y adiestrar a los operarios 125

Tabla 39. Cronograma para la capacitación y adiestramiento de operarios 128

Tabla 40. Proyecto protocolo de limpieza para la máquina HAITIAN 132

Tabla 41. Actividades de limpieza para operarios de la máquina HATIAN 141

Tabla 42. Actividades de limpieza para técnicos de mantenimiento 145

Tabla 43. Formato para el registro de actividades de limpieza para operarios 149

Tabla 44. Formato para el registro de limpieza para técnicos de mantenimiento.... 151

Tabla 45. Registro de simulacros y temas tratados para el protocolo de limpieza .. 153

Tabla 46. Formato para actualizar el protocolo de limpieza de la máquina 154

Tabla 47. Formato para reportes del defecto encontrado en la producción 162

Tabla 48. Formato para la orden de cambio de parámetros de la máquina..... 164

Tabla 49. Formato para proponer los ajustes de parámetros de la máquina 166

Tabla 50. Formato para cambios de parámetros y resultados obtenidos..... 168

Tabla 51. Ejemplo de un informe de parámetros y resultados obtenidos 169

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Puntos fuera de los límites de control 11

Figura 2. Tendencias ascendentes o descendentes 11

Figura 3. Patrones cíclicos 12

Figura 4. Agrupamiento de puntos 12

Figura 5. Organigrama de la empresa ECUAMATRIZ. 40

Figura 6. Organigrama de la empresa ECUAMATRIZ 42

Figura 7. Diagrama de flujo de procesos ECUAMATRIZ 44

Figura 8. Diagrama de proceso de la “Caja Policarbonato 400 x 220 x 125” 50

Figura 9. Diagrama de proceso de fabricación de la “Tapa plástica 400 x 220 x 40” 52

Figura 10. “Tapas plásticas 400 x 220 x 40” 54

Figura 11. Diagrama de Pareto de defectos 2022 - 2023 57

Figura 12. VOC de la empresa ECUAMATRIZ 62

Figura 13. CTQ's - Vetado 63

Figura 14. CTQ's - Incompleto 63

Figura 15. CTQ's - Deformado 63

Figura 16. Carta "P" para el defecto "veteado" 71

Figura 17. Capacidad del defecto "veteado" 72

Figura 18. Análisis de la capacidad del proceso para el defecto "veteado" 74

Figura 19. Carta "P" para el defecto "incompleto" 75

Figura 20. Capacidad del defecto "incompleto" 77

Figura 21. Análisis de la capacidad del proceso para el defecto "incompleto" 78

Figura 22. Carta "P" para el defecto "deformado" 79

Figura 23. Capacidad del defecto "deformado" 81

Figura 24. Análisis de la capacidad del proceso para el defecto "deformado" 82

Figura 25. Rendieminto porcentual de "Tapas plásticas 400 x 220 x 40" 85

Figura 26. Diagrama de Ishikawa para el defecto "veteado" 87

Figura 27. Diagrama de Ishikawa para el defecto "incompleto" 90

Figura 28. Diagrama de Ishikawa para el defecto "deformado" 93

Figura 29. Caracterización del plan de mantenimiento preventivo..... 105

Figura 30. Caracterización del Plan de Mantenimiento preventivo 2 106

Figura 31. Diagrama SIPOC del mantenimiento preventivo 108

Figura 32. Etiqueta para indicar problemas críticos..... 109

Figura 33. Etiqueta para indicar problemas de bajo riesgo 110

Figura 34. Caracterización del protocolo de limpieza - Máquina HAITIAN 136

Figura 35. Caracterización del protocolo de limpieza - Máquina HAITIAN 2 137

Figura 36. Diagrama SIPOC del protocolo de limpieza de la máquina HAITIAN . 139

Figura 37. Caracterización para el control de parámetros - Máquina HAITIAN 157

Figura 38. Caracterización para el control de parámetros - Máquina HAITIAN 2 . 158

Figura 39. Diagrama SIPOC control de parámetros de la máquina HAITIAN 160

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Defectos de calidad en el objeto de estudio..... 184

Anexo B. Datos recopilados para el estudio (R&R) 185

Anexo C. Índice Cp para cantidad de piezas defectuosas y PPM..... 187

Anexo D. Datos recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “veteado” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40..... 188

Anexo E. Datos recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “incompleto” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40 189

Anexo F. Datos recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “deformado” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40..... 191

Anexo G. Lluvia de ideas para identificar las causas que generan el defecto de veteado. 192

Anexo H. Lluvia de ideas para identificar las causas que generan el defecto incompleto..... 193

Anexo I. Lluvia de ideas para identificar las causas que generan el defecto deformado. 194

RESUMEN EJECUTIVO

El bajo nivel del control de calidad en el proceso de inyección de plásticos genera un 3% de pérdidas por defectos como piezas incompletas, veteadas y deformadas en ECUAMATRIZ Cía. Ltda. Se traduce directamente en una reducción de la confiabilidad del producto y potencialmente en clientes insatisfechos. Para abordar este impacto, se desarrolló un análisis estadístico de la calidad en este proceso.

Se utilizó un enfoque cuantitativo y descriptivo basado en Six Sigma y DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). Para definir, se recopilaron datos mediante registros y diagramas de Pareto. Para medir se utilizó muestreos del 100%, estudios R&R y cartas de control. El análisis, identificó causas raíz con diagramas de Ishikawa y los 5 porqués. Para mejorar y controlar, se implementó la matriz AMEF determinando la causa raíz más importante y desarrollando propuestas con personal experimentado.

El análisis de cartas de control P para atributos reveló procesos inestables para veteado (5.5%), incompleto (0%) y deformado (2.7%), con niveles sigma de 1.99, 2.06 y 2.64 respectivamente, evidenciando deficiente control estadístico y alta variabilidad. Las causas raíz fueron falta de mantenimiento preventivo, ausencia de registros y control de parámetros críticos (temperatura, presión velocidad de inyección, entre otros), falta de procedimientos de limpieza y falta de capacitación del personal.

Se concluyó que el proceso de inyección de plásticos presenta un bajo nivel de calidad y control, operando por debajo de los estándares requeridos a nivel mundial, representando una pérdida anual del 1.98% en términos de defectos, reprocesos y desperdicios.

Palabras clave: Control de calidad, Six Sigma, inyección de plásticos, producto no conforme, DMAIC.

ABSTRACT

The suboptimal quality control in the plastic injection process engenders a 3% loss due to defects such as incomplete, marbled, and deformed parts at ECUAMATRIZ Cía. Ltda. This directly translates into diminished product reliability and potentially dissatisfied clientele. To address this impact, a statistical analysis of quality in this process was developed.

A quantitative and descriptive approach based on Six Sigma and DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) was employed. For definition, data was collected through records and Pareto diagrams. For measurement, 100% sampling, R&R studies, and control charts were utilized. The analysis identified root causes using Ishikawa diagrams and the 5 Whys method. For improvement and control, the FMEA matrix was implemented, determining the most significant root cause and developing proposals with experienced personnel.

The analysis of P control charts for attributes revealed unstable processes for marbling (5.5%), incomplete parts (0%), and deformation (2.7%), with sigma levels of 1.99, 2.06, and 2.64 respectively, evidencing deficient statistical control and high variability. The root causes were identified as lack of preventive maintenance, absence of records and control of critical parameters (temperature, pressure, injection speed, among others), lack of cleaning procedures, and insufficient personnel training.

It was concluded that the plastic injection process exhibits a low level of quality and control, operating below globally required standards, representing an annual loss of 1.98% in terms of defects, reprocessing, and waste.

Keywords: Quality control, Six Sigma, plastic injection molding, nonconforming product, DMAIC.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO DE LA EMPRESA ECUATORIANA DE MATRICERÍA ECUAMATRIZ CÍA. LTDA.

1.1.1 Planteamiento del problema

La industria manufacturera a nivel mundial se enfrenta constantemente al desafío de innovar y controlar sus procesos con la finalidad de mantenerse vigentes en el mercado, debido a que este se vuelve más competitivo con el transcurso del tiempo, representando una amenaza global para las empresas de esta índole. Por consiguiente, el control de calidad es un factor necesario para que las organizaciones mantengan sus procesos eficientes, efectivos y minimicen los productos no conformes (PNC) [1].

En este tipo de industria, destaca el sector manufacturero de polímeros, dedicado al proceso de inyección, a través del cual se desarrollan productos como: piezas, envases, productos médicos, juguetes, componentes industriales, entre otros [2]. En la fabricación de estos productos, es común encontrar defectos como: rayones, veteados, burbujas, problemas estructurales, amarilleo, entre otros, lo cual ocasiona pérdidas económicas para las empresas dedicadas a esta actividad debido a reprocesos, devoluciones, quejas de los clientes, entre otros [3].

A nivel internacional, las empresas de manufactura de plásticos tienen un porcentaje del 13.8% de (PNC) provocados por la falta de compromiso del personal, mal mantenimiento de la máquina, temperatura y presión inadecuada en la calibración de las máquinas inyectoras, es decir, que existen 131780 partes por millón (PPM) de piezas que se encuentran fuera de especificaciones, asimismo estos problemas representan un costo de fabricación del 20% de pérdidas en materia prima al momento de realizar un reproceso [4].

De acuerdo con las estadísticas de la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (ASEPLAS), la industria del plástico en el Ecuador representa el 1.2% del Producto Interno Bruto (PIB), por lo tanto, actualmente desempeña un papel fundamental en la economía y la producción nacional [5], [6]. Por otra parte, el sector debe enfrentar los problemas que arriesgan la sostenibilidad de sus productos que presentan inconformidades [7].

La inexistencia de control de calidad en la producción genera un impacto negativo en las organizaciones que tienen procesos ineficientes, además, provoca un rechazo a las industrias de plástico nacionales siendo reemplazadas por extranjeras [8]. De hecho, las empresas productoras de plásticos en el Ecuador se encuentran en Pichincha con un 34%, Guayas con el 55% y Tungurahua el 2%, lo que pone en riesgo la estabilidad de las empresas en esta provincia [9].

Un ejemplo de esta problemática es el caso de la empresa INDUSTRIA PLÁSTICA JOSA CIA LTDA. en la que existe un 20% de (PNC) al año, lo cual le representa una pérdida de $73 millones de dólares, esto se debe, a tiempos improductivos, fallas en los moldes y el peso de los envases, afectando directamente a la calidad de los productos, siendo de vital importancia prevenirlos que ocurran [10].

La empresa ecuatoriana de matricería ECUAMATRIZ CIA. LTDA. ubicada en la ciudad de Ambato, se especializa en la elaboración una gran variedad de productos que se comercializan a nivel nacional e internacional, dentro de los cuales se encuentra el producto con mayor demanda “Cajas policarbonato 400 x 220 x 125” artículo sobre el cual se llevará a cabo este proyecto.

Actualmente la empresa se posiciona como una de las organizaciones con mayor prestigio a nivel nacional con base en las características de sus productos, como la calidad, seguridad, rendimiento, fiabilidad, entre otros, la empresa se rige por manejar procesos estandarizados y mantener la calidad de sus productos teniendo siempre como objetivo la mejora de sus procesos, sin embargo, se observa que existen productos no conformes como la caja plástica de protección, cuyas partes que conforman el producto final (base y tapa principalmente), son afectadas por una falta de control de calidad en el área de inyección de plásticos en la máquina HAITIAN.

Los productos no conformes presentan defectos como: trizados, rayones, manchas de serigrafía, entre otros en las cajas de protección para medidores de energía eléctrica, en ciertas indagaciones se asocian las causas que provocan desconformidades en el producto final y en el proceso de producción se deben a la temperatura (clima frío), nueva mano de obra, cambio en los parámetros de la máquina; lo cual afecta de manera directa a la productividad y pone en riesgo el cumplimiento de los estándares de calidad que requiere la empresa para la comercialización de sus productos.

1.2 Antecedentes investigativos

En la inyección de plásticos, el control de calidad es esencial para asegurar un proceso controlado y obtener un producto final de alta calidad, garantizando así la satisfacción del cliente [11]. Sin embargo, surge la duda sobre la eficacia, eficiencia y efectividad del control de calidad en la mejora de este tipo de procesos; para abordar esta cuestión, es necesario investigar el desarrollo del proceso de inyección de plástico y las herramientas utilizadas para el control de calidad en estos procesos.

A continuación, se presentan algunos antecedentes relacionados con la investigación.

Respecto a las variables que afectan la calidad del proceso de inyección de plástico se puede citar los siguientes estudios:

En la investigación [12], determinaron que las causas de no conformidades en el producto plástico corresponden al desconocimiento de los operarios con un 80%, las técnicas de fabricación de inyección y el mal manejo de las máquinas y herramientas influyen en un 32%, de la mismas forma la insuficiencia de materiales corresponde al 21%, y las roturas y fallos de las máquinas representan el 17% de variabilidad.

Además, en la investigación [13], plantearon que dentro de las variables que afectan a este tipo de proceso, corresponden a parámetros de presión de inyección, la velocidad de inyección, el tiempo de enfriamiento de los polímeros y el tiempo de compactación aplicado en inyección de PVC. En el mismo estudio determinaron que los parámetros de operación óptimos contribuyen a la minimización de productos no conformes, reduciendo sus defectos de un 20% a un 5.97%, siendo el factor más determinante la

presión con un coeficiente de 89% de variabilidad en cuanto al porcentaje de unidades defectuosas.

Los parámetros mencionados anteriormente generan problemas de calidad en el producto final, según lo mencionado en la investigación [14], la baja presión en la cavidad moldeada conduce a la contracción del material y su separación de las paredes, manifestándose el defecto conocido como rebaba. Por el contrario, una presión excesiva resulta en el fenómeno de sobrellenado o desbordamiento, denominado comúnmente como efecto flash. Determinaron que una adecuada combinación de temperatura, presión y tiempo en el proceso de inyección de plásticos (polietileno de alta y baja densidad, policarbonato, PVC, y polipropileno) es crucial para la obtención de piezas moldeadas de alta calidad [15].

Así mismo, en la investigación [16], concluyeron que la velocidad de inyección incide en la pérdida de peso de la pieza durante el moldeo, esto genera productos amorfos en la inyección de termoplásticos. Al trabajar con una velocidad demasiado alta ocasionó defectos superficiales, o problemas de unión entre capas, y una velocidad baja resultó en un relleno incompleto de la cavidad del molde, generando porosidad en la pieza, por lo que ajustaron cuidadosamente la velocidad para asegurar la calidad, apariencia y resistencia deseadas en los productos finales.

Continuando con las variables que afectan al proceso de inyección, en la investigación [17], consideraron que el tiempo de enfriamiento al ser inadecuado produjo deformidades dimensionales, tensiones internas y marcas de flujo, debido a que el material no contaba con un período suficiente para solidificarse correctamente, y por el contrario, al tener un tiempo prolongado afectó a las características del producto final causando microfisuras que fatigan el material termoplástico después de ciertos ciclos de moldeo; el tiempo de enfriamiento garantiza la calidad, forma y resistencia deseada en las piezas moldeadas, evitando defectos y optimizando el proceso de fabricación.

Otra de las variables mencionadas anteriormente es el tiempo de compactación, según la investigación [18], cuando el plástico fundido no recibe la presión adecuada durante este proceso impide que llene completamente el molde, dando como resultado áreas mal compactadas que indujeron distorsiones en la forma y dimensiones de la pieza

moldeada, estas áreas dieron origen a defectos visibles en la superficie de la pieza, como irregularidades y marcas indeseadas, lo que afecta a la resistencia y durabilidad de la pieza a lo largo del tiempo.

Estas variables fueron analizadas a través de distintos métodos que garantizaron el cumplimiento de los estándares de calidad que requiere este tipo de procesos. Respecto a los métodos utilizados para controlar la calidad se presenta lo siguiente:

La metodología Seis Sigma, ampliamente adoptada a nivel mundial, permite que las empresas de esta índole mejoren de forma continua y eleven la calidad mediante la minimización de defectos en productos plásticos [19]. Por ejemplo, según la investigación [15] aplicaron la metodología DMAIC, a través del uso Feed Back de los clientes (análisis de reclamos/quejas) definieron las inconformidades que originan los reclamos, también emplearon el diagrama de Pareto para identificar la frecuencia con la que se presentan estos defectos, de esta forma determinaron que la variación de tono de las piezas es el defecto que se presenta con mayor frecuencia.

Por otro lado, en la investigación [20], para lograr medir la situación de inyección inadecuada de polímeros, recolectaron información a través de un sistema de monitoreo de las partes del proceso, y por medio de un registro de resultados de medición clasificaron las variaciones en cada una de las etapas; interpretaron los resultados a través de gráficos estadísticos e indicadores clave (KPI), siendo la instalación de un nuevo molde el principal problema para la temperatura de enfriamiento y calentamiento de las piezas.

Continuando con lo anterior en la investigación [21], utilizaron cartas de control por atributos (p), con la finalidad de calcular la fracción defectuosa (p) que se producen en los artículos plásticos; calcularon que existe un promedio de 2,62 unidades defectuosas lo que representa al 5.25% de defectos, es decir, alrededor de 5 defectos por cada 100 unidades, en donde las principales causas de defectuosidad fue la compostura del molde, lo que provoca ralladuras en el producto final.

Otra de las etapas a seguir en la metodología DMAIC es el análisis, según la investigación [22], para analizar un proceso es necesario un mapeo de estos con la finalidad de revisar los registros, información documentada y métodos con los que se

cuenta internamente. En este estudio, llevaron a cabo diagramas de Ishikawa en el cual determinaron las áreas involucradas identificando principalmente la inexistencia de información documentada en instrucciones de operación y la falta de especificaciones de calidad del producto. Es así como analizaron los defectos del molde, mano de obra, el material que utilizaron, la metodología de trabajo implementada y la maquinaria utilizada.

En la empresa ecuatoriana de matricería ECUAMATRIZ CIA. LTDA., se busca reducir los defectos del proceso de inyección de plásticos, reconociendo oportunidades para avanzar en sus procesos, elevar la calidad de los productos y priorizar la satisfacción del cliente.

Se identificaron áreas de mejora y propuestas de soluciones efectivas para elevar el estándar de calidad en el sector manufacturero de polímeros. En relación con estas soluciones, se pueden destacar los siguientes aspectos:

En la investigación [23], utilizaron la metodología DMAIC para mejorar toda la línea de producción. Mediante la detección de riesgos y la metodología 5S lograron clasificar, ordenar y limpiar el área de trabajo, esto impactó en la reducción de tiempos de ciclo y el cambio de montaje de moldes para el proceso de inyección. En esta investigación implementaron una lista de comprobación en el cual corrigieron y previnieron cambios en el color debido a la contaminación de la materia prima, de esta manera informaron de las condiciones operativas para cada turno de trabajo.

La última fase de la metodología DMAIC se centra en controlar y mantener las mejoras logradas anteriormente, según la investigación [24], realizaron un monitoreo de los registros documentados como mejoras que garanticen las condiciones óptimas del proceso basándose en el SMED. Redactaron una hoja de parámetros en la que especificaron valores para la compresión y descompresión del molde, con lo cual explicaron nuevos parámetros a los técnicos de turno y finalmente se generaron gráficos estadísticos con límites de control en donde pudieron visualizar de forma gráfica la condición del proceso.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Proceso productivo

Se define como un conjunto de operaciones y actividades ejecutadas de manera secuencial y en algunos casos de forma sincronizada, que permiten transformar varios recursos e insumos en un producto final, o en piezas y componentes de este [25].

1.3.2 Proceso de inyección de plásticos

En la industria del plástico, el proceso de inyección de plástico es conocido por ser uno de los métodos con mayor uso para fabricar varios componentes y productos finales. Este proceso consiste en fundir un material polimérico y después ser sometido a alta presión dentro de un molde cerrado, posteriormente se enfría y adquiere la forma del molde [26].

1.3.3 Etapas de la inyección de plásticos

Este proceso consta de diferentes etapas fundamentales, existen procesos que añaden o eliminan algunas etapas, sin embargo, las etapas más comunes en estos procesos son [27]:

1. **Dosificación:** El material plástico por lo general se encuentra en forma de gránulos o también conocidos como “pelletes” que van alimentados en la tolva que se encuentra en la parte superior de la máquina.

2. **Plastificación:** En esta etapa el material dosificado se transfiere hacia el cilindro en donde se calienta y es fundido, de manera que el polímero se homogeneiza por la acción de calor.

3. **Inyección:** Posterior a la fundición del material, el plástico es inyectado a una alta presión dentro del molde que se compacta con la máquina y rellena todas las cavidades de este.

4. **Enfriamiento:** En el molde, el material inyectado se enfría para luego solidificarse y finalmente adquirir la forma final con la que cuenta el molde.

5. **Expulsión:** Por último, el molde es abierto y la pieza inyectada es expulsada del mismo, solidificándose con la forma deseada.

1.3.4 Calidad

La calidad de un producto se define dependiendo del grado en que se cumplan las características establecidas junto con las especificaciones y la satisfacción del cliente, la calidad de los productos elaborados mediante el proceso de inyección de plásticos se caracteriza por la selección adecuada del polímero, el diseño del molde y las condiciones de temperatura, presión, tiempos de ciclo, entre otros. que juegan un papel crucial para este proceso, asegurando que las piezas cumplan con los estándares y especificaciones establecidas [28].

1.3.5 Control de calidad

El control de calidad hace referencia a ciertas técnicas y actividades operacionales que son utilizadas con la finalidad de cumplir con requisitos, procedimientos, herramientas para llevar a cabo un monitoreo y evaluación de las características del producto, facilitando la detección y corrección de posibles desviaciones que puedan presentarse respecto a las especificaciones establecidas [29].

Distintas actividades incluyen principalmente una inspección visual, medición de dimensiones críticas del producto, evaluaciones mecánicas, verificación de la superficie del producto al finalizar el proceso, entre otras. Dichas actividades son ejecutadas antes, durante y después del proceso de fabricación del producto final, permitiendo identificar y corregir defectos antes de que se entregue al cliente [30].

1.3.6 Defectos

Un defecto hace referencia a cualquier desviación o imperfecciones que puedan afectar a la apariencia o finalidad del producto final debido que impide que este cumpla con los requisitos y especificaciones que se establecen. Los defectos pueden ser de

diferentes tipos, como visuales (marcas, rebabas, líneas de unión), defectos dimensionales (variación de tamaño o forma), defectos estructurales (burbujas, grietas), entre otros. Realizar una identificación y análisis de los defectos es de suma importancia para implementar acciones que corrijan y eviten malformaciones en la calidad del producto final [31].

1.3.7 Variación

Se refiere a dispersiones que se pueden crear en valores de calidad con características nominales y que perjudican al valor objetivo, esta puede manifestarse en varios aspectos como dimensiones del producto, propiedades del material, peso, entre otros. El control de una variación permite garantizar una constancia e igualdad del producto debido a que se evitan productos no conformes [32].

1.3.8 Herramientas de calidad

Estas herramientas de calidad son un conjunto de técnicas y métodos usados con la finalidad de identificar y analizar datos que se relacionen y permitan controlar la calidad del producto junto con el proceso [33].

- Histograma
- Diagrama de Pareto
- Diagrama causa-efecto
- Gráfica de control

Histograma

Es una representación gráfica en la que se plantea una distribución de las frecuencias que presentan un determinado conjunto de datos, estos histogramas se utilizan para visualizar distribuciones que puedan resultar críticas para la calidad del producto. Mediante el histograma es posible identificar patrones o tendencias que sean fundamentales para el análisis y control de variaciones del proceso [33].

Diagrama de Pareto

Esta herramienta permite identificar y dar prioridad a las causas que impactan directamente en un problema o defecto de producto. Se puede usar para clasificar distintos tipos de defectos que se presentan con mayor frecuencia (80% de los defectos de un producto se debe al 20% de las causas), enfocando todos los esfuerzos de mejora en la causa raíz que perjudica la calidad del producto final y por ende la satisfacción del cliente [33].

Diagrama causa – efecto

También conocido como diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado, es una herramienta con la cual se organiza de manera visual y estructurada las causas de mayor influencia en un determinado efecto o problema. En este diagrama se identifican y analizan las causas potenciales de defectos para posteriormente agruparles en materiales, maquinaria, mano de obra, métodos, medio ambiente, entre otros [33].

1.3.9 Interpretación de patrones de gráficos de inestabilidad

Una vez que se hayan creado las gráficas de control, es necesario que sean analizadas por lo que es importante que se puedan reconocer aquellos patrones que indican inestabilidad o un alta de control debido a que el proceso no se encuentra en los límites [34].

Algunos de los patrones más comunes que se pueden identificar son:

- **Puntos fuera de los límites de control**

Este tipo de patrones se presentan cuando uno o más puntos traspasan los límites de control estadísticos, de igual manera pueden presentarse de manera consecutiva ya sea por debajo o encima de la línea central [35].

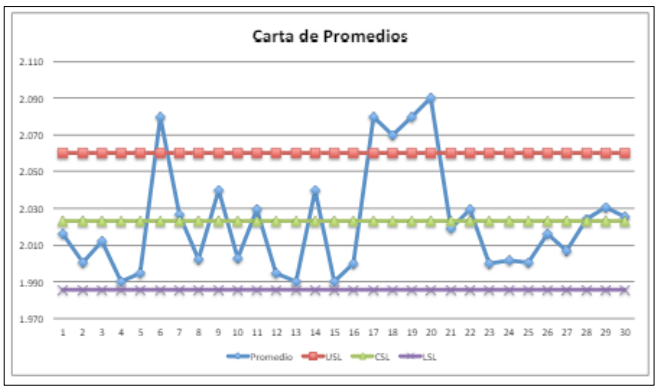


Figura 1. Puntos fuera de los límites de control

- **Tendencias ascendentes o descendentes**

Como su nombre lo indica, este tipo de fenómenos se presenta cunado los puntos que se muestran en la carta de control presentan líneas ascendentes o descendentes lo cual sugiere la presencia de causas especiales que afectan gradualmente al proceso [35].

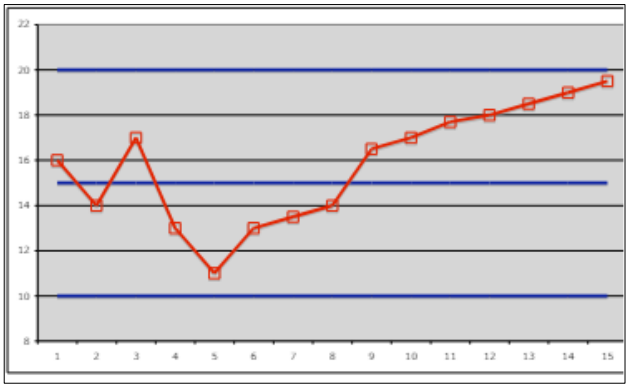


Figura 2. Tendencias ascendentes o descendentes

- **Patrones cíclicos**

Se observan cuando un cierto grupo de puntos aumenta y luego tiende a reducirse en ciclos que se repiten, esto sucede porque las causas que afectan y bajo las cuales está sometido el proceso son periódicas es decir se presentan de manera repetitiva [35].

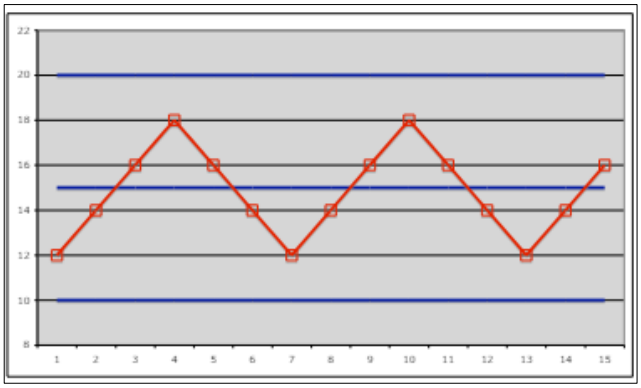


Figura 3. Patrones cíclicos

- **Agrupamiento de puntos**

Este tipo de patrón se presenta cuando la mayoría o incluso todos los puntos que conforman la muestra se agrupan en determinadas zonas (por lo general en la región central de la carta), lo que indica una falta de aleatoriedad en los datos dando paso a errores de cálculo en los límites [35].

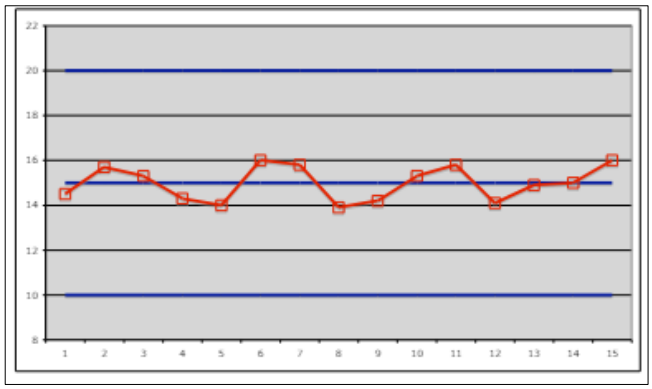


Figura 4. Agrupamiento de puntos

1.3.10 Índice de inestabilidad

Este índice es una medida que se utiliza con la finalidad de cuantificar que tanta variación existe en el proceso, este índice puede calcularse en caso de que se desee evaluar la estabilidad del proceso y poder definir cuáles son las causas especiales que provocan dicha variación [33]. La ecuación mediante la cual se calcula este índice es la siguiente:

$$S_t = \frac{\textbf{Número de puntos especiales}}{\textbf{Número total de puntos}} \; x\,\mathbf{100} \qquad (1)$$

Esta ecuación cuantifica que tan inestable es el proceso y se calcula a través de definir la cantidad de puntos especiales (fuera de los límites) que existen en la carta de control. Un valor de inestabilidad que supere el 5% se considera inestable, sin embargo, si el índice es menor se puede considerar como regular si se encuentra dentro del rango de 2% – 4%, y para una estabilidad buena debe ser entre 0% y 1.99% [33].

1.3.11 Metodología Six Sigma

"Six Sigma" es una metodología que se utiliza principalmente para mejorar aquellos procesos que buscan eliminar o reducir el nivel de variabilidad y defectos que existen en el propio proceso o en el producto o servicio. Se aplica con la finalidad de mejorar la calidad, optimizar el proceso y elevar el nivel de eficiencia y efectividad de la producción y los recursos utilizado. Esta metodología hace referencia a la desviación estándar de un proceso y se representa con la letra griega Sigma "σ" [20].

Six sigma plantea como objetivo principal priorizar la satisfacción del cliente a través de mantener un índice bajo de defectos en los productos, eliminar cualquier tiempo improductivo y agregar actividades que mejoren el proceso. Implementar Six Sigma en una empresa brinda beneficios como maximizar la productividad, elevar y mantener el nivel de calidad, crear nuevos sistemas de gestión que estén respaldados por normas aplicables al proceso [20].

1.3.12 Metodología DMAIC

DMAIC es un enfoque sistemático que se utiliza en la metodología Six Sigma con la finalidad de mejorar procesos y acercarlos a un nivel de calidad conocido como "6σ", este nivel se refiere a la excelencia que buscan alcanzar todas las empresas. La metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) hace referencia a las etapas que se deben seguir y que están involucradas para llevar a cabo su implementación, las etapas de DMAIC son [36]:

- **Definir:** Se refiere a la identificación y definición clara y precisa del problema o el área que se desea mejorar.

- **Medir:** Consiste en recopilar datos o información que permitan medir el desempeño actual de proceso.

- **Analizar:** Se analizan los datos recopilados en la fase anterior para determinar las causas raíz del problema.

- **Mejorar:** En esta etapa se proponen e implementan soluciones y actividades que permitan eliminar las causas del problema para mejorar el proceso.

- **Controlar:** Finalmente, se monitorea y mantienen las mejoras implementadas, es necesario que en esta fase se realice un seguimiento continuo de la mejora.

1.3.13 Herramientas utilizadas en la metodología Six Sigma

a. Capacidad del proceso

Es una aptitud del proceso con el objetivo de cumplir con las especificaciones o requisitos establecidos para una característica de calidad, la capacidad del proceso se evalúa para definir si el proceso es o no capaz de producir productos o piezas que cumplan con las tolerancias y dimensiones que demande el cliente. Existen 3 puntos a considerar para que un proceso se establezca como capaz o no capaz [37]:

- Si la capacidad es superior a las especificaciones, es considerada como una de las peores situaciones, es decir que el proceso no es capaz y la empresa debe tener un control sumamente meticuloso del proceso.

- En otro caso, si la capacidad es igual a las especificaciones, aumenta el riesgo de que el control se evite lo que conlleva a una inestabilidad del proceso.

- Por último, si la capacidad está por debajo de las especificaciones, es un caso ideal, es decir que el proceso es capaz y por ende se tiene una producción con menos defectos.

b. Índice de Capacidad

El índice de capacidad del proceso (Cp) es una métrica que se utiliza para cuantificar la capacidad del proceso respecto a las especificaciones establecidas, este índice se calcula con la ecuación [33], [38]:

$$C_p = \frac{Tolerancia}{6\sigma} = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (2)$$

Donde:

ES = Especificación superior

EI = Especificación inferior

σ = Desviación estándar

El valor de Cp que se calcule en el proceso determinará si es capaz de cumplir con las especificaciones o si el proceso necesita de mejorar para reducir la variabilidad, esta comparación se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Valores del Cp y su interpretación

Valor de índice Cp	Clase o categoría del proceso	Decisión
$C_p \geq 2$	Clase mundial	Se tiene calidad Seis Sigma
$C_p > 1.33$	1	Adecuado.
$1 < C_p < 1.33$	2	Parcialmente adecuado, requiere de un control estricto.
$0.67 < C_p < 1$	3	No adecuado para el trabajo
$C_p < 0.67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

1.3.14 Partes por millón (PPM)

Las partes por millón (PPM) es una métrica que se utiliza para definir las unidades no conformes que se generan en el proceso dando como resultado un seguimiento y control de los productos no conformes o aquellos que son rechazados. Mientas el valor de PPM sea menor, igual será la calidad del proceso y por ende un valor mayor de

PPM indicará que el proceso posee una mayor calidad [39], esta métrica se calcula empleando la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{PPM} = \frac{\boldsymbol{Cantidad\ de\ unidades\ defectuosas}}{\boldsymbol{Cantidad\ de\ unidades\ inspeccionadas}}\ \boldsymbol{X\ 1000000} \quad (3)$$

1.3.15 Repetibilidad y reproducibilidad (R&R)

El estudio de repetibilidad y reproducibilidad para atributos se considera como una técnica a través de la cual se pretende evaluar la precisión con la cual se mide aquellas características que debe cumplir un producto, estas se clasifican como atributos puesto que son del tipo conforme o no conforme, se aplica para evaluar la consistencia con la que operarios, técnicos, inspectores y cualquier personal experimentado en el área de trabajo clasifiquen los defectos o inconformidades que se pueda presentar en el producto final [40].

Este estudio implica realizar un análisis respecto a la variabilidad que existe entre las mediciones realizadas por un el mismo inspector (repetibilidad) y al mismo tiempo con otros inspectores (reproducibilidad). Los cálculos obtenidos una vez finalizado este estudio cuantifican la confiabilidad que existe en el sistema de medición que se usa reconocer defectos [41].

Para llevar a cabo este análisis es fundamental que se cuente como mínimo con 2 inspectores que puedan evaluar la pieza o el producto, ambos deberán contar con experiencia suficiente. De igual manera se recomienda evaluar como mínimo 30 piezas y máximo 100, estas muestras deben contener productos con y sin defectos. Finalmente, se deben realizar como mínimo 2 evaluaciones teniendo en cuenta que entre cada evaluación deben transcurrir un periodo de 7 días [42].

Un análisis R&R se plantea teniendo un enfoque de análisis de riesgo como el que se plantea a continuación:

a. Análisis del riesgo

Este análisis evalúa el nivel de consistencia que existe entre los criterios de cada uno de los inspectores siguiendo los siguientes pasos:

1. **Cuantificar los acuerdos:** En este punto se suma el número de veces que los inspectores u operadores coincidieron y discreparon en la evaluación del producto analizado.

2. **Discrepancias posibles:** Se determina cuantos desacuerdos existen para cada uno de los productos, se calcula a través de las siguientes ecuaciones:

$$\boldsymbol{a_p = \binom{k}{2} = \frac{k!}{k!\,(k-2)!}} \quad (4)$$

$$\boldsymbol{a_t = a_p\, x\, p} \quad (5)$$

Dónde:

a_p= Número de posibles desacuerdos diferentes por productos

k= Número de evaluaciones realizadas en cada producto

a_t= Número de concordancia o discrepancias en las evaluaciones del estudio

p= Número de productos en el estudio

3. **Nivel de desacuerdos:** Se divide el total de desacuerdos en el estudio entre el número total de posibles desacuerdos, mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{ND_e = \frac{D_e}{a_t}\, x\, 100} \quad (6)$$

Dónde:

ND_e= Nivel de desacuerdos

D_e= Total de desacuerdos en el estudio

a_t= Total de posibles desacuerdos

4. **Cuantificar los desacuerdos por repetibilidad:** La repetibilidad se evalúa con base en la consistencia que existe entre las evaluaciones del producto realizadas por el mismo inspector con la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{ND_{rep} = \frac{D_{rep}}{O_{rep}}\ x\ 100} \quad (7)$$

Dónde:

ND_{rep}= Es el nivel de desacuerdos atribuibles a repetibilidad

D_{rep}= Número total de desacuerdos

O_{rep}= Total de oportunidades

5. **Cuantificar los desacuerdos por reproducibilidad (interacción que existen de inspectores):** Se evalúa la reproducibilidad del proceso con base en el número de desacuerdo por pareja de inspectores, a través de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{ND_{repro} = \frac{D_{repro}}{O_{repro}}\ x\ 100} \quad (8)$$

Dónde:

ND_{repro}= Nivel total de desacuerdos debidos a reproducibilidad

D_{repro}= Número total de desacuerdos

O_{repro}= Total de oportunidades de desacuerdo debido a reproducibilidad

Este último punto (O_{repro}) se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{Orepro = (número\ de\ piezas)\ x\ (número\ de\ parejas\ de\ operadores)\ x\ (número\ de\ ensayo} \quad (9)$$

1.3.16 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

El Análisis de modo y efecto de falla (AMEF) es una metodología utilizada para identificar y prevenir problemas potenciales en productos, procesos o servicios antes de que ocurran. Se origina en la industria aeroespacial en la década de 1960 y posteriormente se extendió a otras industrias [43].

Este proceso involucra a un equipo multidisciplinario que revisa sistemáticamente cada componente o etapa del sistema, identificando los posibles modos de falla, sus causas y efectos. Evalúa la severidad, probabilidad de ocurrencia y capacidad de detección de cada modo de falla, obteniendo un número de prioridad de riesgo (NPR) para determinar la criticidad y necesidad de acciones correctivas [44].

El AMEF no solo se utiliza en el diseño de nuevos productos o procesos, sino también en la mejora continua de los existentes. A través de revisiones periódicas, se monitorearon los modos de falla y se actualiza el análisis [45].

1.3.17 Gráfica de control

Estas representaciones gráficas sirven para dar seguimiento y poder controlar la variación de un proceso en un determinado tiempo, se utilizan para monitorear características de calidad que representan variaciones en el producto, por lo general se utilizan para establecer límites de control superiores e inferiores, permiten detectar situaciones que se consideran fuera de control estadístico, es decir, que existen causas especiales que requieren acciones correctivas para controlar el proceso [46].

1.3.18 Gráfica de control para atributos

Las gráficas de control para atributos sirven para monitorear características de los productos de calidad que pueden ser medidas a simple vista y en términos de conformidad o no conformidad (pasa o no pasa). Estas gráficas se utilizan para controlar defectos como rebabas, manchas, grietas u otros defectos que puedan ser considerados como conformes o no conformes.

b. Cálculo para carta de control "P" para atributos

El gráfico de control tipo P, o también llamado para la fracción o proporción de unidades no conformes, se utiliza como una herramienta que permite verificar la cantidad de productos defectuosos que existen en un proceso, puede ser utilizado para controlar la proporción de piezas plásticas que presentan un defecto en concreto [47].

Para desarrollar una gráfica de control del tipo P, es necesario calcular los siguientes elementos:

- Determinar la muestra de elementos (ni) del lote u orden de producción, teniendo en cuenta la selección del total de lote o una parte que lo represente.
- Posteriormente se procede a revisar de manera visual cada una de las unidades que conforman la muestra, con la finalidad de clasificarlas como conformes o no conformes.
- Definir la cantidad de elementos o productos defectuosos (di) que han sido obtenidos de la muestra (ni) de cada uno de los lotes.
- Calcular la proporción de unidades no conformes (pi) mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{p_i = \frac{d_i}{n_i}} \tag{10}$$

c. Límites de control para la carta P (proporción de unidades no conformes)

La carta P cuenta con límites de control que se calculan considerando una distribución binomial de los datos recopilados, para calcular cartas P se debe considerar un tamaño de subgrupo constante, siendo las ecuaciones de cada límite las siguientes:

$$\mathbf{LCS} = \overline{\boldsymbol{p}} + \mathbf{3}\sqrt{\frac{\overline{\boldsymbol{p}}\,(\mathbf{1}-\overline{\boldsymbol{p}})}{\boldsymbol{n}}} \tag{11}$$

$$\mathbf{LC} = \overline{\boldsymbol{p}} \tag{12}$$

$$\mathbf{LCI} = \overline{\boldsymbol{p}} - \mathbf{3}\sqrt{\frac{\overline{\boldsymbol{p}}\,(\mathbf{1}-\overline{\boldsymbol{p}})}{\boldsymbol{n}}} \quad (13)$$

Donde:

LSC: Límite superior de control.

LIC: Límite inferior de control.

$\overline{p}$: Proporción promedio de unidades no conformes.

n: Tamaño del subgrupo o muestra.

Estos límites de control representan la variación que existe en cuanto al rango del proceso y si se encuentra o no bajo un control estadístico [33].

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Desarrollar un análisis estadístico de la calidad en los procesos de inyección de plástico de la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar los problemas de calidad en el proceso de inyección de plásticos de la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda.
- Medir el nivel de calidad actual en el proceso de inyección de plásticos.
- Elaborar una propuesta de mejora de calidad para el proceso de inyección de plásticos.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

La función de cada recurso utilizado en el estudio se describe en detalle en la Tabla 2.

Tabla 2. Recursos usados para el desarrollo del proyecto de investigación

Material/Representación	Descripción
Equipos electrónicos 	Se utilizó para capturar y registrar información diversa que incluye materiales audiovisuales, gráficos y datos observacionales, con el objetivo de brindar una descripción minuciosa de cada una de las etapas operativas y los equipos empleados durante el proceso de moldeo por inyección de plásticos.
Microsoft Word 	Se empleó para la elaboración y redacción de los textos que conforman el informe final del proyecto de investigación, agilizando de manera eficiente la creación y estructuración del contenido, aprovechando las herramientas y funcionalidades avanzadas que ofrece este programa.
Microsoft Excel 	Este software se utilizó para llevar a cabo el procesamiento numérico y el análisis de datos relacionados con la metodología Six Sigma. Cuenta con herramientas específicas para la creación de hojas de control, gráficos de control, registros de defectos, estudios R&R de atributos, generación de diagramas de Pareto entre otras funcionalidades especializadas.
Microsoft Visio 	Esta herramienta informática se empleó para el diseño y construcción de diversos diagramas y representaciones gráficas, tales como diagramas de Ishikawa (casusa – efecto), identificación de clientes internos y externos de la empresa, diagramas SIPOC, desarrollo de la voz del cliente (VoC), entre otras aplicaciones.
Minitab 	Este software se utilizó para generar índices de capacidad y se realizó un análisis de la capacidad de defectos, así como para la creación de cartas o graficas de control. Además, permitió desarrollar el cálculo del nivel Sigma y la construcción de diagramas de Pareto, herramientas para el control estadístico y mejora de la calidad del proceso.

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque

La investigación adopta un enfoque cuantitativo al utilizar variables numéricas para evaluar el nivel de calidad del producto "Tapa Plástica 400 x 220 x 40" en el proceso de fabricación por inyección de plásticos. La metodología DMAIC se aplicó para el desarrollo del proyecto Six Sigma con la finalidad de identificar y examinar las causas del problema.

2.2.2 Investigación descriptiva

Se empleó un método de investigación descriptiva con el fin de reconocer y examinar minuciosamente los factores primordiales que inciden en la mano de obra, maquinaria, materia prima, métodos y entorno laboral. Estos factores son los que generan defectos y variabilidad en el proceso bajo estudio.

2.2.3 Modalidad de la investigación

a. Modalidad de investigación bibliográfica-documental

La modalidad de este proyecto se sustentó en la recopilación de datos primarios y secundarios, de manera que la empresa fue la fuente de información primaria y, por otro lado, la información secundaria hace referencia a libros, artículos científicos, tesis, revistas, congresos relacionados con el tema. Estas fuentes se usaron para determinar las posibles técnicas y herramientas que fueron implementadas por otros investigadores en el planteamiento del problema. De igual manera, se recopiló información mediante la cual se analizó diagramas, gráficos estadísticos, registros e informes de producción referentes al control de calidad. La importancia de estas fuentes de información incide en el respaldo científico y la veracidad de los resultados alcanzados por medio de sus metodologías correspondientes.

b. Modalidad de investigación de campo

La investigación se valió de una metodología de investigación de campo, debido a la necesidad de realizar visitas presenciales a las instalaciones de la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., específicamente en el área de inyección de plásticos. Dichas visitas tuvieron como objetivo recabar datos numéricos y obtener información clara, concisa y pertinente sobre el proceso productivo, sentando así las bases para alcanzar los objetivos propuestos. Además, esta modalidad permitió sensibilizar a los trabajadores acerca de los problemas investigados y su relevancia.

2.2.4 Población y muestra

En la presente investigación acerca del proceso de inyección de plásticos, de la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., las muestras de producción obtenidas de los lotes del producto, es decir, que no se consideró a los trabajadores como población de estudio. El análisis se centró específicamente en la pieza "Tapa Plástica 400 x 220 x 40", que es parte del producto “Caja Policarbonato 400 x 220 x 125”. Para evaluar el nivel de calidad, se recopilaron datos en un período de dos semanas, con un total de “36” muestras, cumpliendo con una orden de producción de 4000 cajas plásticas emitidas por un cliente externo de la empresa. La muestra se aplicó según la norma ANSI/ASQ Z1.9-1993, teniendo en cuenta criterios como visibilidad, color, transparencia de la tapa y el nivel de 2.5 en AQL que maneja la propia empresa, El tamaño de los subgrupos se determinó en función de la cantidad total de lotes fabricados en la orden de producción, garantizando un muestreo exhaustivo del 100% de los productos, como se puede visualizar en la Tabla 3.

Tabla 3. Datos del proceso de muestreo de trabajo

Número de Subgrupos	Unidades de Tapas Plásticas fabricadas (Tamaño de lotes)	Defectos de “Veteado”	Defectos de “Incompleto”	Defectos de “Deformado”
1	122	2	1	0
2	141	1	2	0
3	115	1	1	0
4	155	2	3	0
5	122	5	4	0
6	134	3	5	2

Número de Subgrupos	Unidades de Tapas Plásticas fabricadas (Tamaño de lotes)	Defectos de "Veteado"	Defectos de "Incompleto"	Defectos de "Deformado"
7	146	4	6	0
8	128	8	2	1
9	132	0	1	0
10	110	2	5	1
11	143	2	1	0
12	119	3	2	0
13	124	2	3	0
14	133	7	3	2
15	137	1	1	0
16	148	2	1	1
17	152	4	3	0
18	117	3	5	0
19	129	2	1	1
20	136	1	1	0
21	127	0	3	0
22	139	2	2	1
23	144	3	6	2
24	111	8	4	1
25	119	6	3	0
26	143	4	5	0
27	126	5	5	0
28	135	2	2	1
29	110	1	1	0
30	155	7	1	3
31	196	5	3	0
32	108	1	2	1
33	119	9	2	3
34	131	2	1	0
35	143	2	1	0
36	152	1	2	0
TOTAL	4801	113	94	20

2.2.5 Recolección de información

En el caso de la empresa ecuatoriana de matricería ECUAMATRIZ CIA. LTDA., se dio prioridad a la recopilación de datos respecto al proceso de inyección de plásticos durante jornadas laborales regulares. Esta medida buscaba evitar interferencias o

interrupciones en el proceso productivo, garantizando así la obtención de evidencia bajo condiciones normales de operación.

La recolección de información se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de la metodología DMAIC, lo cual implico la ejecución de diversas acciones que se detallan en la Tabla 4.

Tabla 4. Técnicas y herramientas de recolección de información

Recolección de información				
Fase	**Técnica**	**Herramientas**	**Actividades**	**Recursos**
Definir	Recolección y análisis de datos.	Registro de defectos proporcionado por la empresa del año 2022 y 2023.	Recolección de información de los defectos en el producto final (fallos y/o quejas de los clientes).	Software – Excel Hojas de registros Formularios electrónicos
	Análisis de datos.	Diagrama de Pareto.	Definición de los principales problemas que afectan al producto al final.	Software estadístico – Minitab Software – Excel
	Observación directa.	Proyecto Six Sigma.	Definición del proyecto de calidad, objetivo y alcance	Sala de reuniones, pizarra, proyector Software – Word
	Despliegue de la voz del cliente (VOC)	Entrevistas a clientes internos y externos.	Definición de variables críticas que afectan al producto estudiado (CTQ's).	Software – Visio Software – Word Clientes internos y externos
	Observación directa.	Diagrama de flujo de proceso.	Creación del marco del proyecto sigma.	Software – Word Software – Visio

Recolección de información				
Fase	**Técnica**	**Herramientas**	**Actividades**	**Recursos**
Medir	Análisis de varianza de repetibilidad y reproducibilidad.	Registro de datos de aceptación del producto. Hoja de cálculo para el estudio R&R.	Realizar un estudia R&R para medir atributos o variables.	Software estadístico – Minitab Software – Excel Operadores capacitados Muestras de productos
	Control estadístico de procesos (SPC).	Orden de producción. Listado de registro para productos defectuosos.	Desarrollar cartas de control para atributos, tipo P.	Software estadístico – Minitab Hojas de registro
	Análisis de capacidad del proceso.	Cartas de control para proporción de defectuosos	Determinar la capacidad del proceso mediante el cálculo del Cp.	Software estadístico – Minitab Datos de defectos del proceso Especificaciones visuales del producto
	Observación directa.	Gráficos de control para establecer límites del proceso.	Definir de la estabilidad del proceso y variables a estudiar.	Software estadístico – Minitab Software – Word
	Cálculo del nivel Six Sigma.	Datos de defectos	Identificar el nivel sigma actual en el proceso de inyección de plásticos.	Software estadístico – Minitab
Analizar	Análisis de causa raíz.	Diagrama de Ishikawa (causa-efecto)	Determinación de las variables o causas del problema del proceso.	Software – Visio Reuniones con el equipo de trabajo
	Observación directa.	5 Por qué AMEF	Definición de la relación que existe entre el efecto la interacción de dos o más factores sobre una o más variables de respuesta. Análisis de modo y efecto de fallas	Software – Visio Software – Word Reuniones con el equipo de trabajo

Recolección de información				
Fase	**Técnica**	**Herramientas**	**Actividades**	**Recursos**
Mejorar	Análisis documental.	5 Por qué Delimitación de soluciones con los departamentos involucrados	Establecer alternativas para solucionar los principales problemas encontrados.	Software – Word Software – Excel
	Análisis documental. Observación directa.	Diagramas de procesos.	Desarrollo de documentos de retroalimentación para el desarrollo del proceso.	Plantillas de documentos Software – Word

2.2.6 Procesamiento y análisis de datos

Para el manejo y procesamiento de la información recopilada, se utilizaron diversas herramientas informáticas. Entre ellas, se emplearon programas de hojas de cálculo como Excel y procesadores de texto avanzado como Word, los cuales facilitaron la creación de tablas para el registro de datos, el desarrollo de los cálculos estadísticos y la elaboración de los gráficos de control.

En cuanto al análisis de datos recolectados se utilizó el software especializado en análisis estadístico conocido como minitab, el cual posibilitó la generación de diagramas de Pareto, cartas de control, evaluación de la capacidad del proceso entre otras funciones.

Adicionalmente, se desarrollaron varias actividades que se llevaron a cabo siguiendo el procedimiento especificado en la Tabla 5, con la finalidad de obtener resultados que representen beneficios tangibles para la empresa ecuatoriana de matricería ECUAMATRIZ CIA. LTDA.

Tabla 5. Procesamiento y análisis de datos

Procesamiento y análisis de datos				
Fase	**Actividades**	**Técnica/Método**	**Involucrados**	**Recursos**
Definir	Organizar los defectos y quejas de clientes	Análisis exploratorio de datos	Investigador	Informes de reclamos Fotografías
	Clasificar los defectos	Tabulación de datos	Investigador	Hojas de control
	Enumerar y documentar los problemas identificados durante el proceso.	Tabulación de datos	Investigador	Hojas de control Histograma
	Clasificar los problemas en categorías relevantes según su impacto en la calidad del producto	Análisis de contenido Gráficos de control	Investigador Jefe de producción	Ficha de recolección de datos
	Analizar las variables críticas identificadas para la calidad del producto	Análisis de documentos y contenido. Fichas de resumen	Investigador	Software (Word)
	Definición de las variables críticas para la calidad según su impacto en la satisfacción del cliente	Método descriptivo de análisis de datos	Investigador	Software (Word)
Medir	Desarrollar el estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R)	Ensayo R&R	Investigador	Software (Word) Ficha de recolección de datos
	Calcular la capacidad del proceso mediante el cálculo del Cp	Fase de análisis de DMAIC	Investigador	Software Office (Word) Software Minitab
	Evaluación de la variabilidad y estabilidad del proceso	Tabulación de datos	Investigador	Cartas de control Software Minitab
	Graficar cartas de control para variables y/o atributos	Tabulación de datos Gráficos Análisis estadístico	Investigador	Software (Word) Software Minitab Cartas de control
	Análisis del nivel actual de la calidad del proceso	Tabulación de datos	Investigador	Software Office (Word y Excel)

Procesamiento y análisis de datos				
Fase	**Actividades**	**Técnica/Método**	**Involucrados**	**Recursos**
Analizar	Identificación de las causas raíz de los defectos de calidad en el objeto de estudio	Gráficos Método descriptivo de análisis de datos	Investigador	Software Office (Word y Excel) Lluvia de ideas Diagrama de Ishikawa
	Descripción de los niveles de calidad calculados	Análisis estadístico	Investigador	Cartas de control Software Office (Word y Excel)
	Establecer un análisis AMEF para evaluar los defectos y sus respective causa raiz	Matriz AMEF	Investigador	Software Office (Word y Excel)
Mejorar	Generar alternativas de solución para eliminar las causas encontradas	Análisis de las alternativas con los departamentos involucrados	Investigador Departamento de produccion, calidad y mantenimiento	Software Office (Word y Excel)
	Planteamiento de documentos e instructivos para el proceso de inyección de plástico.	Carcaterizacion, protocolos, formatos instructivos.	Investigador Jefe de producción	Software Office (Word y Excel)

2.3 Metodología DMAIC – Six Sigma

2.3.1 Fase preliminar

En esta etapa del estudio, se recopiló información detallada sobre la empresa, lo que posibilitó la identificación de los defectos recurrentes que impactan directamente en el producto final. Al comprender el proceso productivo que abarca las diversas áreas involucradas en la empresa ecuatoriana de matricería ECUAMTRIZ CIA. LTDA., se determinó el área específica que sería objeto de estudio, así como el producto seleccionado para su análisis.

La elección de la "Tapa Plástica 400 x 220 x 40" como objeto de estudio se basó en una solicitud directa de la empresa, lo que orientó la investigación hacia el proceso de fabricación de dicho producto. Como resultado de esta fase, se logró identificar el proceso de inyección de plásticos utilizado para producir las tapas plásticas, plasmando

este proceso en diagramas que facilitan su comprensión, visualización y posible mejora.

2.3.2 Implementación Six Sigma

a. Fase – Definición

El objetivo principal de la fase de definición del Proyecto Six Sigma consistió en la identificación precisa del propósito central del proyecto. Para ello, se llevó a cabo un análisis meticuloso que contempló las perspectivas tanto de la empresa como de las partes interesadas. En esta fase se implementó una metodología robusta que permitió establecer objetivos SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y con un plazo definido). Se prestó especial atención a la identificación y evaluación de posibles defectos, utilizando herramientas como diagramas de flujo, mapas de procesos y análisis de causa-efecto.

- ***Identificación de defectos de calidad en el objeto de estudio***

La identificación de los defectos de calidad en la "Tapa Plástica 400 x 220 x 40" se llevó a cabo mediante dos metodologías. Primero, se utilizó una recopilación y filtrado de datos a través de los registros proporcionados por la empresa, detallados en el Anexo A, a través de los cuales se pudo identificar los defectos presentes en el producto.

Por otro lado, se realizó una observación visual del proceso de producción para detectar de manera clara y precisa los defectos previamente registrados, con el propósito de ilustrar y documentar gráficamente la naturaleza de los defectos y su impacto en la conformidad del producto.

Estas herramientas, junto con los registros proporcionados por la empresa y la observación visual de los defectos, permitieron realizar un análisis detallado de la frecuencia de ocurrencia de cada defecto y proporcionar una descripción exhaustiva de los mismos.

- ***Priorización de defectos de calidad mediante el diagrama de Pareto:***

Para identificar y priorizar los defectos de calidad que contribuían significativamente al error total del proceso, se construyó un diagrama de Pareto. Esta herramienta permitió enfocarse en los defectos con mayor impacto, y que ponen en riesgo la estabilidad del proceso de inyección de plásticos de la "Tapa Plástica 400 x 220 x 40".

En el diagrama de Pareto se identificaron los defectos que eran responsable de la mayor parte del error. De esta manera, se priorizó el análisis y la formulación de estrategias de control para estos defectos específicos, optimizando el uso de recursos y maximizando el impacto de las acciones de mejora.

- ***Identificación de las variables críticas para la calidad (CTQ'S):***

Para comprender las especificaciones demandadas por los clientes, se realizó una encuesta virtual a los clientes internos de la empresa, se recopiló información sobre sus expectativas en relación con la "Tapa Plástica 400 x 220 x 40".

Los requerimientos obtenidos se clasificaron por orden de importancia mediante una evaluación conjunta del departamento comercial, de producción, calidad y operarios.

Posteriormente, estos requisitos se transformaron en CTQ'S (parámetros cruciales para la calidad), utilizando una matriz de Voz del Cliente (VOC) definiendo los atributos y criterios para identificar los defectos más significativos en el proceso.

- ***Marco del proyecto Six Sigma***

Para implementar la metodología Six Sigma en la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., se optó por adoptar un enfoque de carácter estratégico en el que se elaboró un documento formal conocido como “Carta de Proyecto” en el cual se establecieron las bases para que el equipo y el investigador logren direccionar el proyecto, esta herramienta fundamental, posibilito la definición precisa de los elementos clave del proyecto, lo cual garantiza un desarrollo efectivo para los departamentos que se involucran directamente con el proceso de inyección de plásticos.

b. Fase – Medir

- ***Estudio R&R para evaluar lo constancia del sistema de medición para atributos***

Esta evaluación se enfocó en analizar la confiabilidad del sistema de medición utilizado por los operarios de la máquina HAITIAN y que se encargan de desarrollar el producto "Tapa Plástica 400 x 220 x 40". Este sistema se basa en la percepción subjetiva de los operarios, quienes clasifican el producto como "aceptable" o "inaceptable".

Este enfoque permitió:

- ***Medir la reproducibilidad:*** Evaluar el acuerdo o desacuerdo entre dos operarios al evaluar el mismo conjunto de "Tapa Plástica 400 x 220 x 40".

- ***Medir la repetibilidad:*** Evaluar la consistencia en las decisiones de un mismo operador al evaluar la misma "Tapa Plástica 400 x 220 x 40" dos veces.

Para cuantificar la consistencia y precisión de las inspecciones visuales realizadas por los operarios, se implementó un enfoque basado en el análisis de concordancia entre los operadores. Eso permitió obtener métricas estadísticas relacionadas con los niveles de acuerdo y desacuerdo al examinar el conjunto de "Tapa Plástica 400 x 220 x 40".

Se evaluó la reproducibilidad, que determina las diferencias que existen entre los resultados de dos operadores distintos, de igual manera la repetibilidad releja la coherencia de cada uno de los operadores consigo mismo en múltiples ocasiones para un mismo producto.

Para recopilar los datos necesarios para este análisis de variabilidad, se seleccionó una muestra de 30 unidades a través del método de análisis de riesgo que incluye piezas seleccionadas al azar, pero que cuenten con defectos, que pertenecen al producto "Tapa Plástica 400 x 220 x 40", cada uno de estos productos se examinó en dos oportunidades por los dos operadores que cuentan con experiencia suficiente en el control de calidad del objeto de estudio.

Los resultados de este estudio y los cálculos respectivos se encuentran compilados en la Tabla B1 el Anexo B, brindando una perspectiva cuantitativa sobre la confiabilidad del sistema de inspección visual al que los operadores han sido sometidos.

- ***Análisis de la variabilidad y capacidad del proceso de inyección de plásticos***

En el marco de análisis de la variabilidad inherente al proceso de inyección de plásticos, se optó por llevar a cabo e implementar una herramienta de control estadístico denominada “carta de control por atributos” (tipo P). Se seleccionó este tipo de carta con base a los criterios de aceptación, en la que cada una de las unidades producidas se sometía a una clasificación de conformidad o no conformidad, de igual manera, se utilizó una distribución binomial que sigue la cantidad de piezas defectuosas dentro de cada subgrupo tomado como muestra.

Este tipo de carta resulto ser la opción más adecuada debido a que permite monitorear la proporción de unidades defectuosas en un lote determinado de producción correspondiente a un pedido especifico, adicional a lo anterior esta herramienta se respalda debido a que es conveniente analizar los defectos radicados en el producto y con mayor frecuencia: veteados, incompletos y deformados.

Los datos recopilados y que se utilizaron para el desarrollo de dicha carta se encuentran detallados en la Tabla 3, dentro de la sección dedicada a la población y muestra.

- ***Cálculo de la capacidad del proceso***

Con el objetivo de determinar si el proceso de inyección de plástico utilizado para producir "Tapa Plástica 400 x 220 x 40" posee la capacidad necesaria para cumplir con las especificaciones establecidas se procedió a realizar el cálculo del Cp, utilizando como base el porcentaje promedio de unidades defectuosas. Este cálculo involucro una interpolación mediante el uso de la ecuación , en la que los valores utilizados se obtienen de la Figura C1 en el Anexo C.

$$\boldsymbol{Y = Y_1 + \left(\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1}\right) x\ (Y_2 - Y_1)\right)} \qquad (14)$$

Dónde:

Y: Índice real de la capacidad del proceso

X: Valor conocido del porcentaje promedio de pares defectuosos

X_1: Porcentaje menor defectuosas fuera de las especificaciones

X_2: Porcentaje mayor unidades defectuosas fuera de las especificaciones

Y_1: Valor menor del índice Cp correspondiente a $X1$

Y_2**:** Valor mayor del índice Cp correspondiente a $X2$

- ***Cálculo del nivel sigma actual del proceso***

Para cuantificar el nivel sigma actual del proceso de inyección de plásticos, se procedió a calcular las PPM de oportunidades defectuosas, empleando la Ecuación 3. Una vez obtenida esta métrica, se utilizó el software especializa Minitab para determinar el nivel sigma correspondiente a partir del calor calculado previamente.

c. Fase – Analizar

En la etapa de análisis, se empleó la técnica de lluvia de ideas mediante la cual se identificaron los elementos críticos que causan los principales defectos en el proceso de inyección de plásticos los cuales se reconocieron como veteados, incompletos y deformados. Esta actividad se desarrolló con sesiones diferentes con una duración de aproximadamente 25 minutos por cada supervisor y operario que se relacione con el proceso. Mediante pláticas e intercambio de ideas se logró identificar aquellos factores que, en la mayoría de los casos, influyen significativamente en la calidad de producto final. Durante este proceso, se destacaron las ideas que resultan más importantes y con mayor frecuencia según el criterio de cada una de las personas quienes plantean que existen una conexión directa e importante con el defecto analizado.

- ***Análisis de los defectos veteados, incompletos y deformados***

Los defectos críticos que se identificaron previamente tienen relación con ciertos elementos que influyen directamente con el proceso de inyección de plásticos, de esta

manera se representaron estos elementos con diagramas de Ishikawa y diagramas de Pareto manteniendo como referencia las 5 M'S de calidad que inciden de manera directa en el defecto.

La aplicación de esta metodología determinó las causas potenciales que se asocian a cada uno de estos defectos, para posteriormente proponer medidas preventivas y de mejora que permitan eliminar o disminuir dichas causas, el objetivo principal de estas medidas se planteó de forma que se pueda minimizar las piezas plásticas defectuosas que se ven afectadas por los problemas que sufre la máquina, mano de obra, entre otras áreas relacionadas.

- ***Causa raíz de los defectos***

La causa raíz que provoca los defectos de veteado, incompletos y deformados se identificó mediante el desarrollo e implementación de la técnica de los 5 por qués, junto con el personal de cada departamento involucrado en el proceso (producción, calidad, mantenimiento) se encontró el punto clave para poder minimizar los defectos que se presentan en la "Tapa Plástica 400 x 220 x 40".

d. Fase – Mejora

- ***Análisis de propuestas de mejora***

En el contexto de la empresa, se optó elaborar una matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) para priorizar las causas y soluciones potenciales, registrando los resultados en una matriz que clasifique a las causas dependiendo del número de prioridad de riesgo (NRP). Esta decisión se fundamentó en el enfoque participativo adoptado, en el cual los departamentos que están directamente relacionados con el proceso de inyección de plásticos, tales como producción, calidad mantenimiento e ingeniería, asumieron un rol protagónico en la identificación y propuestas de medidas preventivas y correctivas ante los defectos.

Debido a su experiencia y conocimiento profundo del proceso, estos departamentos determinaron de manera conjunta las soluciones idóneas luego de realizar un análisis de modo y efecto de falla de la causa raíz respectiva de cada defecto. Esta estrategia permitió aprovechar la experiencia y perspectivas de cada uno de los equipos que

mantuvieron una involucración directa y efectiva al momento de identificar el problema y su respectiva solución.

- ***Desarrollo de la propuesta para mejorar la calidad del producto***

El desarrollo de cada una de las propuestas planteadas se realizó tomando en consideración las soluciones sugeridas por los departamentos que se relacionan con el área de plásticos. Estas propuestas tienen como objetivo mitigar la problemática actual que impacta de manera significativa en el rendimiento del proceso, enfocándose en la reducción de productos no conformes que resultan del artículo "Tapa Plástica 400 x 220 x 40" y sus defectos asociados como veteados, piezas incompletas y deformaciones.

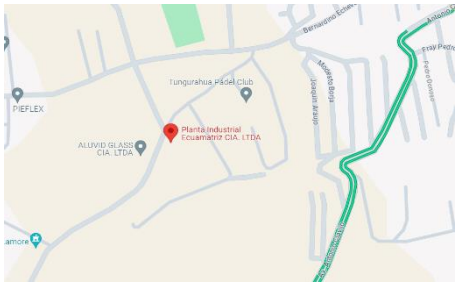
Las soluciones propuestas se fundamentaron en el conocimiento técnico y la experiencia práctica de los equipos quienes garantizan mantener un enfoque viable para corregir la causa raíz de los defectos identificaron, mejorando la calidad del producto y optimizando el desempleo del proceso de inyección de plásticos.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Descripción de la empresa

La Tabla 6 expone datos relevantes que permiten identificar a la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., en la cual se resalta el perfil corporativo y su progreso en el sector metalmecánico.

Tabla 6. Datos de la empresa ECUAMATRIZ

<table>
<tr><th colspan="3">Información de la Empresa</th></tr>
<tr><th rowspan="2">Logotipo de la empresa</th><th colspan="2">Razón social</th></tr>
<tr><td colspan="2">Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda.</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><th>Representante legal</th><th>RUC</th></tr>
<tr><td>Ing. Luis Fernando Valencia</td><td>1890108241001</td></tr>
<tr><th colspan="3">Información básica</th></tr>
<tr><th>Código CIIU</th><td colspan="2">D27100002</td></tr>
<tr><th>Tamaño de la empresa</th><td colspan="2">Mediana (91 personas)</td></tr>
<tr><th>Actividad económica</th><td colspan="2">Diseño, fabricación y/o comercialización de productos metálicos y plásticos.</td></tr>
<tr><th>Sector</th><td colspan="2">Manufacturero y/o metalmecánico</td></tr>
<tr><th>Fecha de fundación</th><td colspan="2">Nace en la cuidad de Ambato en el año 1988.</td></tr>
<tr><th>Horario de trabajo</th><td colspan="2">Lunes a Viernes de 08:00 am a 17:00 pm</td></tr>
<tr><th>Contacto</th><td colspan="2">Teléfono: (593-3) 2755188 Ext. 11
E-mail: ventas@ecuamatriz.com</td></tr>
<tr><th colspan="3">Información adicional</th></tr>
<tr><th>Misión</th><td colspan="2">Fabricación y venta de productos metálicos y poliméricos para clientes públicos y privados, con soluciones innovadoras y tecnología avanzada.</td></tr>
<tr><th>Visión</th><td colspan="2">Con la bendición de Dios y pasión por la excelencia, nos proyectamos como líderes en el sector metalmecánico y de polímeros para 2025, generando prosperidad y bienestar.</td></tr>
<tr><th colspan="3">Ubicación geográfica</th></tr>
<tr><th colspan="3">Vista de la empresa</th></tr>
<tr><td colspan="2">
</td><td></td></tr>
<tr><th>Dirección</th><td colspan="2">Santa Rosa, Vía Ecológica S/N y Bernardino Echeverría</td></tr>
</table>

Análisis y discusión:

La empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., mantiene un personal que se distribuye en diferentes áreas productivas, estas áreas desempeñan un papel importante que permite gestionar todas las actividades de manera eficiente, dando como resultado una comprensión clara de las funciones asignadas a cada uno de los integrantes de la empresa [48].

Para la fabricación de diferentes piezas y objetos plásticos se destaca una amplia gama de procesos enfocados en la inyección de polímeros. Sin embargo, el mercado de este ámbito en el Ecuador evidencia que la producción y comercialización de productos plásticos como la "caja policarbonato para medidores eléctricos" que desarrollan en la empresa demanda una especialización y la necesidad de mejorar los procesos productivos, según la investigación [49], dado la importancia económica que representa para empresa.

La empresa con el caso de estudio enfrenta una problemática en el área de inyección de plásticos debido a defectos críticos en sus productos. El problema radica en la presencia de productos no conformes (PNC) y la necesidad de mejorar y optimizar el proceso de inyección de plástico con la finalidad de garantizar la calidad y la eficiencia en la fabricación de las partes del producto.

3.1.1 Organigrama de la empresa

La empresa cuenta con niveles que jerarquizan al personal que completa y utiliza recursos tecnológicos, económicos y humanos, estos elementos poseen un significado importante al delimitar las actividades de los trabajadores, en la Figura 5 se representa estos niveles mediante un organigrama estructural que existe actualmente en la empresa.

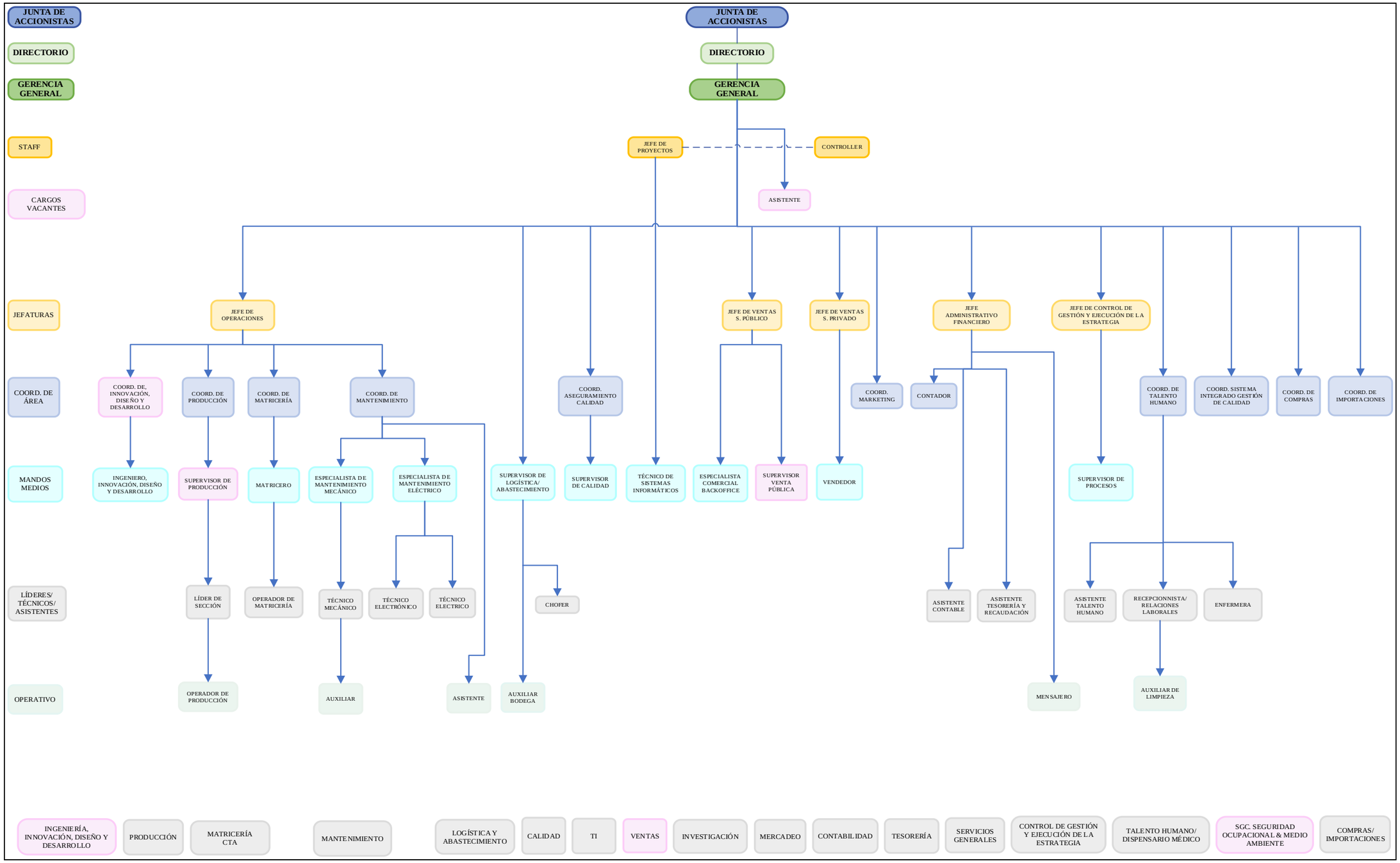


Figura 5. Organigrama de la empresa ECUAMATRIZ.

Análisis y discusión:

El organigrama de la empresa no solo permite identificar las áreas potenciales bajo las cuales se pueda mejorar el proceso productivo, sino que también brinda la posibilidad de entender de manera satisfactoria las estructuras organizativas que están detrás de todo el proceso y decisiones a tomar antes de iniciar con la producción, de igual manera mejora la comunicación entre los diferentes departamentos y sus respectivos niveles jerárquicos.

Por otro lado, al analizar una estructura organizativa es posible recopilar información acerca de la distribución de autoridad que contribuyen con mejoras dinámicas internas que puedan afectar a los resultados finales, es decir, en este caso a los productos plásticos.

Para comprender la estructura de una empresa, es preciso implementar un organigrama en el que se evidencie la representación visual de las áreas de trabajo junto con sus respectivas autoridades [50].

Según la investigación [51], un organigrama ayuda a comprender los lineamientos bajo los cuales se procede a desarrollar un producto o servicio, es posible identificar áreas clave que desvelen una relación entre departamentos o áreas de producción que permitan el desarrollo del producto.

3.1.2 Mapa de procesos

La contextualización y comprensión de los procesos organizacionales de cada departamento se desarrolló mediante un mapa de proceso mostrado en la Figura 6. Este mapa permite visualizar los procesos gerenciales, cadenas de valor y de apoyo que conforman la jerarquía por la cual se rige la empresa.

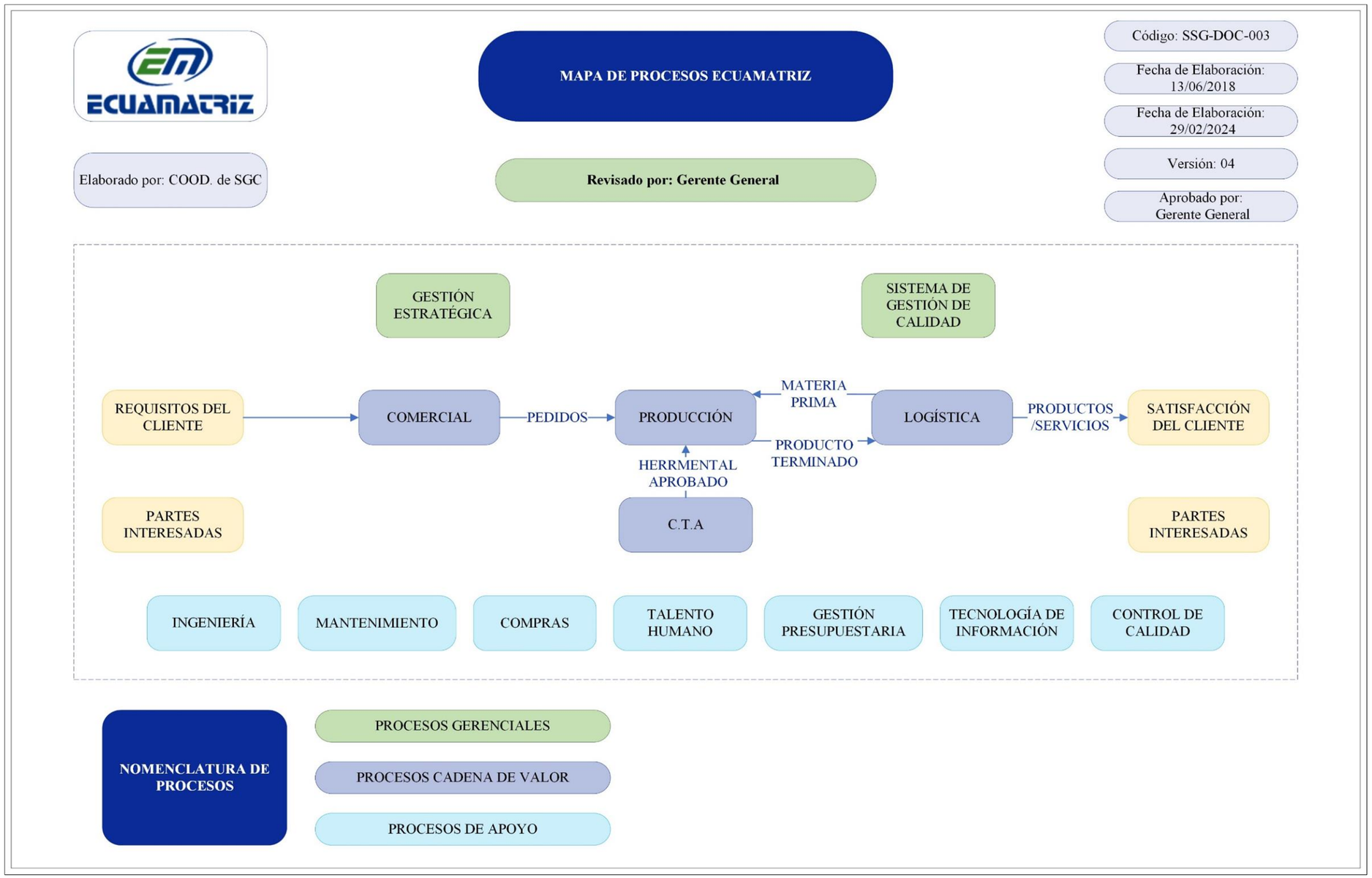


Figura 6. Organigrama de la empresa ECUAMATRIZ

Análisis y discusión:

En la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., el mapa de proceso permite gestionar las operaciones y optimizar la productividad, eficiencia y el control en la fabricación de los productos. Según [52], al utilizar un mapa de procesos en este tipo de industrias enfocadas en la fabricación de objetos plásticos simplifica la identificación en las áreas de mejora para maximizar la eficiencia y minimizar los errores en el proceso productivo.

El análisis de PNC en la inyección de plásticos, un mapa de procesos se utilizó como una herramienta para detallar el proceso de fabricación que abarca desde la recepción de la materia prima hasta el empaque del producto una vez se haya aprobado por el departamento de control de calidad, permitiendo identificar aquellos aspectos o partes críticas en las que se presentan los defectos del producto.

Así mismo, se desarrolla el producto bajo estándares que guían a la empresa hacia la solución de problemas de calidad y mejoras del proceso de inyección de plásticos, lo que brinda una reducción en la incidencia de PNC. Además, facilita la comunicación entes los diferentes departamentos relacionados con el proceso como producción, mantenimiento, calidad e ingeniería, los cuales analizan en conjunto las decisiones que se toman respecto a cada actividad.

3.1.3 Diagrama de flujo del proceso

La Figura 7 representa las áreas y a través de las cuales se lleva los distintos procesos que se desarrollan en la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda.

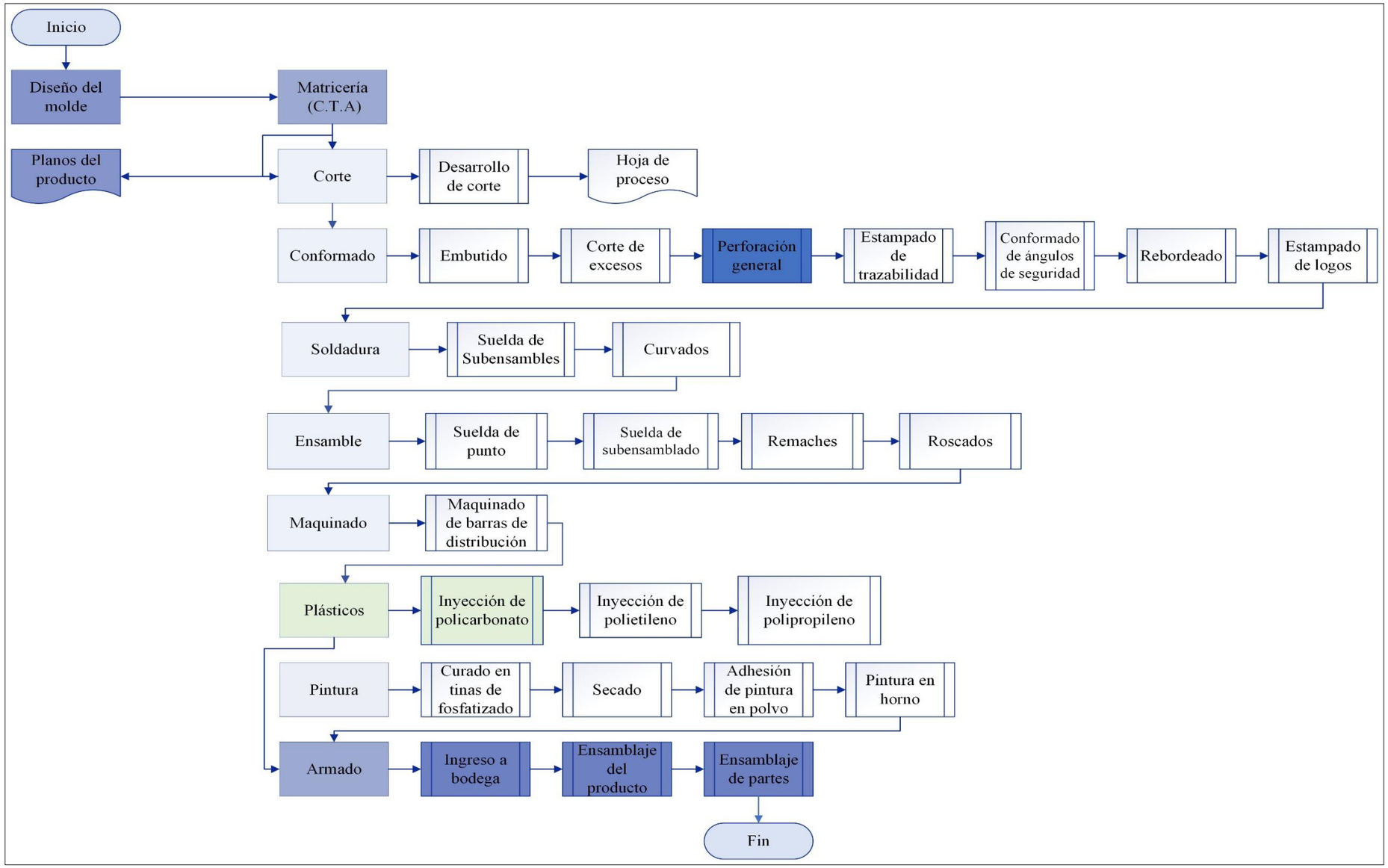


Figura 7. Diagrama de flujo de procesos ECUAMATRIZ

Análisis y discusión:

El diagrama permite visualizar los procesos y subprocesos bajo los cuales son fabricados los distintos productos ofertados por la empresa. De acuerdo con la investigación [53], una representación visual de los procesos brinda a la organización una técnica mediante la cual es posible identificar las etapas críticas en donde pueden surgir defectos en el producto.

Si bien algunos procesos y subprocesos siguen una secuencia predefinida, es crucial destacar que gran parte de estas etapas varía según el producto a fabricar y las específicas de cada parte. Para el producto “Cajas policarbonato 400 x 220 x 125” se ven involucrados los procesos de: matricería (para la fabricación del molde), plásticos y armado (procesos resaltados con color verde y azul en la Figura 7).

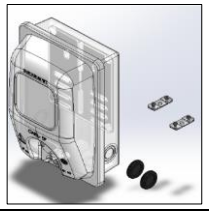
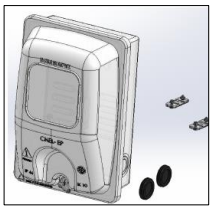
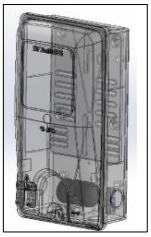
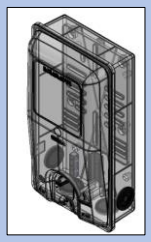
Definir las áreas que están involucradas en el objeto de estudio es fundamental, puesto que en el control de calidad se precisa la consideración de todos los recursos y personal que participan directa o indirectamente en la elaboración del producto para identificar los defectos desde el inicio de la producción.

3.1.4 Productos de la empresa

La empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda. destaca por su amplia variedad de productos diseñados a medida según las demandas y especificaciones de los clientes.

Con diversas líneas de producción, como eléctrica, de servicios, herramientas para construcción, agua potable y contenedores, la investigación se centra en la línea eléctrica, donde se encuentra el producto de estudio. En la Tabla 7, se detallan los productos fabricados en esta línea.

Tabla 7. Productos - Línea eléctrica

Líneas de productos			
Líneas	**Productos**	**Código**	**Ilustración**
Línea eléctrica	CAJA PROTECCIÓN POLICARBONATO PARA MEDIDOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA MONOFÁSICO, 300 MM X 200 MM X 125 MM	20-10-09-0004	
	CAJA POLICARBONATO 300 X 200 X 125 CIEGA SIN RIEL	20-10-12-0001	
	CAJA POLICARBONATO CIEGA 400 X 220 X 125	20-10-12-0005	
Línea eléctrica	CAJA POLICARBONATO CON RIEL 400 X 220 X 100	20-10-12-0006	
	CAJA POLICARBONATO 400 X 220 X 125	20-10-08-0003	

Análisis y discusión:

Las cajas eléctricas, también llamadas "medidores eléctricos", son utilizadas para proteger los equipos alojados en su interior. En la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., se diseñan y fabrican diversos modelos de cajas

protectoras según las especificaciones del cliente, incluyendo variantes plásticas, híbridas y metálicas, así como cajas específicas para centros de distribución y carga de medidores de luz.

La Tabla 7 detalla los productos que se ofrecen, cada uno con su respectivo código de identificación. Cada caja cuenta con sus partes correspondientes, y aunque el proceso de fabricación es esencialmente similar, varían únicamente en dimensiones y molde empleado.

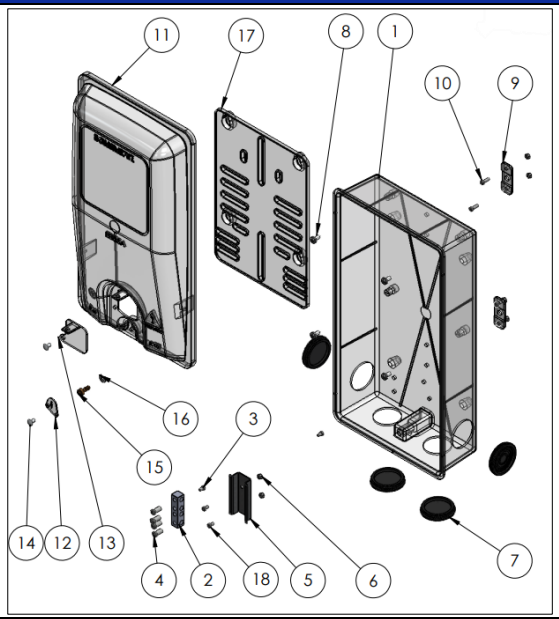
El proceso crucial es la inyección de plástico, que necesita un análisis minucioso de las partes relacionadas, ya que son propensas a defectos. Este estudio se centra en la “Caja policarbonato 400 x 220 x 125”, solicitado directamente por los departamentos de control de calidad, producción y gerencia.

La elección de analizar este producto se justifica por su relevancia empresarial y su impacto en calidad y producción. La solicitud por parte de las áreas críticas resalta su importancia estratégica. Además, el proceso de inyección de plástico destaca la necesidad de un análisis detallado para garantizar la calidad del producto final.

3.1.5 Componentes del producto objeto de estudio

El producto identificado como “Caja policarbonato 400 x 220 x 125” con codificación "20-10-08-0003" constituye un compartimento diseñado con el propósito de evitar que se manipulen los elementos internos alojados en la caja por parte de personal no capacitado ni autorizado. Las partes del producto se detalla en la Tabla 8.

Tabla 8. Despiece la caja de policarbonato

Despiece de “CAJA POLICARBONATO 400 X 220 X 125”			
			
N°	**Nombre de pieza**	**Descripción**	**Cantidad**
1	Base plástica 400x200x80	Policarbonato	1
2	Barra 1-2X1-2X54	Bronce / Estañada	1
3	Tornillo M4 x 6 mm	Galvanizado	2
4	Tornillo 1/4 x1/2" cabeza combinada	Galvanizado	4
5	Riel din trifásico	Galvanizado	1
6	Tuerca hexagonal M4	Galvanizado	6
7	Tapón D 44 mm Plástica	PVC	4
8	Tornillo autoroscante N10x1-2"	Galvanizado	4
9	Ojal para cinta	Polipropileno	2
10	Tornillo M4 x 12 mm	Galvanizado	4
11	Tapa plástica400x220x40	Policarbonato	1
12	Compuerta del perno de seguridad	Policarbonato	1
13	Compuerta polifásica PC	Policarbonato	1
14	Remache 3-16" x 5-16"	Aluminio	2
15	Nuevo perno maquinado S/A L=26	Bronce	1
16	Vincha de seguridad	Policarbonato	1
17	Rejilla plástica polifásica	Policarbonato	1
18	Tornillo M4 x 10 mm	Galvanizado	2

Análisis y discusión:

En la empresa existe el área de plásticos en la cual se fabrica algunas partes del producto mediante la inyección de plásticos conjunto a máquinas inyectoras que desarrollan esta actividad, en este caso la máquina denominada “HAITIAN”. Esta máquina permite reajustar los parámetros a voluntad dependiendo del molde con el que se trabaje y las especificaciones deseadas.

El material con el cual fabrica las partes principales de la “Caja policarbonato 400 x 220 x 125”, es policarbonato, el cual es presecado con un día de anticipación respecto a la producción.

Según la investigación [54], la calidad de este tipo de productos se enfoca en dos puntos clave, el primero se rige por la importancia, integridad y la funcionalidad que desempeña el producto final, por otro lado, los componentes críticos de estos productos influyen en la capacidad de proporcionar una protección adecuada a los equipos que se alojarán dentro de la caja. Por lo que al ser partes expuestas a diversos defectos que perjudican al producto, es necesario realizar un análisis detallado que defina cualquier anomalía que ponga en riesgo la calidad del producto final [55].

3.2 Proceso productivo de la “Caja policarbonato 400 x 220 x 125”

En la Figura 8, se puede observar de manera detallada el proceso a seguir para elaborar la “Caja policarbonato 400 x 220 x 125”, objeto final que contiene la pieza en la que se centra el estudio.

Esta ilustración plantea las actividades desarrolladas por los distintos departamentos y su respectiva secuencia, planteando una guía que abarca desde la manipulación de la materia prima hasta el empaquetado del producto.

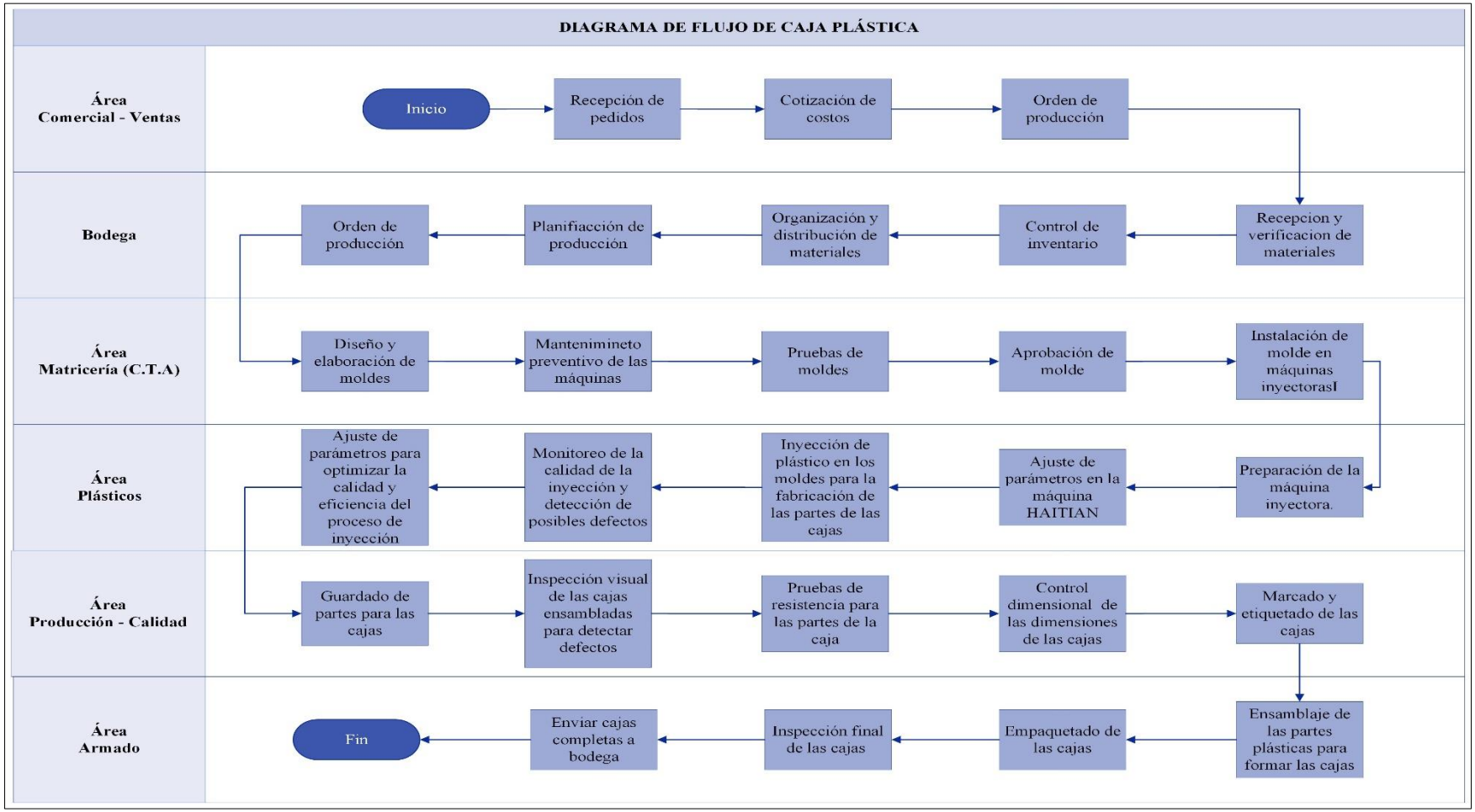


Figura 8. Diagrama de proceso de la “Caja Policarbonato 400 x 220 x 125”

Análisis y discusión

El diagrama de flujo es una herramienta clave para definir y localizar los defectos que se generan durante el proceso productivo, para posteriormente controlarlos y mejorar su calidad. En la investigación [56], se plantea centrarse solo en las áreas específicas que provoquen netamente el defecto, sin embargo, es preciso que se comprenda las etapas, actividades y recursos necesarios para llevar a cabo cualquier proceso

En primer lugar, el área comercial o de ventas es la encargada de recopilar información respecto a las especificaciones que ordene el cliente al momento de emitir una producción. Luego, el área de bodega debe verificar y despachar los recursos necesarios para fabricar el producto. De igual manera, el área de matricería debe corroborar la existencia del molde a utilizar en la máquina, para desarrollar o reutilizar moldes.

La parte fundamental de este proceso es el área de plásticos en donde se realiza la inyección del policarbonato, posteriormente los supervisores de calidad verifican que todas las partes cumplan con sus respectivas especificaciones y son sometidas a pruebas antes del ensamblaje final.

En la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., se ha detectado que el área de plásticos es la principal fuente de productos no conformes, especialmente en la "Tapa plástica 400 x 220 x 40". Esto representa desafíos económicos y preocupaciones sobre tiempo, recursos, reprocesos y quejas de los clientes, ya que los defectos son evidentes en el producto final.

3.2.1 Proceso productivo de la Tapa plástica 400 x 220 x 40

En la Figura 9, se muestra un diagrama de flujo del área matricería conjunto con el área de plásticos para la fabricación de la "Tapa plástica 400 x 220 x 40", elemento que ha sido seleccionado por parte de la empresa para formar parte del estudio.

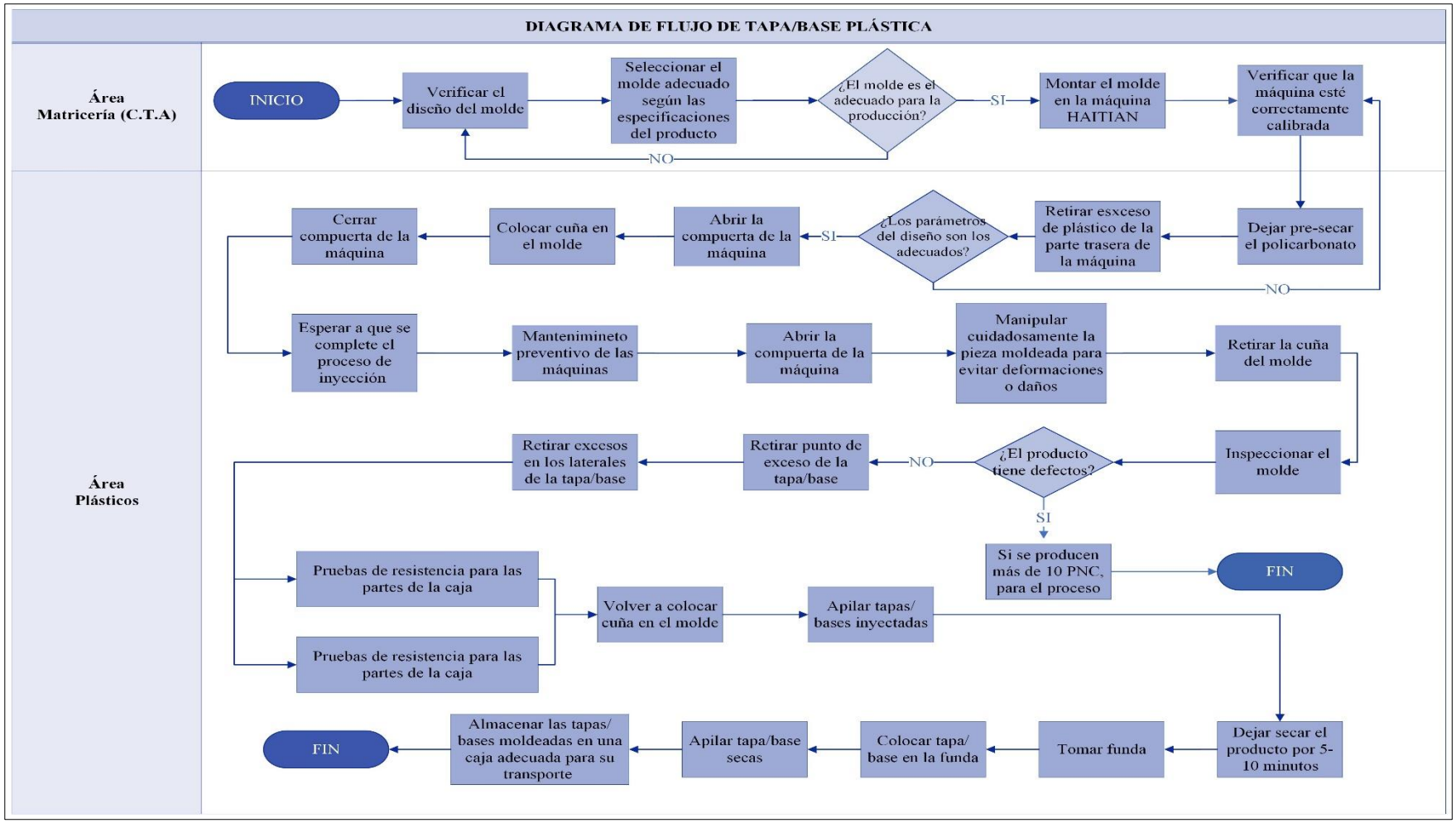


Figura 9. Diagrama de proceso de fabricación de la “Tapa plástica 400 x 220 x 40”

Análisis y discusión:

En la Figura 9, es posible identificar las actividades que se desempeñan para obtener las “Tapa plástica 400 x 220 x 40”, que conforman el producto final “Caja Policarbonato 400 x 220 x 125”. Este proceso inicia con la verificación y montaje del molde que se requiere para el producto. En esta etapa, aparte de colocar y calibrar el molde, también se ajustan parámetros de la máquina como temperatura, velocidad de inyección, velocidad de expulsión del molde, presión y tiempo de inyección según las medidas del diseño, estableciendo los parámetros óptimos y garantizando la uniformidad en la producción.

En la inyección de plástico, al introducir el policarbonato en la tolva de la máquina, se requiere mantener un procedimiento riguroso y que sea monitoreado de manera constante para evitar defectos como contaminación durante el proceso [57].

Al inspeccionar el molde y eliminar cualquier exceso de material que pueda indicar un PNC se garantiza que las piezas moldeadas logren cumplir con las especificaciones y se encuentren libres de cualquier inconformidad antes de pasar la siguiente etapa de inyección [58].

Durante la inyección de piezas plásticas, las actividades de calidad son esenciales para evitar cualquier defecto, agrupando actividades relacionadas con el mantenimiento regular de la máquina de inyección, el seguimiento de estándares relacionados con el proceso y la inspección meticulosa de las piezas. Al implementar estas prácticas, se mejoró la calidad del producto final según se plantea en la investigación [14].

3.2.2 Tapa plástica 400 x 220 x 40

La Figura 10, muestra el diseño del producto plástico denominado “Tapas plásticas 400 x 220 x 40”.

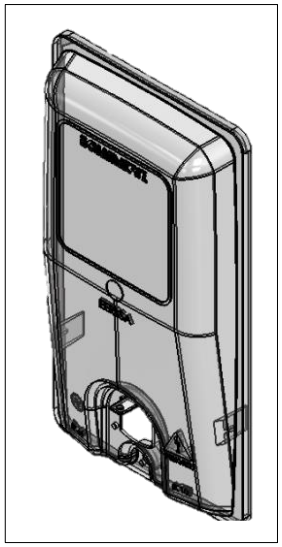


Figura 10. “Tapas plásticas 400 x 220 x 40”

Análisis y discusión

Una representación visual del producto objeto a estudio es fundamental en cualquier proceso debido a que permite visualizar de manera precisa ciertos aspectos y dimensiones, como forma, color y características físicas del producto en este caso “Tapas plásticas 400 x 220 x 40”. En el campo del diseño y manufactura de piezas plásticas, los modelos gráficos constituyen una herramienta esencial para la planificación y ejecución de los procesos producido.

Al contar con una representación gráfica a detalle se contribuye a la optimización de recursos y la minimización de errores durante la fase de inyección, debido a que se tiene una comprensión clara de las especificaciones del producto, se simplifica la selección de materiales adecuados para el proceso, la correcta selección del molde adecuado y la programación de parámetros correspondientes [59].

Adicional a lo anterior, una representación gráfica facilita la colaboración entre diferentes disciplinas como diseñadores, ingenieros y operarios, promoviendo una comunicación efectiva y la compresión exacta de lo que demanda el cliente [60].

3.3 Metodología Six Sigma

3.3.1 Definición

a. Obtención de los defectos de calidad del objeto de estudio

La empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., ha mantenido una recopilación exhaustiva de los fallos de calidad en los procesos de producción de inyección de plásticos, por lo que se han utilizado datos a partir de los registros de defectos de los años 2022 y 2023, expuestos en la Tabla A1 del Anexo A. Este enfoque se centró en identificar los defectos más recurrentes y significativos que impactan en la calidad de las piezas que conforman el producto final "Caja Policarbonato 400 x 220 x 125".

A partir de esta recopilación de datos, se elaboró un diagrama de Pareto en el que se logró visualizar claramente los fallos más relevantes en el proceso. La Tabla 9, corresponde a los defectos encontrados y su respectiva cuantificación para los años 2022 y 2023.

Tabla 9. Cuantificación de defectos año 2022 - 2023

N°	Defecto	Cantidad de defectos	%Frecuencia	%Frecuencia Acumulada
1	Vetas	9352	42,996%	42,996%
2	Incompletos	7352	33,801%	76,796%
3	Deformado	1671	7,682%	84,479%
4	Rechupe	1312	6,032%	90,511%
5	Roto	897	4,124%	94,635%
6	Manchas	314	1,444%	96,078%
7	Contaminados	293	1,347%	97,425%
8	Fisuras	240	1,103%	98,529%
9	Quemadas	150	0,690%	99,218%
10	Blancas	84	0,386%	99,605%
11	Pequeños	25	0,115%	99,720%
12	Rebaba	20	0,092%	99,812%
13	Sin color	16	0,074%	99,885%
14	Rayadas	15	0,069%	99,954%
15	Aplastados	10	0,046%	100,000%
Total de unidades defectuosas		21751	100,000%	-

Análisis y discusión:

Los datos que se han recopilado a partir de los registros otorgados por la empresa representan defectos que han sido identificados en diferentes piezas del producto final, sin embargo, debido a que la mayoría de las piezas son fabricadas mediante un proceso similar, los datos abarcan prácticamente los mismos defectos para las piezas que se inyectan en la máquina HAITIAN provenientes del policarbonato.

Mediante el análisis del proceso de inyección de plásticos se identificaron los principales problemas de calidad a los que está sometido el proceso en distintos periodos de tiempo, estos datos son cruciales para comprender como han ido evolucionando los defectos y sus respectivas tendencias lo largo del tiempo [61].

Es destacable que los defectos que se presentaron con mayor frecuencia como "veteado", "incompleto" y "deformado", han sido constantes durante el año 2022 y 2023. Esta información brinda al departamento de calidad y producción plantear soluciones para abordar los problemas más críticos, puesto que los tres defectos hacen referencia al 80% del total de unidades que tienen inconformidades.

Según la investigación [62], al mantener un registro de defectos se plantea una base sólida con la cual es posible plantear decisiones con alternativas que mejoren el proceso de inyección de plásticos y reducen la incidencia de PNC.

b. Diagrama de Pareto de defectos

En la Figura 11, se presenta un diagrama de Pareto en el que se destaca la frecuencia de los defectos encontrados en la Tabla 9. La construcción de este diagrama fue esencial para identificar aquellos defectos que tienen un impacto significativo en el total de fallas, lo cual contribuye a la inestabilidad del proceso bajo estudio.

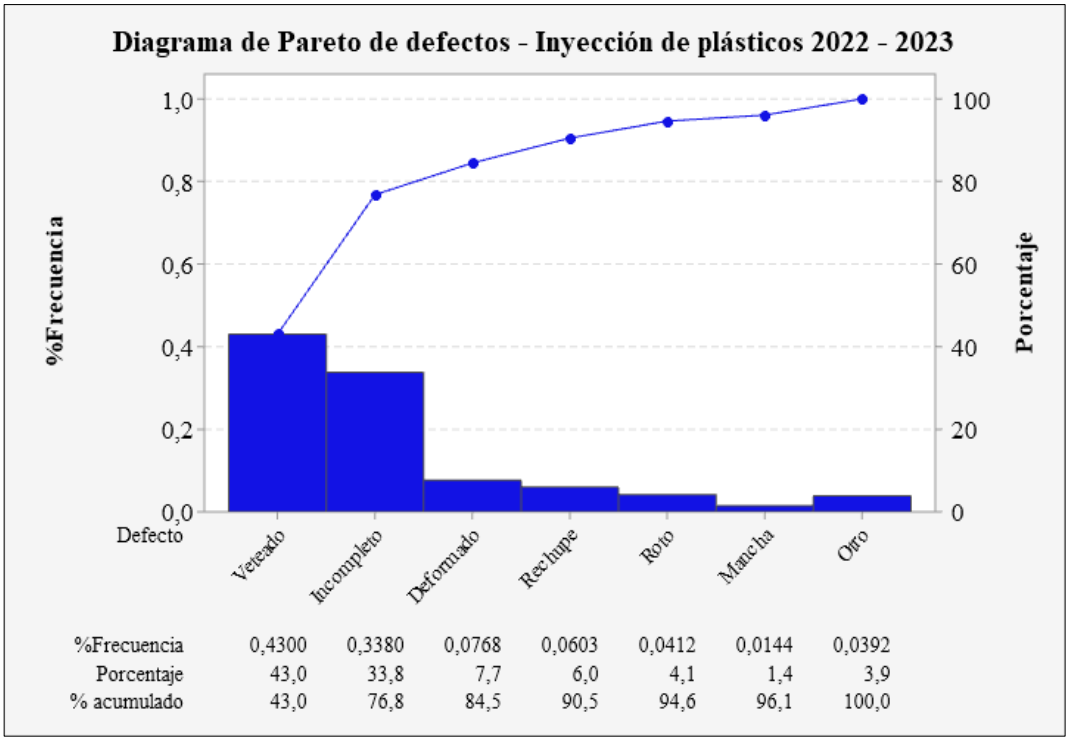


Figura 11. Diagrama de Pareto de defectos 2022 - 2023

Análisis y discusión:

El estudio del diagrama de Pareto reveló que los defectos más recurrentes exhibidos por los productos durante el período 2022 -2023 fueron el veteado con una incidencia acumulada del 42.99%, seguido por piezas incompletas (33.80%) y deformados (7.68%), representando en conjunto el 80% de las no conformidades detectadas.

Asimismo, se identificaron imperfecciones con una menor prevalencia estadística, tales como rechupe (6.03%), roturas (4.12%) y manchas (1.44%). Por consiguiente, la empresa priorizó la mitigación de los defectos con mayor impacto cuantitativo y recurrencia durante el periodo analizado, para centrar sus esfuerzos en una mejora continua y eliminación del problema.

La persistencia de los PNC mencionados sugirió posibles deficiencias en la configuración del proceso de inyección de plásticos, así como los problemas relacionados con la calidad de las materias primas empleadas. De acuerdo con la investigación [13], se hizo imperativo realizar un análisis exhaustivo de las causas raíz de estos defectos preponderantes, lo cual implico la realización de estudios detallados

sobre los parámetros de inyección, tales como presión, temperatura y velocidad, además de inspecciones meticulosas de los moldes utilizados.

c. Análisis de los defectos encontrados en el producto

La Tabla 10, exhibe los fallos o inconformidades que se generan en el proceso de manufactura del producto "Tapa plástica 400x220x40", detectados mediante una inspección visual. En esta tabla se detalla exhaustivamente cada falla junto con imágenes ilustrativas correspondientes.

Tabla 10. Defectos de la “Tapa plástica 400 x 220 x 40”

Tipo de Defecto	Explicación	Ilustración
Incompleto	Se caracteriza por áreas sin material, generando secciones mal formadas y afectando su funcionalidad y estética. Esto compromete la protección y da un aspecto poco profesional al producto final.	
Blanco	Se caracteriza por una tonalidad más clara de lo esperado, posiblemente debido a problemas en la composición de materiales o el proceso de inyección, afectando negativamente la estética y atractivo visual del producto final.	
Deformado	Se manifiesta por una distorsión en su forma, mostrando irregularidades o desviaciones de la geometría esperada. Esto afecta la funcionalidad y estética de la tapa, impactando en su capacidad de ajuste y en la apariencia del producto final.	

Tipo de Defecto	Explicación	Ilustración
Rayado	Se presenta como líneas o marcas visibles en su superficie, lo cual afecta su apariencia estética y la integridad del producto.	
Mancha	Se caracteriza por la presencia de áreas de coloración irregular en la superficie. Esto repercute en la calidad estética del producto final y puede indicar fallos en el proceso de fabricación, afectando su percepción visual y la calidad del producto.	
Veteado	Se caracteriza por la aparición de líneas visibles en la superficie de las tapas plásticas, afectando su uniformidad y apariencia estética.	

Análisis y discusión:

Las no conformidades en los productos de plástico inyectados permitieron identificar posibles áreas de mejor en el proceso productivo, dando la posibilidad de plantear acciones que corrijan los defectos generados en la fabricación de la “Tapa plástica 400 x 220 x 40”.

La determinación de los defectos se lleva a cabo mediante una inspección visual realizada por los operadores y el personal que cuenta con la experiencia suficiente para

verificar la fabricación de “Tapa plástica 400 x 220 x 40” y reconocen características indeseadas en las piezas, como marcas anómalas, secciones faltantes o deformaciones

Mediante un estudio minucioso realizado en la investigación [63], fue factible determinar las causas fundamentales que originaban los defectos planteados anteriormente, entre las cuales se encontraban falencias en el diseño de los moldes, configuraciones inadecuadas de los parámetros de inyección, problemas de calidad en las materias primas o fallas en la maquinaria utilizada. Al detectar la causa raíz de estas inconformidades previo a su comercialización, era posible prevenir reclamos, devoluciones y desconfianza por parte de los clientes [64].

Según la investigación [15], los defectos denominados presentados en artículos plásticos se generan debido a no controlar parámetros críticos como fluctuaciones en la temperatura de los moldes durante el enfriamiento o disrupciones en el flujo debido a obstrucciones en las líneas de alimentación de la máquina.

d. Definición del proyecto Six sigma

Con base en el análisis de Pareto realizado y los defectos identificados en el objeto de estudio “Tapa plástica 400 x 220 x 40”, que la empresa procedió a delinear específicamente para el proyecto bajo la implementación de la metodología Six Sigma y con el objetivo de intensificar el control de calidad y reducir la variabilidad inherente al proceso de inyección de platicos. Esta estrategia se consideró fundamental debido a la existencia de variables críticas que dan lugar a no conformidades tales como piezas incompletas, veteados, rebabas y deformaciones, entre otras.

e. Objetivo del proyecto Six Sigma

El proyecto Six Sigma tuvo como objetivo analizar y mejorar el proceso de fabricación de “Tapa plástica 400 x 220 x 40”, para el producto “Caja Policarbonato 400 x 220 x 125”, se busca reducir la tasa de defectos que se generan en las tapas plásticas del 3% al 1% lo que garantiza productos de alta calidad y aumento de la satisfacción del cliente.

- ***Reconocimiento de clientes internos y externos***

Considerando los objetivos establecidos, el estudio se enfocó en un alcance específico que abarcó un análisis detallado del proceso de inyección de plásticos. Para ello, se procedió a identificar y clasificar tanto a los clientes internos como externos, tal como se muestra en la Tabla 11.

Todas las fases del proceso de fabricación de la "Tapa plástica 400 x 220 x 40" estuvo intrínsecamente ligada a la satisfacción de los clientes, lo que requirió una segmentación de estos en función de estos en función de las diferentes actividades. Sin embargo, es importante destacar que esta clasificación pudo variar entre operarios, ya que cada uno dependía de los resultados obtenidos en distintas etapas del proceso, por lo que la etapa final estuvo orientada solo al cliente externo.

Tabla 11. Clientes internos y externos de la empresa ECUAMATRIZ.

Cliente Interno	
Subproceso	**Cliente**
Diseño y elaboración de moldes	Máquina CAD/CAM
Matricería C.T.A.	Máquina HAITIAN
Instalación de molde	Máquina HAITIAN
Ajuste de parámetros de la máquina inyectora de plásticos	Operarios de inyección de plásticos
Inyección de plástico en los moldes para la fabricación de las partes de las cajas	Control de calidad (pruebas del producto)
Monitoreo de la calidad	Almacenaje del producto
Cliente Externo	
Cliente	**Finalidad**
Clientes individuales y mayoristas	Valor percibido

f. Variables críticas de calidad

Se implementó la metodología de la Voz del Cliente (VOC), para recopilar información relativa a los productos fabricados mediante el proceso de inyección de plásticos, centrándose específicamente en la "Tapa plástica 400 x 220 x 40". Los datos recopilados se utilizaron para determinar las variables críticas para la calidad (CTQs) pertinentes al proceso de inyección de plásticos, identificando las necesidades tanto de los clientes internos como de los externos, esto se observa en la Figura 12.

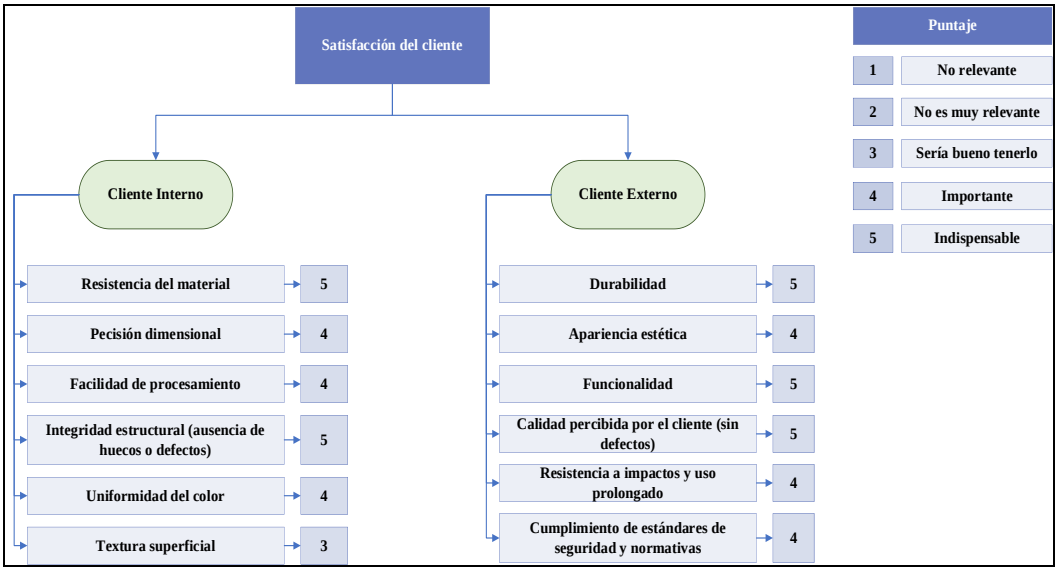


Figura 12. VOC de la empresa ECUAMATRIZ

Análisis y discusión:

El mapa de necesidades del cliente fue una herramienta clave para comprender las expectativas de los clientes externos e internos en relación con el objeto de estudio. Se identificaron distintas necesidades para ambos tipos de clientes, asignándoles una puntuación basada en su grado de importancia.

Para los clientes externos, se identificaron aspectos importantes como la durabilidad del producto, haciendo referencia a la resistencia a golpes, la calidad percibida sin defectos y la funcionalidad que recibieron una calificación máxima de 5, resaltando su importancia para la satisfacción del cliente y la percepción del producto en el mercado.

Adicionalmente, las demandas de los clientes internos fueron evaluadas y clasificadas dependiendo de la relevancia que estos consideraban para el proceso. Aspectos como la resistencia del material, la integridad de la forma de la tapa mantuvieron una calificación de 5, lo que reflejó su importancia crítica para la calidad y funcionalidad del producto.

Con lo anterior, se relacionan dichas necesidades identificadas en las Figuras 13, 14 y 15, en las cuales se determinaron los aspectos críticos relacionados con la calidad de la “Tapa plástica 400 x 220 x 40”,estableciendo variables vinculadas con los defectos “vetado”, “incompleto” y “deformado”.

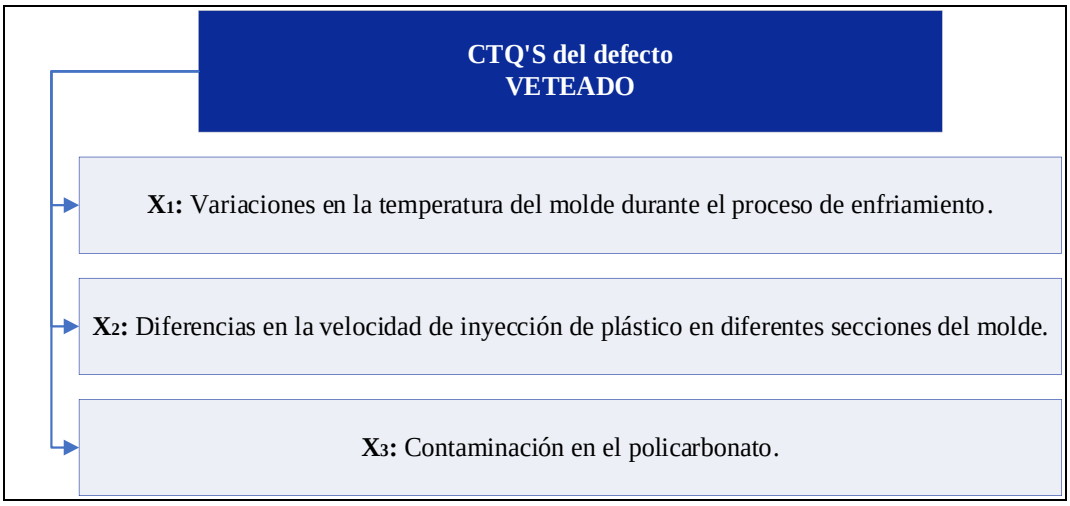


Figura 13. CTQ'S - Vetado

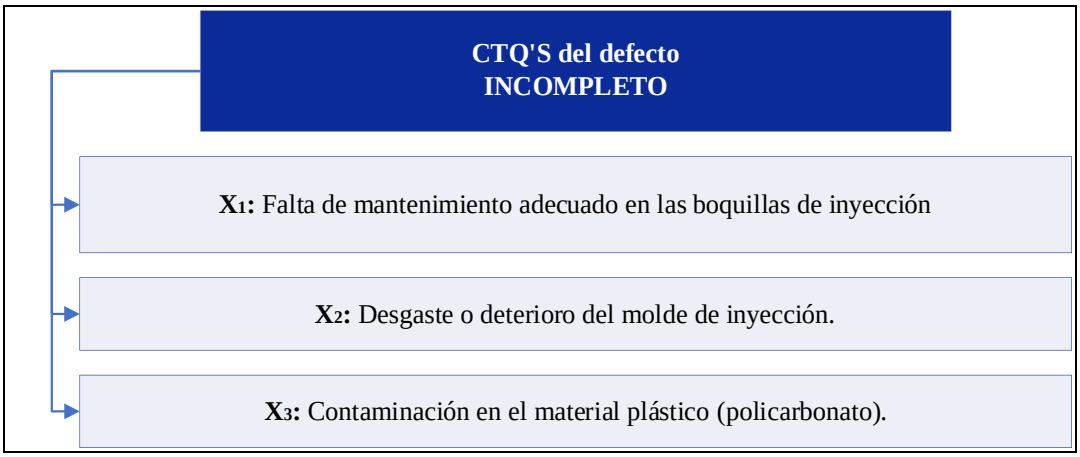


Figura 14. CTQ'S - Incompleto

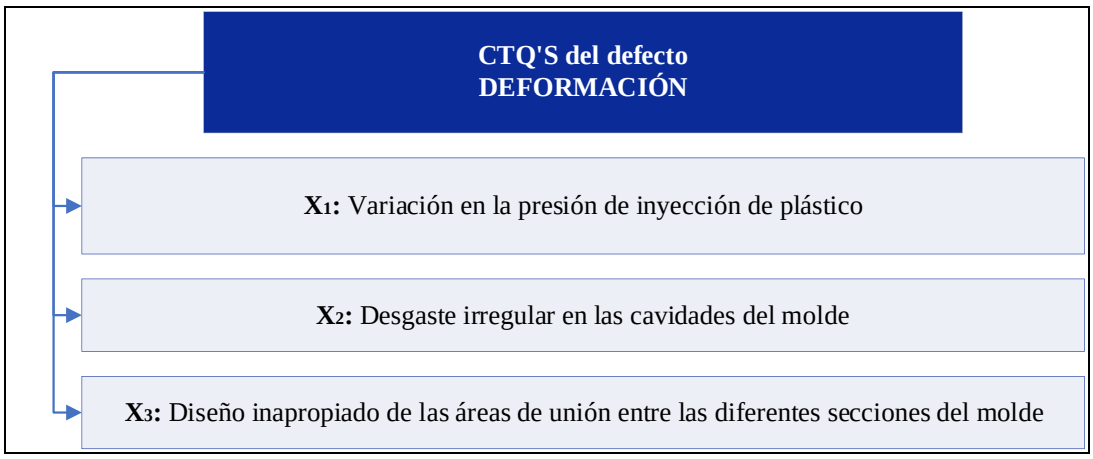


Figura 15. CTQ'S - Deformado

- ***Delimitación del proyecto Six Sigma***

En la Tabla 12, se delimita el marco del proyecto Six Sigma, en él se plantean todos los puntos referentes al desarrollo del proyecto de investigación junto con sus respectivos recursos.

Tabla 12. Marco del proyecto Six Sigma

Proyecto Six Sigma		
ECUAMATRIZ	Marco del proyecto Six Sigma de la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda. para el proceso de inyección del producto "Tapa plástica 400 x 220 x 40"	
Fecha: 14-06-2024	**Versión:** 1.0	
Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Miguel Pazmiño	Ing. Luis Morales e Ing. Alex Morales	Ing. Luis Morales e Ing. Alex Morales
Descripción		
Título - Propósito: Minimizar la variabilidad del producto "Tapas plásticas 400 x 220 x 40" en la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda. provocada por defectos en el proceso de inyección de plásticos.		
Necesidades para atender: Reducción del producto no conforme que resulta en una demora para el proceso de inyección y un valor adicional para la producción, como primer factor es el reproceso y el desperdicio del material, otro factor para tener en cuenta es la mejora de la calidad del proceso y del producto para mantener una producción estandarizada.		
Definición del problema: El proceso de inyección de plásticos presenta defectos, incluyendo veteado, incompleto y deformado, lo que resulta en considerables costos de reprocesamiento y baja satisfacción del cliente.		
Objetivo: Reducir la tasa de defectos en el proceso de inyección de plásticos del 3% actual al 1%, mientras se busca reducir los reprocesos e inspecciones de tapas plásticas defectuosas mediante el análisis, identificación y eliminación de las principales fuentes de variabilidad en el proceso.		
Alcance: El enfoque del proyecto consistirá en la identificación y el tratamiento del proceso de inyección de plásticos destinado a la fabricación de "Tapas plásticas 400 x 220 x 40", así como en el análisis exhaustivo de las causas primordiales de los defectos de "veteado, incompletos y deformaciones" en dicho proceso. Se partirá desde la detección del problema relacionado con los defectos potenciales hasta la formulación de propuestas con el fin de mejorar y controlar la calidad del producto final.		
Participantes - Roles: **Miguel Pazmiño – Investigador:** Encargado de dirigir las distintas fases del ciclo DMAIC. Su principal responsabilidad será brindar dirección al equipo de trabajo para garantizar la ejecución eficaz de todas las etapas planificadas del proyecto. Asimismo, se encargará de formular propuestas para la mejora continua del proceso **Alex Morales – Supervisor del control de calidad: S**uministrará los datos esenciales para su análisis, lo que permitirá determinar la variabilidad del proceso de fabricación y, por ende, evaluar su nivel Sigma actual. **Luis Fernando Valencia – Gerente General:** Supervisará el proyecto Six Sigma y tomará decisiones en base a los resultados y propuestas presentadas. **Operarios del proceso de inyección de plásticos:** Participarán activamente al suministrar los datos requeridos para identificar las causas fundamentales de los problemas de calidad presentes en el producto final. Esto será fundamental para realizar un análisis exhaustivo y para impulsar mejoras en el proceso.		
Recursos: Personal del proyecto (operarios), registro de mantenimiento de la máquina inyectora de plásticos, registros de defectos del producto, mapas y flujogramas del proceso.		

Proyecto Six Sigma	
ECUAMATRIZ	Marco del proyecto Six Sigma de la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda. para el proceso de inyección del producto “Tapa plástica 400 x 220 x 40”
Métricas: Índice de capacidad del proceso (Cp), partes por millón (PPM), Nivel sigma.	
Fecha de inicio del proyecto: Marzo del 2024	
Fecha de finalización del proyecto: Junio del 2024	
Entregable del proyecto: Proceso de inyección de plásticos documentado y mejorado, reducción de la variabilidad del proceso y propuestas de control implementadas para lograr una reducción significativa en la tasa de defectos en la fabricación de tapas plásticas.	

3.3.2 Medición

a. Evaluación (R&R) para atributos en el proceso de inyección de plásticos para la “Tapa plástica 400 x 220 x 40”.

En el marco del estudio realizado para evaluar la confiabilidad del sistema de medición utilizado en la evaluación de la calidad de la “Tapa plástica 400 x 220 x 40”, en el proceso de inyección de plásticos de empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda., se optó por llevar a cabo un análisis de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos. Este análisis tuvo como objetico determinar que porción de variabilidad total observada podría atribuirse a posibles errores en las mediciones.

Mediante un análisis R&R y con una muestra de 30 “Tapas plásticas 400 x 220 x 40”, fabricadas mediante el proceso de inyección de plástico. Se evaluó la consistencia del sistema de medición para determinar la aceptación o rechazo del objeto de estudio.

- ***Número de desacuerdos posibles***

En la Tabla 13, se presentó la distribución detallada de los desacuerdos en cada categoría, junto con el total acumulado de discrepancias. Esta evaluación cuantitativa de los desacuerdos observados durante la inspección facilitó una comprensión más profunda de la variabilidad en las percepciones de los operadores.

Tabla 13. Desacuerdos del análisis R&R

DESACUERDOS				
Número de acuerdo (suma de desacuerdos)		Número de pares en desacuerdo	Número de piezas	Desacuerdos totales
0	4	0	23	0
1	3	3	4	12
2	2	4	3	12
TOTAL			30	24

La determinación del número total de discrepancias se llevó a cabo multiplicando la cantidad de piezas por el número de pares que mostraban desacuerdo en cada nivel correspondiente. La suma acumulativa de estas discrepancias proporciono el total de desacuerdos en el estudio, identificado como De con un valor especifico de 24.

- ***Nivel de desacuerdos***

El nivel de desacuerdos (NDe) fue del 13.33%, lo que indica que el nivel de discrepancias fue aceptable, aunque es importante tener en cuenta que este valor es parcialmente bajo. Si bien NDe no se interpreta de la misma manera que el porcentaje de R&R aplicado a datos continuos, proporciona una comprensión clara de la consistencia del sistema de medición por atributos

- ***Repetibilidad***

En la Tabla 14, se registraron los resultados junto con la cantidad de oportunidades en las que cada operador pudo cometer errores, lo cual equivalía al total de “Tapas plásticas 400 x 220 x 40”.

Tabla 14. Repetibilidad del análisis R&R

REPETIBILIDAD			
Operador	Desacuerdos	Oportunidades	Porcentaje (%)
1	4	30	13,333 %
2	6	30	20,000 %
Total	10	60	16,667%

El nivel de desacuerdos que se atribuyen a la repetibilidad (NDrep) fue del 16.66%, lo que sugiere que existía coherencia y acuerdos entre los juicios de los ensayos realizados por el mismo operador, aunque aún había margen para mejorar el sistema de medición.

- ***Reproducibilidad***

En la Tabla 15, se reveló que los operadores 1 y 2 muestran algunas discrepancias entre ellos, al ser los únicos responsables de esta tarea, cuentan con un criterio similar debido a la experiencia de trabajar en el área de inyección de plásticos.

Tabla 15. Reproducibilidad el análisis R&R

REPRODUCIBILIDAD					
Operador	**Número de piezas aceptadas**		**Total, aceptadas**	**Total, evaluadas**	**Porcentaje de aceptación**
	ENSAYO1	**ENSAYO2**			
1	15	17	32	60	53%
2	12	16	28	60	47%
Total			60	120	50,0%

Se realizó una evaluación exhaustiva de las diferencias al tomar mediciones entre los operarios de la máquina, comparando la cantidad total de piezas aceptadas por cada uno de los dos ensayos. Aunque los dos operadores presentan tasas de aceptación relativamente altas, existía una disparidad significativa en sus criterios de evaluación. El operador 1 tenía un porcentaje de aceptación del 53%, mientas que el operador 2 del 47%, lo que sugiere que el primero tendía a ser más permisivo en comparación con el segundo, quien mostraba un criterio más riguroso. Esta discrepancia reveló la necesidad de estandarizar y mejorar los criterios de evaluación, así como de proporcionar una capacitación adicional que garantice una evaluación más coherente de las "Tapas plásticas 400 x 220 x 40".

- ***Total de desacuerdos entre operadores***

En la Tabla 16, se observó el número total de desacuerdos que llegaron a tener los dos operadores respecto a las evaluaciones realizadas.

Tabla 16. Total, de desacuerdos entre operadores del análisis R&R

Operador	2	
1	14	11,6667%
Total, de desacuerdos	14	2,917%

El nivel de discrepancias atribuibles a la reproducibilidad (NDrepro) es de 2.91%, se observó que entre los operadores 1 y 2 se detectaron un total de 14 desacuerdos, lo que equivale al 11.66% del total de evaluaciones realizadas. Este porcentaje sugiere una discrepancia notable entre las evaluaciones de estos operadores, lo que podría ser atribuible a diferencias en su criterio de inspección o interpretación de los estándares de calidad establecidos. Estos resultados resaltan la necesidad de estandarizar los criterios de evaluaciones entre los operadores para garantizar una mayor consistencia en el proceso de inspección del producto final.

- ***Tabla resumen***

Tabla 17. Resumen del análisis R&R

Estudio	Porcentaje de desacuerdos	
Repetibilidad	$ND_{rep} = \left(\frac{10}{60}\right) * 100 = 16.66\%$	
Reproducibilidad	$ND_{repro} = \left(\frac{14}{120}\right) * 100 = 11.66\%$	
Total	$ND_e = \left(\frac{24}{180}\right) * 100 = 13.33\%$	
Operador	Repetibilidad %	Tapas Aceptadas %
1	13.33%	53.00%
2	20.00%	47.00%
Total	**16.66%**	**50.00%**

Análisis y discusión:

En la Tabla 18, se pude visualizar la “metáfora del semáforo” utilizada para analizar los resultados y el criterio de aceptación del estudio R&R.

Tabla 18. Metáfora "semáforo" para el análisis R&R

Aceptación	
Verde	Menor al 10% = Sobresaliente – Excelente proceso
Amarillo	Entre 10% y 20% = Satisfactorio – Aceptable
Naranja	Entre 21% y 30% = Marginalmente aceptable
Rojo	Superior al 30% = Inaceptable (Corrección inmediata)

El estudio R&R fue sometió a un análisis empleando la analogía del semáforo para interpretar sus resultados. Esta analogía establece que una variabilidad que este por debajo del 10% se representará con el color verde, lo cual indica un desempeño sobresaliente. Un rango de variabilidad entre el 10% y el 20% se asocia con el color amarillo, denotando un desempeño satisfactorio. Si la variabilidad se encuentra entre el 20% y el 30%, se muestra en naranja, lo cual sugiere que el desempeño de la medición es marginalmente aceptable. Por último, el color rojo señala una variabilidad superior al 30% lo que quiere decir que el sistema es inaceptable y requiere de correcciones inmediatas [33].

En el caso de estudio, los resultados arrojaron un índice total del 13.33%,lo que sitúa al sistema de medición como satisfactorio o aceptable. Según la investigación [65], al tener un estudio con un sistema de medición cuyo resultado se encuentra entre el 10% y el 30% puede considerarse como apto para el proceso. Sin embargo, el sistema precisa de analizar factores específicos referentes a la maquinaria, mantenimiento, capacitación entre otros aspectos para considerar su aceptabilidad.

La repetibilidad es sin lugar a duda la que alcanzó un mayor porcentaje siendo esta de 16.66%, este resultado se encuentra dentro de los límites aceptables, por otro lado, la diferencia que existe en el criterio por parte de los operarios debe ser considerada puesto a que ambas técnicas de revisión son eficaces y aceptables, pero no estandarizadas.

Adicional a lo anterior, se identificaron 24 desacuerdos entre los operarios. Según la investigación [33], este número de desacuerdos puede generarse por un alta de estandarización respecto al reconocimiento de defectos en los productos, aunque el sistema de medición en la empresa se considera aceptable en general, se precisa que se abarquen técnicas que puedan mantener evaluaciones con garantía de ser preciosa

y consistentes de manera individual y al momento de realizar comparaciones entre operarios [41].

- ***Variabilidad y capacidad del proceso (Cp) de inyección de plásticos***

Se llevó a cabo una recopilación sistemática de datos que permitieron tener una visión del estado actual del proceso en un tiempo específico. Se fundamentó a través de la aplicación de cartas de control del tipo P y posteriormente la evaluación de la capacidad del proceso (Cp) utilizando herramientas de calidad y métricas Six Sigma, utilizando índices de capacidad para plantear una base sólida en el desarrollo del proyecto.

Tras el análisis exhaustivo del proceso, se identificaron las principales causas subyacentes que influyen significativamente en la variabilidad del proceso de inyección de plásticos. Estas causas primordiales sirvieron como base para proponer mejoras estratégicas destinadas a fortalecer el control de calidad. Asimismo, se estableció una jerarquía de prioridades para minimizar los defectos inherentes a la producción de “Tapas plásticas 400 x 220 x 40”, orientando así los esfuerzos hacia la optimización continua del proceso.

- ***Proporción de defectos – Carta de control P para defectos “Veteados”***

A continuación, la Figura 16 representa de manera visual de la carta de control P, la cual ofrece una gráfica de la variabilidad inherente al proceso de inyección de plásticos. Cabe destacar que esta figura se centra exclusivamente en los datos del defecto "veteado" pertenecientes a la Tabla D1 del Anexo D que se encuentra en producto objeto de estudio.

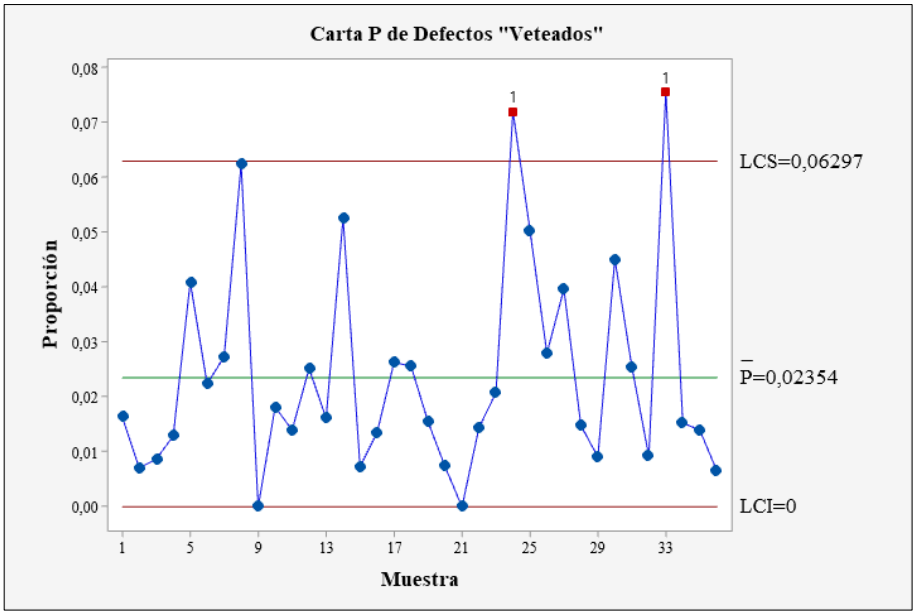


Figura 16. Carta "P" para el defecto "veteado"

Análisis y discusión:

Una vez completada la construcción de la carta de control tipo P, se procedió a estimar un valor constante para el número de unidades de tapas plásticas fabricadas por grupo, fijándolo en 133 unidades. Se determinó que, dentro de este conjunto, la proporción de unidades defectuosas debe mantenerse en un rango entre 0 y 0.062, con una media de 0.023. Al convertir estos valores a porcentajes, se dedujo que el número de unidades defectuosas no debería exceder el 2.35% del total de PNC.

En consecuencia, se estableció que, en un lote de 133 tapas plásticas, el número máximo de unidades defectuosas no debe superar las 8 unidades, mientras que el objetivo sería que solo 3 unidades presenten el defecto de "veteado" y requieran reprocesamiento. La inspección detallada de la Figura 16, reveló que dos puntos se ubicaban fuera del límite de control superior, específicamente los puntos 24 y 33. Estos puntos anómalos indicaron una inestabilidad en el proceso, calculándose una tasa de 5.5%, superando así el umbral del 5% considerado para una estabilidad adecuada, teniendo un rango de aceptabilidad del 1% a 3% [33].

La estabilidad en el proceso de inyección de plásticos tiene importantes implicaciones para la calidad del producto y la eficiencia operativa. Según la investigación [9], mantener un proceso estable asegura una menor variabilidad en la producción, lo que

resulta en una disminución de los costos asociados con la reprocesamiento y el desperdicio de materiales. Además, una mayor estabilidad facilita el cumplimiento de estándares de calidad y especificaciones del cliente, fortaleciendo así la reputación de la empresa en el mercado [11].

En la investigación [22], se estableció un programa de mantenimiento preventivo para la máquina inyectora de plástico, en el cual se controlaba el estado de la máquina mediante incepciones periódicas y registros detallados respecto al historial de mantenimiento, esto permitió que se puedan detectar, prevenir y corregir problemas potenciales que afectan al producto final.

Un aspecto clave fue la capacitación del personal respecto a prácticas de control y mejora de la calidad [66], los operarios de las máquinas tenían entrenamientos constantes para mejorar sus prácticas de operación y conocer la necesidad de ajustar parámetros frente a condiciones puntuales o anormales [67].

- ***Capacidad del proceso para el defecto "Veteados"***

En la Figura 17, se observa el informe de capacidad mediante el cual se determinó la capacidad del proceso referente al defecto de "veteado".

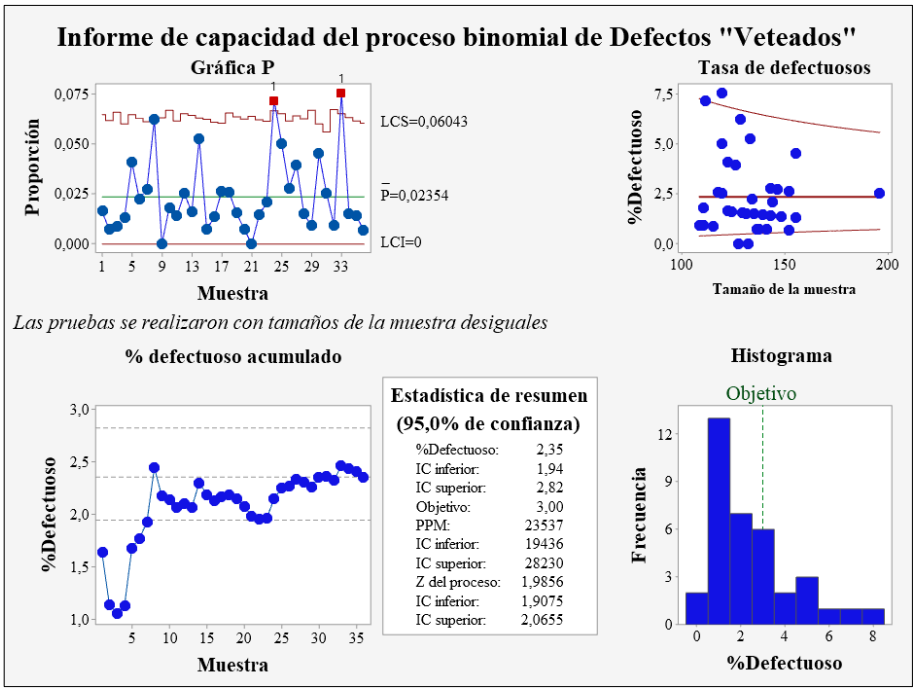


Figura 17. Capacidad del defecto "veteado"

Análisis y discusión:

Según los resultados de la Figura 17, se estima que en un millón de “Tapas plásticas 400 x 220 x 40”, fabricadas existan aproximadamente 23537 de unidades defectuosas, esta métrica se calculó por medio de la Ecuación 3, esto equivale al 2.35% del total. Si bien, el intervalo de confianza superior e inferior es de 2.82% y 1.94% respectivamente e indica que el proceso se mantiene dentro del objetivo establecido y no supera el 3% de producto defectuosos, este porcentaje de defectos continúa siendo relativamente alto para un proceso de manufactura.

Adicionalmente, al calcular el índice de capacidad del proceso (Cp) con la Ecuación 14 y obtener un valor de 0.7633 se confirmó que el proceso no cumple con las especiaciones requeridas y que se encuentra en una clase mundial de nivel 3, lo que genera problemas de calidad. Según la investigación [68], al tener una tasa de defectos superior al 1% por lo general se considera como un proceso inaceptable en la mayoría de los procesos de manufactura modernos, debido a que esto afecta a la rentabilidad y competitividad de la empresa.

El índice Cp de 0.7633 indica que el proceso no es capaz de cumplir con las especificaciones, de acuerdo con [69], un índice inferior a 1.33 sugiere que el proceso no es el adecuado para cumplir con las tolerancias establecidas, resultando en un mayor número de productos fuera de especificaciones.

Para abordar la problemática del producto, en la investigación [19], [70], un equipo de ingeniería revisó el diseño de las tapas plásticas, identificando áreas de mejora como la geometría de los moldes y las tolerancias dimensionales. Mediante pruebas y simulaciones se efectuaron los cambios necesarios en el diseño del producto y las especificaciones para reducir la probabilidad de defectos [19].

Adicionalmente en la investigación [24], se destaca una implementación de un monitoreo a tiempo real del proceso de inyección de plásticos, a través de tecnologías que permitan la obtención de datos y dar un seguimiento continuo de variables criticas para la temperatura, presión y el tiempo de ciclo del proceso.

- ***Análisis de la capacidad para defectos "Veteados"***

En la Figura 18, se visualiza el valor de Z obtenido en el proceso de inyección de plásticos en relación con los productos no conformes atribuidos al defecto de "veteados".

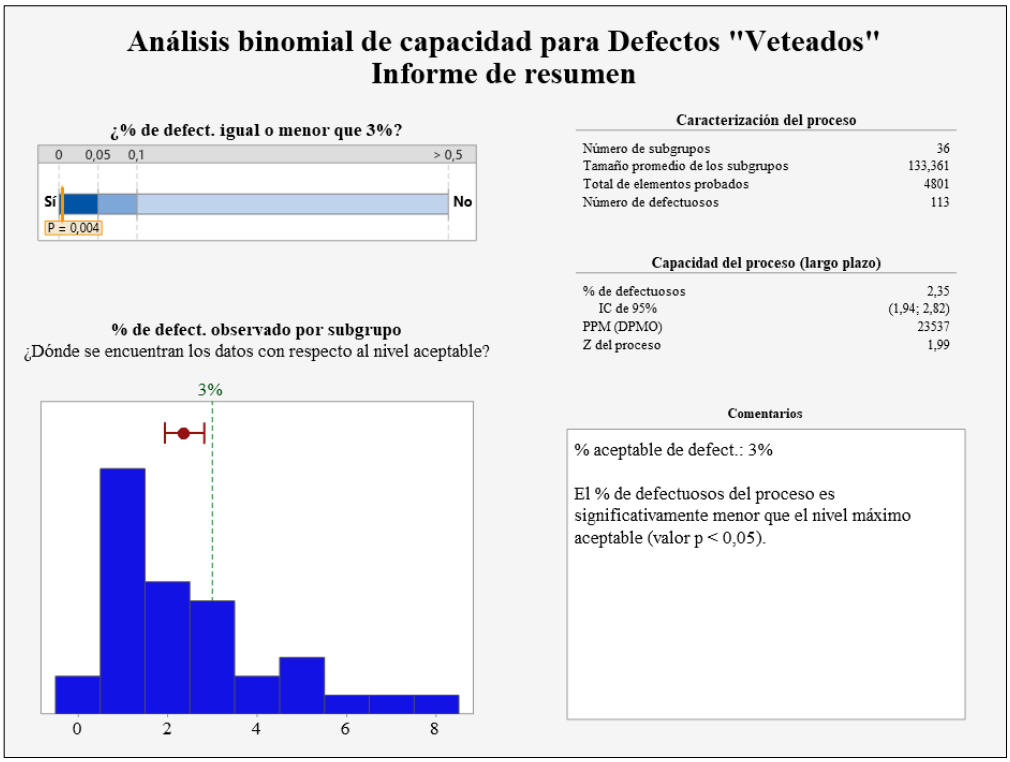


Figura 18. Análisis de la capacidad del proceso para el defecto "veteado"

Análisis y discusión:

La Figura 18 muestra el valor de Z del proceso, dicho valor registrado es de 1.99 sigmas, lo cual se encuentra por debajo del umbral mínimo considerado como aceptable de 2 sigmas de capacidad del proceso [20]. Este bajo valor de Z sugiere que el proceso no cumple con los estándares de calidad necesarios para avanzar en la producción de manera óptima.

En la investigación [14]. se han sugerido que los defectos en la inyección de plásticos pueden estar asociados con varios factores, como la calidad de los materiales, la precisión de las máquinas de moldeo, la temperatura y la presión del proceso, así como la habilidad técnica de los operarios. Por ejemplo, se encontró que la variación en la temperatura del proceso de inyección puede conducir a una menor capacidad del

proceso a largo plazo y a la aparición de defectos de veteados en los productos plásticos [15].

Para evitar estas causas subyacentes al problema, se han realizado ajustes en el proceso de inyección de plásticos, incluyendo la recalibración de las máquinas para un control más riguroso de la temperatura y la presión, así como una capacitación más exhaustiva para los operarios involucrados en el proceso [18].

- ***Proporción de defectos – Carta de control P para defectos "Incompleto"***

En la siguiente Figura 19 se muestra carta de control P para el caso de defecto "incompleto", los datos recopilados para la construcción de la carta se encuentran en la Tabla E1 correspondiente al Anexo E, esta representación visual permite que se reconozca y aborde las causas subyacentes del defecto.

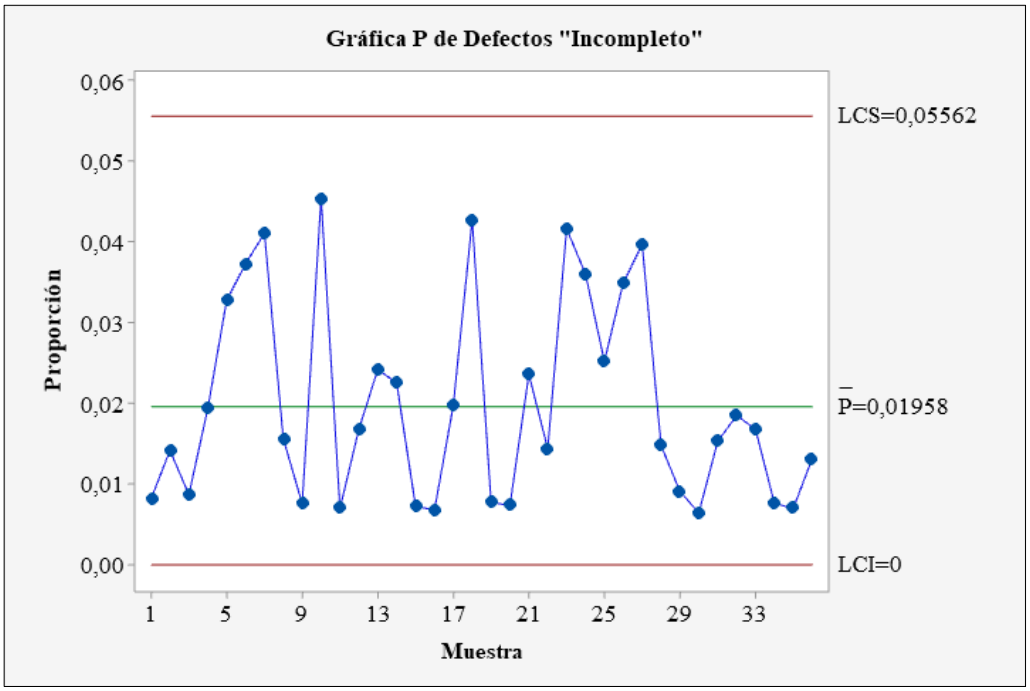


Figura 19. Carta "P" para el defecto "incompleto"

Análisis y discusión:

Al completar el desarrollo de la carta de control P, se evidenció que los defectos en las "Tapas plásticas 400 x 220 x 40", se sitúan en un rango de 0 a 0.055, con una media de 0.019 por cada 133 unidades fabricadas. Esto indica que, en promedio, el 1.958% de las tapas plásticas presenta el defecto de "incompleto", lo que se traduce en

aproximadamente 3 productos defectuosos por cada lote de 133 unidades de "Tapas plásticas 400 x 220 x 40".

En la Figura 19, se muestra que ningún punto se encuentra fuera de los límites de control. Este hecho sugiere que el proceso de inyección de plásticos se mantiene dentro de los límites esperados y que no hay variaciones significativas que indiquen problemas graves en la producción. Además, se observa que la inestabilidad del proceso es del 0%, lo que indica que no hay puntos que excedan los límites de control.

La ausencia de puntos fuera de los límites de control en la carta de control sugiere que el proceso se encuentra bajo control estadístico y que no hay causas especiales de variación presentes. Esto puede interpretarse como una estabilidad en el proceso de inyección de plásticos, lo que contribuye a mantener la consistencia en la producción y reducir la variabilidad en la calidad del producto final.

Sin embargo, esto no quiere decir que el defecto “incompleto” en el producto debe ser obviado, su origen puede depender de diversos factores que están relacionados con el proceso. Una de las principales causas radica en las fluctuaciones de temperatura durante la inyección y el enfriamiento del polímero [13]. Según la investigación [10], si el molde no puede mantener una temperatura uniforme, puede provocar que ciertas secciones de la pieza se solidifiquen antes que otras, resultando en una forma incompleta o distorsionada.

Otro factor que contribuye con la generación de este defecto es a calidad de la materia prima, si el polímero contiene impurezas, aditivos inadecuados o presenta alguna distribución irregular, puede afectar su fluidez y comportamiento durante la inyección, provocando que el material no fluya de manera uniforme, y dificulte el llenado completo del molde [15].

Para mitigar este problema, las empresas adoptan un enfoque integral que abarque tanto el mantenimiento de los equipos como la capacidad del personal. Un programa de mantenimiento preventivo riguroso para la máquina de inyección ayuda a mantener la estabilidad térmica y la presión de estas [17].

- ***Capacidad del proceso para el defecto "Incompleto"***

En la Figura 20, se observa el informe de capacidad mediante el cual se determinó la capacidad del proceso referente al defecto de "incompleto".

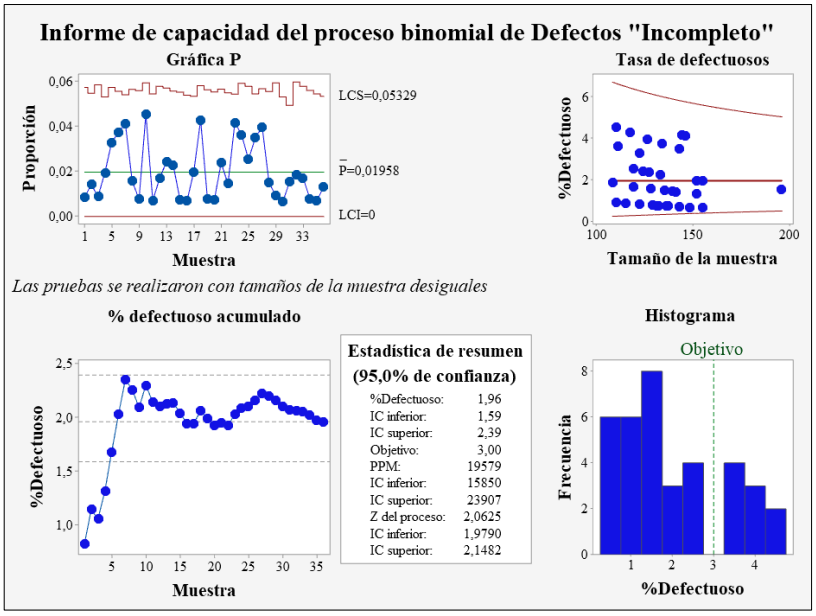


Figura 20. Capacidad del defecto "incompleto"

Análisis y discusión:

En la Figura 20, se determinó que existen 19579 unidades defectuosas por cada millón de unidades fabricadas, lo que equivale a un 1.96% del total de producción, teniendo en cuenta que se planteó un nivel de confianza del 95%, aunque los intervalos de confianza se encuentran dentro de los límites, el porcentaje de defectos se considera elevado, por lo que se debe llevar a cabo una estimación que sea más precisa del porcentaje de defectuosos.

El cálculo del valor de Cp revela que el proceso exhibe un desempeño por debajo de la unidad con un valor de 0.7835, lo que indica que no alcanza las especificaciones requeridas para satisfacer las expectativas tanto de clientes internos como externos. Esta clasificación en la categoría 3 señala la necesidad de realizar ajustes significativos para mejorar la calidad y la eficiencia del proceso.

Para enfrentar la problemática del producto con referencia al defecto "incompleto", en la investigación [71], se llevó a cabo una revisión exhaustiva del diseño del producto,

logrando identificar áreas de mejora como la geometría de los moldes y las tolerancias. Se implementaron sistemas de monitoreo continuo que permitieron identificar desviaciones en tiempo real y tomar medidas correctivas de manera oportuna. Este enfoque proactivo ayudó a garantizar que el proceso cumpla con las especificaciones de calidad establecidas y a mejorar la satisfacción del cliente [28] .

- ***Análisis de la capacidad para defectos "Incompleto"***

En la Figura 21, se visualiza el valor de Z obtenido en el proceso de inyección de plásticos en relación con los productos no conformes atribuidos al defecto de incompleto.

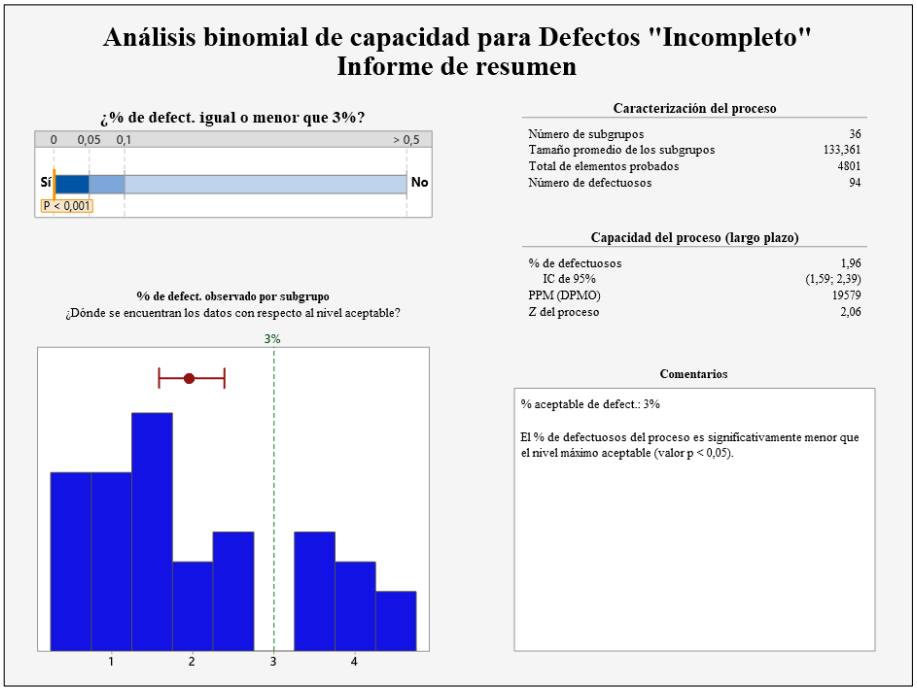


Figura 21. Análisis de la capacidad del proceso para el defecto "incompleto"

Análisis y discusión:

En la Figura 21, se ilustra el valor Z del proceso de inyección de plásticos con respecto a los PNC con defectos clasificados como "incompleto", que se registra en 2.06 sigmas. Este valor de Z, excediendo el umbral de 2, indica que se ha alcanzado la calidad óptima necesaria para proceder al siguiente paso del proceso de producción.

Según la investigación [63], se ha determinado que el defecto "incompleto" está relacionado con factores como problemas en el diseño del molde, obstrucciones en los

canales de alimentación de la máquina, aire atrapado dentro de la cavidad del molde o una mala compactación del material fundido.

Por ejemplo, en la investigación [24], se encontró que un diseño inadecuado del molde con áreas de difícil llenado puede provocar que ciertas secciones de la pieza no se llenen por completo, lo que resulta en piezas incompletas

Para abordar estas causas, se implementaron ajustes en el proceso de inyección que incluían el reemplazo y mantenimiento preventivo de los moldes desgastados junto con su respectiva limpieza. Por otro lado, se establece recalibraciones de la máquina para un control más preciso de la temperatura y presión, así como programas de capacitación continua para los operarios involucrados [72].

- ***Proporción de defectos – Carta de control P para defectos "Deformado"***

La Figura 22, se presenta de manera visual la carta P, la cual ofrece una representación gráfica de la variabilidad inherente al proceso de inyección de plásticos. Cabe destacar que esta figura se centra exclusivamente en los datos relativos al defecto "deformado", los datos utilizados para el cálculo se encuentran detallados en la Tabla F1 del Anexo F.

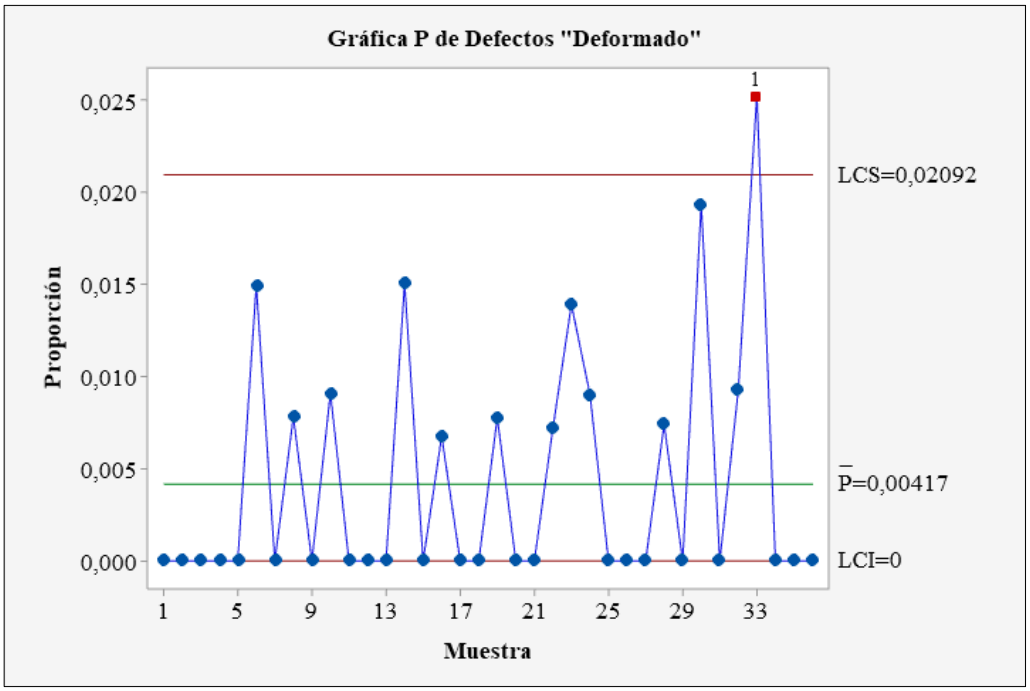


Figura 22. Carta "P" para el defecto "deformado"

Análisis y discusión:

Al igual que con los procedimientos previos, para la configuración de la carta de control tipo P, se procedió a determinar un valor constante para el tamaño de muestra de tapas plásticas fabricadas por grupo, fijándolo en 133 unidades. Dentro de este conjunto, se estableció que la proporción de unidades defectuosas debería mantenerse dentro de un intervalo que va desde 0 hasta 0.0209, con una media de 0.0041.

Lo valores porcentuales indicaron que el número de unidades defectuosas no debe sobrepasar el 0.417% del total de PNC. En consecuencia, se definió que, en un lote de 133 tapas plásticas, el número máximo de unidades defectuosas no debe exceder las 3 unidades, mientras que el objetivo sería que solo 1 unidad presente el defecto de "deformado" y requiera reprocesamiento.

Mediante una inspección minuciosa de la Figura 22 se evidenció que únicamente un punto se situaba por encima del límite de control superior, identificado como el punto 33. Esta anomalía indicó una fluctuación en el proceso, con una tasa de inestabilidad calculada del 2.77%, lo cual señala una estabilidad regular.

Además, la carta de control revela un patrón de mezcla de variación caracterizado por una alternancia entre movimientos ascendentes y descendentes persistentes en los datos. Esta fluctuación continua sugiere la presencia de variabilidad inherente al proceso de fabricación, con la ausencia de puntos cercanos a la línea central indicando una tendencia hacia la producción de unidades fuera de las especificaciones establecidas. [33].

En la investigación, se determinó que las piezas que tienden a deformarse son producto de una inadecuada temperatura, por lo que, si la temperatura durante la inyección es alta o baja, puede inducir detonaciones en las piezas moldeadas. Un exceso término puede provocar distorsiones por flujo desmedido o inclusive fundir el material, mientras que una temperatura insuficiente puede obstaculizar el moldeado aproado del plástico [9].

- ***Capacidad del proceso para el defecto "Deformado"***

En la Figura 23, se observa el informe de capacidad mediante el cual se determinó la capacidad del proceso referente al defecto de "deformado".

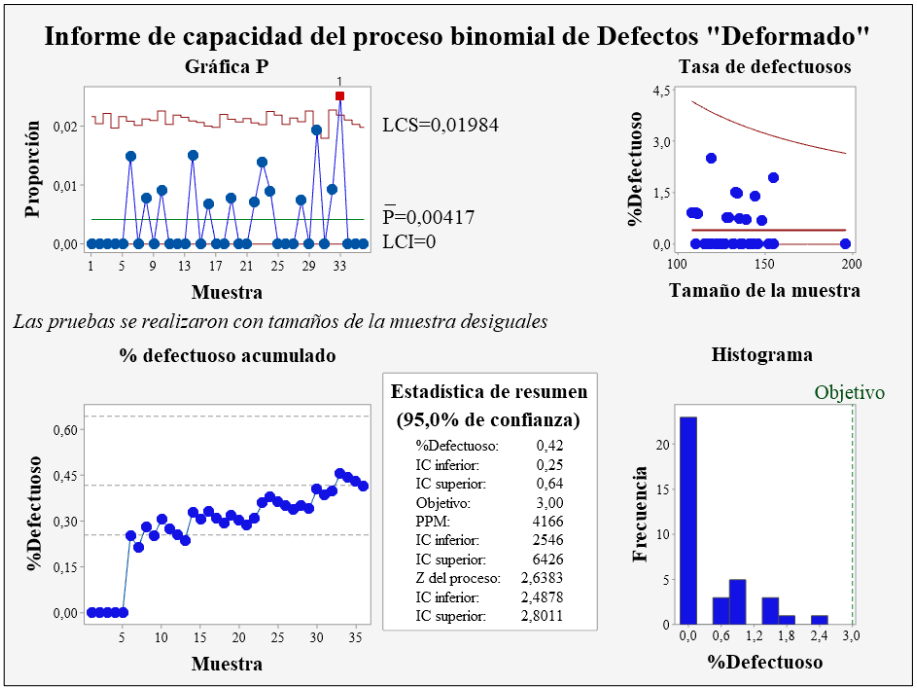


Figura 23. Capacidad del defecto "deformado"

Análisis y discusión:

De acuerdo con los resultados mostrados en la Figura 23, se estima que en un lote de un millón de "Tapas plásticas 400 x 220 x 40", existe aproximadamente 4166 unidades deformadas por cada millón de unidades producidas, lo que corresponde a un porcentaje del 0.42%. Tanto el intervalo de confianza superior (IC superior) de 0.64% como el intervalo de confianza inferior (IC inferior) de 0.25% representan el rango en el que la empresa maneja la incidencia de este defecto, siendo el objetivo establecido no superar el 3% de productos no conformes.

Además, el cálculo del índice de capacidad del proceso (Cp) estima un valor de 0.9653 esto evidencia que el proceso se sitúa por debajo de la unidad, sin embargo, es mayor a los demás defectos, lo que indica que al igual que al igual que en los casos anteriores, no cumplen con las especificaciones requeridas para satisfacer las expectativas de los

clientes, clasificando al proceso en la categoría 3, perjudicando a su confiabilidad y precisando modificaciones que pueden centralizar al proceso y reducir su variabilidad..

El defecto de “deformado” reincide en los moldes y los perfiles de enfriamiento del proceso, según la investigación [13], para mejorar esta problemática fue necesario identificar y eliminar aquellas zonas desiguales y la revisión de los tiempos de enfriamiento para permitir una solidificación adecuada del material.

Por otro lado, en la investigación [23], se destaca la implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real del proceso de inyección, a través del uso de metodología que permitan obtener datos y el seguimiento continuo de variables criticas como la temperatura, presión de inyección y el tiempo de enfriamiento.

- ***Análisis de la capacidad para defectos “Deformado”***

En la Figura 24, se visualiza el valor de Z obtenido en el proceso de inyección de plásticos en relación con los productos no conformes atribuidos al defecto de “deformado”.

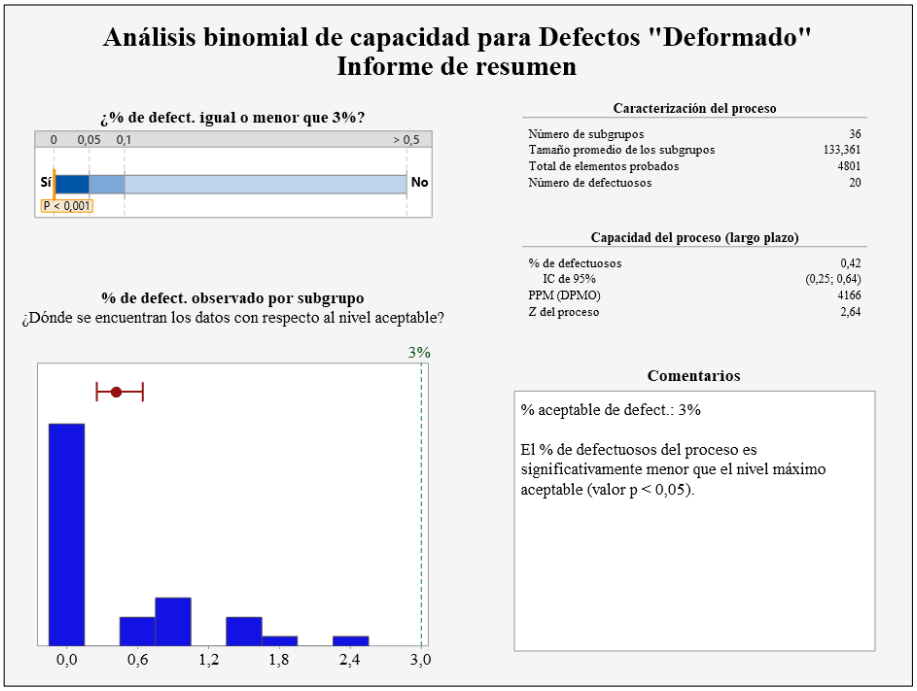


Figura 24. Análisis de la capacidad del proceso para el defecto "deformado"

Análisis y discusión:

En la Figura 24, se representa el valor Z del proceso de inyección de plásticos con respecto a los productos no conformes debido al defecto de "deformado", el cual asciende a 2.64 sigmas. Este valor de Z, siendo mayor que 2, que es generalmente considerado el mínimo necesario para un proceso con capacidad, indica que el proceso se puede llamar regular, sin embargo, se precisa de mejoras que permitan alcanzar un nivel de 3 a 4 sigmas [61].

Se encontró que un enfriamiento desigual del molde, donde ciertas áreas se enfrían más rápido que otras, puede provocar que la pieza se deforme al solidificarse debido a las diferentes tasas de contracción. Además, si el material plástico utilizado tiene una alta contracción durante el enfriamiento y no se han considerado las tolerancias adecuadas en el diseño del molde, esto puede resultar en piezas deformadas o distorsionadas [15].

Para abordar estas causas, se implementaron ajustes en el proceso de inyección que incluían la optimización de los sistemas de enfriamiento del molde para garantizar una solidificación uniforme, el uso de materiales con menor contracción durante el enfriamiento, y la revisión del diseño de los moldes para incorporar las tolerancias adecuadas [57]. Además, se realizó un mantenimiento preventivo del sistema de expulsión de la pieza para evitar que quedara atrapada en el molde y se deformara durante la extracción.

Por otro lado, se implementaron programas de capacitación para los operarios, enfocados en la detección de anomalías durante el proceso, como zonas de enfriamiento desigual o atascamientos en la expulsión de la pieza, y en la aplicación de medidas correctivas oportunas [2].

- ***Resumen de la etapa de medición***

En la Tabla 19 se exponen los resultados derivados del análisis de la capacidad del proceso (Cp), evaluados mediante las cartas de control P para atributos.

Tabla 19. Resumen de resultados obtenido de la etapa de medición

DEFECTO	PPM	%DE DEFECTOS	NIVEL SIGMA	RENDIMIENTO	INESTABILIDAD
VETEADO	23537	2.35%	1.99	97.65%	5.5%
INCOMPLETO	19579	1.96%	2.06	98.04%	0%
DEFORMADO	4166	0.42%	2.64	99.58%	2.77%

- ***Nivel sigma del producto "Tapas plásticas 400 x 220 x 40"***

47282 DPMO

Nivel sigma aproximado = 3.1 sigmas

Este resultado indica que el proceso general tiene un rendimiento moderado, pero aún hay un margen significativo para la mejora. Un nivel sigma de 3.1 implica que el proceso está produciendo menos defectos que lo que inicialmente se pensaba con los cálculos anteriores, pero aún está lejos del objetivo de Six Sigma (que es 3.4 DPMO o 6 sigma).

Este nivel de rendimiento sugiere que hay oportunidades significativas para mejorar el proceso y reducir la tasa de defectos. Se recomienda continuar con el análisis de las causas raíz de estos defectos y desarrollar estrategias de mejora enfocadas en cada tipo de defecto, priorizando aquellos con mayor DPMO (en este caso, veteado e incompleto).

Análisis y discusión:

La Tabla 19, revela que el defecto de veteado es el más predominante en términos de PPM y porcentaje de defectos, indicando una mayor incidencia en comparación con los otros dos defectos. Sin embargo, se observa que el proceso exhibe una variabilidad relativamente alta en la producción de este tipo de defecto, como lo sugiere su nivel Sigma más bajo.

Por otro lado, aunque la deformación es menos frecuente, el proceso muestra una capacidad notablemente superior para producir piezas conformes en este aspecto, como se refleja en su nivel Sigma más alto y su rendimiento superior. En resumen, estos resultados enfatizan la importancia de identificar y abordar los factores que

contribuyen a la variabilidad del proceso con el fin de mejorar la calidad y reducir la incidencia de defectos.

- ***Histograma de rendimiento de defectos***

En la Figura 25, se visualiza a través de un gráfico de barras el porcentaje de rendimiento que cada defecto representa en el proceso.

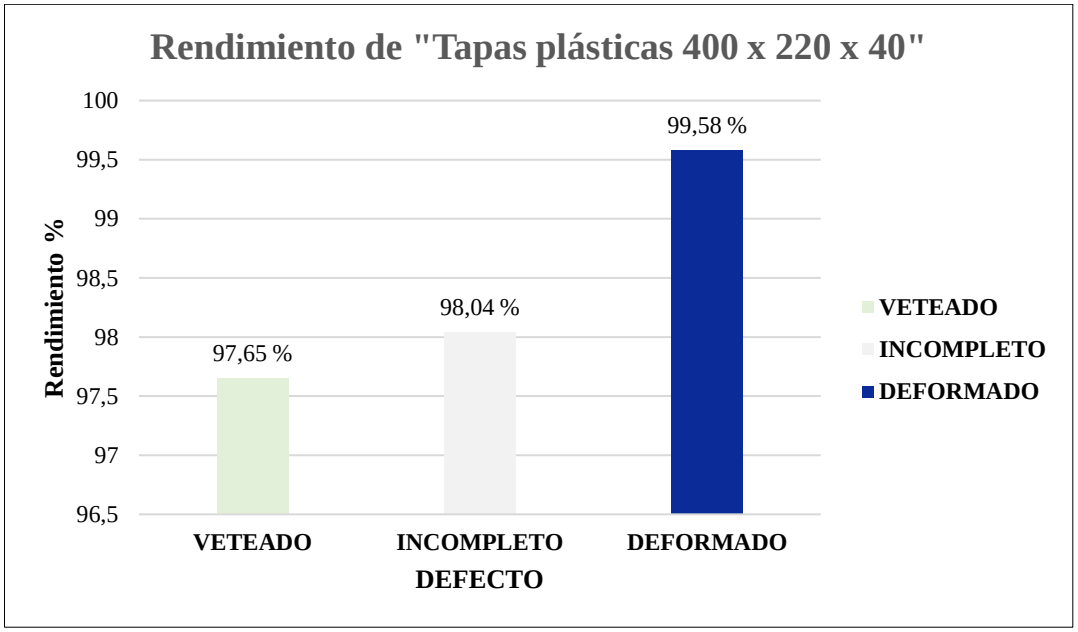


Figura 25. Rendieminto porcentual de "Tapas plásticas 400 x 220 x 40"

Se observa que el defecto de veteado tiene el rendimiento más bajo con un 97.65%, seguido por incompleto con un 98.04%, y finalmente, la deformado con un rendimiento superior del 99.58%. Estos datos indican que el proceso tiene un mejor desempeño en la producción de piezas libres de deformado en comparación con los otros dos defectos. Sin embargo, aunque el rendimiento es más bajo para el veteado e incompleto, aún se encuentran en un nivel aceptable, lo que sugiere que el proceso está generando una cantidad considerable de piezas conformes en general.

Sin embargo, los tres defectos muestran una tendencia significativa a manifestarse en el proceso, lo que indica la necesidad de mejorar la calidad en el mismo. Es crucial implementar medidas para estandarizar el proceso y mantener las máquinas de inyección en su punto óptimo. Esto permitirá minimizar los defectos y controlar la producción de productos no conformes de manera más efectiva.

3.3.3 Análisis

En la fase anterior se logró medir y calificar la situación en la que se encuentra el proceso, así como los problemas que afectan a la producción de la empresa Ecuatoriana de Matricería ECUAMATRIZ Cía. Ltda. Con la intención de centrarse en los problemas "veteado", "incompleto" y "deformado", se llevó a cabo el desarrollo de un Diagrama de Ishikawa con la finalidad de determinar las posibles causas involucradas en el problema.

a. Análisis - defecto "veteado"

Para identificar las posibles causas del defecto "veteado", se utilizó la técnica de lluvia de ideas de la Tabla G1 del Anexo G. En la Figura 26, se observa que las posibles causas que influyeron en el defecto examinado son:

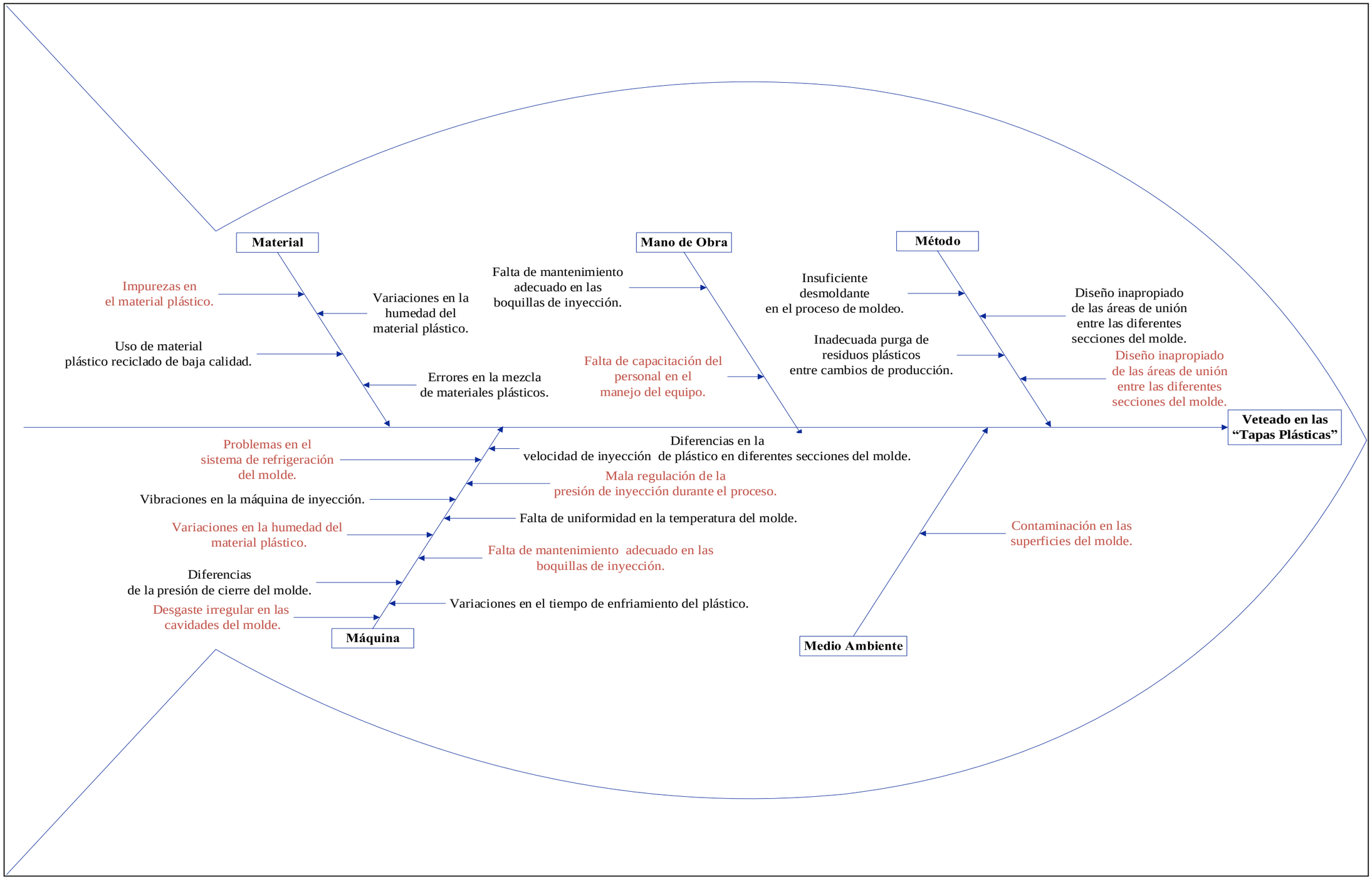


Figura 26. Diagrama de Ishikawa para el defecto "veteado"

En la Figura 26, se ilustran mediante un diagrama de Ishikawa subcausas relacionadas con el defecto denominado "veteado". Este esquema fue confeccionado considerando la perspectiva de los operarios y los supervisores responsables del proceso de producción y control de calidad del producto.

Se observa en la figura que se han resaltado de otro color aquellas consideradas como causas potenciales y con una mayor participación en el defecto “veteado”.

En la Tabla 20, se muestran los resultados de las causas que han sido seleccionadas por todo el personal involucrado en el proceso sugiriendo que son las más importantes y que tienen un mayor impacto en el problema.

Tabla 20. Causas relacionadas con el defecto “veteado”

Causas del defecto “Veteado”			
M relacionada con la causa	**Cantidad de causas**	**Frecuencia**	**Frecuencia Acumulada**
Máquina	5	55,556%	55,556%
Mano de Obra	1	11,111%	66,667%
Material	1	11,111%	77,778%
Medio Ambiente	1	11,111%	88,889%
Método	1	11,111%	100,000%
Total	9	100,000%	

Las causas potenciales que se encuentran en el defecto de veteado son:

Máquina:

- Mala regulación de la presión de inyección durante el proceso
- Problemas en el sistema de refrigeración del molde.
- Variaciones en la humedad del material plástico.
- Desgaste irregular en las cavidades del molde.
- Falta de mantenimiento adecuado en las boquillas de inyección.

Mano de obra:

- Falta de capacitación del personal en el manejo del equipo.

Material:

- Impurezas en el material plástico.

Método:

- Diseño inapropiado de las áreas de unión entre las diferentes secciones del molde.

Medio Ambiente:

- Contaminación en las superficies del molde.

Se logró reconocer que la mayoría de los defectos se originan por casusas relacionadas a la máquina con la que se realiza la inyección de plásticos, es decir la máquina HAITIAN.

b. Análisis - defecto "incompleto"

Mediante el uso de la técnica de lluvia de ideas de la Tabla H1 del Anexo H. En la Figura 27, se observa las posibles causas que influyeron en el defecto "incompleto" son:

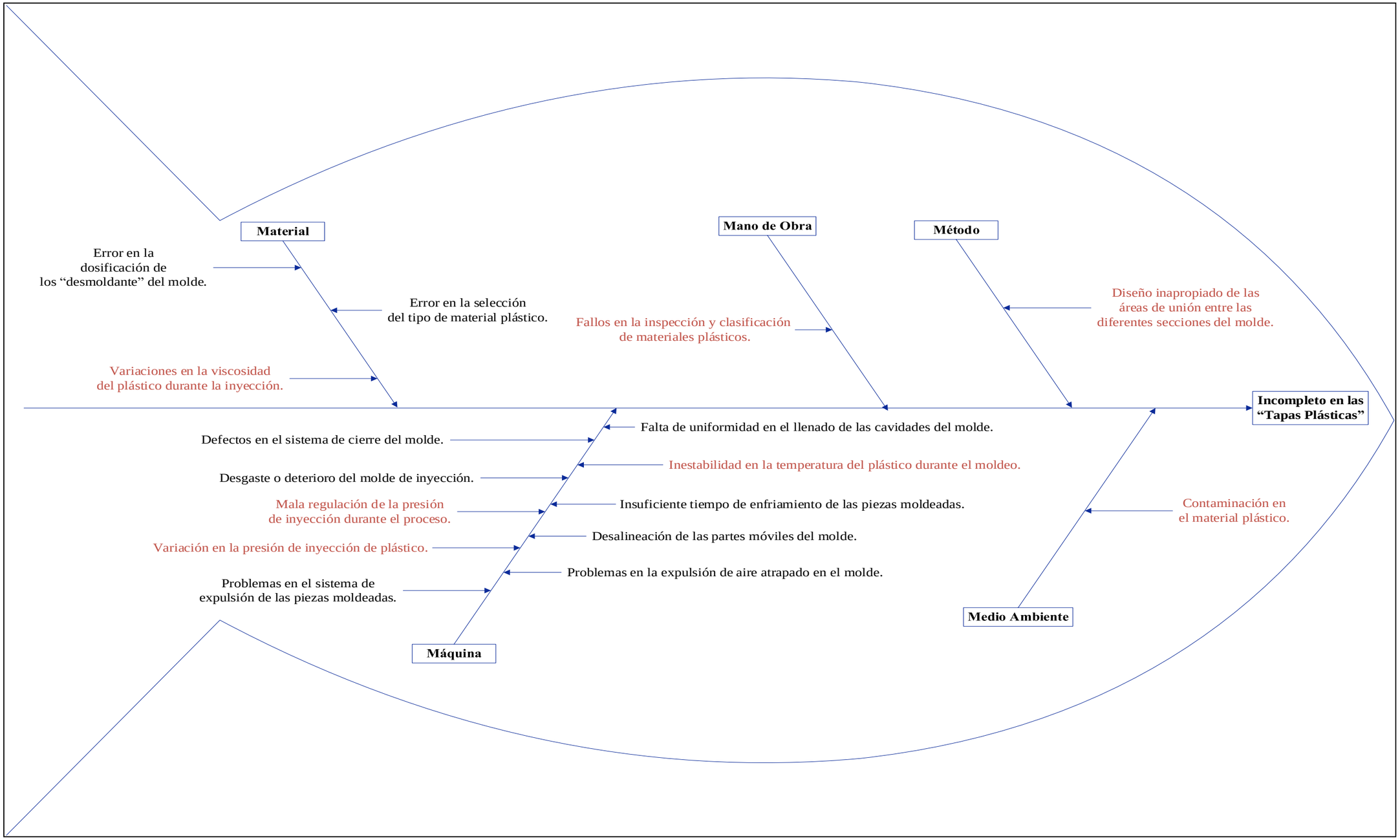


Figura 27. Diagrama de Ishikawa para el defecto "incompleto"

En la Figura 27, se observó las causas subyacentes que se relacionan al defecto "incompleto" ilustradas a través de un diagrama de Ishikawa. En la misma se han resaltado de otro color aquellas consideradas como causas potenciales y con una mayor participación en el defecto antes mencionado.

En la Tabla 21, se han valorado las causas antes resaltadas y tomadas en cuenta por todo el personal involucrado en el proceso sugiriendo que son las más importantes y que tienen un mayor impacto en el problema.

Tabla 21. Causas relacionadas con el defecto "incompleto"

Causas del defecto "Incompleto"			
M relacionada con la causa	**Cantidad de causas**	**Frecuencia**	**Frecuencia Acumulada**
Máquina	3	42,857%	42,857%
Mano de Obra	1	14,286%	57,143%
Material	1	14,286%	71,429%
Medio Ambiente	1	14,286%	85,714%
Método	1	14,286%	100,000%
Total	7	100,000%	

Las causas potenciales que se encuentran en el defecto de incompleto son:

Máquina:

- Mala regulación de la presión de inyección durante el proceso.
- Variación de la presión de inyección de plástico.
- Inestabilidad en la temperatura del plástico durante el moldeo.

Mano de obra:

- Fallos en la inspección y clasificación de materiales plásticos.

Material:

- Variaciones en la viscosidad del plástico durante la inyección.

Método:

- Diseño inapropiado de las áreas de unión entre las diferentes secciones del molde.

Medio Ambiente:

- Contaminación en el material plástico.

Se logró reconocer que la mayoría de los defectos se originan por casusas relacionadas a la máquina con la que se realiza la inyección de plásticos, es decir la máquina HAITIAN.

c. Análisis - defecto "deformado"

La identificación de las posibles causas del defecto "deformado", se obtuvieron a través de la técnica de lluvia de ideas de la Tabla I1 Anexo I. En la Figura 28, en conjunto con los operarios e involucrados en el proceso de inyección de plásticos, se llegó a la conclusión de que las causas con mayor influencia en el defecto examinado son:

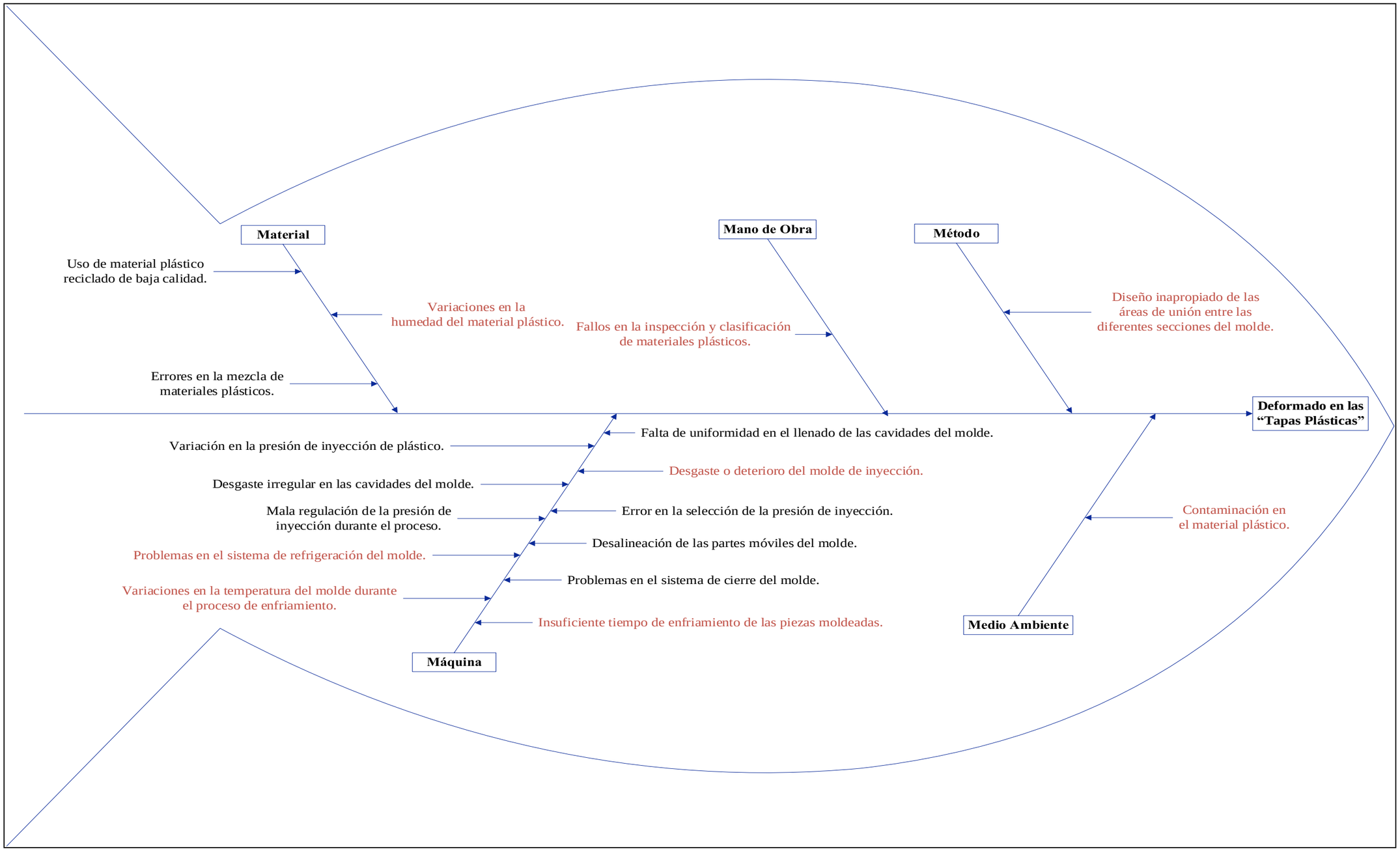


Figura 28. Diagrama de Ishikawa para el defecto "deformado"

En la Figura 28, se logró observar las subcausas relacionadas con el defecto denominado "deformado". De igual manera se resaltó de otro color aquellas consideradas como causas potenciales y con una mayor participación en el defecto.

En la Tabla 22, se presenta la frecuencia de incidencia de estas causas en las M's de calidad y su correspondiente porcentaje de aparición. Las causas han sido seleccionadas por el personal involucrado en el proceso, indicando que son las más significativas y que poseen un mayor impacto en el problema.

Tabla 22. Causas relacionadas con el defecto “deformado”

Causas del defecto “Deformado”			
M relacionada con la causa	**Cantidad de causas**	**Frecuencia**	**Frecuencia Acumulada**
Máquina	4	50,000%	50,000%
Mano de Obra	1	12,500%	62,500%
Material	1	12,500%	75,000%
Medio Ambiente	1	12,500%	87,500%
Método	1	12,500%	100,000%
Total	8	100,000%	

Las causas potenciales que se encuentran en el defecto de deformado son:

Máquina:

- Problemas en el sistema de refrigeración del molde.
- Variaciones en la temperatura del molde durante el proceso de enfriamiento.
- Desgaste o deterioro del molde de inyección.
- Insuficiente tiempo de enfriamiento de las piezas moldeadas.

Mano de obra:

- Falta en la inspección y clasificación de materiales plásticos.

Material:

- Variaciones en la humedad del material plástico.

Método:

- Diseño inapropiado de las áreas de unión entre las diferentes secciones del molde.

Medio Ambiente:

- Contaminación en el material plástico.

Se logró reconocer que la mayoría de los defectos se originan por casusas relacionadas a la máquina con la que se realiza la inyección de plásticos, es decir la máquina HAITIAN.

- ***5 ¿Por qué?***

Se utilizó el método de los 5 Porqués con el objetico de reafirmar las causas potenciales determinadas anteriormente en el diagrama de Ishikawa, de esta forma se refuta las casusas que generan en los defectos, por lo que se llevó a cabo para todos y cada uno de los defectos.

- ***Veteado***

En la Tabla 23, se detalla la aplicación de la metodología de los 5 porqués, una herramienta analítica que se utilizó para determinar la causa raíz del defecto de "veteado" en las tapas plásticas inyectadas. Este análisis se basa en los hallazgos obtenidos durante la fase de medición y las causas potenciales identificadas previamente en el Diagrama de Ishikawa del defecto en cuestión.

Tabla 23. 5 porqués para el defecto "veteado"

5 Por qué – Defecto Veteado	
1. ¿Por qué hay veteado en las tapas plásticas?	Falta de mantenimiento en la máquina, mal ajuste de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección.
2. ¿Por qué?	Inexistencia de un programa de mantenimiento preventivo y de un proceso estándar para los parámetros de inyección.
3. ¿Por qué?	Mala asignación de recursos y tiempo para programar mantenimiento y procesos.
4. ¿Por qué?	Priorizar otros aspectos y áreas ante la gestión del mantenimiento de la maquinaria.

5 Por qué – Defecto Veteado	
5. ¿Por qué?	Falta de concientización ante la importancia de un mantenimiento preventivo y falta de capacitación del personal para ajustar la máquina.

Con la ayuda del personal involucrado en el proceso productivo, de calidad y operacional del producto se han identificado que la causa raíz que se relaciona con el defecto veteado es:

1. Falta de mantenimiento en la máquina, mal ajuste de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección.

2. La Falta de concientización ante la importancia de un mantenimiento preventivo y falta de capacitación del personal para ajustar la máquina.

- ***Incompleto***

La Tabla 24 presenta la implementación de la técnica de los 5 porqués, una metodología que se empleó para definir la causa fundamental que origina el defecto de "incompleto" en el producto. Esta herramienta se aplica tomando en consideración los resultados obtenidos en la etapa de medición y las causas raíz previamente identificadas en el Diagrama de Ishikawa específico para este defecto.

Tabla 24. 5 porqués para el defecto “incompleto”

5 Por qué – Defecto Incompleto	
1. ¿Por qué hay tapas plásticas incompletas?	La materia prima no se funde completamente.
2. ¿Por qué?	Desgaste excesivo debido a falta de mantenimiento.
3. ¿Por qué?	No se sigue un programa de mantenimiento preventivo regular.
4. ¿Por qué?	Inspección y calibración del de parámetros no se realizan periódicamente.
5. ¿Por qué?	Falta de registros para el cambio de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección de la máquina.

Con la ayuda del personal involucrado en el proceso productivo, de calidad y operacional del producto se han identificado que la causa raíz que se relaciona con el defecto incompleto es:

1. No se sigue un programa de mantenimiento preventivo regular.

2. Falta de registros para el cambio de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección de la máquina.

- ***Deformado***

En la Tabla 25, se muestra el uso de la metodología de los 5 porqués, una técnica analítica utilizada para determinar la causa raíz del defecto de "deformado" que afecta a las tapas plásticas inyectadas. Esta herramienta se emplea basándose en los datos recopilados durante la fase de medición y en las posibles causas raíz identificadas previamente en el Diagrama de Ishikawa correspondiente a este defecto.

Tabla 25. 5 porqués para el defecto “deformado”

5 Por qué – Defecto Deformado	
1. ¿Por qué hay tapas plásticas deformadas?	El enfriamiento del molde es inconsistente.
2. ¿Por qué?	Hay fluctuaciones en la temperatura del molde.
3. ¿Por qué?	El sistema de refrigeración no está funcionando correctamente.
4. ¿Por qué?	No hay procedimientos de limpieza establecidos.
5. ¿Por qué?	Falta de capacitación en la importancia de la limpieza del molde.

Con la ayuda del personal involucrado en el proceso productivo, de calidad y operacional del producto se han identificado que la causa raíz que se relaciona con el defecto deformado es:

1. No hay procedimientos de limpieza establecidos.

2. Falta de capacitación en la importancia de la limpieza del molde.

Una vez se haya aplicado la herramienta de los 5 porque, se ha encontrado que la causa raíz a tratarse debe estar relacionado con la máquina inyectora de plástico y a si vez con la mano de obra.

d. Causa raíz

Mediante el análisis y el desarrollo de los diagramas de Ishikawa de cada defecto y con la corroboración de cada causa con la herramienta de los 5 porques, se logra identificar la causa raíz que se utiliza en la metodología Six Sigma para minimizar los defectos en las “Tapas Plásticas”.

En la Tabla 26, se resume cuáles han sido las causas raíz identificadas y su respectiva descripción que permitirán iniciar la fase de control y mejora de la metodología DMAIC.

Tabla 26. Causa raíz para los defectos

Análisis causa raíz – Defectos del proceso inyección de plásticos		
Defecto	**Causa Raíz**	**Descripción**
Veteado	1. Falta de mantenimiento en la máquina, mal ajuste de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección.	La falta de mantenimiento regular y el mal ajuste de parámetros críticos provoca variaciones en el proceso de inyección, lo que resulta en la aparición de vetas en el producto final debido a las inconsistencias en el flujo del material y la solidificación desigual.
	2. Falta de concientización ante la importancia de un mantenimiento preventivo y falta de capacitación del personal para ajustar la máquina.	La falta de capacitación y de concientización sobre la importancia del mantenimiento preventivo lleva a una operación ineficaz de la maquinaria. Esto provoca problemas recurrentes en los parámetros de inyección, lo que resulta en productos con defectos de veteado.
Incompleto	1. No se sigue un programa de mantenimiento preventivo regular.	La ausencia de un programa de mantenimiento preventivo regular conduce a un desgaste excesivo de los componentes de la máquina. Este desgaste impide la correcta fusión y distribución del material, resultando en productos incompletos o malformados.
	2. Falta de registros para el cambio de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección de la máquina	Sin registros que evidencien cambios para la inspección y calibración, los equipos funcionan fuera de los parámetros óptimos, lo que afecta la calidad del proceso de inyección y resulta en productos incompletos debido a la insuficiente presión y flujo del material.
Deformado	1. No hay procedimientos de limpieza establecidos.	La falta de procedimientos de limpieza establecidos permite la acumulación de residuos en el molde, lo que interfiere con el proceso de enfriamiento y solidificación, resultando en tapas deformadas.
	2. Falta de capacitación en la importancia de la limpieza del molde.	La falta de capacitación sobre la importancia de la limpieza adecuada del molde lleva a prácticas de limpieza inadecuadas, lo que contribuye a la acumulación de residuos y a la deformación de las piezas plásticas debido a una transferencia térmica ineficaz.

3.3.4 Mejora y control

a. Análisis de modo y efecto de fallas (AMEF)

La Tabla 27, muestra el análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) que se empleó identificar y mitigar los posibles defectos que podrían surgir durante el proceso de inyección de plástico de las “Tapas Plásticas 400 x 220 x 40”. Se enfoco de manera sistemática para evaluar los defectos que presenta el producto [45].

Con la ayuda del equipo conformado por expertos en ingeniería de procesos, control de calidad y operarios experimentados, se examinaron minuciosamente los defectos comunes en las piezas inyectadas, como el veteado, las piezas incompletas y las deformaciones, identificando sus posibles orígenes y los efectos adversos que podrían ocasionar en el producto final.

El equipo procedió a evaluar el riesgo asociado a cada uno de ellos mediante la asignación de valores numéricos. Se consideraron factores cruciales como la probabilidad de ocurrencia, la capacidad de detección y la gravedad de las consecuencias potenciales. Estos valores se combinaron para obtener el número de prioridad de riesgo (NPR), el cual sirvió como indicador clave para priorizar las acciones correctivas y preventivas más apremiantes.

b. Número de prioridad de riesgo (NPR)

El cálculo del valor NPR, permitió jerarquizar los modos de falla de manera objetiva, facilitando la toma de decisiones informadas y la asignación eficiente de recursos para abordar los problemas más críticos.

La aplicación del AMEF en el proceso de inyección de plástico brindó una visión integral de los riesgos potenciales, permitiendo al equipo de trabajo enfocarse en las áreas más vulnerables y proponer mejoras efectivas. Esta metodología proactiva contribuyó a prevenir defectos, optimizar la calidad de los productos y aumentar la eficiencia del proceso, asegurando así la satisfacción de los clientes y la competitividad en el mercado.

Tabla 27. Matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEEF)

Función del proceso / Paso clave	Modos de Falla Potenciales	Efectos de Fallas Potenciales	SEVERIDAD	Causas Potenciales de Falla	Controles Preventicos	OCURRENCIA	Controles de Ocurrencia	DETCCIÓN	N P R
¿Cuál es el paso del proceso?	¿De qué maneras puede fallar dicho paso del proceso?	¿Cuál es el impacto de las variables de los pasos clave cuando hay un fallo (cliente o requerimientos internos)?	¿Qué tan severo es el efecto para el cliente?	¿Qué causa que el paso clave falle?	¿Cuáles son los controles que se realizan para controlar la falla?	¿Que tan seguido ocurre la causa o Modo de Fallo?	¿Cuáles son los controles existentes y procedimientos preventivos de Causa o Modo de Falla?	¿Qué también pueden detectar la Causa o Modo de Falla?	SEV X OCU X DET
Inyección de plásticos: Pieza libre de defectos Cumplir con especificaciones del cliente Eficiencia del proceso	Apariencia defectuosa, insatisfacción del cliente	Veteado	8	Falta de mantenimiento en la máquina, mal ajuste de parámetros	Desarrollar un programa de mantenimiento preventico regular	7	Inspecciones visulales de la línea	4	224
			8	Falta de concientización y capacitación del personal	Capacitación periódica al personal	6	Auditorías de procesos	5	240
	Pieza no funcional, reproceso	Incompleto	9	No mantener vigente un programa de mantenimineto preventivo	Desarrollar un programa de mantenimiento preventivo regular	7	Inspección visual en la entrada del material	3	189
			9	Falta de control y registro al realizar cambios en la máquina	Establecer sistemas de cregistro y control para parámetros	6	Verificacion de resgistros	4	216
	Pieza no cumple con las especificaciones	Deformado	7	No existen procedimientos de limpieza establecidos	Definir y seguir un procedimiento para la limpieza del área de trabajo	6	Inspeccions visual de cada pieza	5	210
			7	Falta de capacitación respecto a la limpieza recurrente de la máquina y su entorno	Capacitación sobre la importancia de la limpieza en el área de trabajo	5	Auditorías de limpieza periódicas	4	140

Tabla 28. Resultados de la matriz AMEF

Defectos potenciales de falla	Causas potenciales	NPR	
Veteado	Falta de mantenimiento en la máquina, mal ajuste de parámetros	224	Tomar acciones
	Falta de concientización y capacitación del personal	240	Tomar acciones
Incompleto	No mantener vigente un programa de mantenimineto preventivo	189	Tomar acciones
	Falta de control y registro al realizar cambios en la máquina	216	Tomar acciones
Deformado	No existen procedimientos de limpieza establecidos	210	Tomar acciones
	Falta de capacitación respecto a la limpieza recurrente de la máquina y su entorno	140	Tomar acciones

En la Tabla 28, se reveló que los modos de falla más críticos en el proceso de inyección de plásticos para tapas son el veteado, las piezas incompletas y las deformaciones. Los NPR más altos correspondieron a la falta de capacitación del personal, ausencia de mantenimiento preventivo, falta de control de parámetros y procedimientos de limpieza deficientes.

Estos resultados resaltan la importancia crucial de implementar programas de capacitación, mantenimiento preventivo riguroso, control estricto de parámetros y protocolos de limpieza adecuados. Abordar estas causas raíz permitirá mitigar los modos de falla, mejorar la calidad de las tapas y optimizar la eficiencia del proceso.

Es fundamental diseñar un plan de mejora integral que priorice estas áreas críticas identificadas por el AMEF. Estudios previos respaldan la eficacia de esta metodología para reducir defectos y optimizar los procesos de fabricación.

- ***Actividades para mitigar los defectos encontrados.***

En la fase de mejora, se implementaron las estrategias para mitigar y eliminar las causas raíz previamente identificadas. Cabe señalar que este análisis no incluye la fase de control, ya que las mejoras no se han implementado, no podría vigilarse si se han realizado correctamente o no.

Las Tablas 29 a la 31, muestran los defectos descubiertos, los problemas de las causas raíz correspondientes y cómo se corregirán, ilustrando así un plan de acción de mejora para cada defecto.

Tabla 29. Actividades para mitigar el defecto "veteado"

Veteados		
Causas raíz	**Solución**	**Descripción**
Falta de mantenimiento en la máquina, mal ajuste de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección.	Implementar un programa de mantenimiento preventivo.	Asegurar la ejecución periódica de inspecciones, lubricaciones y ajustes según lo establecido en un calendario planificado.
Falta de concientización ante la importancia de un mantenimiento preventivo y falta de capacitación del personal para ajustar la máquina.	Adiestramiento y concientización para los operarios	Desarrollar sesiones de capacitación regulares para el personal, enfocadas en la importancia del mantenimiento preventivo y la correcta operación de la maquinaria.

Tabla 30. Actividades para mitigar el defecto "incompleto"

Incompleto		
Causas raíz	**Solución**	**Descripción**
No se sigue un programa de mantenimiento preventivo regular.	Implementar un programa de mantenimiento preventivo.	Establecer un plan sistemático para llevar a cabo inspecciones, lubricaciones y ajustes de forma regular y planificada.
Falta de registros para el cambio de parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección de la máquina	Desarrollo de registros para los principales parámetros de la máquina.	Crear un sistema de registro para documentar y rastrear los cambios realizados en los parámetros de operación de la máquina.

Tabla 31. Actividades para mitigar el defecto "deformado"

Deformado		
Causas raíz	**Solución**	**Descripción**
No hay procedimientos de limpieza establecidos.	Protocolos de limpieza para la máquina.	Establecer procedimientos detallados y sistemáticos para la limpieza regular de la máquina, incluyendo el molde y sus componentes
Falta de capacitación en la importancia de la limpieza del molde.	Concientización para los operarios referente a la limpieza de la máquina.	Implementar un programa de formación para concienciar al personal sobre la importancia de la limpieza.

Tras identificar las soluciones para mitigar el impacto de las causas raíz detectadas, el equipo de ingeniería desarrolló un plan de acción detallado para una posible implementación.

Este plan contempló aspectos clave como adquisición de recursos, capacitación de personal, cronogramas, estrategias de mitigación de riesgos, entre otras actividades. El objetivo era asegurar que cualquier iniciativa de mejora se ejecutará de manera eficiente, coordinada y alineada con los objetivos estratégicos de la empresa, maximizando beneficios y minimizando impactos negativos en las operaciones.

Este enfoque metódico y respaldado técnicamente permitiría a la dirección evaluar la viabilidad y determinar si la implementación sería beneficiosa o necesaria para cumplir con los estándares de calidad y regulaciones aplicables.

1. Plan de mantenimiento preventivo – máquina inyectora de plástico HAITIAN

La Figura 29, representa una caracterización del mantenimiento preventivo que se llevará a cabo en la máquina inyectora de plástico, esta caracterización se realiza con la finalidad de tener un marco de referencia conciso y detallado en el cual se visualice aquellos miembros que son participes de las actividades y comprendan la planificación, ejecución, verificación y control de las actividades y recursos involucrados en el mantenimiento.

Esta caracterización define a forma sistemática de los elementos claves del proceso, como los proveedores, entradas, actividades, salidas, clientes y requisitos o normas que se apliquen. Al tener una visión documental del proceso se facilita la identificación de las oportunidades de mejora, la optimización de recursos, y mitigación de los defectos asociados al proceso productivo.

Además, la caracterización del proceso brinda una mejor trazabilidad, seguimiento y mejora continua de las actividades de mantenimiento preventivo, esto contribuye a la mejora de la disponibilidad, confiabilidad y vida útil de la máquina HAITIAN, asegurando de esta manera la calidad y eficiencia del proceso productivo.

ECUAMATRIZ	CARACTERIZACIÓN DE PROCESO MANTENIMINETO PREVENTIVO - MÁQUINA HAITIAN	Código:	PMP-MAN-DOC-001
		Fecha de Elaboración:	4/6/2024
		Última Aprobación:	
		Revisión:	01
	Elaborado por: Miguel Pazmiño	**Revisado por:** Ing. Luis Morales	**Aprobado por:** Ing. Luis Morales

MACROPROCESO:	Gestión del Mantenimiento
PROCESO:	Control y Mejora del Mantenimiento Preventivo
PROCEDIMIENTO:	Revisión y actualización del plan de mantenimiento preventivo según sea necesario. **CÓDIGO:** REV-ACT-PMP
PROPIETARIO DEL PROCESO:	Departamento de Mantenimiento
OBJETIVO:	Asegurar la confiabilidad y eficiencia de la máquina inyectora HAITIAN para prevenir defectos en los productos a traves de un funcionamiento óptimo mediante actividades preventivas y uso adecuado de recursos.
ALCANCE:	Comprende desde la revisión técnica de la máquina inyectora de plástico HAITIAN hasta la ejecución de actividades preventivas programadas incluyendo el registro para la mejora continua del proceso.

RECURSOS

FÍSICOS:

Máquina inyectora de plásticos - HAITIAN.
Área de ubicación de la máquina (Área de plásticos).
Materias Primas: aceites, lubricantes, desengrasantes.
Herramientas de trabajo: juego de llaves (boca fija, boca ajustable, allen), juego de destornilladores (planos y de estrella), alicates,pinzas, etc.
Materiales de limpieza: trapos de limpieza, filtros de aire, aceite y refrigerante, sellos y juntas de repuesto, etc.
Equipos de soladura.

TÉCNICOS

Paquete informático: software de gestión de mantenimiento.
Sistema informático de gestión documental de la empresa.
Plataforma tecnológica zoom.
Plataforma OneDrive (nube de Microsoft).

PHVA	N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
Planificar	1	Elaborar el plan de mantenimiento preventivo para la máquina inyectora "HAITIAN", en el que se detallen tareas, recursos necesarios, etc.	Jefe de mantenimiento, ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	2	Establecer un programa de mantenimiento preventivo.	Jefe de mantenimiento, supervisor de producción.
	3	Solicitar repuestos, herramientas y materiales necesarios para el mantenimiento.	Encargado de compras, jefe de mantenimiento.
	4	Determinar si es necesario un servicios externo especializado o trabajos en taller.	Jefe de mantenimiento, ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	5	Revisar manuales, especificaciones técnicas y registros históricos de mantenimiento de la máquina.	Ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
Hacer	6	Ejecutar las tareas de mantenimiento preventivo programadas, como inspecciones, lubricaciones, ajustes, limpiezas, etc.	Técnicos de mantenimiento.
	7	Realizar las actividades en el área en que se encuera ubicada la máquina o contratar servicios externos, si es necesario (reparaciones, calibraciones, etc.).	Técnicos de mantenimiento, contratistas externos.
	8	Ejecutar lista de actividades para el mantenimiento en la máquina inyectora (actividades autónomas de los operadores).	Operadores de la máquina.
	9	Registrar todas las actividades de mantenimiento realizadas, incluyendo observaciones, tiempos, etc.	Técnicos de mantenimiento.
	10	Analizar el tiempo que se tomó para realizar el mantenimiento preventivo.	Jefe de mantenimiento, supervisor de producción.

ECONÓMICOS:

Presupuesto de mantenimiento: Proviene del departamento de mantenimiento o del área encargada de la gestión de activos de la empresa.
Presupuesto de capacitación: Proviene del departamento de recursos humanos o del área de capacitación y desarrollo de la empresa.
Presupuesto de contratación de servicios externos: Proviene del departamento de adquisiciones o compras de la empresa.
Presupuesto de adquisición de equipos: Proviene del departamento de compras o del área encargada de la adquisición de activos de la empresa.

RRHH:

Personal de mantenimiento: Técnicos de mantenimiento mecánico, hidráulico, neumático y eléctrico, supervisores o jefes de mantenimiento.
Personal de producción: operadores de la máquina inyectora, supervisores de producción.
Personal de ingeniería: Ingenieros de procesos, Ingenieros de calidad.
Personal de gestión: Gerente de mantenimiento, Gerente de producción, Gerente de calidad, Gerente de seguridad industrial
Personal administrativo: Encargados de compras y adquisiciones, Encargados de recursos humanos, Encargados de capacitación.
Personal externo: Proveedores de repuestos y consumibles, Contratistas de servicios de mantenimiento especializado, Consultores o asesores técnicos.

Figura 29. Caracterización del plan de mantenimiento preventivo

PROVEEDORES	ENTRADAS
Departamento de mantenimiento, departamento de ingeniería (producción, calidad, seguridad). 1, 10, 12, 16, 17 Proveedores de repuestos y consumibles. 3 Contratistas de servicios de mantenimiento. 4 Personal de mantenimiento. 6, 9 Talleres especializados, contratistas. 7 Operadores de la máquina, personal de producción. 8 Departamento de calidad. 13 Gerencia de mantenimiento, producción. 14 Departamento de recursos humanos, mantenimiento. 19	Manuales técnicos, historial de mantenimiento, especificaciones de la máquina. 1 Requisiciones de compra. 3 Programa de mantenimiento, procedimientos de trabajo.6, 11 Contratos de servicios, órdenes de trabajo. 7 Instrucciones de cambio de molde. 8 Formatos de registro (mantenimiento y/o producción). 9, 10, 11 Muestras de productos. 13 Registros de mantenimiento, datos de producción. 14 Programas de capacitación. 19

Verificar	11	Verificar el cumplimiento del plan y programa de mantenimiento preventivo.	Jefe de mantenimiento, ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	12	Inspeccionar y verificar el correcto funcionamiento de la máquina inyectora después del mantenimiento.	Ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	13	Realizar pruebas de calidad a los productos inyectados después del mantenimiento.	Departamento de calidad.
	14	Elaborar informes de mantenimiento preventivo.	Jefe de mantenimiento, ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	15	Analizar los registros y resultados obtenidos.	Ingeniero de mantenimiento, gerente de mantenimiento.
Actuar	16	Implementar acciones preventivas en caso de que se detectan deficiencias o áreas de mejora no planificadas previamente.	Ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	17	Actualizar el plan de mantenimiento preventivo según los hallazgos y lecciones aprendidas.	Ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	18	Documentar y estandarizar los procedimientos de mantenimiento preventivo realizados.	Ingeniero y/o técnico de mantenimiento.
	19	Capacitar al personal de mantenimiento y producción en las nuevas prácticas.	Departamento de recursos humanos, jefe de mantenimiento.

SALIDAS	CLIENTES
Programa de mantenimiento preventivo. 2 Órdenes de compra, repuestos y materiales. 3 Contratos de servicios. 4 Registros de mantenimiento.6, 9 Equipos reparados o calibrados. 7 Máquina configurada con el nuevo molde. 8 Análisis de tiempos muertos. 10 Informes de cumplimiento. 11 Informes de inspección. 12 Reportes de calidad. 13 Plan de acciones correctivas/preventivas. 16 Informes de indicadores, análisis de fallas. 16 ,17 Procedimientos de mantenimiento estandarizados. 18 Personal capacitado.19	Departamento de producción, operadores de la máquina. 2 Gerencia de mantenimiento, producción. 11 Personal de mantenimiento, operadores.18, 19

INDICADORES
1) **Efectividad de Actividades** = $\frac{\#\ actividades\ realizadas}{\#\ activiades\ planificadas}\ x\ 100$
Mantener este indicador por encima del 95%.
2) **Proporción de Mantenimiento Preventivo** = $\frac{\#\ Mantenimientos\ Preventivos}{\#\ Mantenimientos\ Preventivos + \#\ Mantenimientos\ Correctivos}\ x\ 100$
Alcanzar un 80% de mantenimiento preventivo.
3)**Costo de Mantenimiento por Facturación**: $\frac{\#\ Costo\ total\ de\ mantenimiento\ por\ facturación}{\#\ Facturación\ total\ en\ el\ período}\ x\ 100$
Mantener este indicador por debajo del 5%.
4) **Eficiencia Operativa** = $\frac{\#\ Tiempo\ total\ de\ operación}{\#\ T\ de\ Operación + T\ de\ paradas}\ x\ 100$
Lograr una eficiencia operativa del 90%.

NORMA/REGLAMENTO
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 9001:2016 - Sistemas de Gestión de la Calidad. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 14001:2016 - Sistemas de Gestión Ambiental. NFPA 79: Código Eléctrico para Instalaciones de Maquinaria NFPA 86: Estándar para Hornos, Secadores y Equipos relacionados con el Procesamiento de Materiales ISO 9001: Sistema de Gestión de la Calidad ISO 14001: Sistema de Gestión Ambiental ISO 45001: Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo ISO 55000: Gestión de Activos

N. Actividad	REGISTROS / ANEXOS
1	Actividades de mantenimiento detalladas para los sistemas de la máquina inyectora de plástico HAITIAN
2	Programa de mantenimiento preventivo.
3	Órden de mantenimiento o requisiciones de materiales.
6	Registros de actividades de mantenimiento realizadas.
8	Check list de mantenimiento autónomo general
9	Registros de mantenimiento (órdenes de trabajo, reportes, etc.).
11	Informe de cumplimiento del plan y programa de mantenimiento.
15	Cronograma de mantenimiento

Figura 30. Continuación del Plan de Mantenimiento preventivo

- ***Diagrama SIPOC para el flujo de mantenimiento de la máquina inyectora de plástico HAITIAN***

Al caracterizar el proceso de mantenimiento preventivo, se procedió a representar en la Figura 31 las actividades de trabajo que se involucran en el desarrollo del mantenimiento a través de un diagrama de flujo detallado. Este diagrama de flujo facilita la comprensión y ejecución de manera secuencial y lógica de las etapas, tareas e involucrados que llevan a cabo el proceso desde la planificación y solicitud del propio mantenimiento, la verificación de los resultados y la implementación de acciones de mejora.

Todas las actividades se incorporan teniendo en cuenta documentos, decisiones, información, materiales, roles y un monitoreo meticuloso respecto al avance del plan, planteando una guía visual para todo el personal de mantenimiento, operarios de producción y supervisores relacionados con el proceso de inyección de plásticos, permitiendo una ejecución coordinada, eficiente y estandarizadas de las actividades, mitigando la variabilidad, defectos y promoviendo una mejora continua del proceso.

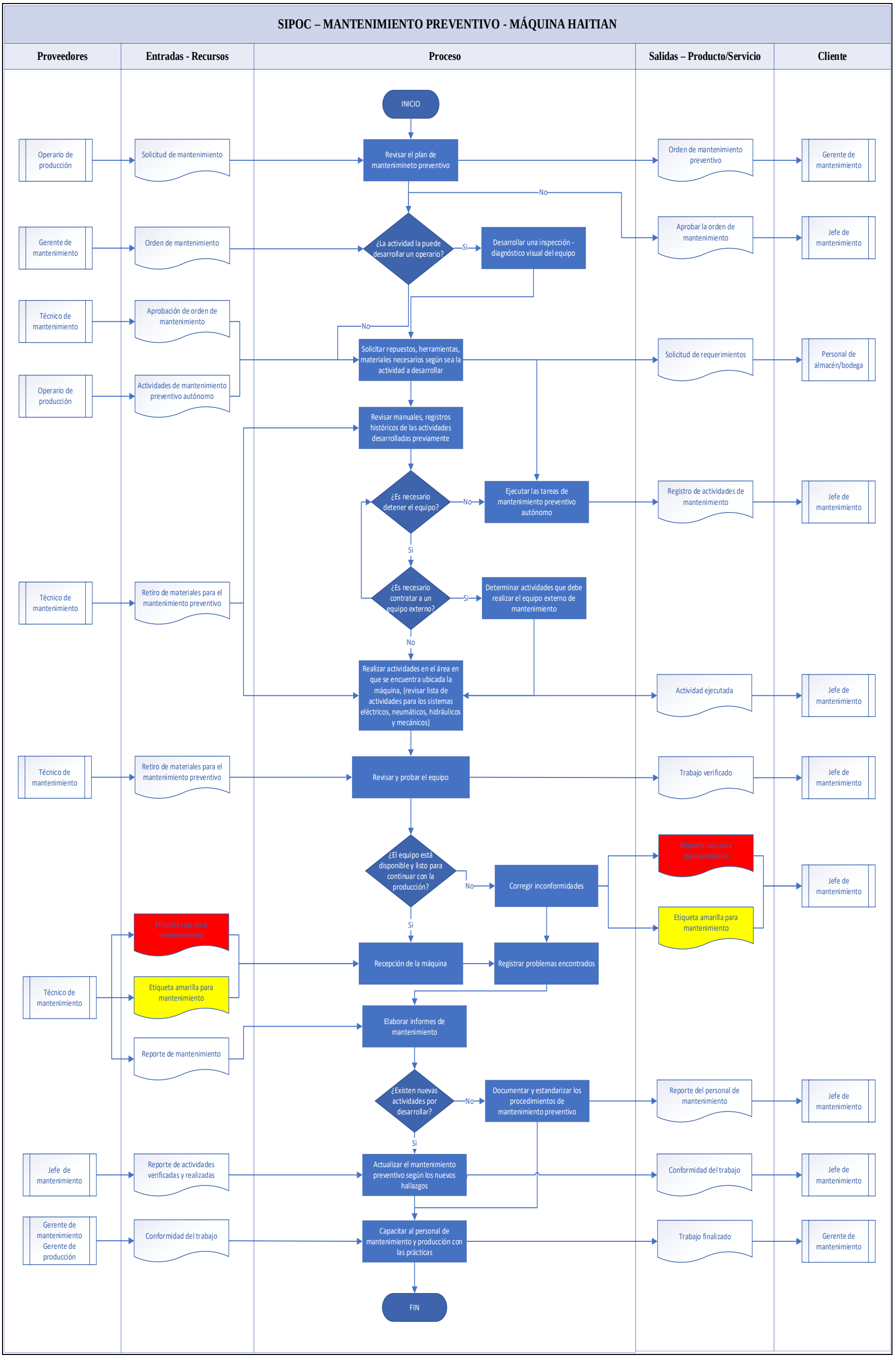


Figura 31. Diagrama SIPOC del mantenimiento preventivo

Etiqueta roja para mantenimiento – problema crítico

Esta etiqueta se utilizaría para alertar sobre la presencia de un problema crítico o una falla grave en la máquina inyectora de plásticos. Su diseño resaltado con "¡PROBLEMA CRÍTICO!" en la parte superior llama la atención sobre la importancia y urgencia de abordar la situación.

Mantenimiento Preventivo - Problema Crítico					
Fecha: __/__/__/			**Máquina:** Inyectora de Plásticos		
Turno:_____			**Modelo:** HAITIAN		
Problemas: ☐ Eléctrico		☐ Mecánico			
☐ Hidráulico		☐ Neumático			
☐ Otro					
Breve descripción del problema					
Estado: Operativa ☐ **Fuera de Servicio** ☐					
Etiqueta del problema					
Causa:_____		**Localización del problema:**_____			
Descripción del Problema					
Posible impacto del problema					
☐	Disponibilidad	☐	Calidad	☐	Producto
☐	Desgaste	☐	Seguridad	☐	Contaminación
☐	Otro	_____			
Responsable: _____					

Figura 32. Etiqueta para indicar problemas críticos

Etiqueta amarilla para mantenimiento – bajo riesgo

Esta etiqueta se utilizaría para identificar y documentar las actividades de mantenimiento preventivo programadas en la máquina inyectora de plásticos. Su propósito principal es brindar información clara sobre la fecha, el modelo de la máquina, el tipo de actividad de mantenimiento que se realizará (inspección, lubricación, ajuste, limpieza, cambio de piezas, calibración u otra), una breve descripción de la actividad y el responsable asignado.

Mantenimiento Preventivo - Bajo Riesgo					
Fecha: __/__/__			**Máquina:** Inyectora de Plásticos		
			Modelo: HAITIAN		
			Estado: Operativa ☐ Fuera de Servicio ☐		
Actividad de Mantenimiento					
☐	Inspeccion	☐	Lubricación	☐	Ajuste
☐	Limpieza	☐	Cambio de piezas	☐	Calibración
☐	Otro	_____			
Descripción de la actividad					
_____					
_____					
_____					
Responsable: _____					

Figura 33. Etiqueta para indicar problemas de bajo riesgo

- ***Actividades de mantenimiento detalladas para los sistemas de la máquina inyectora de plástico HAITIAN***

La Tabla 32, presenta operaciones que se requieren para llevar a cabo un mantenimiento puntual en los sistemas eléctricos, hidráulicos, neumáticos y mecánicos de la máquina inyectora de plásticos HAITIAN.

Tabla 32. Actividades para los sistemas de la máquina HAITIAN

ECUAMATRIZ	**Actividades de mantenimiento preventivo para los sistemas de la máquina**	**Código:** PMP-ACS-DOC-001	
		Fecha de elaboración: 14/06/2024	
		Fecha de aprobación:	
	Versión: 01		
NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS		
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:**	HAITIAN
PROCESO:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES

No.	Tipo	Actividad	Frecuencia			Observaciones
			Mensual	Trimestral	Anual	
1.	SISTEMA ELÉCTRICO	Revisión de cales flojos, alambres de cobre expuestos a la superficie.	X			
2.		Revisión de voltaje: ±15% de voltaje de uso normal.	X			
3.		Revisión de fusibles.	X			
4.		Revisión de circuitos de seguridad.	X			
5.		Controlar la temperatura del entorno de la máquina (entre el rango de 0 a 40°C.	X			
6.		Revisión de cambios drásticos de temperatura.	X			
7.		Atascamiento del ventilador en la caja del sistema.	X			
8.		Limpieza y suciedad del filtro.	X			
9.		Limpiar tablero eléctrico.	X	X		
10.		Limpieza de contactores principales.		X		
11.		Revisión de aislantes y termopares.		X		
12.		Verificación del funcionamiento de interruptores de seguridad, paros de emergencia, etc.			X	
13.		Limpieza de electroválvulas.			X	

ECUAMATRIZ	**Actividades de mantenimiento preventivo para los sistemas de la máquina**	**Código:** PMP-ACS-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:**
	Versión: 01	

NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS		
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:**	HAITIAN
PROCESO:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES

No.	Tipo	Actividad	Frecuencia			Observaciones
			Mensual	Trimestral	Anual	
14.	SISTEMA HIDRÁULICO	Revisar el volumen del aceite (debe estar en el nivel medio del medidor).	X			
15.		Temperatura del aceite entre (30 – 50 °C).	X			
16.		Revisar si la presión del aceite puede llegar al nivel configurado.	X			
17.		Revisar si la bomba hidráulica emite algún ruido anormal.	X			
18.		Revisión de los manómetros.	X			
19.		Revisar si existen fugas de aceite.		X		
20.		Revisar el filtro del aceite.		X		
21.		Revisar las condiciones de las mangueras hidráulicas.			X	
22.		Revisar la limpieza del intercambiador de calor.			X	
23.		Probar la calidad del aceite.			X	
24.	SISTEMA NEUMÁTICO	Revisión del filtro de aire.	X			
25.		Presión del filtro de aire.	X			
26.		Revisar ruidos y revisiones anormales en los filtros de aire.	X			
27.		Limpieza de filtros	X			
28.		Drenado del lubricante obsoleto.		X		
29.		Revisar la mezcla de agua y/o aceite.			X	

ECUAMATRIZ	**Actividades de mantenimiento preventivo para los sistemas de la máquina**	**Código:** PMP-ACS-DOC-001
		Fecha de elaboración: 14/06/2024
		Fecha de aprobación:
	Versión: 01	

NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS		
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:**	HAITIAN
PROCESO:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES

No.	Tipo	Actividad	Frecuencia			Observaciones
			Mensual	Trimestral	Anual	
30.	SISTEMA MECÁNICO	Verificación del funcionamiento de rodamientos y acoples.	X			
31.		Revisión de boquilla del cañón de inyección.	X			
32.		Revisión de tornillos faltantes en compuertas de la máquina.	X			
33.		Lubricación de bancada de deslizamiento de inyectoras.	X			
34.		Verificación de ruidos anómalos en el motor.		X		
35.		Verificar el ajuste de los pernos de rodilleras.		X		
36.		Revisión de soportes del pie de la máquina.			X	

- ***Programa de mantenimiento preventivo general para la máquina HAITIAN***

Para implementar el programa de mantenimiento preventivo, el personal técnico realizará las tareas especificadas en la Tabla 33, aplicando los protocolos de inspección establecidos para la inyectora HAITIAN.

Es crucial enfatizar que ciertas actividades requieren una frecuencia diaria o semanal, mientras que otras se llevarán a cabo mensual o anualmente. Esta rigurosa planificación tiene como objetivo anticipar y mitigar las potenciales fallas que podrían comprometer la calidad del producto final.

Tabla 33. Actividades de mantenimiento preventivo

ECUAMATRIZ	**Programa de mantenimiento preventivo general para la máquina HAITIAN**			**Código:** PMP-MPG-DOC-001	
				Fecha de elaboración: 14/06/2024	
				Fecha de aprobación:	
	Versión: 01				
NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS				
SECCIÓN:	PLÁSTICOS		**MARCA:**	HAITIAN	
PROCESO:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES		

Actividades	**Frecuencia**				
	Diaria	**Semanal**	**Mensual**	**Trimestral**	**Anual**
1. Realizar una inspección inicial de la máquina inyectora HAITIAN, verificando el estado general y revisando los registros de mantenimientos realizados previamente.	X	X			
2. Realizar el desmonte, limpieza, inspección y ajuste de los componentes del sistema hidráulico, incluyendo bombas, válvulas, cilindros y tuberías.			X		
3. Desmontar, inspeccionar, lubricar y ajustar los mecanismos de la unidad de inyección, como el husillo, la boquilla y el cilindro de inyección.			X		
4. Inspeccionar, limpiar y ajustar los componentes del sistema de expulsión, como el mecanismo y los pernos expulsores.		X			
5. Realizar el desmonte, limpieza y ajuste de los componentes del sistema de cierre, como las placas de cierre, los bujes guía y los mecanismos de bloqueo.				X	
6. Inspeccionar, limpiar y ajustar los componentes del sistema de refrigeración, como bombas, intercambiadores de calor y circuitos de agua.			X		
7. Verificar, limpiar y calibrar los sensores y dispositivos de control electrónicos.		X			

ECUAMATRIZ	**Programa de mantenimiento preventivo general para la máquina HAITIAN**	**Código:** PMP-MPG-DOC-001
		Fecha de elaboración: 14/06/2024
		Fecha de aprobación:
	Versión: 01	
NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS	
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:** HAITIAN
PROCESO:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:** ING. LUIS MORALES

Actividades	**Frecuencia**				
	Diaria	**Semanal**	**Mensual**	**Trimestral**	**Anual**
8. Inspeccionar, limpiar y ajustar los componentes del sistema neumático, como válvulas, cilindros y tuberías de aire comprimido.			X		
9. Realizar pruebas de funcionamiento después del mantenimiento, verificando los parámetros de operación y realizando ciclos de prueba.	X	X			
10. Capacitar al personal operativo sobre el correcto funcionamiento de la máquina, interpretación de alertas y posibles soluciones a problemas comunes.					X

- ***Orden de mantenimiento***

En la Tabla 34, se plantea este documento que es clave en la gestión y ejecución del plan de mantenimiento preventivo de la máquina HAITIAN. Este formato estandarizado permite documentar y comunicar de manera clara y precisa las actividades de mantenimiento que deben realizarse, los recursos necesarios, los responsables asignados y los plazos establecidos. La Orden de Mantenimiento sirve como una guía detallada para los técnicos encargados de llevar a cabo las tareas programadas, garantizando así una ejecución eficiente y coordinada del mantenimiento preventivo.

Tabla 34. Formato para orden de mantenimiento preventivo

ECUAMATRIZ		**Orden de mantenimiento preventivo para la máquina HAITIAN**			**Código:** PMP-OMP-DOC-001				
					Fecha de elaboración: 28/05/2024				
					Fecha de aprobación:				
		Versión: 01							
NOMBRE:		MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS							
SECCIÓN:		PLÁSTICOS			**MARCA:**	HAITIAN			
PROCESO:		MANTENIMIENTO PREVENTIVO							
ELABORADO POR:		MIGUEL PAZMIÑO		**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES				
DÍA:		**SEMANA:**		**MES:**		**AÑO:**			
Área	**Equipo**	**Actividad**	**Recursos**	**Responsable**	**L**	**M**	**M**	**J**	**V**

- ***Registro para actividades de mantenimiento***

En la Tabla 35, se visualiza un registro para las actividades realizadas, permite llevar un control exhaustivo de todas las acciones realizadas durante el plan de mantenimiento preventivo de la máquina inyectora de plásticos. En este registro, los técnicos encargados documentan de manera sistemática y detallada cada una de las tareas ejecutadas, incluyendo información relevante como fechas, horas, observaciones, recursos utilizados y cualquier incidencia o hallazgo significativo. Este registro constituye una fuente de información invaluable para el análisis posterior, la identificación de oportunidades de mejora y la trazabilidad de las actividades de mantenimiento.

Tabla 35. Formato de registro para actividades de mantenimiento

ECUAMATRIZ	**Registro de actividades de mantenimiento preventivo para la máquina HAITIAN**				**Código:** PMP-RAMP-DOC-001		
					Fecha de elaboración: 14/06/2024		
					Fecha de aprobación:		
	Versión: 01						
NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS						
SECCIÓN:	PLÁSTICOS				**MARCA:**	HAITIAN	
PROCESO:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO				**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES	
Fecha	**Hora de inicio**	**Hora de finalización**	**Responsable**	**Actividad ejecutada**	**Observaciones**	**Recursos utilizados**	**Incidencias - Hallazgos**

- ***Check list para mantenimiento autónomo general***

La Tabla 36, muestra una lista de operaciones bajo las cuáles se debe llevar a cabo el mantenimiento autónomo de la máquina, es preciso mencionar que este mantenimiento puede ser llevado a cabo no solo por el equipo de mantenimiento, también es posible de ejecutarse por operarios que estén capacitados de manera correcta.

Tabla 36. Check list para mantenimiento autónomo general

ECUAMATRIZ	**CHECK LIST DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO GENERAL**		**Código:** MAN-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:** **Versión:** 01
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:**	HAITIAN
PROCESO:	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		**ILUSTRACIÓN:** 
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES

No.	Actividad	Realizado		Frecuencia					Observaciones
		Si	No	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual	
1.	Personal con ropa adecuada			X					
2.	Inspección de dispositivos de seguridad (Puerta de seguridad e interruptor de fin de carrera). • La puerta de seguridad debe abrir y cerrar con normalidad. • La máquina no cerrará el molde mientras la puerta permanezca abierta. • Revisar la instalación del interruptor de final de carrera de la puerta de seguridad.			X	X				
	Inspeccionar la puerta de seguridad para el lado del operador.			X					
4.	Inspeccionar la puerta de seguridad para el lado del contrario al operador.			X					
5.	Inspeccionar la cubierta de la parte superior.								
6.	Revisar los dispositivos de seguridad mecánicos. • La contratuerca se encuentra rígida. • Al abrir la puerta de seguridad, la placa tope debe caer en la barra de carrera del lado del operador.			X	X				
7.	La válvula de la puerta de seguridad funciona de manera correcta. • Si la puerta se abre el dispositivo de empuja del spool detiene el cierre del molde.			X	X				

ECUAMATRIZ	**CHECK LIST DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO GENERAL**			**Código:** MAN-DOC-001	
				Fecha de elaboración: 14/06/2024	
				Fecha de aprobación:	
				Versión: 01	
NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS				
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:**		HAITIAN	
PROCESO:	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			**ILUSTRACIÓN:**	
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES		

No.	Actividad	Realizado		Frecuencia					Observaciones
		Si	No	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual	
8.	Al activar el botón de paro de emergencia, se apaga la fuente de energía eléctrica del motor y se detiene cualquier movimiento de la máquina.				X				
9.	Los tornillos de las partes móviles de la máquina se encuentran fijos. (Revisar sobre todo al momento de ajustar el molde de la máquina).				X				
10.	Revisar el tiempo necesario para calentar el cilindro. Si el tiempo aumenta o disminuye revisar el sistema de calefacción.				X				
11.	Revisar el nivel del aceite hidráulico.				X				
12.	Limpiar o purificar el cilindro del cierre del molde. • Si al abrir o cerrar el molde no se queda estático. • Paro prolongado de la máquina. Si se vacía el aceite hidráulico para cerrar el molde.				X				
13.	Revisar las condiciones de moldeo			X	X				
14.	Revisar el caudal del agua de enfriamiento.				X	X			
15.	Aplicar lubricación a los engranajes.					X			
16.	Revisar fugas de aceite e inclusive el volumen de fuga.					X			
17.	Inspeccionar visualmente las conexiones de mangueras.					X			
18.	Inspeccionar ruidos anormales.			X					
19.	Revisión de bandas calefactoras.					X			
20.	Revisión de los tornillos que fijan el husillo					X			

ECUAMATRIZ	**CHECK LIST DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO GENERAL**	**Código:** MAN-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:** **Versión:** 01

NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS				
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:**	HAITIAN	**ILUSTRACIÓN:**	
PROCESO:	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES		

No.	Actividad	Realizado		Frecuencia					Observaciones
		Si	No	Diaria	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual	
21.	Revisión del funcionamiento de mecanismos hidráulicos.					X	X	X	
22.	Revisión del tanque para el aceite drenado.						X	X	
23.	Revisar las condiciones del equipo de enfriamiento.						X	X	
24.	Revisión del aceite hidráulico. • Muestreo del aceite hidráulico. • Muestreo durante la operación de la máquina. Al cambiar el aceite hidráulico, dejarlo reposar durante 12 horas.						X	X	
21.	Revisión del funcionamiento de mecanismos hidráulicos.					X	X	X	
22.	Revisión del tanque para el aceite drenado.						X	X	
23.	Revisar las condiciones del equipo de enfriamiento.						X	X	
24.	Revisión del aceite hidráulico. • Muestreo del aceite hidráulico. • Muestreo durante la operación de la máquina. Al cambiar el aceite hidráulico, dejarlo reposar durante 12 horas.						X	X	

REALIZADO POR	**RECIBIDO POR**
_____ **Jefe de Mantenimiento**	_____ **Gerente**

- ***Informe de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo***

El Informe de cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo planteado en la Tabla 37, permite evaluar y monitorear de manera periódica el progreso y efectividad del plan de mantenimiento preventivo implementado para la máquina HAITIAN. En este informe, se consolidan y analizan los registros de actividades e incidencias relevantes ocurridas durante la ejecución del plan. El objetivo principal de este informe es proporcionar a la alta dirección y a los responsables del mantenimiento una visión clara del nivel de cumplimiento alcanzado, identificar áreas de mejora y tomar decisiones informadas para optimizar continuamente el plan de mantenimiento preventivo.

Tabla 37. Formato para informes del plan de mantenimiento preventivo

ECUAMATRIZ	**Informe del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo para la máquina HAITIAN**	**Código:** PMP-RAMP-DOC-001	
		Fecha de elaboración: 14/06/2024	
		Fecha de aprobación:	
	Versión: 01		
NOMBRE:	MÁQUINA INYECTORA DE PLÁSTICOS		
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:**	HAITIAN
PROCESO:	MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES

Fecha	Tarea programada	Tarea ejecutada (Si – No)	Responsable	Estado (Completo o Incompleto)	Observaciones	Recursos utilizados	Incidencias - Hallazgos	Nivel de cumplimiento (%)	Recomendaciones

2. Adiestramiento y capacitación para los operarios

Teniendo en cuenta que los defectos identificados en el proceso de inyección de plástico están relacionados con el manejo de la máquina inyectora de plástico, en la Tabla 38, se diseña un programa de capacitación para introducir al personal a un manejo efectivo brindando a los operarios habilidades que permitan mejorar la calidad de las tapas plásticas.

Tabla 38. Proyecto para capacitar y adiestrar a los operarios

<table>
<tr><td rowspan="2">ECUAMATRIZ</td><td colspan="3" rowspan="2">Adiestramiento y capacitación para el manteniendo y manejo de la máquina inyectora de plástico HAITIAN</td><td>Código: CYA-DOC-001</td></tr>
<tr><td>Fecha de elaboración: 14/06/2024</td></tr>
<tr><td colspan="3">Versión: 01</td><td>Fecha de aprobación:</td></tr>
<tr><td>PROCESO:</td><td colspan="4">ADIESTRAMIENTO Y CAPACITACIÓN</td></tr>
<tr><td>ELABORADO POR:</td><td>MIGUEL PAZMIÑO</td><td>APROBADO POR:</td><td colspan="2">ING. LUIS MORALES</td></tr>
<tr><td>Objetivo:</td><td colspan="4">Desarrollar las habilidades y conocimientos del personal para realizar un mantenimiento preventivo adecuado y operar de manera segura y eficiente las máquinas inyectoras de plástico.</td></tr>
<tr><td>Alcance:</td><td colspan="4">La capacitación para operarios del proceso de inyección de plástico busca mejorar la calidad del producto final, concientizando sobre su rol clave y desarrollando conocimientos y habilidades técnicas a través de teoría, simulaciones y prácticas que les permitan operar de manera óptima, prevenir defectos, realizar ajustes oportunos y tomar decisiones acertadas para maximizar la eficiencia y calidad.</td></tr>
<tr><td>Responsables:</td><td colspan="4">• Departamento de producción
• Departamento de mantenimiento
• Departamento de calidad</td></tr>
<tr><td colspan="5">Temas para tratar en el programa</td></tr>
<tr><td colspan="3">Módulo</td><td colspan="2">Descripción</td></tr>
<tr><td colspan="3">Conocimiento de material plásticos utilizados en la inyección</td><td colspan="2">Descripción de los diferentes tipos de polímeros y resinas utilizados en la inyección de plástico, sus propiedades y aplicaciones.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Componentes de la máquina de inyección y equipos auxiliares</td><td colspan="2">Explicación de los componentes principales de una máquina de inyección de plástico y los equipos auxiliares necesarios.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ajustes de parámetros</td><td colspan="2">Fundamentos teóricos del proceso de inyección y cómo ajustar los parámetros de la máquina para optimizar el proceso.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Identificación de los defectos en piezas inyectadas</td><td colspan="2">Reconocimiento de los diferentes tipos de defectos que pueden presentarse en las piezas inyectadas.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Causas de los defectos</td><td colspan="2">Análisis de las causas potenciales de los defectos, relacionadas con los materiales, el procesado, el molde o el diseño.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Corrección los defectos en inyección</td><td colspan="2">Estrategias y acciones correctivas para solucionar los defectos de inyección identificados.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Simulación para analizar y corregir defectos</td><td colspan="2">Uso de herramientas de simulación para analizar y corregir defectos en el diseño y proceso de inyección.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sesiones de programación y optimización en máquina real</td><td colspan="2">Práctica en una máquina de inyección real, programando y optimizando el proceso para evitar defectos en las piezas.</td></tr>
</table>

ECUAMATRIZ	**Adiestramiento y capacitación para el manteniendo y manejo de la máquina inyectora de plástico HAITIAN**	**Código:** CYA-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:**
	Versión: 01	
PROCESO:	ADIESTRAMIENTO Y CAPACITACIÓN	
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:** ING. LUIS MORALES

Prácticas

- Simulacros de mantenimiento preventivo en la máquina de inyección de plástico HAITIAN.
- Prácticas de operación bajo supervisión del personal de mantenimiento.
- Ejercicios de resolución y ajuste de parámetros ante problemas que se presenten.

Demostraciones

- Montaje y desmontaje de componentes críticos.
- Ajuste y calibración de los sistemas.
- Uso correcto de herramientas y equipos de mantenimiento.

Resolución ante posibles dudas

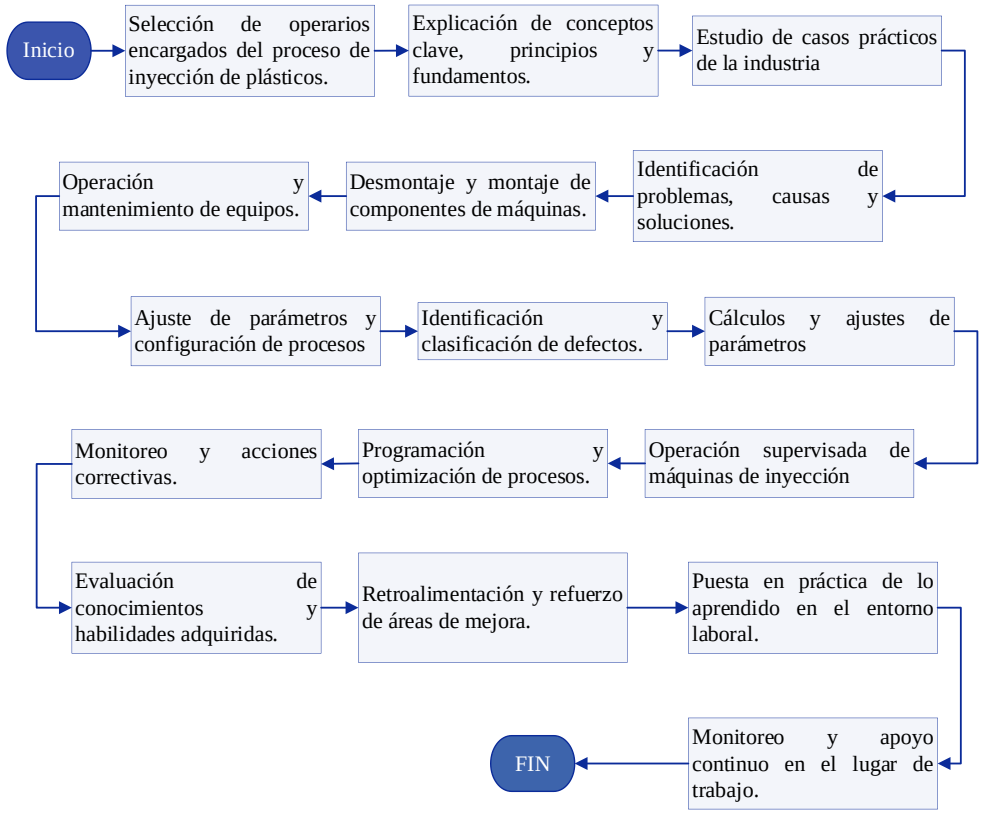
- Discutir con los operarios inquietudes y registrarlas.
- Simular casos prácticos y con situaciones reales.

Registros

- Registrar las sesiones finalizadas sobre la capacitación y sus respectivos módulos.

Proceso

Programa de capacitación de mantenimiento preventivo y manejo de máquinas inyectoras de plástico



ECUAMATRIZ	**Adiestramiento y capacitación para el manteniendo y manejo de la máquina inyectora de plástico HAITIAN**	**Código:** CYA-DOC-001
		Fecha de elaboración: 14/06/2024
		Fecha de aprobación:
	Versión: 01	
PROCESO:	ADIESTRAMIENTO Y CAPACITACIÓN	
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:** ING. LUIS MORALES

Recomendaciones
• Para llevar a cabo este adiestramiento de los operarios se recomienda que se involucren profesionales con la experiencia y práctica que garanticen ampliar el conocimiento técnico de los operarios. • Disponer de un espacio adecuado para las sesiones prácticas, asi como de la disponibilidad de la máquina y equipos que puedan brindar demostraciones. • Combinar presentaciones visuales, manuales, videos, muestras de piezas y materiales, para mantener el interés y facilitar la comprensión de los conceptos. • Evaluar el nivel de conocimientos y experiencia previa de los participantes para ajustar el contenido y la profundidad de los temas abordados.

En la Tabla 39, se han planteado un cronograma de actividades como sugerencia para el desarrollo de la capacitación y adiestramiento de los operarios, esto teniendo en cuenta los módulos y temas planteados que puedan brindar un mejor desarrollo de la capacitación.

Tabla 39. Cronograma para la capacitación y adiestramiento de operarios

ECUAMATRIZ		**Cronograma detallado de capacitación con actividades**			**Código:** PC-CRA-DOC-001		
					Fecha de elaboración: 14/06/2024		
		Versión: 01			**Fecha de aprobación:**		
SECCIÓN:		PLÁSTICOS			**MARCA:**	HAITIAN	
PROCESO:		Adiestramiento para el buen uso de la máquina HAITIAN					
ELABORADO POR:		MIGUEL PAZMIÑO			**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES	
Fecha	**Duración**	**Módulo**	**Actividad**	**Método**	**Descripción**	**Instructor responsable**	**Recursos utilizados**
	2 horas	Conocimiento de materiales plásticos	Presentación sobre polímeros y resinas utilizados en inyección de plástico, propiedades y aplicaciones.	Presentación interactiva	Uso de diapositivas y discusión participativa para explicar los conceptos.		Proyector, laptop, diapositivas, muestras de polímeros
	2 horas	Conocimiento de materiales plásticos	Discusión de estudios de casos prácticos de la industria.	Estudio de casos, discusión grupal	Análisis de ejemplos reales de la industria, con discusión grupal para identificar problemas y soluciones.		Casos de estudio impresos
	2 horas	Componentes de la máquina de inyección y equipos auxiliares	Demostración en máquina de los componentes principales y equipos auxiliares necesarios.	Demostración práctica	Mostrar físicamente los componentes y procesos en la máquina.		Máquina inyectora, componentes de muestra, herramientas
	3 horas	Componentes de la máquina de inyección y equipos auxiliares	Actividad práctica de desmontaje y montaje de componentes de la máquina.	Taller práctico	Realizar tareas específicas bajo supervisión.		Herramientas de desmontaje, componentes de la máquina, manuales
	2 horas	Ajustes de parámetros	Explicación teórica sobre el proceso de inyección y parámetros críticos.	Clase teórica	Sesión de aula para explicar los fundamentos teóricos.		Pizarrón, marcadores, presentaciones, apuntes

ECUAMATRIZ	Cronograma detallado de capacitación con actividades			**Código:** PC-CRA-DOC-001	
				Fecha de elaboración: 14/06/2024	
				Fecha de aprobación:	
	Versión: 01				
NOMBRE:	Capacitación para operarios de la máquina HAITIAN				
SECCIÓN:	PLÁSTICOS		**MARCA:**	HAITIAN	
PROCESO:	Adiestramiento para el buen uso de la máquina HAITIAN				
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO		**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES	

Fecha	Duración	Módulo	Actividad	Método	Descripción	Instructor responsable	Recursos utilizados
	2 horas	Sesiones de programación y optimización en máquina real	Configuración inicial y programación de una máquina de inyección para un proceso específico.	Práctica en máquina	Configuración y programación de máquina de inyección.		Máquina inyectora, manuales, herramientas
	2 horas	Sesiones de programación y optimización en máquina real	Optimización de parámetros para evitar defectos y mejorar la calidad de las piezas inyectadas.	Práctica en máquina	Operar y ajustar parámetros en una máquina real de inyección.		Máquina inyectora, manuales, herramientas
	3 horas	Sesiones de programación y optimización en máquina real	Ejercicios prácticos y resolución de problemas en tiempo real con supervisión.	Taller práctico	Resolución de problemas en máquina de inyección en tiempo real.		Máquina inyectora, manuales, herramientas
	2 horas	Operación y mantenimiento de equipos	Demostración de operación segura y mantenimiento preventivo de las máquinas inyectoras y equipos auxiliares.	Demostración práctica	Mostrar físicamente los componentes y procesos en la máquina.		Máquina inyectora, equipos auxiliares, herramientas, manuales
	3 horas	Operación y mantenimiento de equipos	Ejercicio práctico de mantenimiento preventivo en una máquina inyectora.	Taller práctico	Mantenimiento preventivo en máquina inyectora.		Máquina inyectora, herramientas de mantenimiento, manuales

ECUAMATRIZ	**Cronograma detallado de capacitación con actividades**	**Código:** PC-CRA-DOC-001
		Fecha de elaboración: 14/06/2024
	Versión: 01	**Fecha de aprobación:**
NOMBRE:	Capacitación para operarios de la máquina HAITIAN	
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:** HAITIAN
PROCESO:	Adiestramiento para el buen uso de la máquina HAITIAN	
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:** ING. LUIS MORALES

Fecha	Duración	Módulo	Actividad	Método	Descripción	Instructor responsable	Recursos utilizados
	3 horas	Operación y mantenimiento de equipos	Ejercicio práctico de mantenimiento preventivo en una máquina inyectora.	Taller práctico	Mantenimiento preventivo en máquina inyectora.		Máquina inyectora, herramientas de mantenimiento, manuales
	3 horas	Identificación y clasificación de defectos	Taller de identificación y clasificación de defectos en piezas inyectadas, con ejemplos reales.	Taller práctico	Identificación y clasificación de defectos en piezas.		Piezas defectuosas, herramientas de inspección, rotafolios, marcadores
	2 horas	Programación y optimización de procesos	Sesión de programación de los parámetros de la máquina de inyección en un entorno controlado.	Práctica en máquina	Programación de parámetros en máquina de inyección.		Máquina inyectora, manuales, herramientas
	2 horas	Programación y optimización de procesos	Optimización de procesos para mejorar la calidad y eficiencia del proceso de inyección.	Práctica en máquina	Operar y ajustar parámetros en una máquina real de inyección.		Máquina inyectora, manuales, herramientas
	3 horas	Monitoreo y acciones correctivas	Taller sobre técnicas de monitoreo continuo y acciones correctivas durante el proceso de inyección.	Taller práctico	Técnicas de monitoreo y acciones correctivas.		Equipos de monitoreo, piezas de muestra, marcadores

ECUAMATRIZ	Cronograma detallado de capacitación con actividades	**Código:** PC-CRA-DOC-001
		Fecha de elaboración: 14/06/2024
	Versión: 01	**Fecha de aprobación:**
NOMBRE:	Capacitación para operarios de la máquina HAITIAN	
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MARCA:** HAITIAN
PROCESO:	Adiestramiento para el buen uso de la máquina HAITIAN	
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:** ING. LUIS MORALES

Fecha	Duración	Módulo	Actividad	Método	Descripción	Instructor responsable	Recursos utilizados
	1 horas	Evaluación de conocimientos y habilidades adquiridas	Evaluación teórica y práctica para medir el conocimiento y habilidades adquiridas durante la capacitación.	Evaluación	Pruebas teóricas y prácticas para medir el aprendizaje.		Pruebas impresas, casos prácticos, herramientas de evaluación
	1 horas	Retroalimentación y refuerzo de áreas de mejora	Sesión de feedback individual y grupal para identificar áreas de mejora y reforzar conocimientos.	Feedback	Sesiones de retroalimentación para mejorar y reforzar conocimientos.		Formatos de feedback, rotafolios, marcadores
	2 horas	Monitoreo y apoyo continuo en el lugar de trabajo	Acompañamiento y soporte en el lugar de trabajo para asegurar la correcta implementación de los conocimientos adquiridos.	Soporte en campo	Acompañamiento y soporte para asegurar correcta implementación.		Supervisores en campo, herramientas de monitoreo y soporte

3. Protocolo de limpieza para la máquina HAITIAN

Reconociendo que los defectos en las tapas plásticas inyectadas, tales como veteados, incompletos y deformados, pueden ser causados por falta de limpieza en el proceso de inyección, En la Tabla 40, se ha implementado un protocolo en el que se detalla exhaustivamente los procedimientos de limpieza que deben seguirse.

Tabla 40. Proyecto protocolo de limpieza para la máquina HAITIAN

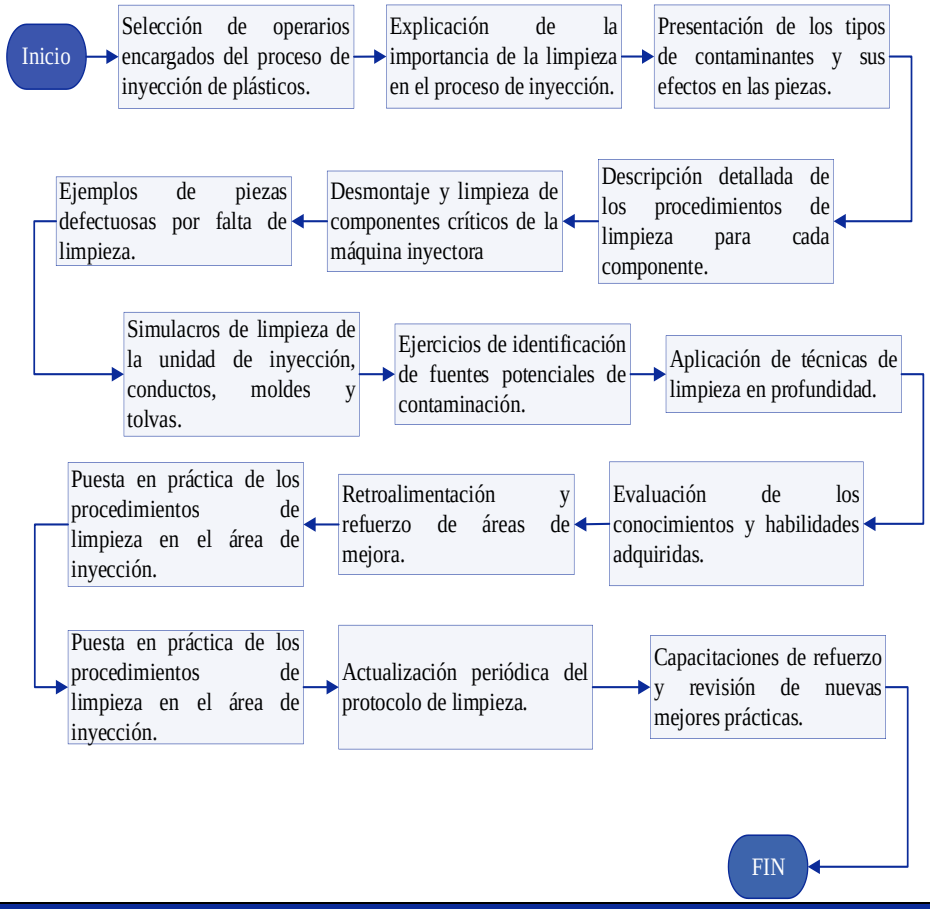
<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="3" rowspan="2">Limpieza y concientización sobre la máquina HAITIAN</td><td>Código: LYA-DOC-001</td></tr>
<tr><td>Fecha de elaboración: 14/06/2024</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">Versión: 01</td><td>Fecha de aprobación:</td></tr>
<tr><td>PROCESO:</td><td colspan="4">LIMPIEZA</td></tr>
<tr><td>ELABORADO POR:</td><td>MIGUEL PAZMIÑO</td><td>APROBADO POR:</td><td colspan="2">ING. LUIS MORALES</td></tr>
<tr><td>Objetivo:</td><td colspan="4">Implementar prácticas de limpieza rigurosas y concientizar a los operarios sobre la importancia de mantener un entorno libre de contaminantes para prevenir defectos en las piezas inyectadas.</td></tr>
<tr><td>Alcance:</td><td colspan="4">Todo el personal involucrado en el proceso de inyección de plástico aplicará el protocolo y las buenas prácticas de limpieza para adoptar una organización y costumbres de limpieza en los puestos de trabajo como costumbre.</td></tr>
<tr><td>Responsables:</td><td colspan="4">• Departamento de mantenimiento
• Operarios del área de inyección de plástico</td></tr>
<tr><td colspan="5">Actividades para tener en cuenta</td></tr>
<tr><td colspan="2">Actividad</td><td colspan="3">Descripción</td></tr>
<tr><td colspan="2">Antes de iniciar las operaciones de inyección</td><td colspan="3">• Realzar una inspección visual y una limpieza completa de la máquina y el área en la que se encuentra, asegurando que no exista residuos ni contaminantes.
• Verificar que existan recipientes para desechos y que estén colocados de manera correcta.
• Mantener un área de trabajo libre de objetos incensarios, herramientas sueltas o materiales que no se relacionen con el proceso.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Durante el proceso de inyección</td><td colspan="3">• Cubrir las tolvas y conductos por los que pueda ingresar contaminantes externos.
• Limpiar de manera periódica la zona de expulsión de plástico restante y los alrededores de la máquina.
• Proteger los componentes de la máquina cuando no esté en uso.</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">Limpieza y concientización sobre la máquina HAITIAN</td><td>Código: LYA-DOC-001</td></tr>
<tr><td>Fecha de elaboración: 14/06/2024</td></tr>
<tr><td>Fecha de aprobación:</td></tr>
<tr><td colspan="3">Versión: 01</td></tr>
<tr><td>PROCESO:</td><td colspan="2">LIMPIEZA</td></tr>
<tr><td>ELABORADO POR:</td><td>MIGUEL PAZMIÑO</td><td>APROBADO POR:</td><td>ING. LUIS MORALES</td></tr>
<tr><td colspan="2">Al finalizar el turno de trabajo</td><td colspan="2">• Cubrir los conductos de alimentación y tolvas para evitar la entrada de contaminantes.
• Limpiar a fondo la máquina inyectora, incluyendo la unidad de inyección, boquilla, cilindro de inyección y placa de cierre.
• Realizar una limpieza interna de los componentes críticos, como el husillo, boquilla y cilindro de inyección.
• Guardar las herramientas y equipos de limpieza en sus respectivos lugares.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Vestimenta y presentación del operario</td><td colspan="2">• Uso de EPP requerido durante la jornada laboral.
• Mantener las manos limpias y libres de contaminantes.
• No usar joyas ni accesorios que puedan caer de manera accidental en la máquina.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Periodicidad</td></tr>
<tr><td colspan="4">• Diaria
Durante toda la jornada laboral.
• Semanal
Coordinar con las actividades relacionadas al mantenimiento.</td></tr>
<tr><td colspan="4">Registros</td></tr>
<tr><td colspan="4">• Registrar las anomalías que se presenten antes, durante y/o después de llevar a cabo la limpieza.
• Realizar u informe semanal o al final de cada producción en el que se detalle las actividades que se llevaron a cabo.</td></tr>
</table>

ECUAMATRIZ	**Limpieza y concientización sobre la máquina HAITIAN**	**Código:** LYA-DOC-001
		Fecha de elaboración: 14/06/2024
		Fecha de aprobación:
	Versión: 01	
PROCESO:	LIMPIEZA	
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:** ING. LUIS MORALES

Proceso

Diagrama de flujo para el proceso de limpieza y capacitación de la máquina inyectora de plástico



Recomendaciones

- Involucrar no solo a los operarios sino también a todo el personal de mantenimiento, para asignar responsabilidades específicas de limpieza a cada uno de los miembros y mantener tareas equitativas.
- Establecer una rutina de limpieza diaria, semanal y mensual para cada componente permite mantener altos estándares de higiene y evitar acumulaciones de suciedad.
- Proporcionar los equipos y materiales de limpieza adecuados es crucial para que el personal pueda realizar su trabajo de manera efectiva y segura.
- Mantener registros de las actividades de limpieza realizadas permite llevar un control detallado y facilita la realización de evaluaciones y ajustes continuos al protocolo según sea necesario.

- ***Caracterización del protocolo de limpieza de la máquina inyectora de plástico HAITIAN***

La Figura 34, muestra una visión estructurada de las actividades y recursos involucrados en las distintas etapas del proceso, esto facilita la identificación de recursos, formatos, personal involucrado en la actividad y su respectiva función para llevar a cabo la ejecución del proceso y de esta manera garantizar un enfoque sistemático del mismo.

Al plantear un protocolo de limpieza bien definido, es posible obtener mejoras a través de la identificación, optimización y minimización de riesgos que se asocian a cualquier actividad que ponga en riesgo la integridad de los productos y la máquina inyectora de plástico. Esto permite dar un seguimiento meticuloso a aquellas tareas que pueden parecer simples o poco relevantes, por lo que se asegura un entorno de trabajo seguro y una producción mínima de defectos con productos de alta calidad.

La caracterización del protocolo se detalla con la finalidad de mantener una trazabilidad .y transparencia respecto a las acciones y decisiones realizadas para detectar, prevenir y mitigar problemas que perjudiquen la higiene de la máquina.

Previo al inicio de la producción, se llevará a cabo actividades de preparación y verificación que aseguren condiciones óptimas de la máquina, de igual manera existen actividades que se realizaran durante la producción para evitar acumulaciones de residuos y finalmente una vez que la producción haya finalizado se ejecutaran actividades de limpieza exhaustiva que resultan complementarias al mantenimiento preventivo de la máquina.

ECUAMATRIZ	CARACTERIZACIÓN DE PROCESO PROTOCOLO DE LIMPIEZA - MÁQUINA HAITIAN	**Código:**	PL-INY-PRO-002
		Fecha de Elaboración:	4/6/2024
		Última Aprobación:	
		Revisión:	01
	Elaborado por: Miguel Pazmiño	**Revisado por:** Ing. Luis Morales	**Aprobado por:** Ing. Luis Morales

MACROPROCESO:	Inyección de Plástico
PROCESO:	Producción de artículos plásticos
PROCEDIMIENTO:	Protocolo de limpieza de la máquina inyectora de plástico. **CÓDIGO:** PL-INY-PD
PROPIETARIO DEL PROCESO:	Departamento de Producción
OBJETIVO:	Establecer las actividades y pasos a seguir para realizar una limpieza adecuada y periódica de la máquina, asegurando su correcto funcionamiento.
ALCANCE:	Involucra actividades previas a la puesta en marcha de la máquina inyectora de plástico HAITIAN hasta el final de la producción.

RECURSOS

FÍSICOS:

Máquina inyectora de plásticos - HAITIAN
Área de ubicación de la máquina (Área de plásticos)
Materias primas: aceites, lubricantes, desengrasantes
Materiales de limpieza: trapos de limpieza, filtros de aire, aceite y refrigerante y juntas de repuesto, etc.
Hojas de resgitros
Manual de la máquina

TÉCNICOS

Sistema informático de gestión documental de la empresa.
Plataforma tecnológica zoom, teams, o google meet para reuniones.
Plataforma OneDrive (nube de Microsoft), Google Drive o Dropbox.

PHVA	N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
Planificar	1	Identificar y seleccionar operarios encargados de la producción.	Departamento de producción
	2	Realizar una sesión informativa sobre la importancia de la limpieza para garantizar la calidad del producto inyectado	Departamento de producción
	3	Mostrar ejemplos de contaminantes comunes y sus efectos en los productos inyectados.	Departamento de producción
Hacer	4	Elaborar y presentar procedimientos específicos de limpieza para la máquina HAITIAN.	Departamento de mantenimiento
	5	Desmontar y limpiar componentes críticos de la máquina siguiendo los procedimientos establecidos.	Técnico de mantenimiento, operario de producción.
	6	Realizar limpieza en profundidad de todas las áreas de la máquina.	Técnico de mantenimiento.
Verificar	7	Evaluar a los operarios sobre los conocimientos y habilidades adquiridas durante la limpieza de la máquina.	Supervisor de producción.
	8	Realizar simulacros de limpieza en las áreas clave de la máquina inyectora.	Departamento de producción

ECONÓMICOS:

Presupuesto de mantenimiento: Proviene del departamento de mantenimiento o del área encargada de la gestión de activos de la empresa.
Presupuesto de capacitación: Proviene del departamento de recursos humanos o del área de capacitación y desarrollo de la empresa.
Presupuesto de adquisición de equipos de limpieza: Proviene del departamento de compras o del área encargada de la adquisición de activos de la empresa.

RRHH:

Personal de mantenimiento: Técnicos de mantenimiento, supervisores o jefes de mantenimiento.
Personal de producción: Operadores de la máquina inyectora, supervisores de producción.
Personal de ingeniería: Ingenieros de procesos.
Personal de recusos humanos: Personal designado para la asistencia, simulacros y cumplimiento de la capacitación de los operarios

Figura 34. Caracterización del protocolo de limpieza - Máquina HAITIAN

PROVEEDORES	ENTRADAS
Departamento de producción. 1, 2, 3, 8, 10, 11 Departamento de mantenimiento. 4 Departamento de calidad. Ténico de mantenimiento, 5, 6 Supervisor de producción. 7, 9 Departamento de recursos humanos. 11	Registro de personal. 1 Material de formación, lista de operarios seleccionados. 2 Información sobre contaminantes, piezas defectuosas. 3 Información técnica de la máquina, mejores prácticas de limpieza. 4 Herramientas de limpieza, manual de procedimientos.5, 6, 8 Material de evaluación, lista de operarios capacitados. 7 Informe de retroalimentación, mejores prácticas. 9, 10 Protocolo de limpieza actualizado, materiales de formación. 11

Actuar	9	Recibir retroalimentación de los operarios y reforzar las áreas de mejora identificadas.	Supervisor de producción.
	10	Revisar y actualizar el protocolo de limpieza basado en los comentarios y resultados obtenidos.	Departamento de producción
	11	Organizar capacitaciones periódicas de refuerzo y actualizar a los operarios sobre nuevas mejores prácticas.	Departamento de recursos humanos.

SALIDAS	CLIENTES
Lista de operarios encargados. 1 Operarios informados. 2 Operarios capacitados. 3, 11 Procedimientos documentados. 4 Componentes limpios. 5 Máquina limpia. 6 Resultados de evaluación. 7 Simulacros realizados. 8 Sugerencias para mejorar la limpieza de la máquina. 9 Protocolo actualizado. 10	Departamento de producción. 1, 5, 6, 9 Operarios de la máquina. 2, 3, 4, 5, 6 Departamento de recursos humanos. 7 Supervisor de producción. 8 Operarios de mantenimiento y producción. 10, 11

INDICADORES
1) ***Cumplimiento del programa de limpieza*** $= \frac{\#\ Número\ de\ actividades\ de\ limpieza\ realizadas}{\#\ Número\ total\ de\ actividades\ de\ limpieza\ programadas} x\ 100$
Mantener el cumplimiento del programa de limpieza por encima del 95%.
2)***Tiempo de inactividad por limpieza*** $\frac{\#Tiempo\ total\ destinado\ a\ limpieza}{\#\ Tiempo\ total\ de\ operación\ de\ la\ máquina} x\ 100$
Mantener el tiempo de inactividad por limpieza por debajo del 5%.
3) ***Tiempo promedio de limpieza por ciclo de producción=*** $\frac{Tiempo\ total\ de\ limpieza}{Número\ de\ ciclos\ de\ producción}$
Reducir el tiempo promedio de limpieza por ciclo de producción a menos de 15 minutos.
4) ***Porcentaje de reprocesos por contaminación:=*** $\frac{Número\ de\ productos\ reprocesados\ por\ contaminación}{Número\ total\ de\ productos\ producidos)} x100$
Mantener el porcentaje de reprocesos por contaminación por debajo del 1%.

NORMA/REGLAMENTO
Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393). NTE INEN-ISO 9001:2016 - Sistemas de Gestión de la Calidad. NTE INEN-ISO 14001:2016 - Sistemas de Gestión Ambiental. NTE INEN 2516 - Especificaciones para materiales plásticos. RTE INEN 022 - Reglamento técnico para productos plásticos y sus derivados. Instructivo para la Aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Manual e instrutivo de la mpaquina inyectora de plástico HAITIAN.

N. Actividad	REGISTROS / ANEXOS
4	Actividades de limpieza
5	Registro de actividades realizadas para operarios
6	Registro de actividades realizadas para técnicos de mantenimiento
8	Registro de simulacros y temas tratados
10	Protocolo de limpieza actualizado

Figura 35. Continuación del protocolo de limpieza - Máquina HAITIAN 2

- ***Diagrama SIPOC para el protocolo de limpieza de la máquina inyectora de plástico HAITIAN***

En la Figura 36, se observa el diagrama SIPOC en el que se detalla el proceso a seguir para llevar a cabo el protocolo de limpieza de la máquina HAITIAN, este diagrama prepara a la producción previo a su inicio verificando y separando los materiales y recursos que se utilizaran en la máquina, así como las instrucciones necesarias para que los operarios de la máquina realicen su respectivo monitoreo y limpieza periódica según las actividades que se designen en el protocolo.

Una vez completadas las actividades, se obtendrán salidas que incluyen informes, registros y principalmente una maquinaria limpia y lista para operar de manera continua. Este diagrama sirve a modo de guía para que los operadores, técnicos, supervisores y todo el personal relacionado pueda ejecutar de manera lógica y secuencial las actividades de limpieza que se respaldan por su respectivo documento correspondiente.

Hay que tener en cuenta que este protocolo se centra netamente en prácticas de limpieza que puedan ser desarrolladas de manera rápida y sencilla por los operarios, sin embargo, las rutinas de limpieza sugeridas buscan mantener un entorno libre de contaminantes que pueden generar defectos inesperados, por lo que existen actividades que demandan un mayor conocimiento por parte del personal de mantenimiento y tiempo para su respectivo desarrollo.

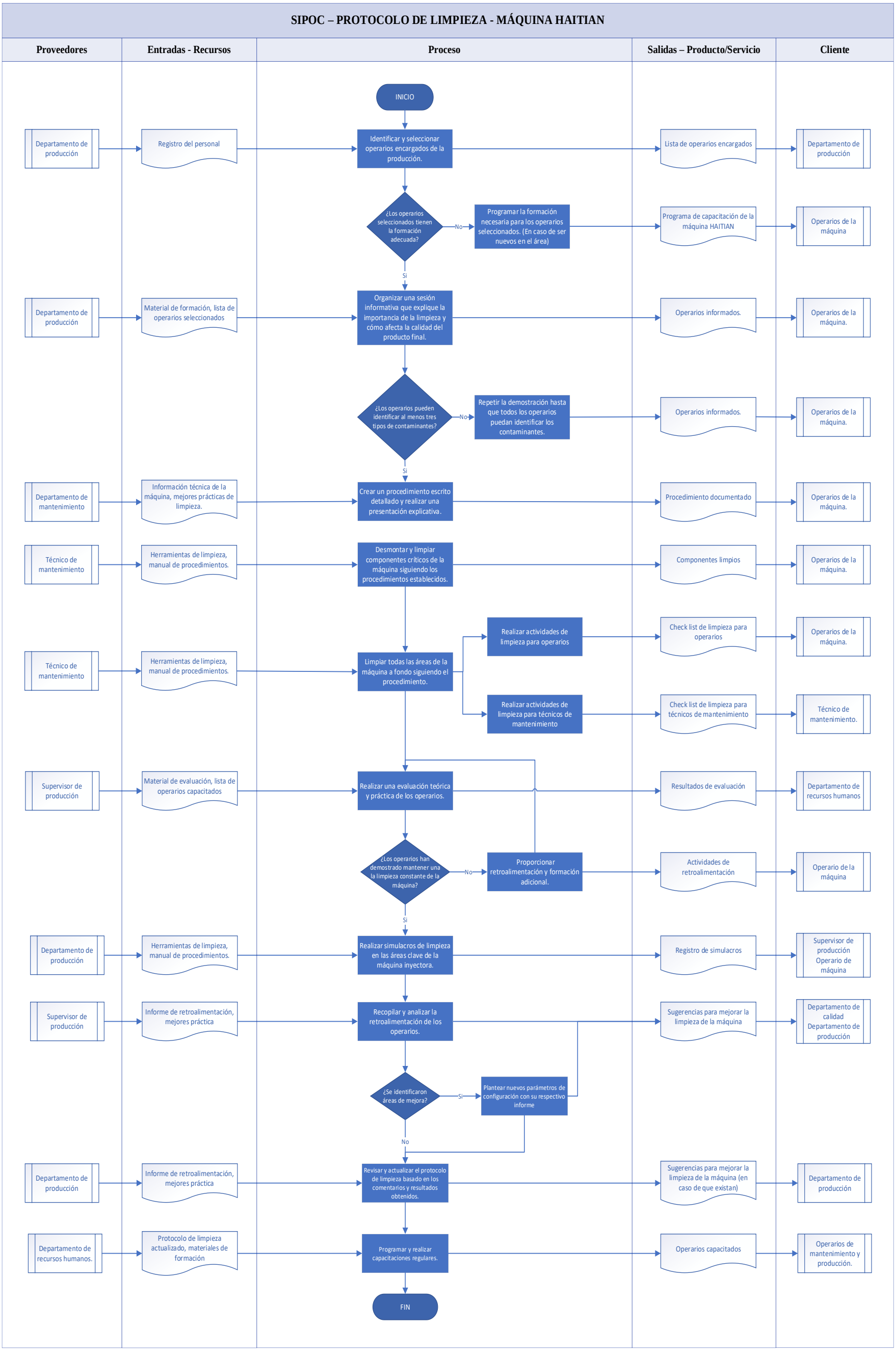


Figura 36. Diagrama SIPOC del protocolo de limpieza de la máquina HAITIAN

- ***Actividades de limpieza para operarios de la máquina HAITIAN***

La Tabla 41, plantea actividades que han sido recomendadas por el personal de producción y el personal de mantenimiento para que los operarios de la máquina realicen su respectiva limpieza. Se enfoca en plantear tareas rutinarias y que son accesibles para la limpieza superficial y funcional de la máquina, esto asegura y mantiene a la maquinaria libre de contaminante que puedan afectar a la calidad del producto final.

Tabla 41. Actividades de limpieza para operarios de la máquina HATIAN

ECUAMATRIZ	**Actividades de limpieza para realizar por los operarios de la máquina HAITIAN** **Versión:** 01					**Código:** AL-OM-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:**	
SECCIÓN:	PLÁSTICOS					**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN						
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO			**APROBADO POR:**			ING. LUIS MORALES
FECHA	**RESPONSABLE**	**ACTIVIDADES REALIZADAS**	**TIEMPO INVERTIDO**	**FRECUENCIA**			**OBSERVACIONES**
				DIARIA	**SEMANAL**	**MENSUAL**	
		1. Limpieza superficial de la máquina		**X**			
		2. Limpieza de tolva y zona de alimentación		**X**			
		3. Revisión y limpieza de los moldes de inyección		**X**			
		4. Limpieza de la zona de expulsión y boquilla		**X**			
		5. Desmontaje y limpieza de las partes externas				**X**	
		6. Verificación de residuos y limpieza de componentes accesibles				**X**	
		7. Inspección visual de áreas comunes para limpieza y reporte				**X**	
		8. Limpieza de la carcasa exterior de la máquina		**X**			
		9. Limpieza de la bandeja de desechos			**X**		

ECUAMATRIZ	**Actividades de limpieza para realizar por los operarios de la máquina HAITIAN**						**Código:** AL-OM-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:**
	Versión: 01						
NOMBRE:	PROTOCOLO DE LIMPIEZA PARA OPERARIOS DE LA MÁQUINA HAITIAN						
SECCIÓN:	PLÁSTICOS					**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN						
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO			**APROBADO POR:**			ING. LUIS MORALES

FECHA	RESPONSABLE	ACTIVIDADES REALIZADAS	TIEMPO INVERTIDO	FRECUENCIA			OBSERVACIONES
				DIARIA	SEMANAL	MENSUAL	
		10. Retiro de materiales plásticos residuales		X			
		11. Limpieza de ventiladores y rejillas de ventilación			X		
		12. Limpieza de las conexiones eléctricas externas			X		
		13. Revisión y limpieza de las juntas de goma			X		
		14. Limpieza de la estación de trabajo		X			
		15. Organización de herramientas usadas durante la limpieza			X		
		16. Verificación de la correcta colocación de protecciones				X	
		17. Inspección y limpieza de las áreas de almacenamiento de materiales				X	

ECUAMATRIZ	**Actividades de limpieza para realizar por los operarios de la máquina HAITIAN**		**Código:** AL-OM-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:**
	Versión: 01		
NOMBRE:	PROTOCOLO DE LIMPIEZA PARA OPERARIOS DE LA MÁQUINA HAITIAN		
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN		
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES

FECHA	RESPONSABLE	ACTIVIDADES REALIZADAS	TIEMPO INVERTIDO	FRECUENCIA			OBSERVACIONES
				DIARIA	SEMANAL	MENSUAL	
		18. Revisión de los niveles de aceite y otros lubricantes visibles				**X**	
		19. Limpieza de indicadores y paneles de control			**X**		
		20. Reemplazo de trapos y materiales de limpieza desgastados				**X**	

- ***Actividades de limpieza para técnicos de mantenimiento de la máquina HAITIAN***

La Tabla 42, está dirigida a los técnicos y personal de mantenimiento, este formato de igual manera que para los operarios contiene actividades planteadas por el departamento de producción, mantenimiento y calidad para que puedan realizar actividades de limpieza más complejas o que requieren más tiempo y técnicas de conocimiento especializado.

Tabla 42. Actividades de limpieza para técnicos de mantenimiento

ECUAMATRIZ	**Actividades de limpieza para realizar por los técnicos de mantenimiento de la máquina HAITIAN**						**Código:** AL-TM-DOC-001	
							Fecha de elaboración: 14/06/2024	
							Fecha de aprobación:	
	Versión: 01							
SECCIÓN:	PLÁSTICOS						**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN							
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO				**APROBADO POR:**		ING. LUIS MORALES	
FECHA	**RESPONSABLE**	**ACTIVIDADES REALIZADAS**	**TIEMPO INVERTIDO**	**FRECUENCIA**			**OBSERVACIONES**	
				DIARIA	**SEMANAL**	**MENSUAL**		
		1. Desmontaje y limpieza de componentes internos				**X**		
		2. Lubricación de partes móviles y revisión de sistema hidráulico			**X**			
		3. Verificación y limpieza de sistemas de refrigeración				**X**		
		4. Inspección y limpieza de sensores y controles electrónicos			**X**			
		5. Reemplazo de filtros de aire y aceite			**X**			
		6. Evaluación del estado general de la máquina y reporte detallado				**X**		
		7. Prueba de funcionamiento post-limpieza y ajustes necesarios				**X**		
		8. Inspección y limpieza de bombas hidráulicas				**X**		

ECUAMATRIZ	**Actividades de limpieza para realizar por los técnicos de mantenimiento de la máquina HAITIAN**						**Código:** AL-TM-DOC-001	
							Fecha de elaboración: 14/06/2024	
							Fecha de aprobación:	
NOMBRE:	**Versión:** 01 PROTOCOLO DE LIMPIEZA PARA TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA HAITIAN							
SECCIÓN:	PLÁSTICOS						**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN							
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO				**APROBADO POR:**		ING. LUIS MORALES	
FECHA	**RESPONSABLE**	**ACTIVIDADES REALIZADAS**	**TIEMPO INVERTIDO**	**FRECUENCIA**			**OBSERVACIONES**	
				DIARIA	**SEMANAL**	**MENSUAL**		
		9. Verificación y limpieza de válvulas de control				**X**		
		10. Inspección y ajuste de correas y poleas			**X**			
		11. Limpieza y calibración de instrumentos de medición			**X**			
		12. Inspección de conexiones de tuberías hidráulicas y neumáticas			**X**			
		13. Verificación de circuitos eléctricos internos			**X**			
		14. Revisión y ajuste de tornillos y sujetadores		**X**				

ECUAMATRIZ	Actividades de limpieza para realizar por los técnicos de mantenimiento de la máquina HAITIAN						**Código:** AL-TM-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:**
NOMBRE:	**Versión:** 01 PROTOCOLO DE LIMPIEZA PARA TÉCNICOS DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA HAITIAN						
SECCIÓN:	PLÁSTICOS					**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN						
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO			**APROBADO POR:**			ING. LUIS MORALES

FECHA	RESPONSABLE	ACTIVIDADES REALIZADAS	TIEMPO INVERTIDO	FRECUENCIA			OBSERVACIONES
				DIARIA	SEMANAL	MENSUAL	
		15. Limpieza y verificación del sistema de enfriamiento			X		
		16. Desmontaje y limpieza de la unidad de inyección		X			
		17. Inspección de la integridad estructural de la máquina		X			
		18. Prueba de presión y detección de fugas en el sistema hidráulico			X		
		19. Registro y análisis de datos de mantenimiento		X			
		20. Verificación del cumplimiento de las normas de seguridad		X			

- ***Registro de actividades de limpieza realizadas para operarios de la máquina HAITIAN***

La Tabla 43, plantea un registro para documentar cada actividad realizada por los operarios de la máquina una vez se haya terminado la producción. En este registro se incluyen detalles como la fecha, el responsable y la actividad realizada, junto con el tiempo invertido y las observaciones de cada uno. Este registro permite controlar y dar un seguimiento efectivo a las actividades realizadas, para eliminar o plantear tareas nuevas y que mejoren el protocolo de limpieza.

Tabla 43. Formato para el registro de actividades de limpieza para operarios

ECUAMATRIZ	**Registro de actividades de limpieza realizadas para operarios de la máquina HAITIAN**				**Código:** RAL-OM-DOC-001	
					Fecha de elaboración: 14/06/2024	
					Fecha de aprobación:	
	Versión: 01					
NOMBRE:	REGISTRO DE ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN					
SECCIÓN:	PLÁSTICOS				**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN					
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO		**APROBADO POR:**		ING. LUIS MORALES	
FECHA	**OPERARIO**	**ACTIVIDAD REALIZADA**	**TIEMPO INVERTIDO**	**DIARIA**	**SEMANAL**	**MENSUAL**

- ***Registro de actividades de limpieza realizadas por técnicos de mantenimiento de la máquina HAITIAN***

De igual manera, la Tabla 44, es similar al registro de operarios, sin embargo, en este formato se pretende documentar las actividades que realizan los técnicos de mantenimiento, es por lo que se incluye información detallada de las tareas y técnicas utilizadas, lo que permite dar un seguimiento exhaustivo de las actividades de mantenimiento y limpieza profunda.

Tabla 44. Formato para el registro de limpieza para técnicos de mantenimiento

ECUAMATRIZ	**Registro de actividades de limpieza realizadas para técnicos de mantenimiento de la máquina HAITIAN**				**Código:** RAL-TM-DOC-001	
					Fecha de elaboración: 14/06/2024	
					Fecha de aprobación:	
	Versión: 01					
NOMBRE:	REGISTRO DE ACTIVIDADES DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN					
SECCIÓN:	PLÁSTICOS				**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN					
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO		**APROBADO POR:**		ING. LUIS MORALES	
FECHA	**TÉCNICO**	**ACTIVIDAD REALIZADA**	**TIEMPO INVERTIDO**	**DIARIA**	**SEMANAL**	**MENSUAL**

- ***Registro de simulacros y temas tratados para la limpieza de la máquina HAITIAN***

La Tabla 45, es un formato en el cual se registran aquellos simulacros de limpieza realizados y temas tratados durante las sesiones de capacitación para el protocolo de limpieza. En este formato se incluyen responsable de llevar a cabo los simulacros, los participantes, los temas abordados, el tiempo de duración del simulacro y las observaciones que se realicen.

Tabla 45. Registro de simulacros y temas tratados para el protocolo de limpieza

ECUAMATRIZ	**Registro de simulacros y temas tratados para el protocolo de limpieza de la máquina HAITIAN**			**Código:** RAL-TM-DOC-001	
				Fecha de elaboración: 28/05/2024	
				Fecha de aprobación:	
	Versión: 01				
NOMBRE:	SIMULACROS PARA EL PROTOCOLO DE LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN				
SECCIÓN:	PLÁSTICOS			**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	LIMPIEZA DE LA MÁQUINA HAITIAN				
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO		**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES	

FECHA	RESPONSABLE	TEMA TRATADO	TIEMPO INVERTIDO	OPERARIO	FIRMA DE ASISTENCIA

- ***Formato para actualizar el protocolo de limpieza para máquina HAITIAN***

En la Tabla 46, se plantea un formato como documento para revisiones y actualizaciones del protocolo de limpieza de la maquina HAITIAN, en él se incluyen una sugerencia para elaborar informes acerca de modificaciones realizadas, fechas para actualizar y responsables de la revisión. Con la finalidad de asegurar el protocolo de limpieza se mantenga actualizado y efectivo, con mejoras prácticas y retroalimentación para operarios y técnicos encargados de la máquina.

Tabla 46. Formato para actualizar el protocolo de limpieza de la máquina

ECUAMATRIZ	**PROTOCOLO DE LIMPIEZA PARA MÁQUINA HAITIAN**		**Código:** PLMH-DOC-001
			Fecha de elaboración: 14/06/2024
			Fecha de aprobación:
	Versión: 01		
PROCESO:	Limpieza para Máquina Inyectora de Plástico HAITIAN		
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES
Introducción:	• Objetivo del Protocolo de Limpieza • Alcance y Aplicabilidad		
Requisitos de seguridad:	• Equipos de Protección Personal (EPP) necesarios • Normas de Seguridad aplicables		
PROCEDIMIENTO DE LIMEPIEZA			
PASO	**Descripción**		
Paso 1: Preparación de la Máquina	• Apagar la máquina y desconectarla de la fuente de energía. • Colocar señalización de "En Mantenimiento".		
Paso 2: Limpieza Superficial	• Usar trapos y desengrasantes para limpiar la superficie exterior. • Revisar y limpiar la tolva y la zona de alimentación.		
Paso 3: Limpieza de Componentes Críticos	• Desmontar moldes y limpiar con productos adecuados. • Limpiar la zona de expulsión y boquilla. • Verificar y limpiar residuos en componentes accesibles.		
Paso 4: Limpieza en Profundidad	• Desmontar componentes internos críticos según manual del fabricante. • Limpiar componentes internos con productos específicos.		
Paso 5: Inspección y Verificación	• Realizar inspección visual de todas las áreas. • Verificar que no queden residuos en ninguna parte de la máquina. • Registrar actividades realizadas en el formato correspondiente.		

<table>
<tr><td rowspan="3"></td><td rowspan="3">PROTOCOLO DE LIMPIEZA PARA MÁQUINA HAITIAN</td><td>Código: PLMH-DOC-001</td></tr>
<tr><td>Fecha de elaboración: 14/06/2024</td></tr>
<tr><td>Fecha de aprobación:</td></tr>
<tr><td colspan="3">Versión: 01</td></tr>
<tr><td>PROCESO:</td><td colspan="3">Limpieza para Máquina Inyectora de Plástico HAITIAN</td></tr>
<tr><td>ELABORADO POR:</td><td>MIGUEL PAZMIÑO</td><td>APROBADO POR:</td><td>ING. LUIS MORALES</td></tr>
<tr><td>Frecuencia de limpieza:</td><td colspan="3">• Diaria
• Semanal
• Mensual
• Anual</td></tr>
<tr><td>Responsables:</td><td colspan="3">• Identificación de los responsables de cada tarea de limpieza.</td></tr>
<tr><td>Registro y Documentación:</td><td colspan="3">• Formatos de registro de actividades y resultados.
• Procedimiento para la actualización del protocolo.</td></tr>
<tr><td>Revisión del Protocolo:</td><td colspan="3">• Fecha de última revisión y responsables de la actualización.
• Método para recibir y gestionar retroalimentación.</td></tr>
<tr><td colspan="4">FIRMA DE RESPONSABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">REVISADO POR

_____
Jefe de Mantenimiento</td><td colspan="2">REVISADO POR

_____
Jefe de Producción</td></tr>
<tr><td colspan="4">REVISADO POR

_____
Jefe de Calidad</td></tr>
</table>

4. Control de parámetros para la máquina HAITIAN

En la Figura 37, se detalla el proceso que se ha definido para controlar y reajustar los parámetros en la máquina inyectora de plástico HAITIAN. Con esta representación visual se plantea una visión estructural de los elementos que se involucran en las etapas, brindando una facilidad de comprensión para los trabajadores que participan en el proceso, así como le definición de los recursos y normativas necesarias.

Al tener una caracterización integral del proceso, es posible identificar aquellas áreas de mejora, optimización y minimización de defectos en el producto final, lo que permite desarrollar un seguimiento adecuado a las actividades de control y ajuste, asegurando la calidad de la producción.

Se detalla el proceso con la finalidad de mantener una trazabilidad y transparencia respecto a las acciones y decisiones realizadas para detectar, analizar y corregir aquellas desviaciones que provoquen defectos en el producto a partir de la modificación de parámetros en la máquina. Con todo lo anterior se planea lograr un control efectivo del proceso del proceso de inyección, generando productos que cumplen con estándares de calidad establecidos y manejados por la empresa, un aprovechamiento de recursos y una mejora de eficiencia constante.

ECUAMATRIZ	CARACTERIZACIÓN DE PROCESO CONTROL DE PARÁMETROS - MÁQUINA HAITIAN	**Código:**	CNP-INY-PRO-002
		Fecha de Elaboración:	4/6/2024
		Última Aprobación:	
		Revisión:	01
	Elaborado por: Miguel Pazmiño	**Revisado por:** Ing. Luis Morales	**Aprobado por:** Ing. Luis Morales

MACROPROCESO:	Inyección de plásticos
PROCESO:	Producción de artículos plásticos
PROCEDIMIENTO:	Controlar los parámetros de la máquina inyectora de plástico. **CÓDIGO:** CNP-INY-PD
PROPIETARIO DEL PROCESO:	Departamento de Producción
OBJETIVO:	Controlar de manera efectiva los parámetros de la máquina inyectora de plástico para garantizar la calidad del producto final.
ALCANCE:	Comprende desde la puesta en marcha de la máquina inyectora de plástico HAITIAN hasta garantizar productos libres de cualquier defecto.

RECURSOS

FÍSICOS:

Máquina inyectora de plásticos - HAITIAN.
Área de ubicación de la máquina (Área de plásticos).
Hojas de registro
Esfero
Lápiz
Teléfono
Computadora
Material de inyección: Policarbonato

TÉCNICOS

Sistema informático de gestión documental de la empresa.
Plataforma tecnológica zoom, teams, o google meet para reuniones.
Plataforma OneDrive (nube de Microsoft), Google Drive o Dropbox.

PHVA	N°	ACTIVIDAD	RESPONSABLE
Planificar	1	Puesta en marcha de la máquina inyectora de plástico HAITIAN	Jefe de producción, operario de producción y personal de mantenimiento (en caso de ser necesario).
	2	Desarrollo de la producción (al inicio puede presentarse cómo máximo 10 productos defectuosos).	Supervisor de calidad, operario de máquina.
	3	Detección de Defecto en Producto Inyectado:	Operadores de la máquina.
	4	Notificar inmediatamente al supervisor de calidad sobre el defecto encontrado	Operadores de la máquina.
	5	Evaluar el defecto visualmente y consulta los registros de producción para determinar la causa potencial	Departamento de calidad.
Hacer	6	Redactar una orden de cambio de parámetros según el defecto y la necesidad de ajuste en los parámetros de inyección.	Supervisor de producción, supervisor de calidad.
	7	Entrega la orden de cambio de parámetros.	Supervisor de calidad, ingeniero de procesos.
	8	Analizar el defecto en detalle, revisar los parámetros actuales y propone ajustes específicos para corregir el defecto.	Ingeniero de procesos.

ECONÓMICOS:

Costo de materia prima (policarbonato) y materiales adicionlaes para la producción.
Presupuesto para la adquisición de herramientas, equipos de medición y control de calidad.
Energía eléctrica y costos asociados con la operación de la máquina.
Presupuesto para la capacitación y desarrollo de habilidades del personal.

RRHH:

Personal de mantenimiento: Técnicos de mantenimiento, supervisores o jefes de mantenimiento.
Personal de producción: operadores de la máquina inyectora, supervisores de producción.
Personal de ingeniería: Ingenieros de procesos.
Personal de calidad: Suoervisor de calidad, ingeniero de calidad.

Figura 37. Caracterización para el control de parámetros - Máquina HAITIAN

PROVEEDORES	ENTRADAS
Departamento de mantenimiento, producción y calidad. 1, 13 Operadores de la máquina 2, 3, 4, 10, 11 Departamento de calidad. 5, 6, 7, 8, 12 Departamento de producción. 8 Supervisor de calidad, 9	Materia prima (policarbonato), manual de la máquina, orden de producción. 1 Informe de parámetros configurados inicialmente. 2 Productos inyectados, especificaciones de calidad, 3, 12 Productos defectuosos. 4 Notificación de defecto, registros de producción. 5 Causa potencial, conocimientos técnicos. 6 Orden de cambio de prámetros. 7 Propuesta de cambio de parámetros. 8, 9 Propuesta aprobada. 10 Parámetros ajustados, materia prima. 11 Datos de cambios y resultados. 13

Verificar	9	Aprobar la propuesta de cambio de parámetros y comunica la decisión al equipo de producción.	Ingeniero de procesos.
	10	Ajustar los parámetros de la máquina inyectora según la propuesta aprobada.	Técnico de mantenimiento, operario de producción.
	11	Inyectar un nuevo lote de productos con los parámetros ajustados para verificar la corrección del defecto.	Operadores de la máquina.
Actuar	12	Verificar que los productos inyectados con los nuevos parámetros cumplen con los estándares de calidad.	Supervisor de producción, departamento de calidad.
	13	Realizar un informe respecto a los cambios realizados de los parámetros y su efecto en la producción.	Departamento de calidad.

SALIDAS	CLIENTES
Máquina inyectora operativa. 1 Productos inyectados. 2 Notificación de defecto. 3 Registro del defecto 4 Determinación de causa potencial. 5 Orden de cambio de parámetros. 6 Propuesta de ajuste de parámetros. 7 Implementación de nuevos parámetros 8, 9 Parámetros ajustados. 10 Productos inyectados con nuevos parámetros. 11 Validación de calidad. 12 Informe final. 13	Operadores de la máquina, personal de producción.1, 7, 8, 9, 13 Control de calidad. 2, 10, 11 Supervisor de calidad. 3, 4, 6, 12 Departamento de calidad y producción. 5

INDICADORES
1) $\textbf{\textit{Tasa de defectos}} = \frac{\#\ productos\ defectuosos}{\#\ total\ de\ productos\ fabricados}\ x\ 100$
Mantener la tasa de defectos por debajo del 2%.
2)$\textbf{\textit{Eficiencia de correciones}} = \frac{\#Producción\ real}{\#\ Producción\ esperada\ o\ teórica}\ x\ 100$
Mantener la eficiencia de correcciones por encima del 98%.
3) $\textbf{\textit{Tiempo promedios para detectar y corregir defectos}} = \frac{Suma\ de\ tiempos\ para\ detectar\ y\ corregir\ defectos}{Número\ de\ productos\ defectuosos}$
Reducir el tiempo promedio a menos de 2 horas por producto defectuoso.
4) $\textbf{\textit{Tiempo de configuración o ajuste de la máquina}} = \frac{Suma\ de\ tiempos\ de\ ajuste}{Número\ de\ ajustes\ realizados}$
Mantener el tiempo de configuración o ajuste por debajo de 30 minutos por ajuste.

NORMA/REGLAMENTO
Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo (Decreto Ejecutivo 2393). NTE INEN-ISO 9001:2016 - Sistemas de Gestión de la Calidad. NTE INEN-ISO 14001:2016 - Sistemas de Gestión Ambiental. NTE INEN 2516 - Especificaciones para materiales plásticos. RTE INEN 022 - Reglamento técnico para productos plásticos y sus derivados. Instructivo para la Aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM). Manual e instrutivo de la mpaquina inyectora de plástico HAITIAN.

N. Actividad	REGISTROS / ANEXOS
3	Reporte/Notificación de defecto
6	Orden de cambio de parámetros
8	Propuesta de ajuste de parámetros
13	Informe de cambio de parámetros y resultados obtenidos.

Figura 38. Continuación para el control de parámetros - Máquina HAITIAN 2

- ***Diagrama SIPOC para control de parámetros de la máquina inyectora de plástico HAITIAN***

La Figura 39, ilustra un diagrama SIPOC en el que se representa el flujo del proceso para el control y ajuste de parámetros en la máquina, esta representación permite comprender de manera clara y con detalle las actividades que se involucran, los proveedores, entradas, salidas y sus respectivos clientes para llevar a cabo el desarrollo del proceso.

Una vez detallado el proceso bajo el cual se controla los parámetros de la máquina, el operario puede realizar la ejecución secuencial y lógica de las actividades planteadas, que se designan desde la puesta en marcha de la máquina, pasando por la detección de defectos y la implementación de los ajustes respectivos para la máquina. Todas las tareas se respaldan con su respectivo documento, orden, informe y supervisión de los departamentos involucrados.

El diagrama SIPOC es una guía visual para los operarios de la máquina, departamento de producción, calidad e inclusive mantenimiento, que se especialicen en la manipulación de la máquina.

Nota: El proceso de control de parámetros en la máquina inyectora de plásticos contempla actividades que no son de carácter obligatorio (como, por ejemplo, emitir una solicitud formal para realizar ajustes menores en los parámetros), debido a que estas implicarían una interrupción en el flujo productivo. Sin embargo, el objetivo principal de llevar a cabo un control estricto de los ajustes del proceso es estandarizar los parámetros y recopilar información que contribuya a mitigar los defectos generados en los productos inyectados.

Además, es imprescindible comprender que el operador capacitado y experimentado tiene la facultad de modificar los parámetros de la máquina según sea conveniente para controlar y corregir los defectos detectados. No obstante, es un requisito indispensable que cualquier cambio realizado en los parámetros sea registrado de forma meticulosa y sin excepciones, a fin de mantener un historial completo y trazable de las acciones correctivas implementadas

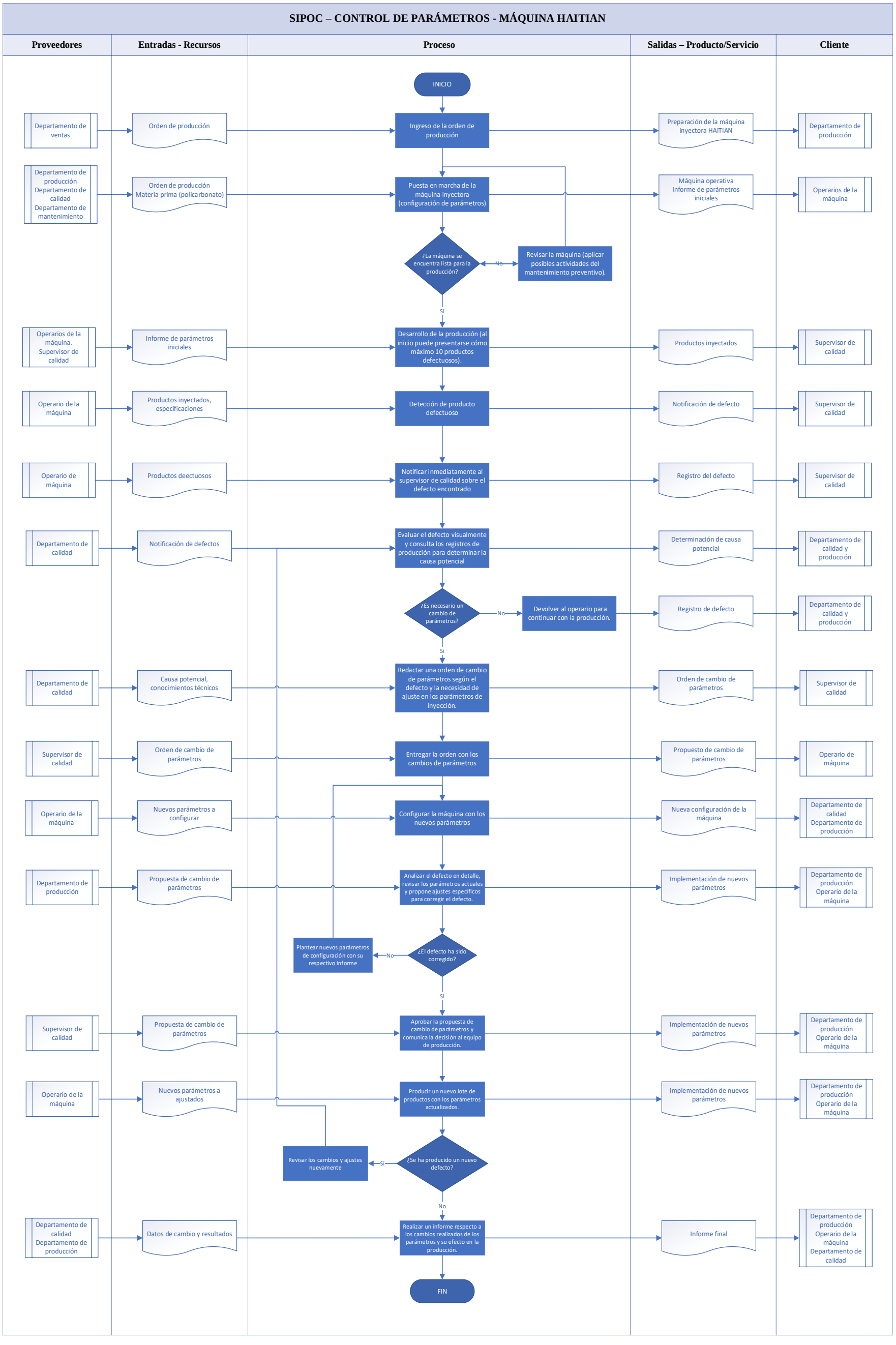


Figura 39. Diagrama SIPOC control de parámetros de la máquina HAITIAN

- ***Reporte/Notificación para el defecto de la máquina inyectora de plástico HAITIAN***

En la Tabla 47, se presenta un formato que permite realizar el reporte o notificación una vez se haya detectado el defecto en el producto “Tapas plásticas”, este documento permite registrar detalladamente cualquier defecto o incluso falla que se detecte en el producto, lo que facilita la comunicación y coordinación de acciones a tomar por los departamentos y personal involucrado en el proceso productivo.

Este reporte brinda un registro formal y trazable de defectos, lo que es fundamental para llevar a cabo un seguimiento adecuado de las acciones que se tomarán, su efectividad, tendencias e identificación para implementar acciones de mejora mejorando las condiciones de la máquina y operación del proceso de inyección de plásticos.

Tabla 47. Formato para reportes del defecto encontrado en la producción

ECUAMATRIZ	**Reporte/Notificación para el defecto encontrado en la producción de "Nombre del producto"**					**Código:** RN-DENP-DOC-001 **Fecha de elaboración:** 14/06/2024 **Fecha de aprobación:**
	Versión: 01					
NOMBRE:	REPORTE DE LA PRESENCIA DE DEFECTOS					
SECCIÓN:	PLÁSTICOS				**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	CONTROL DE PARÁMETROS PARA EVITAR DEFECTOS					
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO			**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES	
FECHA	**RESPONSABLE**	**TIPO DE DEFECTO**	**FRECUENCIA**	**DESCRIPCIÓN DEL DEFECTO**	**PARÁMETRO CAUSANTE**	**OBSERVACIÓN ADICIONAL**

- ***Orden de cambio de parámetros de la máquina HAITIAN***

La Tabla 48, plantea un formato para emitir la orden de cambio de parámetros de la máquina HAITIAN una vez se ha detectado el defecto, este documento es esencial para proceder a una posible autorización de cambios en los parámetros de operación de la máquina. Esta orden precisa una estructura de modificaciones específicas que se deben realizar uno o varios parámetros, como temperatura, presión, velocidad, tiempo de inyección, entre otros. Con el objetivo de corregir defectos detectados en los productos o mejorar la calidad y eficiencia del proceso productivo.

Al tener una orden para ejecutar el cambio de parámetros se formaliza y garantiza un control riguroso y una mejor trazabilidad de los defectos encontrados, lo que facilita el seguimiento de acciones, causas y efectos que impactan de forma directa en la calidad del producto final.

Tabla 48. Formato para la orden de cambio de parámetros de la máquina

ECUAMATRIZ	**Orden de cambio de parámetros para el control de defectos del "Nombre del producto"**				**Código:** OC-CPCD-DOC-001	
					Fecha de elaboración: 14/06/2024	
					Fecha de aprobación:	
	Versión: 01					
NOMBRE:	ORDEN DE CAMBIO DE PARÁMETROS					
SECCIÓN:	PLÁSTICOS				**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	CAMBIO DE PARÁMETROS PARA EVITAR DEFECTOS					
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO			**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES	
FECHA	**RESPONSABLE**	**TIPO DE DEFECTO**	**PARÁMETRO ACTUAL**	**NUEVO PARÁMETRO**	**MOTIVO DEL CAMBIO**	**OBSERVACIÓN ADICIONAL**

- ***Propuesta de ajuste de parámetros de la máquina HAITIAN***

La Tabla 49, muestra un formato con el cual se plantea una propuesta para realizar el cambio de parámetros de la máquina HAITIAN este documento técnico se plantea una vez que se haya analizado las causas responsables del defecto. Esta propuesta es elaborada por expertos o técnicos especializados, quienes, después de evaluar minuciosamente los defectos detectados, los registros de producción y los parámetros actuales, proponen modificaciones específicas en variables como temperatura, presión, velocidad y tiempos de inyección, entre otras.

La propuesta de ajuste de parámetros brinda una solución técnica respaldada por conocimientos especializados y experiencia, con el objetivo de corregir los defectos de manera efectiva y optimizar el proceso productivo. Este documento es fundamental para la toma de decisiones informadas por parte de los supervisores o responsables, quienes evaluarán y aprobarán los ajustes propuestos para la implementación en la máquina HAITIAN.

Tabla 49. Formato para proponer los ajustes de parámetros de la máquina

ECUAMATRIZ	**Propuesta del cambio de parámetros para el control de defectos del "Nombre del producto"**	**Código: PC**-CPCD-DOC-001	
		Fecha de elaboración: 28/05/2024	
		Fecha de aprobación:	
	Versión: 01		
NOMBRE:	PROPUESTA DE CAMBIO DE PARÁMETROS		
SECCIÓN:	PLÁSTICOS	**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	PROPUESTA DE CAMBIO DE PARÁMETROS PARA EVITAR DEFECTOS		
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO	**APROBADO POR:**	ING. LUIS MORALES

FECHA DEL CAMBIO	NUEVO PARÁMETRO	VALOR	DEFECTO POR CONTROLAR	JUSTIFICACIÓN	OBSERVACIÓN ADICIONAL

- ***Informe de cambio de parámetros y resultados obtenidos***

En la Tabla 50, se visualiza un formato en el que se puede detallar cada cambio de parámetros implementado en la máquina inyectora de plásticos, así como su impacto en la calidad del producto final y el proceso productivo en general. Este informe proporciona una descripción de los cambios implementados, respaldada por datos y evidencias objetivas, y análisis de los resultados obtenidos después de la aplicación de los nuevos parámetros.

Además, el informe incluye una evaluación crítica de la efectividad de los ajustes, identificando si se lograron corregir los defectos detectados, este documento constituye un registro histórico que permite realizar un seguimiento continuo de las acciones correctivas y preventivas implementadas, facilitando la toma de decisiones informadas para la optimización del proceso y la mejora continua de la calidad en la producción.

Tabla 50. Formato para cambios de parámetros y resultados obtenidos

ECUAMATRIZ	**Informe y resultados de cambio de parámetros para el control de defectos del "Nombre del producto"**							**Código:** IR-CPCD-DOC-001	
								Fecha de elaboración: 14/06/2024	
								Fecha de aprobación:	
	Versión: 01								
NOMBRE:	PROPUESTA DE CAMBIO DE PARÁMETROS								
SECCIÓN:	PLÁSTICOS							**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	INFORME DE CAMBIO DE PARÁMETROS PARA EVITAR DEFECTOS								
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO					**APROBADO POR:**		ING. LUIS MORALES	
FECHA	**PARÁMETRO**	**VALOR ACTUAL**	**NUEVO VALOR**	**FECHA DE IMPLEMENTACIÓN**	**SE CORRIGIÓ EL DEFECTO (SI O NO)**	**RESULTADO OBSERVADO**	**EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD**	**MOTIVO DEL CAMBIO**	**RESPONSABLE**

Tabla 51. Ejemplo de un informe de parámetros y resultados obtenidos

ECUAMATRIZ	**Informe y resultados de cambio de parámetros para el control de defectos del "Nombre del producto"**							**Código:** IR-CPCD-DOC-001	
								Fecha de elaboración: 14/06/2024	
								Fecha de aprobación:	
	Versión: 01								
NOMBRE:	PROPUESTA DE CAMBIO DE PARÁMETROS								
SECCIÓN:	PLÁSTICOS							**MÁQUINA:**	HAITIAN
PROCESO:	INFORME DE CAMBIO DE PARÁMETROS PARA EVITAR DEFECTOS								
ELABORADO POR:	MIGUEL PAZMIÑO					**APROBADO POR:**		ING. LUIS MORALES	

FECHA	PARÁMETRO	VALOR ACTUAL	NUEVO VALOR	FECHA DE IMPLEMENTACIÓN	SE CORRIGIÓ EL DEFECTO (SI O NO)	RESULTADO OBSERVADO	DEFECTO CORREGIDO	MOTIVO DEL CAMBIO	RESPONSABLE
	Temperatura de Inyección	210°C	220°C		Sí	Mejor llenado del molde	Veteado	Mejorar la fluidez del plástico en la inyección	
	Presión de Inyección	80 bar	85 bar		Sí	Menor defecto en las piezas	Incompleto	Reducir la aparición de burbujas	
	Velocidad de Inyección	50 mm/s	55 mm/s		No	Ciclo de producción más rápido	Incompleto	Reducir el tiempo de ciclo	
	Tiempo de Enfriamiento	10 s	12 s		Sí	Mejora en la calidad superficial	Deformado	Mejorar la solidificación de la pieza	
	Temperatura de Inyección	210°C	220°C		Sí	Mejor llenado del molde	Veteado	Mejorar la fluidez del plástico en la inyección	

- ***Ventajas de las soluciones propuestas***

La implementación de las propuestas para mitigar los defectos que perjudican al proceso de inyección de plásticos contempla un plante mantenimiento preventivo, un protocolo de limpieza, un adiestramiento para el personal y un registro metódico de los parámetros operativos conllevará múltiples ventajas para el proyecto.

En primer lugar, el mantenimiento programa y meticuloso de la máquina HATIAN asegura su correcto funcionamiento, lo que disminuirá la probabilidad de que aparezcan defecto incluso al inicio del proceso, esto se verá reflejado en un incremento de la productividad y reducción de pérdidas económicas por reprocesos o pérdida directa del material.

Por otro lado, una capacitación y adiestramiento para infundir en los operarios buenas prácticas laboras, aumentará su compromiso y sentido de responsabilidad en el proceso, reduciendo errores humanos y un mayor control de calidad.

Por otro lado, un protocolo de limpieza rigurosa y constante del área de trabajo, máquina y sus elementos contribuirá a mantener un entorno ordenado y libre de contaminantes que perjudiquen a los productos, cuidando lo homogeneidad de las piezas fabricadas.

Finalmente, el monitoreo y control de los parámetros permitirá identificar y corregir de forma oportuna las desviaciones que se desarrollen durante el proceso, lo que evita que los ajustes de la máquina permanezcan sin ningún estándar o control adecuado para cada defecto.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- La Caja de Policarbonato de 400 x 220 x 125 mm fue inicialmente seleccionada por los departamentos de la empresa. Sin embargo, al determinar que la Tapa Plástica de 400 x 220 x 40 mm es una de las piezas con mayor relevancia en el producto debido a su funcionalidad, se decidió designarla por parte de la empresa como el objeto a analizar en su respectivo proceso.

- Se determinaron los principales problemas de calidad que perjudican al proceso de inyección de plásticos de la empresa ECUAMATRIZ Cía. Ltda., a través de registros de 2 años previos, siendo los defectos más recurrentes veteados (42.99%) , tapas plásticas incompletas (33,80%) y deformadas (7,68%), los cuales impactan negativamente en la calidad del producto final.

- Con el análisis de los datos recopilados, se midió el nivel de calidad actual que tiene en el proceso, como resultado, se identificó que el proceso tiene un nivel de inestabilidad inferior al necesario para ser considerado como estable, al lado de ello, el nivel sigma para cada defecto fue inferior a 3 lo que evidencia un proceso con un control estadístico deficiente y con un nivel alto de la variabilidad, reflejando así un porcentaje del 2.35% de veteados, 1.96% de tapas incompletas y 0.42% de tapas deformadas.

- El estudio estadístico reveló que las causas raíz de los defectos generados en el proceso, derivan de la falta de mantenimiento preventivo, la ausencia de control de parámetros con los que se programa la máquina HAITIAN, malas prácticas de limpieza en el lugar de trabajo y una falta de adiestramiento para aquellos operadores que no cuentan con el conocimiento suficiente para manipular ciertas variables críticas de la máquina.

- Las propuestas de mejora de calidad para el proceso de inyección de plásticos contemplan implementaciones de programas de mantenimiento preventivo, un control sistemático de los parámetros que más inciden en la producción de

tapas plásticas como temperatura, presión, velocidad de inyección, entre otros, los protocolos de limpieza y de capacitación continua con prácticas reales para el personal. Estas alternativas de mejora pretenden reducir la variabilidad del proceso, mitigar los defectos y aumentar la calidad del producto.

- En general, los hallazgos del estudio evidencia que el proceso de inyección de plásticos de la empresa ECUAMATRIZ Cía. Ltda. se encuentra operando con niveles de calidad deficientes siendo estos 1.99 sigmas para el defecto veteado, 2.06 para las tapas incompletas y 2.64 para las tapas deformadas, dando como resultado un nivel sigmas del producto de 3.1, lo que hace que la situación impacte directamente en la productividad y rentabilidad de la organización, por consiguiente, las propuestas de mejora priorizan la disminución de la incidencia de los defectos en el proceso productivo y la reducción de costos asociados a estos. La implementación exitosa de estas medidas correctivas permitiría a la empresa incrementar su competitividad en el mercado.

4.2 Recomendaciones

- Implementar un proceso riguroso de verificación para garantizar que los operarios utilicen de manera correcta y precisa los formatos y registros establecidos. Este proceso debe ser obligatorio y sin excepciones, ya que la recopilación exhaustiva de información es fundamental para identificar oportunidades de mejora en el proceso de inyección de plásticos.

- Diseñar un sistema automatizado que permita los operarios clasificar de manera uniforme los diferentes defectos encontrados al finalizar la producción con registros los obtenidos. Esta herramienta facilitará el monitoreo y análisis detallado de cada tipo de defecto, brindando información valiosa para abordar sus causas de manera efectiva.

- Desarrollar una base de datos centralizada donde se consoliden los registros de control de parámetros de las máquinas. Esto permitirá analizar la relación directa entre las variaciones en los parámetros y la aparición de defectos

específicos, identificando así los ajustes necesarios para corregir y prevenir errores.

- Explorar la implementación de tecnologías avanzadas capaces de detectar automáticamente defectos en las piezas inyectadas y realizar ajustes en los parámetros de temperatura, presión y velocidad de inyección que son los principales criterios de las máquinas en tiempo real, sin obviar los demás parámetros a controlar y que pueden modificarse durante el proceso en la máquina inyectora de plástico.

- Establecer un sistema de monitoreo y análisis estadístico continuo mediante el uso de cartas de control. Esta herramienta permitirá evaluar la variabilidad del proceso, identificar tendencias y patrones, y tomar medidas preventivas para mantener un alto nivel de calidad y control estadístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Muñoz Estefany, “Capacidad de innovación de productos y procesos por la localización de las empresas manufactureras del Ecuador,” ESPOL, Guayaquil, 2021.

[2] López Diana, “Diseño de un sistema de control de calidad aplicado al proceso de inyección de plásticos,” ESPOL, Guayaquil, 2019.

[3] José Palma, Esther Garay Santos, and Julio Bernal Pacheco, “Productive impact on plastic manufacturing companies in Latin America: a systematic literature review,” in *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions,”* Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2022. doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.179.

[4] Martínez Leonardo, Gomez Jiménez, and Muñoz Delgado, “Reducción de defectos en el proceso de inyección en una empresa de plásticos para el hogar,” *Revista Ingeniantes*, vol. 1, no. 1, 2020.

[5] Medina Edison, “Diagnóstico y propuesta de mejoramiento de los procesos de producción para la micro empresa de la industria de productos plásticos,” Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, 2020.

[6] Ubilla Yanina, “La evolución de la industria plástica en el Ecuador,” Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2019.

[7] Bryan Rodríguez Viloria, Daniela Grisales Peñaloza, Luis Almanza Acendra, Patricia Medina de León, Sebastián Barrera Maldona, and Alexander Troncoso Palacio, “Metodología para la reducción de tiempos en la adquisición de suministro en empresas del sector eléctrico.,” *Boletín de Innovación, Logística y Operaciones*, vol. 3, no. 1, May 2021, doi: 10.17981/bilo.3.1.2021.02.

[8] Jorge Malpartida, “Importancia del uso de las herramientas Lean Manufacturing en las operaciones de la industria del plástico en Lima,” *Llamkasun*, vol. 1, no. 2, Oct. 2020, doi: 10.47797/llamkasun.v1i2.16.

[9] Jaramillo Tannia, “Mejora de la productividad en la fabricación de envases plásticos para alimentos de la empresa plásticos ABC ubicada en la ciudad de Quito,” PUCE, Quito, 2019.

[10] Toledo Fiorella and Miranda Yrwing, “Propuesta para incrementar la eficiencia del proceso productivo de empaques flexibles aplicando el Método Johnson, SMED y TPM en una Pyme del Sector Plástico,” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, 2023. [Online]. Available: http://hdl.handle.net/10757/667898

[11] Elva Lilia Reynoso Jardón *et al.*, “Método Taguchi para la optimización de parámetros en la simulación numérica del proceso de inyección de plástico,” *REVISTA DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS*, vol. 6, no. 4, p. e269, Oct. 2023, doi: 10.37636/recit.v6n4e269.

[12] Broche Hernández, Laura Elena, and Inés Escoriza Martínez, “Quality diagnostic in the manufacturing process of molds of items in the plastic company,” *Revista digital de Ciencia, Tecnología e Innovación*, vol. 8, no. 2, pp. 182–195, 2020.

[13] Jaime Acosta Velarde, Ángel Guamán Lozano, and Alcides GarcíaFlores, “Control de factores para la operación óptima del proceso de inyección de plástico mediante diseño factorial,” *Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo*, vol. 8, no. 1, 2021.

[14] Hernández Juan, “Principio de funcionamiento del sistema de inyeccion y análisis para la comprension de la influencia del defecto rebaba de preformas PET,” *Redalyc*, vol. 20, no. 1, 2013.

[15] Yasmin Soto Leyva, Araceli Carmona Velázquez, Claudia Patricia Liévano Moreno, and José Miguel Ahuacatitla Pérez, “Sistema de Aseguramiento de Calidad (SAC), basado en la metodología Six Sigma para

reducir la variabilidad de tono en los procesos de inyección-soplo de plástico," *Revista de Operaciones Tecnologicas*, pp. 22–31, Dec. 2020, doi: 10.35429/JTO.2020.14.4.22.31.

[16] Julio César Acosta Prado and Ricardo Prada Ospina, "The Molds in Injection Process for the Achievement of Business Objectives," *Dimensión Empresarial*, vol. 15, no. 1, Jan. 2017, doi: 10.15665/rde.v15i1.1002.

[17] Cervantes-Vallejo, C. -Gómez, K. A. B , Pérez-Soto, L. -Hernandez, and Orozco-Mendoza H, "Optimización del tiempo de calentamiento en un molde de respuesta rápida térmica mediante FEM-MSR-PSO," *RIIT*, vol. 7, no. 40, 2019, [Online]. Available: www.riiit.com.mx

[18] Escobar Miguel, Caicedo Jorge, Buñay Sebastián, and Palacios David, "Determnación de los parámetros de inyección para ladrillos plásticos en polipropileno," *Polo del Conocimiento*, vol. 7, no. 2, pp. 639–662, 2022, doi: 10.23857/pc.v7i1.3608.

[19] Nuñez José, "Eliminación de Desperdicios y Ahorro de Recursos en Áreas de Moldeo por Inyección de Plásticos Basado en la Metodología SMED," *Academia Journals*, vol. 13, no. 2, 2021.

[20] Ana Rosaura Morales and Adriana Isabel Garambullo, "Aplicación de metodología lean seis sigma para la reducción de defectos en la producción de lentes dentro de la empresa formula Plastics de México S. A de C. V. En Tecate B. C.," *Revista Electrónica del Desarrollo Humano para la Innovación Social*, vol. 4, no. 8, 2017.

[21] Víctor Hugo Garofalo Largo, Mariuxi Viviana Ruiz Arana, Lucia del Rocío Mendoza Macias, and Sonia Melissa Rodríguez Mérchan, "Control estadístico de procesos y reducción del despilfarro," *AlfaPublicaciones*, vol. 4, no. 3.1, pp. 6–19, Aug. 2022, doi: 10.33262/ap.v4i3.1.235.

[22] Rosa Hilda Félix Jácquez, María Merced Cruz Rentería, and María Dolores Delgado Celis, "Implementación de herramientas de manufactura esbelta en una empresa de mantenimiento y servicio de locomotoras," *Revista*

de Operaciones Tecnologicas, pp. 32–39, Dec. 2020, doi: 10.35429/JTO.2020.14.4.32.39.

[23] Josué Samaniego Leyva and Moisés Tapia Esquivias, "Análisis del proceso de manufactura para la aplicación de la metodologia DMAIC en una empresa de plásticos," *Tecnológico Nacional de México en Celaya Pistas Educativas*, vol. 42, no. 136, 2020, [Online]. Available: http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas

[24] J. C. Durán-Tenesaca, V. P. Moreno-Narváez, and E. Humberto-Medina, "Medición OEE en manufactura de línea blanca, máquina inyectora de plásticos con tecnología 4.0," *CIENCIAMATRIA*, vol. 8, no. 3, pp. 738–763, Aug. 2022, doi: 10.35381/cm.v8i3.801.

[25] Wlamyr Palacios Alvarado, Álvaro Junior Caicedo Rolón, and Nelson Javier Cely Calixto, *Producción y operaciones para dummies*, vol. 79. Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander, 2022.

[26] W. I. Paul Rojas-Campuzano and J. I. Alejandro Palacios-Salazar, "Sistema automático de adquisición y análisis de datos con machine learning para el control de calidad en una máquina de inyección de plástico", *Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Investigación*, vol. 7, no. 2, pp. 1298–1311, 2022, doi: 10.23857/pc.v7i2.3647.

[27] M. R. Khosravani and S. Nasiri, "Injection molding manufacturing process: review of case-based reasoning applications," *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 31, no. 4. Springer, pp. 847–864, Apr. 01, 2020. doi: 10.1007/s10845-019-01481-0.

[28] B. Hernández, L. Elena, and I. ; Escoriza Martínez, "Quality diagnostic in the manufacturing process of molds of items in the plastic company." *Ciencias Administrativas*, vol. 8, no. 2. Dialnet, pp. 182–195, 2021.

[29] Lozano Caicedo Aura María, "Propuesta de documentación para el sistema de gestión de calidad de la competencia técnica de un laboratorio de control de calidad," *Universidad América*, 2021.

[30] L. Pineda Sánchez, “Aproximación teórica al concepto de calidad y los sistemas de gestión,” Nariño, 2020. [Online]. Available: https://orcid.org/0000-0001-7186-4939

[31] D. Juárez, R. Balart, M. Á. Peydró, and S. Ferrandiz, “Estudio y análisis del moldeo por inyección de materiales poliméricos termoplásticos,” Nov. 2012.

[32] Páramo Jore, Reveles Juan, Plascencia Héctor, and Aguilera Eduardo, “Análisis de un proceso de inyección de plástico por interacción fluido estructural y cambio de estado,” *Acta Universitaria Multidisciplinary Scientific Journal*, Nov. 2019.

[33] Gutiérrez Humberto and De la Vara Román, *Control estadístico de calidad y seis sigma*. 2009.

[34] R. Tinoco, F. Gamboa, J. E. Bermea, D. Carbajal, C. Reyes, and F. Flores, “Análisis comparativo del proceso de envasado en tres diferentes empresas,” *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2023, [Online]. Available: www.reibci.org

[35] Escuela de Administración de negocios, “Patrones en los gráficos de control,” *Universidad de Costa Rica*, 2020.

[36] Carrillo Marta, Vargas Elena, Severiche Carlos, and Peralta Jessica, “Metodología DMAIC de Lean Seis Sigma: Una revisión en el contexto del ruido industrial - sector metalmecánico,” *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. 6, no. 2, pp. 3148–3163, May 2022, doi: 10.37811/cl_rcm.v6i2.2081.

[37] J. N. Malpartida Gutierrez, D. Olmos Saldivar, S. M. Quiñones Chumacero, M. J. Ledema Cuadros, G. Garcia Curo, and J. R. Diaz Dumont, “Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil,” *Alpha Centauri*, vol. 2, no. 3, pp. 72–90, Jul. 2021, doi: 10.47422/ac.v2i3.45.

[38] G. Cuamea Cruz, M. A. Rodríguez Medina, E. R. Poblano Ojinaga, R. García Martínez, and D. A. Sandoval Chávez, "Construcción de índices de capacidad para el análisis y evaluación de procesos con múltiples respuestas," *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, vol. 13, no. 25, Oct. 2022, doi: 10.23913/ride.v13i25.1322.

[39] E. J. Delahoz-Dominguez, T. J. Fontalvo, and O. M. Fontalvo, "Evaluation of service quality by means of six sigma in a center of documentary attention in a university," *Formacion Universitaria*, vol. 13, no. 2, pp. 93–102, Feb. 2020, doi: 10.4067/S0718-50062020000200093.

[40] L. E. Llamosa, L. G. Meza Contreras, and M. Botero, "Estudio de repetibilidad y reproducibilidad utilizando el método de promedio y rangos para el aseguramiento de la calidad de los resultados de calibarción de acuerdo con la norma ténica NTC-ISO/IEC 17025," *Scientia et Technica Año XIII*, vol. 35, 2007.

[41] L. Carolina Jiménez Jiménez, C. E. Patiño Rodríguez, F. Jesús, and G. Carazas, "Análisis de R&R por atributos que valora cuantitativamente el desempeño de un sistema de inspección visual," 2022.

[42] P. Cuba *et al.*, "La repetibilidad y reproducibilidad en el aseguramiento de la calidad de los procesos de medición," *Tecnología Química*, vol. XXX, no. 2, pp. 117–121, 2010, [Online]. Available: http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543770014

[43] M. B. Belloví, R. Mª, O. Ramos, and I. Técnico, "NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE," España, 2004.

[44] U. Octavio Irigoin Cabrera, J. Oswaldo Goicochea Espino, E. Guillermo Cabanillas Oliva, V. Sánchez Cáceres, G. Rodolfo Heredia Quezada, and K. Saldaña Ferreyra, *Métodos estadísticos para el control de la calidad y la productividad*. 2023. [Online]. Available: http://editorialmarcaribe.es/?page_id=2001

[45] Sánchez Yolanda, “Análisis de Modo y Efecto de Fallos, para identificar las causas que impactan desfavorablemente la vida útil de la salsa de chile habanero, El Chile del Abuelo,” Veracruz, 2018.

[46] E. Pérez Bernabeu, M. Ángel, S. Cantó, and V. G. Soler, “Los gráficos de control por atributos,” 2012.

[47] ETIG, “Control estadístico de calidad,” *Ampliació d’Estad´ıstica*, 2013.

[48] A. Rocío Pérez *et al.*, “Diseño estratégico del área de talento humano para la empresa Inversiones PLASTIANCHOS 13 SAS ubicado en la ciudad de Bogotá,” Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, 2023.

[49] Rojas Lady and Puentes Denis, “Propuesta de portafolio de proyectos en Acoplásticos: productores de plásticos de un solo uso, para acogimiento de la ley 2232.,” Trabajo de grado, Universidad EAN, Bogotá, 2023.

[50] E. Avella, P.-Y. Paola, and C. Cañon, “Implementación de la logística integral en la organización REDCAS mediante la estructuración del manual de funciones y procedimientos,” Trabajo de investigación, Universidad ECCI, Bogotá, 2023.

[51] Gómez Diego, “Diseño de estrategia de mejoramiento de recursos para las áreas de mantenimiento y abastecimiento que permita obtener mejores márgenes de rentabilidad de la empresa diago well services s.a.s,” Tesis, Universidad Autónoma De Bucaramanga Facultad De Ciencias Económicas, Bucaramanga, 2022.

[52] A. Vallejo, C. Andres, S. Sanchez, J. Pablo, M. Jáuregui, and I. Araceli, “Estandarización de procesos en el área de producción de tara en polvo para incrementar la productividad aplicando herramientas de Lean Manufacturing en una empresa agroindustrial de Ayacucho, Perú,” Trabajo de suficiencia profesional, Universidad Peruana de ciencias aplicadas, Lima, 2023.

[53] L. María *et al.*, “Propuesta de mapa de procesos en la dirección central de Economía, ETECSA,” Tesis de Maestría, Universidad de La Habana, La Habana, 2021.

[54] Núñez Laura and Sánchez Camila, “Diseño de una propuesta de mejoramiento de la productividad en el proceso de empaque de medicamento líquido de una empresa.,” Trabajo de grado, Institución universitaria Antonio José Camacho, Camacho, 2023.

[55] Ángel Andrés and Yepes Erik, “Propuesta de mejora en el proceso de laminación del grupo excala,” Trabajo de grado, Institución universitaria pascual bravo, Medellín, 2023.

[56] C. Ríos, B. Roderick, E. Bravo, J. Daniel, M. Alvarez, and L. Alberto, “Diseño de un modelo del proceso de producción para mejorar la eficiencia empleando herramientas Lean Manufacturing en una empresa PYME del sector metalmecánico,” Trabajo de suficiencia profesional, Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima, 2024.

[57] D. Maldonado, A. Alberto, R. Ponce, and S. Roomel, “Desarrollo de un sistema de automatización industrial aplicado a una máquina de moldeo por inyección para elaborar y enfriar piezas de plástico de polietileno de alta densidad,” Tesis, Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima, 2021.

[58] C. Barreto, L. Raúl, C. Palomino, R. Alfredo, Q. Flores, and J. Carlos, “Propuesta de mejora de mantenimiento para incrementar el factor de rendimiento utilizando la metodología de mantenimiento productivo total para una empresa pyme en el sector agroindustrial,” Trabajo de suficiencia profesional, Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima, 2024. [Online]. Available: https://laccei.org/LACCEI2022-

[59] P. Moreno and B. Paul, “Simulación e implementación del proceso de moldeo por inyección, utilizando válvulas hidráulicas proporcionales,” Trabajo de integración curricular, ESPE, Sangolquí, 2023.

[60] M. García, B. María Tutor, and D. Antonio Cano Ortega, “Programación de la unidad didáctica: ‘¡a dibujar! dibujo técnico y diseño 3d,’” Trabajo Fin de Máster, Universidad de Jaén, Jaén, 2023.

[61] Espinoza Anthony, “Propuesta de mejora continua en el proceso de producción de una planta de plásticos mediante la metodología pdca y manufactura esbelta,” Tesis para optar por el grado de Magíster, Pontificia universidad católica del perú, Lima, 2019.

[62] P. Diana *et al.*, “La economía circular: una alternativa para la industria del plástico,” Tesis, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, 2022.

[63] T. Echeverre, E. Alessandra, N. Yepez, C. Rodrigo, Q. Vasquez, and J. Antonio, “Implementación de herramientas del TPM y la mejora en la eficiencia de lalínea inyectora de la planta 3 de la empresa Grupo Reyplast,” Tesis, Universidad Ricardo Palma, Lima, 2022.

[64] Gutierrez Sebastian and Materon Carlos, “Estrategías, mecanismos y recomendaciones que permitan reducir la desconfianza del consumidor frente al comercio electrónico,” Trabajo de Grado, Universidad Santo Tomas, Bogotá, 2021.

[65] C. Marques, N. Lopes, G. Santos, I. Delgado, and P. Delgado, “Improving operator evaluation skills for defect classification using training strategy supported by attribute agreement analysis,” *Measurement*, vol. 119, pp. 129–141, Apr. 2018, doi: 10.1016/J.MEASUREMENT.2018.01.034.

[66] C. Parra-Penagos and F. Rodríguez-Fonseca, “La capacitación y su efecto en la calidad dentro de las organizaciones,” *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación*, vol. 6, no. 2, pp. 131–143, Feb. 2016, doi: 10.19053/20278306.4602.

[67] Carro Roberto and Gonzáles Daniel, “El sistema de producción y operaciones,” *Universidad Nacional de Mar de Plata*, 2020.

[68] K. M. Salas-Arias, C. E. Madriz-Quirós, O. Sánchez-Brenes, M. Sánchez-Brenes, and J. B. Hernández-Granados, "Factores que influyen en errores humanos en procesos de manufactura moderna," *Revista Tecnología en Marcha*, vol. 31, no. 1, p. 22, Mar. 2018, doi: 10.18845/tm.v31i1.3494.

[69] A. Patricia, R. Picón, L. A. Rodríguez Picón, M. A. R. Medina, and S. R. Picón, "Índice de capacidad para una tolerancia posicional: Caso de estudio."

[70] Espinoza Laritza and González Ramiro, "Relación entre las tolerancias dimensionales y geométricas en los procesos de fabricación," *Revista centro azúcar*, vol. 46, 2019.

[71] Aimacaña Irma, "Procesos de calidad y la Satisfacción de los Socios, de la Cooperativa de Ahorro y Crédito SUMAK KAWSAY Ltda., de la ciudad de Latacunga," Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.

[72] K. O. Guerrero, C. Othoniel, E. Martínez, G. José, and R. R. Chávez, "Propuesta de diseño de una cámara de enfriamiento controlada a temperutas bajas." Universidad de El Salvador, San Salvador, 2022.

ANEXOS

Anexo A. Defectos de calidad en el objeto de estudio

En la Tabla A1. se muestra la cantidad de defectos que se generan en todas las partes que conforman las “Cajas policarbonato 400 x 220 x 125” durante los años 2022 y 2023.

Tabla A1. Defectos de las partes de las “Cajas policarbonato 400 x 220 x 125”

DEFECTO	CANTIDAD DE DEFECTOS	CANTIDAD DE PRODUCCIÓN
Vetas	9352	398565,5
Incompletos	7352	974887,8333
Deformado	1671	22760,5
Rechupe	1312	40565
Roto	897	54310,83333
Manchas	314	16186,16667
Contaminados	293	14597
Fisuras	240	14474
Quemadas	150	55456
Blancas	84	2852
Pequeños	25	1120
Rebaba	20	5972
Sin color	16	991
Rayadas	15	905,8333333
Aplastados	10	1034

Anexo B. Datos recopilados para el estudio (R&R)

En la Tabla B1, se muestra los datos recopilados para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) en las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40.

Tabla B1. Datos para la repetibilidad del análisis (R&R)

	Semana 1		Semana 2			Repetibilidad	
#Tapa	Operador 1	Operador 2	Operador 1	Operador 2	Suma de acuerdos	Operador 1	Operador 2
1	1	1	1	0	3	0	1
2	1	1	1	1	4	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	1	1	4	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	1	1	2	1	1
8	1	1	1	1	4	0	0
9	1	1	1	1	4	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0
11	1	1	1	1	4	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	1	4	0	0
15	1	1	1	1	4	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0
18	1	1	1	1	4	0	0
19	1	1	1	1	4	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	1	1	4	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0
23	1	1	1	1	4	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	1	0	0	1	2	1	1
26	1	0	1	1	3	0	1
27	0	0	0	0	0	0	0
28	1	0	1	1	3	0	1
29	0	0	1	1	2	1	1
30	0	0	1	0	1	1	0
TOTAL	15	12	17	16	60	4	6

En la Tabla B2, se muestra los desacuerdos que existen entre operarios para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) en las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40.

Tabla B2. Datos para la reproducibilidad del análisis (R&R)

Reproducibilidad OP1		Reproducibilidad OP2	
Operador 1 y Operador 2 (SEM1_DÍA 1)	Operador 1 (SEM1_Día 1) y Operador 2 (SEM2_DÍA 2)	Operador 2 (SEM1_Día 1) y Operador 1 (SEM2_DÍA 2)	Operador 1 y Operador 2 (SEM2_DÍA 2)
0	1	0	1
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
1	0	0	1
1	0	1	0
0	0	0	0
1	0	1	0
0	1	1	0
0	0	1	1
3	3	5	3

Anexo C. Índice Cp para cantidad de piezas defectuosas y PPM

En la Figura C1, se muestra valor que permiten calcular el índice Cp para el proceso de inyección de plásticos de las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40

Valor del índice (corto plazo)	Proceso con doble especificación (índice C_p)		Con referencia a una sola especificación (C_{pi}, C_{ps}, C_{pk})	
	% fuera de las dos especificaciones	Partes por millón fuera (PPM)	% fuera de una especificación	Partes por millón fuera (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023
1.0	0.2700%	2 699.934	0.1350%	1 349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

Figura C1. Índice Cp para el cálculo de productos defectuosos

Anexo D. Datos recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “veteado” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40

En la Tabla D1, se muestra los datos que se han recolectado recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “veteado” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40 con defectos “veteado”.

Tabla D1. Datos para la carta de control de defectos veteados

Subgrupo	Tapas plásticas fabricadas (Tamaño del lote)	Defectos "Veteados"	Proporción (Pi)
1	122	2	0,016
2	141	1	0,007
3	115	1	0,009
4	155	2	0,013
5	122	5	0,041
6	134	3	0,022
7	146	4	0,027
8	128	8	0,063
9	132	0	0,000
10	110	2	0,018
11	143	2	0,014
12	119	3	0,025
13	124	2	0,016
14	133	7	0,053
15	137	1	0,007
16	148	2	0,014
17	152	4	0,026
18	117	3	0,026
19	129	2	0,016
20	136	1	0,007

21	127	0	0,000
22	139	2	0,014
23	144	3	0,021
24	111	8	0,072
25	119	6	0,050
26	143	4	0,028
27	126	5	0,040
28	135	2	0,015
29	110	1	0,009
30	155	7	0,045
31	196	5	0,026
32	108	1	0,009
33	119	9	0,076
34	131	2	0,015
35	143	2	0,014
36	152	1	0,007
TOTAL	4801	113	

Anexo E. Datos recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “incompleto” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40

En la Tabla E1, se muestra los datos que se han recolectado recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “veteado” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40 con defectos “incompleto”.

Tabla E1. Datos para la carta de control de defectos incompletos

Subgrupo	Tapas plásticas fabricadas (Tamaño del lote)	Defectos "Incompleto"	Proporción (Pi)
1	122	1	0,008
2	141	2	0,014
3	115	1	0,009
4	155	3	0,019
5	122	4	0,033

6	134	5	0,037
7	146	6	0,041
8	128	2	0,016
9	132	1	0,008
10	110	5	0,045
11	143	1	0,007
12	119	2	0,017
13	124	3	0,024
14	133	3	0,023
15	137	1	0,007
16	148	1	0,007
17	152	3	0,020
18	117	5	0,043
19	129	1	0,008
20	136	1	0,007
21	127	3	0,024
22	139	2	0,014
23	144	6	0,042
24	111	4	0,036
25	119	3	0,025
26	143	5	0,035
27	126	5	0,040
28	135	2	0,015
29	110	1	0,009
30	155	1	0,006
31	196	3	0,015
32	108	2	0,019
33	119	2	0,017
34	131	1	0,008
35	143	1	0,007
36	152	2	0,013
TOTAL	4801	94	

Anexo F. Datos recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “deformado” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40

En la Tabla F1, se muestra los datos que se han recolectado recopilados para elaborar la carta de control “P” del defecto “deformado” para las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40 con defectos “deformados”.

Tabla F1. Datos para la carta de control de defectos deformados

Subgrupo	Tapas plásticas fabricadas (Tamaño del lote)	Defectos "Deformación"	Proporción (Pi)
1	122	0	0,000
2	141	0	0,000
3	115	0	0,000
4	155	0	0,000
5	122	0	0,000
6	134	2	0,015
7	146	0	0,000
8	128	1	0,008
9	132	0	0,000
10	110	1	0,009
11	143	0	0,000
12	119	0	0,000
13	124	0	0,000
14	133	2	0,015
15	137	0	0,000
16	148	1	0,007
17	152	0	0,000
18	117	0	0,000
19	129	1	0,008
20	136	0	0,000

21	127	0	0,000
22	139	1	0,007
23	144	2	0,014
24	111	1	0,009
25	119	0	0,000
26	143	0	0,000
27	126	0	0,000
28	135	1	0,007
29	110	0	0,000
30	155	3	0,019
31	196	0	0,000
32	108	1	0,009
33	119	3	0,025
34	131	0	0,000
35	143	0	0,000
36	152	0	0,000
TOTAL	4801	20	

Anexo G. Lluvia de ideas para identificar las causas que generan el defecto de veteado.

En la Tabla G1, se muestra una lista de lluvia de ideas con las principales causas que provocan el defecto veteado en las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40.

Tabla G1. Listado de causas que provocan veteados

Lluvia de ideas - Causas de Veteado en Tapas Plásticas:		
N°	**M's de Calidad**	**Idea**
1	**Material**	Variaciones en la humedad del material plástico.
2		Impurezas en el material plástico.
3		Uso de material plástico reciclado de baja calidad.
4		Errores en la mezcla de materiales plásticos.
5	**Máquina**	Variaciones en la temperatura del molde durante el proceso de enfriamiento.
6		Desgaste irregular en las cavidades del molde.
7		Desgaste o deterioro del molde de inyección.
8		Mala regulación de la presión de inyección durante el proceso.
9		alta de uniformidad en la temperatura del molde.

10		Problemas en el sistema de refrigeración del molde.
11		Vibraciones en la máquina de inyección.
12		Variaciones en el tiempo de enfriamiento del plástico.
13		Diferencias en la presión de cierre del molde.
14		Diferencias en la velocidad de inyección de plástico en diferentes secciones del molde.
15	**Mano de Obra**	Falta de mantenimiento adecuado en las boquillas de inyección.
16		Falta de capacitación del personal en el manejo del equipo.
17	**Método**	Diseño inapropiado de las áreas de unión entre las diferentes secciones del molde.
18		Insuficiente lubricación en el proceso de moldeo.
19		Inadecuada purga de residuos plásticos entre cambios de producción.
20	**Medio Ambiente**	Contaminación en las superficies del molde.

Anexo H. Lluvia de ideas para identificar las causas que generan el defecto incompleto.

En la Tabla H1, se muestra una lista de lluvia de ideas con las principales causas que provocan el defecto incompleto en las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40.

Tabla H1. Listado de causas que provocan piezas incompletas

Lluvia de ideas - Causas de Incompleto en Tapas Plásticas:		
N°	**M's de Calidad**	**Idea**
1	**Material**	Error en la dosificación de los aditivos plásticos.
2		Variaciones en la viscosidad del plástico durante la inyección.
3		Error en la selección del tipo de material plástico.
4	**Máquina**	Falta de mantenimiento adecuado en las boquillas de inyección.
5		Desgaste o deterioro del molde de inyección.
6		Mala regulación de la presión de inyección durante el proceso.
7		Variación en la presión de inyección de plástico.
8		Problemas en el sistema de expulsión de las piezas moldeadas.
9		Falta de uniformidad en el llenado de las cavidades del molde.
10		Inestabilidad en la temperatura del plástico durante el moldeo.
11		Insuficiente tiempo de enfriamiento de las piezas moldeadas.
12		Desalineación de las partes móviles del molde.

13		Mal funcionamiento del sistema de inyección de plástico.
14		Problemas en el sistema de control de la máquina de moldeo.
15		Daños en los componentes internos de la máquina de inyección.
16		Problemas en la expulsión de aire atrapado en el molde.
17		Defectos en el sistema de cierre del molde.
18	**Mano de Obra**	Fallos en la inspección y clasificación de materiales plásticos.
20	**Método**	Diseño inapropiado de las áreas de unión entre las diferentes secciones del molde.
20	**Medio Ambiente**	Contaminación en el material plástico.

Anexo I. Lluvia de ideas para identificar las causas que generan el defecto deformado.

En la Tabla I1, se muestra una lista de lluvia de ideas con las principales causas que provocan el defecto deformado en las Tapas Plásticas 400 x 220 x 40.

Tabla I1. Listado de causas que provocan deformaciones

Lluvia de ideas - Causas de Deformación en Tapas Plásticas:		
N°	**M's de Calidad**	**Idea**
1	**Material**	Uso de material plástico reciclado de baja calidad.
2		Errores en la mezcla de materiales plásticos.
3		Variaciones en la humedad del material plástico.
4	**Máquina**	Variación en la presión de inyección de plástico.
5		Desgaste irregular en las cavidades del molde.
6		Mala regulación de la presión de inyección durante el proceso.
7		Problemas en el sistema de refrigeración del molde.
8		Variaciones en la temperatura del molde durante el proceso de enfriamiento.
9		Falta de uniformidad en el llenado de las cavidades del molde.
10		Desgaste o deterioro del molde de inyección.
11		Error en la selección de la presión de inyección.
12		Desalineación de las partes móviles del molde.
13		Problemas en el sistema de cierre del molde.
14		Falta de mantenimiento adecuado en las boquillas de inyección.
15		Insuficiente tiempo de enfriamiento de las piezas moldeadas.

16		Mal funcionamiento del sistema de inyección de plástico.
17		Desalineación de las partes del molde durante el cierre.
18	**Método**	Diseño inapropiado de las áreas de unión entre las diferentes secciones del molde.
19	**Medio Ambiente**	Contaminación en el material plástico.
20		Impacto de la temperatura ambiente en el proceso de moldeo.