



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

Tema:

**ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
BOTAS DE POLICLORURO DE VINILO EN LA EMPRESA MILBOOTS DE
LA CIUDAD DE AMBATO**

Trabajo de Titulación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

ÁREA: Industrial y Manufactura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, Materiales y Producción

AUTOR: Julio César Durán Ocaña

TUTOR: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

Ambato – Ecuador

febrero 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOTAS DE POLICLORURO DE VINILO EN LA EMPRESA MILBOOTS DE LA CIUDAD DE AMBATO, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Durán Ocaña Julio César, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, 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 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, febrero 2022

.....

Ing. Luis Alberto Morales Perrazo Mg.

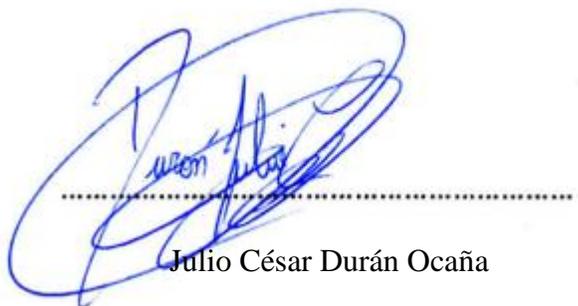
TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El presente proyecto de investigación titulado: ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOTAS DE POLICLORURO DE VINILO EN LA EMPRESA MILBOOTS DE LA CIUDAD DE AMBATO, es absolutamente original, auténtico y personal.

En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, febrero 2022



Julio César Durán Ocaña

CC: 1804147518

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Durán Ocaña Julio César, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado : ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOTAS DE POLICLORURO DE VINILO EN LA EMPRESA MILBOOTS DE LA CIUDAD DE AMBATO, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora presidenta del Tribunal.

Ambato, febrero 2022

.....

Ing. Elsa Pilar Urrutia Mg.

PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

.....

Ing. José Luis Gavidia García

PROFESOR CALIFICADOR

.....

Ing. Alexis Reinaldo Sánchez Miño

PROFESOR CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, febrero 2022



Julio César Durán Ocaña

CC: 1804147518

AUTOR

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico a Dios, a la Madre del cielo, que han guiado mi camino para llegar a la culminación de una meta importante en mi vida.

A mi madre Anita Susana, porque me enseñó el sentido de la responsabilidad y la perseverancia, por haber fortalecido en mí, los valores morales y espirituales. A mi hermana Mónica Alexandra por haberme apoyado siempre, contribuyendo en mi formación.

A mi hermana Fanny Jhulyta (+) y a mi querida abuelita Matilde (+) quienes descansan en paz.

A todas las personas que me han apoyado con su cariño y buenos deseos, por su motivación permanente para que este proyecto se haga realidad.

Julio César Durán Ocaña

AGRADECIMIENTO

A Dios porque en su infinita bondad me da la vida y la fortaleza para estudiar y alcanzar la superación.

A la Universidad Técnica de Ambato y a sus maestros que han apoyado en mi formación, impartiendo sus conocimientos y valores en el trayecto de mi preparación universitaria.

Al Ing. Mg. Luis Morales por su contribución en el desarrollo del presente trabajo, por compartir sus conocimiento y consejos con paciencia y cariño para ser una buena persona y un profesional capaz.

A la empresa “MILBOOTS CIA. LTDA.” por abrirme sus puertas, y a quienes conforman dicha organización, por su apoyo para la realización de mi proyecto de investigación.

Julio César Durán Ocaña

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.2 Antecedentes investigativos	1
Contextualización del problema	1
Fundamentación teórica.....	5
1.3 Objetivos	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos	15
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA	16
2.1 Materiales	16
2.2 Métodos	17
Método inductivo.....	17
Método deductivo	17
Método analítico	17
Modalidad de la investigación.....	18
Población y muestra.....	19
Recolección de información	19
Procesamiento y análisis de datos.....	21
Desarrollo del proyecto.....	21
CAPÍTULO III.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1 Análisis y discusión de los resultados	32
3.1.1 ETAPA DEFINIR.....	32

3.1.2 ETAPA MEDIR.....	49
3.1.3 ETAPA ANALIZAR	80
3.1.4 Etapa mejora y control.....	94
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	114
4.1 Conclusiones	114
4.2 Recomendaciones	115
C. MATERIALES DE REFERENCIA.....	116
Anexos.....	116
Referencias.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales utilizados en la investigación	16
Tabla 2 Herramientas de acuerdo a las fases DMAIC	20
Tabla 3 Actividades en la etapa DEFINIR.....	22
Tabla 4 Actividades en la etapa MEDIR.....	24
Tabla 5 Valores de Cp y su interpretación	27
Tabla 6 Actividades en la etapa ANALIZAR	29
Tabla 7 Calificación NPR	30
Tabla 8 Actividades en la etapa MEJORA y CONTROL.....	31
Tabla 9 Productos ofertados por MILBOOTS	33
Tabla 10 N° de vueltas referenciales a descartar en los arranques de inyección	36
Tabla 11 Tiempos de enfriamiento y pares por caja para empaqueo	36
Tabla 12 Clasificación de los productos durante el empaque	37
Tabla 13 Productos vendidos en el año 2018.....	39
Tabla 14 Botas PCV 4x4 vendidas en el año 2018	41
Tabla 15 Porcentaje de ventas por tallas (Botas PVC 4x4)	43
Tabla 16 Alcance del proyecto Lean Six Sigma	44
Tabla 17 Defectos presentes en las botas 4x4.....	45
Tabla 18 Integrantes del proyecto Lean Six Sigma	47
Tabla 19 Identificación de la medición.....	49
Tabla 20 Plan de muestreo	51
Tabla 21 Criterios para el cálculo de muestras	51
Tabla 22 Tamaño de muestras para el estudio	52
Tabla 23 Datos para gráfica C (botas 4x4 A/AZ)	57
Tabla 24 Datos para gráfica U (botas 4x4 A/AZ).....	59
Tabla 25 Datos para gráfica C (botas 4x4 negro crepe).....	61
Tabla 26 Datos para gráfica U (botas 4x4 negro crepe).....	62
Tabla 27 Datos para métricas de calidad (Bota 4x4 A/AZ)	64
Tabla 28 Métricas Six Sigma botas 4x4 A/AZ	65
Tabla 29 Datos para métricas de calidad (Bota 4x4 negro crepe).....	66

Tabla 30 Métricas Six Sigma botas 4x4 Negro/Crepé	67
Tabla 31 Datos para el estudio	69
Tabla 32 Análisis de desacuerdos para el estudio	71
Tabla 33 Resultados de repetibilidad	72
Tabla 34 Resultados de reproducibilidad	73
Tabla 35 Número de desacuerdos entre parejas de operadores.....	74
Tabla 36 Reporte de estudio R&R discreto	75
Tabla 37 Ms presentes en despegado de suela(A/AZ)	80
Tabla 38 Ms presentes en no inyecta caña(A/AZ)	81
Tabla 39 Ms presentes en contaminación(A/AZ)	81
Tabla 40 Ms presentes en des calibración(A/AZ).....	82
Tabla 41 Ms presentes en mal llenado de caña(A/AZ)	83
Tabla 42 Ms presentes en mal llenado de suela(A/AZ)	83
Tabla 43 Ms presentes en rechupe en la caña(A/AZ)	84
Tabla 44 Ms presentes en mal puesta la media (Negro /Crepé).....	84
Tabla 45 Ms presentes en no inyecta caña (Negro /Crepé).....	85
Tabla 46 Ms presentes en despegado de la suela (Negro /Crepé).....	86
Tabla 47 Ms presentes en des calibración (Negro /Crepé)	87
Tabla 48 Ms presentes en lacras (Negro /Crepé).....	87
Tabla 49 AMEF bota 4x4 PVC LG A/AZ	89
Tabla 50 AMEF bota 4x4 PVC LG N/C.....	91
Tabla 51 Causas raíz defectos A/AZ.....	93
Tabla 52 Causas raíz defectos negro/crepé	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Figuras de un diagrama de flujo	7
Figura 2 Diagrama de Pareto ejemplo	9
Figura 3 Ejemplo diagrama de Ishikawa	11
Figura 4 Sistemas tradicionales vs Sistemas Lean	13
Figura 5 Kit de herramientas Lean Six Sigma	14
Figura 6 Beneficios de Lean y Six Sigma	15
Figura 7 Diagrama de flujo de funciones para la elaboración de las botas de policloruro de vinilo.....	34
Figura 8 Empaque de botas 4x4 y BRK.....	37
Figura 9 Empaque botines MB	38
Figura 10 Gráfica ABC de primer orden	40
Figura 11 Gráfica ABC de segundo orden.....	40
Figura 12 Diagrama SIPOC del proceso de elaboración de la bota PVC 4x4	42
Figura 13 Área de recolección de datos	50
Figura 14 Defectos encontrados en moldes para la bota 4x4 A/AZ	53
Figura 15 Tipos de defectos encontrados en las botas 4x4 A/AZ.....	54
Figura 16 Defectos encontrados en moldes para la bota negro crepe	55
Figura 17 Tipos de defectos encontrados en las botas 4x4 negro crepe	56
Figura 18 Gráfica C (botas 4x4 A/AZ)	58
Figura 19 Gráfica U (botas 4x4 A/AZ).....	59
Figura 20 Gráfica C (botas 4x4 negro crepe).....	61
Figura 21 Gráfica U (botas 4x4 negro crepe).....	63
Figura 22 Informe de capacidad del proceso de inyección bota 4x4 amarillo/azul	76
Figura 23 Informe de capacidad del proceso de inyección bota 4x4 amarillo/azul	78
Figura 24 Pasos a seguir para la elaboración del plan de mejoras	95

RESUMEN EJECUTIVO

Al no trabajar con filosofía Lean Manufacturing, las empresas generan desperdicios y por ende pérdidas económicas, por ello, la finalidad de esta investigación es realizar un análisis Lean Six Sigma en el proceso de elaboración de las botas de policloruro de vinilo en la empresa Milboots, ubicada en la ciudad de Ambato.

El proyecto se basa en la metodología Lean Six Sigma, que combina un manual de instrucciones o también conocido como ciclo DMAIC, con herramientas de manufactura esbelta; se emplea un enfoque cualicuantitativo con datos que siguen una distribución tipo Poisson.

El principal desperdicio generado en el proceso de producción y que provoca pérdidas económicas, son los defectos en las botas 4x4 PVC amarillo/azul y negro/crepé, siendo estas el producto con mayor demanda. Existen dos procesos críticos que corresponden a la inyección de los productos mencionados, estos se encuentran bajo control estadístico y descentrado, y con un nivel sigma en promedio de 3, por lo tanto, los procesos no cumplen con las especificaciones del cliente.

Finalmente, se determina que, la empresa no trabaja con una filosofía de calidad debido a que sus trabajadores no tienen un compromiso de mejora continua, que permita aumentar los niveles de competitividad a nivel nacional, además, no se trabaja en base a una política de calidad, que conlleve alcanzar los objetivos a corto y largo plazo.

Palabras Clave: Calidad, desperdicios, lean, six sigma.

ABSTRACT

By not working with the Lean Manufacturing philosophy, companies generate waste and therefore economic losses, therefore, the purpose of this research is to carry out a Lean Six Sigma analysis in the process of making polyvinyl chloride boots in the Milboots company, located in Ambato city.

The project is based on the Lean Six Sigma methodology, which combines an instruction manual or also known as the DMAIC cycle, with lean manufacturing tools; a qualitative-quantitative approach is used with data that follow a Poisson distribution.

The main waste generated in the production process and that causes economic losses, are the defects in the yellow / blue and black / crepe 4x4 PVC boots, these being the product with the highest demand. There are two critical processes that correspond to the injection of the aforementioned products, these are under statistical control, and with an average sigma level of 3, however, they are not fully capable of meeting customer specifications.

Finally, it is determined that the company does not work with a quality philosophy because the staff do not have a commitment to continuous improvement, which allows increasing levels of competitiveness at the national level, furthermore, don't work based on a quality policy, which entails achieving short and long-term objectives.

Keywords: Quality, waste, lean, six sigma.

INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos en el procesamiento de plásticos y la demanda por calidad en sus productos han causado que la competitividad en esta industria se oriente a la reducción de costos de producción y al mismo tiempo a la optimización de las técnicas actuales, clave en el desarrollo de nuevos materiales y procesos [1].

El desarrollo de polímeros sintéticos es un gran avance para la industria, ya que sus usos son significativos al ser económicos, livianos, inalterables a los agentes atmosféricos, aislantes de la corriente eléctrica, entre otras características, sin embargo, debido a la gran demanda de estos y no tener un control en sus procesos, el desperdicio de los mismos es significativo [2].

La disponibilidad de nuevas tecnologías y la aplicación en cadenas de producción a gran escala se ven limitadas debido a la falta de conocimiento con respecto al proceso, con la finalidad de superar estos inconvenientes, actualmente se desarrollan trabajos de investigación en diversas áreas, una de ellas es la inyección en donde el fenómeno de degradación del material, relacionada con historial de temperatura, cizalladura, y el tiempo de residencia, es un problema que no solo afecta al producto final sino la reutilización y reciclaje de los residuos poliméricos generados durante el proceso de producción [1], para lo cual investigadores han optado por la simulación del proceso tomando en cuenta variantes como la temperatura y la presión de inyección [3], así también como añadir vibraciones en el momento de llenado [4].

Si en las grandes empresas tienen problemas, las pequeñas y medianas empresas que trabajan con inyección de plástico, también han presentado inconvenientes, estudios en Colombia demuestran que existen falencias en la calidad de los productos ya que no tienen sus procesos estandarizados bajo la norma ISO 9000, ni cuentan con un departamento de calidad así como un plan de mejora continua [5], problemas al momento de la inyección que van desde marcas hundidas, huecos, deformaciones entre otros [6]; sin embargo los defectos se pueden dar debido al no contar con un mantenimiento preventivo adecuado de la maquinaria [7].

Estudios realizados en diferentes empresas de Perú, el cual se centra en los procesos de extrusión, soplado de envases e inyección de productos plásticos; demostró que existen defectos críticos tales como huecos, grietas, medidas, y defectos menores como puntos blancos o manchas de color, debido a factores como temperatura de inyección o problemas con el molde [8].

De igual manera una investigación realizada en el proceso de inyección de plásticos en una empresa ubicada en Ecuador, demostró que, a pesar de tener un control de calidad en la materia prima, existen defectos en los productos resultado del proceso de inyección, entre los cuales destacan ralladuras, color inadecuado, exceso de material, rebabas; como solución se tiene un sistema de control de calidad en los procesos productivos [9].

Entre los productos que se fabrican por medio de la inyección de diversos polímeros, está el calzado en sus diferentes presentaciones, un proyecto realizado en una empresa ecuatoriana demostró que esta área posee una baja productividad, un déficit de eficiencia, una elevada cantidad de desperdicios, alto número de reprocesos y un porcentaje considerable de paradas de máquina, lo que deriva en pérdidas económicas para la empresa; con lo cual el objetivo de la investigación ha sido implementar un sistema de control de gestión con el fin de elevar el desempeño del área [10]. Por medio de una estandarización del proceso de inyección de suela de poliuretano para calzado de seguridad realizado en una empresa de Colombia, se pudo identificar los diferentes problemas en el área, además de, alcanzar una eficiencia operativa que permita disminuir el nivel de variabilidad en dicho proceso [11].

Para el control de la variabilidad en los procesos productivos y eliminar los desperdicios que generan los mismos, Lean Six Sigma ha demostrado tener resultados positivos en diversas áreas [12], puesto que permite un enfoque estadístico científico para mejora de procesos, siempre y cuando se mantenga una perspectiva de procesos y un enfoque sistémico el cual asegure que se observa a la empresa como un sistema y no como un grupo de gerencias actuando bajo tareas específicas y aisladas [13]. Otra de las correcciones obtenidas con Lean Six Sigma es la eliminación de actividades que no

agregan valor al producto, así como disminuir la cantidad de desperdicios [14], muy útil en empresas dedicadas a inyección de plásticos [15].

A pesar de ser una metodología eficiente, en las medianas y pequeñas empresas la implementación de Lean Six Sigma ha presentado dificultades, sin embargo, en un estudio reciente en una PYME colombiana, los resultados han sido favorables, entre ellos: ahorros en costos de mala calidad, disminuciones en las devoluciones de productos, además de lograrse la implementación de buenas prácticas en la gestión de los procesos [16]. La industria del calzado no se queda atrás al momento de analizar sus procesos con esta metodología, tal es el caso de otra PYME que como resultado ha obtenido un aumento de la productividad diaria y tener un absoluto control adecuado de la calidad, con el fin de mitigar la cantidad de productos defectuosos [17].

En la ciudad de Trujillo-Perú se realizó una propuesta de implementación de la metodología Lean Manufacturing para aumentar la rentabilidad en la línea de producción de calzado de la Corporación FERREL S.A.C. , la cual ha tenido como resultado las herramientas necesarias de la metodología con el fin de disminuir la cantidad de productos a reprocesar y por consiguiente los gastos generados por los mismos [18].

Es común la necesidad de controlar la variabilidad de temperaturas de las diferentes zonas de las inyectoras, con el objetivo de optimizar procesos, las que al no estar controladas provocan imperfecciones en el calzado [19]; para solucionar este problema la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Ecuador utiliza el diseño factorial con Minitab, para lo cual se emplea un diseño de experimentos DOE técnica que consiste en realizar una serie de pruebas en los que se inducen cambios en las variables de un proceso, de manera que es posible identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida, se concluyó en la investigación que el diseño de experimentos es muy útil para realizar el control de la producción y disminuir los productos de mala calidad, controlando de esta manera el proceso de fabricación de calzado [20].

De acuerdo a lo mencionado, estudios realizados en la ciudad de Ambato-Ecuador, demuestra que las pequeñas y medianas empresas del sector calzado que han conseguido

una mejora del 50% de su desempeño, son las que ha implementado al menos uno de las 14 dimensiones de 4P'S (procesos) del Lean Manufacturing [21].

Por estos motivos es de suma importancia que MILBOOTS CIA LTDA realice un análisis Lean Six Sigma en los procesos productivos que presentan la mayor tasa de variabilidad y que generan desperdicios, factores que repercuten en la calidad del producto y satisfacción del cliente; teniendo en cuenta que el éxito del proyecto radicará en la cooperación de todo el personal de la empresa junto con alta gerencia.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE BOTAS DE POLICLORURO DE VINILO EN LA EMPRESA MILBOOTS DE LA CIUDAD DE AMBATO

1.2 Antecedentes investigativos

Contextualización del problema

La protección personal basada en plásticos y polímeros que también puedan ser empleados en la elaboración de equipos médicos (como respiradores) así como equipos de protección personal (EPP), se ha vuelto una necesidad tanto para los países desarrollados y sub desarrollados, debido a la pandemia de COVID -19 [22] [23]. China por su parte contuvo la epidemia con relativa rapidez y se ha convertido en un exportador mayoritario de materiales anti-epidémicos respecto a otros países [24]. Además, después de un mes de encierro debido al confinamiento se encontró que el 27 por ciento de la fuerza laboral seguía trabajando, y el 38 por ciento trabajaba desde su hogar, pero para lograrlo se requiere, como mínimo, que los países realicen inversiones para expandir la infraestructura de telecomunicaciones [25]. Por otra parte, los precios del petróleo crudo se desplomaron debido a la ruptura de la alianza entre Arabia Saudita y Rusia [3]; esto ha obstaculizado la cadena de suministro global de petróleo dando lugar a que los patrones de demanda de consumidores fluctúen en el mercado de los productos petroquímicos como es el caso de los polímeros, provocando escasez en ciertos países sobre todo latinoamericanos [26].

Los problemas ocasionados por la falta de materia prima, conduce a las empresas a buscar nuevos materiales que puedan cumplir con las características de la resina tradicional, generando en ocasiones un decremento de la calidad del producto final [3]. Esto lo ha aprovechado las empresas chinas, quienes no han disminuido la calidad de sus productos y que además presentan un manejo adecuado de las 6 M's, mismas que influyen

directamente en la variabilidad de los procesos de producción y son: materia prima, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, medición y métodos [5]. La producción de calzado en el 2020 se centró en los países asiáticos, donde se fabricó el 87% del total de pares de calzado del mundo, provocando una escasez de cadenas de empresas importadoras, que se dirigen a industrias en Europa [27]. Por otra parte, muchos países occidentales luchan entre sí por los limitados recursos, se focalizan en resolver los problemas internos en lugar de unirse [28].

A nivel de Latinoamérica, se han desarrollado investigaciones sobre las cambiantes necesidades de la población buscando hacer más eficientes los procesos de producción, obteniendo mejoras en la gestión de procesos [29]; sin embargo, en el caso de la producción de calzado la generación de desperdicios es un tema crítico [27]; en México las empresas productoras de calzado presentan algunas innovaciones en sus productos, procesos de producción, maquinaria, incluso robots inyectoros de poliuretano [30], así como la adopción del sistema de Manufactura Esbelta como un conjunto de herramientas que ayudan a eliminar las operaciones que no le agregan valor al producto [31].

La Asociación de Empresarios del Calzado de Valencia (Avecal) en conjunto con el Grupo Innova con sede en Colombia realizaron una videoconferencia sobre la necesidad de implementar sistemas Lean Manufacturing, con el objetivo de reducir los desperdicios, es decir los residuos generados en el proceso de producción y aumentar los márgenes de ganancia que son fundamentales para superar en el menor tiempo posible la situación que ha generado la pandemia [32] [33].

Según el análisis de la información realizado en el impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas muestra que, aunque las empresas internamente no lo consideren como requisito, los clientes son los que perciben el mayor impacto de los beneficios en un programa de este estilo, seguido de empleados y accionistas [34], lo cual es muy favorable, puesto que, para toda empresa lo primordial debe ser el cliente [35]. Además, investigadores de Colombia, consideran que para la adopción de Lean Six Sigma se debe trabajar en un enfoque metodológico que está compuesto de cuatro fases:

preparación, identificación, ejecución y evaluación, todo esto apoyado en una cultura de la mejora continua [36] [37].

Estudios indican que la disminución de costos se lleva de una manera ineficiente en el país ya que, no se analiza que podría ocasionar la pérdida de clientes [38]. Actualmente en el país se cuenta con empresas dedicadas a la asesoría en distintos Sistemas de Gestión de Calidad [39], tanto en las ciudades de Cuenca como en Guayaquil se planea trabajar aplicando la metodología Lean Six Sigma como una estrategia para disminuir la variabilidad puesto que la misma está directamente relacionada tanto con el concepto de calidad como con el de costo, y en un mercado completamente competitivo ofrecer productos con la mínima variación es sinónimo de calidad [40] [41] [42]; pero son pocas las organizaciones a nivel de Ecuador que han adoptado este tipo de modelos, ya sea por desconocimiento o falta de confianza [43].

Sin embargo, las empresas nacionales que trabajan con inyección de polímeros han percibido problemas al momento del proceso tales como: ralladuras, color inadecuado, exceso de material y rebabas debido a factores tales como, la temperatura de trabajo, moldes y maquinaria [44] [9], problemas que repercuten en la calidad del producto final, costos de reproceso, desperdicios, además que existe problemas con los trabajadores al momento de realizar los diferentes procedimientos que no se encuentran estandarizados y controlados, de tal forma que los realizan de una manera empírica y basados en su experiencia, mas no en un estudio realizado [45] . De esta manera las empresas han optado por la aplicación de una metodología que evite y elimine en su gran mayoría este tipo de problemas, además de ser una alternativa para mejorar competitividad a nivel nacional e internacional.

Actualmente Ecuador se encuentra en negociaciones para ingresar a La Alianza del Pacífico, esto representa una oportunidad de ingresar al mercado internacional libremente, sin embargo, la competencia será mayor, al tener bienes provenientes de países que ya integran la alianza, lo cual obliga a las empresas a trabajar con mejores procesos para obtener productos de mayor calidad.

La empresa PIEFLEX S.A. En la ciudad de Ambato, muestra que son varios los aspectos que influyen en el proceso de inyección como son: la calidad del PVC, el mantenimiento adecuado a los moldes cada cierto tiempo, el ambiente, ya que siempre presenta variaciones de temperatura, humedad que producen cambios al material y se menciona que el disponer de los procesos estandarizados es muy útil cuando se generan variaciones en las M's [46]. Por otro lado, en el caso de la empresa Plasticaucho Industrial S.A., se generan distintos paros durante el proceso de producción como lo son: cambio de molde, cambios de material, fallo de las inyectoras. Estudios proponen la aplicación de la metodología Lean Six Sigma en la mencionada empresa, con lo que se podría observar mejoras significativas [43].

Específicamente en la empresa MILBOOTS CIA LTDA, en el área del proceso de producción de botas de policloruro de vinilo, han determinado que no se cumple con el porcentaje de eficiencia con respecto a la planificación, causado por variaciones debido a factores como: medio ambiente de trabajo (temperatura, humedad, etc.), materia prima (tanto virgen como reciclados), mano de obra, maquinaria (calibración), método de trabajo, sistemas de medición inadecuados, inexistencia de programas de mantenimiento; esta situación genera problemas de desperdicios, retrabajos en general problemas de variabilidad que afectan a la calidad del producto final que no pueden ser reutilizados y los que tienen las condiciones necesarias para hacerlo se convierte en un gasto adicional para la empresa volverlos a utilizar.

Otras empresas presentan problemas similares citados anteriormente, específicamente en el de materia prima con el manejo de polímeros; puesto que la región sierra centro es una de las mayores productoras de calzado a nivel nacional y por ende han visto la necesidad de implementar diferentes metodologías para mejorar sus procesos productivos, la organización MILBOOTS CIA LTDA no es ajena a esta realidad y por ello ha empezado a aplicar la metodología Lean Manufacturing para reducir desperdicios, pero no metodologías para reducir variabilidad y fallos en los procesos. Por lo cual, este trabajo se enmarca a utilizar una combinación de las metodologías Lean Manufacturing y Six Sigma.

Fundamentación teórica

¿Qué es Six Sigma?

Six Sigma es una filosofía enfocada hacia la satisfacción del cliente, al mismo tiempo se basa en una metodología creada en los años 80 por el ingeniero Bill Smith para Motorola en ese entonces. Esta metodología es utilizada con la finalidad de disminuir el desperdicio por medio de la reducción de la variación en los procesos.

Six Sigma utiliza un manual de instrucciones llamado ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) que se apoya en herramientas estadísticas y administrativas para mejorar, de una manera tangible, los resultados de desempeño de los procesos y productos de una empresa [47].

Six Sigma representa:

- Una métrica
- Una filosofía de trabajo
- Una meta

Como **una métrica**, Six Sigma significa una manera de medir el desempeño de un proceso con respecto a su nivel de productos o servicios fuera de especificación.

Como **una filosofía de trabajo**, Six Sigma representa una mejora continua tanto de procesos como de productos apoyada en la aplicación de una metodología propia, incluye principalmente el uso de herramientas estadísticas, y otras de apoyo.

Como **una meta**, un proceso que tiene nivel de calidad Six Sigma significa estadísticamente obtener una categoría internacional al no producir productos o servicios defectuosos [47].

DMAIC es un proceso de mejora, sistemático, científico y que se basa en hechos. Este proceso elimina pasos improductivos, con frecuencia está enfocado en mediciones nuevas y aplica tecnologías de mejora [48].

Definir: Consiste en fijar el objetivo del problema y validarlo, al mismo tiempo se definen los participantes del programa.

Medir: Consiste en entender el funcionamiento actual del problema, se entiende con mayor detalle al proceso, se valida el sistema de medición de las métricas involucradas y se establece la línea base. Con esta etapa se obtiene datos del proceso de tal forma que se puedan procesar en la fase de análisis.

Analizar: El objetivo de esta etapa es encontrar las causas reales del problema o defecto.

Mejorar: Permite establecer las mejoras procurando minimizar la inversión a realizar.

Controlar: esta etapa se basa en tomar medidas con la finalidad de garantizar la continuidad de la mejora y valorarla en términos económicos y satisfacción del cliente.

Características de un buen proyecto

1. Debe estar ligado a las prioridades de la empresa y relacionado con algún parámetro de importancia para el cliente, CTQ
2. Debe ser entendible y de gran importancia para la organización.
3. De alcance razonable.
4. Deber ser común para todos los miembros del equipo.
5. Tiene una métrica adecuada.
6. Cuenta con la aprobación y el apoyo de la administración.
7. El impacto financiero que tendrá debe ser validado por el área de finanzas.

El programa Six Sigma está basado en el ciclo Deming, este es un procedimiento para la mejora, además de ser una guía lógica y racional para actuar en una gran variedad de situaciones, una de las cuales es resolver problemas de una manera ordenada [47]

Herramientas de Six Sigma

Existen diferentes herramientas que maneja la metodología Six Sigma y que se presentan de acuerdo a la etapa DMAIC que se esté trabajando, entre las cuales se tiene:

Diagrama de flujo de proceso

Este diagrama es una representación gráfica de la secuencia de las actividades o pasos de un proceso, cada paso del proceso se representa por medio de un símbolo diferente, esto contiene una breve descripción de la etapa del proceso, gracias a este diagrama es posible conocer en que consiste un proceso y como se relacionan sus diferentes actividades; es de utilidad para analizar y mejorar un proceso [49].

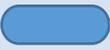
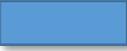
Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Terminal: Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso.		Actividad: Representa la actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión: Señala un punto en el flujo donde se produce una bifurcación del tipo "SI" "NO"		Documento: Documento utilizado en el proceso.
	Multidocumento: Refiere un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente.		Inspección/Firma: Aplicado en aquellas acciones que requieren de supervisión.
	Conector de un Proceso: Conexión o enlace con otro proceso, en el que continua el diagrama de flujo. Por ejemplo, un subproceso.		Archivo: Se utiliza para reflejar la acción de archivo de un documento o expediente.
	Base de Datos: Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de Flujo: Indica el sentido del flujo del proceso.

Figura 1 Figuras de un diagrama de flujo [50]

Análisis ABC

Es una representación gráfica que relacionan los artículos de mayor producción o mayor valor para la empresa, en un periodo determinado de tiempo (6 meses a 1 año), optimizando de mejor manera la administración de los recursos de inventario, permitiendo tomas de decisiones eficientes, este método clasifica los artículos generalmente en tres clases (A, B o C), dando un orden de prioridad a los diferentes productos [51].

ARTICULOS A: Son los más importantes a los efectos del control y corresponden a la zona del 80% de la valoración total.

ARTICULOS B: Aquellos artículos que tienen una importancia secundaria, se encuentran entre el 20% de la valoración total.

ARTICULOS C: Son de importancia reducida y al igual que los productos B, comparten el 20% de la valoración total.

Diagrama SIPOC

Es también un diagrama de proceso que tiene como fin analizar el proceso y su entorno, para ello hay que identificar los proveedores (P), las entradas (E), el proceso (P), las salidas (S) y los clientes o usuarios (U), por sus siglas en inglés es SIPOC (suppliers, inputs, process, outputs and customers). Para elaborar uno de estos diagramas es necesario seguir las siguientes actividades [49]:

- Delimitar el *proceso* y realizar su diagrama de flujo general
- Identificar las *salidas* del proceso, cuáles son sus resultados (servicios o bienes) que tiene el proceso.
- Especificar los *clientes o usuarios*, quienes reciben el bien o productos resultado del proceso
- Definir las *entradas* (materiales, información entre otras) necesarias para que el proceso funcione.
- Identificar *proveedores*, quienes proporcionan las entradas.

Histograma

Es una representación gráfica de la distribución de una variable o un conjunto de datos, en donde los datos se clasifican por su magnitud y en cierto número de clases. Nos permite visualizar la tendencia central, la forma de la distribución y su dispersión [49].

Diagrama de Pareto

Es un gráfico de barras de barras que permite identificar prioridades y causas, puesto que se las ordena por nivel de importancia los diferentes tipos de problemas que se presentan en un proceso, además se conoce que más del 80% de la problemática en una empresa u organización se debe a causas comunes.

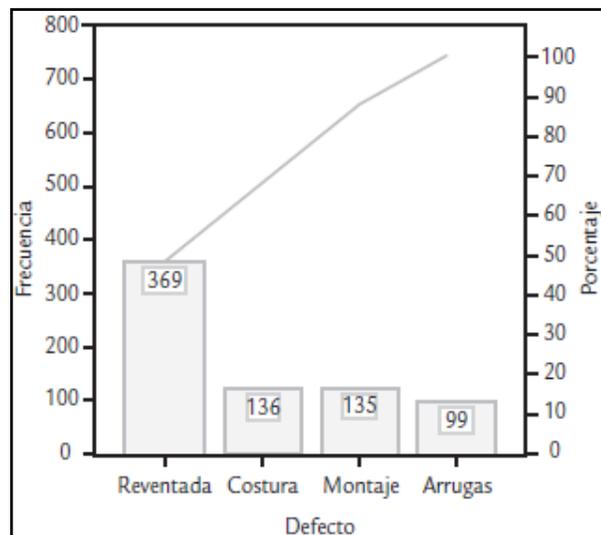


Figura 2 Diagrama de Pareto ejemplo [49]

La utilidad en general de este diagrama está fundamentada por el llamado principio de Pareto, también conocido como “Ley 80-20” o al mismo tiempo “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se afirma que un número menor de elementos (20%) son responsables de la mayor parte del problema (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del problema total [49].

Hoja de verificación (recolección de datos)

Es un tipo de formato elaborado con la finalidad de recolectar datos, de tal manera que su registro sea sencillo, sistemático y fácil de analizarlos. Una adecuada hoja de verificación debe cumplir con la característica de que, visualmente, permita realizar un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada. Existen situaciones en las que es de mucha utilidad obtener información a través de las hojas de verificación, estos casos son los siguientes [49]:

- Especificar el desempeño o resultados de un proceso
- Clasificar diferentes tipos de fallas, quejas o defectos encontrados, con el fin de identificar sus magnitudes, tipos de fallas, razones, el área de donde proceden, etcétera
- Identificar posibles causas de problemas de calidad
- Analizar o verificar las operaciones y evaluar los resultados de los planes de mejora

Cartas de control

Son graficas que tienen como objetivo básico, observar y observar el comportamiento de un proceso a través del tiempo. De esta manera poder diferenciar variaciones por causas comunes y especiales(atribuibles), de tal manera que se pueda entender el funcionamiento del proceso y escoger las adecuadas acciones de mejora y control. Las cartas de control pueden analizar variables de entrada, salida o de control de proceso mismo [49].

Existen generalmente dos tipos de cartas de control: para variables y para atributos:

- **Cartas de control para variables.** - Son diagramas que se aplican a variables o características de calidad de naturaleza continua (longitud, peso, volumen, etcétera)
- **Cartas de control para atributos.** – Son diagramas que se aplican para el monitoreo de características de calidad tipo “pasa, o no pasa”, o donde se puede contar el número de inconformidades que presentan los productos analizados.

Análisis de modo y efecto de fallos (AMEF)

Esta metodología permite identificar las fallas potenciales de un proceso o un producto, todo a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el efecto que estas pueden provocar, a estas fallas se las jerarquizan y para las que representan mayor peligro o vulneran la confiabilidad del proceso o producto, es necesario generar acciones para para eliminarlas o reducir su riesgo [49].

Diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto) - Método de las 6 M

Es un método gráfico en el que se relaciona un problema o efecto con sus posibles causas, su importancia radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema analizado, de esta manera evitar errores y encontrar de manera directa las soluciones; este tipo de diagrama consiste en agrupar las causas potenciales en seis principales ramas (6 M): mano de obra, métodos de trabajo, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente [49].

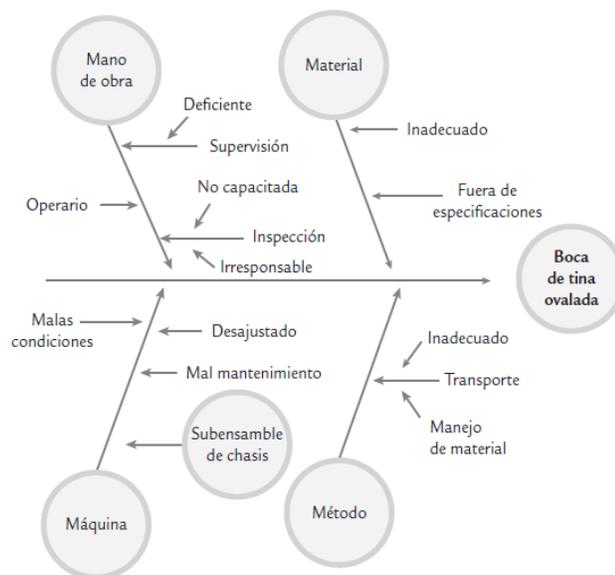


Figura 3 Ejemplo diagrama de Ishikawa [49]

Lluvia de ideas

Estas reuniones de lluvia o tormenta de ideas, son una manera de pensamiento creativo dirigida a que todos los miembros de un grupo participen de forma libre y aporten ideas

acerca de un determinado tema o problema. Es de gran utilidad para el trabajo en equipo, puesto que permite la reflexión y el dialogo con respecto al problema analizado, y en termino de igualdad [49].

5 porqués

Es una técnica sencilla que busca profundizar en el análisis de causas raíz, preguntando y respondiendo sucesivamente el porqué de un problema analizado, suele denominarse 5 porqué, sin embargo, las preguntas deben hacerse hasta considerar que se ha llegado al origen o causa raíz de la problemática, esto quiere decir que pueden ser menos o más preguntas de las 5 que menciona la técnica [49].

Métricas Six Sigma

Para evaluar el estado de los diferentes indicadores de calidad, la metodología six sigma tiene sus propias métricas, de tal manera que la calidad de un proceso sea medida de manera objetiva [49].

- **Índice Z:** Es una métrica de capacidad de procesos, se la utiliza en su mayoría por la metodología Six Sigma, esta se la obtiene calculando la distancia entre la media y las especificaciones, esta distancia se divide entre la desviación estándar. Tenemos un proceso Six Sigma cuando su capacidad para cumplir con las especificaciones a corto plazo es igual a $Z_c = 6$ o cuando se refiere a largo plazo $Z_L = 4.5$.
- **CP:** Este valor corresponde a la capacidad potencial del proceso, el mismo resulta de dividir el ancho de las especificaciones o variación tolerada, entre la amplitud de la variación natural del proceso.
- **DPMO:** Muchas características de calidad son de tipo atributo, para esto Six Sigma tiene como métrica a los *Defectos por millón de oportunidades*, la cual cuantifica a los defectos esperados en un millón de oportunidades de error.
- **DPU:** Es una métrica de calidad, esta es igual al número de defectos encontrados dividido para el número de unidades inspeccionadas o analizadas. Esta métrica no

toma en cuenta las oportunidades de error, es por eso que pierde confiabilidad ante el DPMO.

- **Yield:** O también llamado índice Y, el cual calcula el rendimiento de un proceso, puede verse como la probabilidad de que una variable caiga dentro de tolerancias o especificaciones. O también se denomina como la probabilidad de que una unidad (producto o servicio) esté libre de defectos.

¿Qué es Lean?

Lean cuya traducción del inglés es “esbelto”, al igual que Six Sigma es una filosofía de administración de las operaciones en una compañía, es hacer más con menos, es decir, menos esfuerzo y estrés de las personas, menos espacio, menos equipo, menos recursos y en menos tiempo.

Es acercarnos cada vez más a entregar al cliente exactamente lo que él quiere (en calidad, costo y entrega), justo en el momento preciso que lo necesita, ni antes ni después; en el centro de Lean se encuentran miembros de un equipo motivado, flexibles y resolviendo problemas continuamente. A menudo, Toyota Production System o TPS, es sinónimo de lean Manufacturing [52].

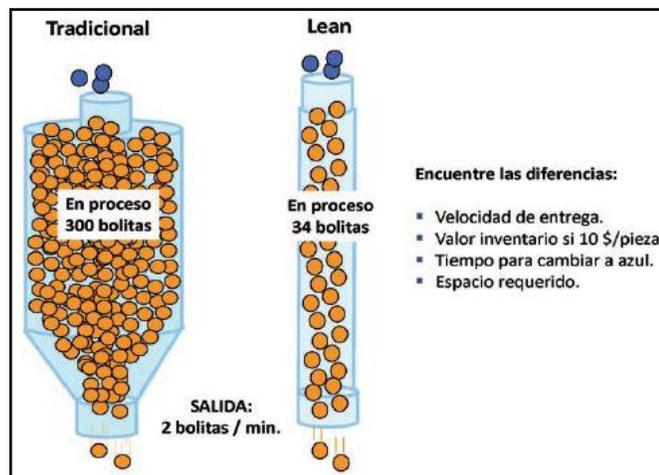


Figura 4 Sistemas tradicionales vs Sistemas Lean [47]

Desperdicios en Lean Manufacturing

Lean es una filosofía de trabajo la cual se enfoca en las personas, esta define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción al centrarse en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios” que se pueden observar en la producción: *tiempo de espera, sobreproducción, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.*

Lean identifica también lo que no deberíamos hacer, ya que no agrega valor al cliente y tiende a eliminarlo [53].

Herramientas de Lean Manufacturing	Modelo DMAIC de Six Sigma
Estrategia <ul style="list-style-type: none"> Hoshin Kanri 	Definir <ul style="list-style-type: none"> Administración de proyectos Gantt
Estructura y mediciones <ul style="list-style-type: none"> Trabajo en equipo con Kaizen Cadenas de valor Administración de talento Lean Accounting 	Medir <ul style="list-style-type: none"> Recolección de datos Histogramas, nivel sigma SIPOC Gauge R&R
Básicas <ul style="list-style-type: none"> Las 5 S Andon Value Stream Map 	Analizar <ul style="list-style-type: none"> Capacidad del proceso Pruebas de hipótesis Intervalos de confianza Causa-efecto AMEF Multivari, Box Plots Anova
Minimizar tiempo de ciclo <ul style="list-style-type: none"> Trabajo celular Preparaciones rápidas 	Mejorar <ul style="list-style-type: none"> Diseño de experimentos (DOE) Análisis de regresión
Control de inventario y planeación <ul style="list-style-type: none"> Kanban 	Control <ul style="list-style-type: none"> Control estadístico del proceso (SPC) Plan de control
Maximizar efectividad <ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento productivo total (TPM) 	
Mejorar calidad <ul style="list-style-type: none"> Poka Yoke Trabajo estándar 	
Solución de problemas <ul style="list-style-type: none"> Tres disciplinas 	

Figura 5 Kit de herramientas Lean Six Sigma [52]

¿Por qué implementar Lean y Six Sigma?	
Lean = Velocidad	Six Sigma = Calidad
<ul style="list-style-type: none"> • Procesos flexibles • Trabajo en equipo • Procesos estables • Flujo continuo 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de problemas • Procesos sin variación • Rediseño e innovación
Menores costos Menor tiempo de entrega Mejor calidad Mayor satisfacción personal	

Figura 6 Beneficios de Lean y Six Sigma [52]

1.3 Objetivos

Objetivo general

Realizar el análisis Lean Six Sigma en el proceso de producción de las botas de policloruro de vinilo en la empresa Milboots de la ciudad de Ambato.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual del proceso de producción de las botas de policloruro de vinilo en la empresa Milboots, para establecer los principales desperdicios.
- Determinar el nivel de variabilidad del proceso productivo de las botas de policloruro de vinilo en la empresa Milboots.
- Formular propuestas de mejora correspondientes a variabilidad y desperdicios en la empresa Milboots.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los materiales utilizados en el desarrollo de la investigación se detallan en la **tabla 1** con su respectiva descripción y grafica.

Tabla 1 Materiales utilizados en la investigación

Figura	Material	Descripción y/o utilidad
	Microsoft Word 2019	Procesamiento de información tipo texto, redacción y elaboración de gráficas y/o diagramas
	Microsoft Excel 2019	Procesamiento y análisis de datos tipo numéricos, elaboración de diagramas y graficas de calidad
	Minitab 19	Procesamiento de datos numérico, cálculos y análisis estadísticos
	Hoja de verificación	Clasificación de fallas, quejas o defectos detectados en el producto o proceso analizado
	Cámara fotográfica	Registros fotográficos del proceso productivo, defectos encontrados, y evidencias de relevancia para la investigación
	Hoja de desperdicios según Lean manufacturing	Identificación de los desperdicios más significativos dentro de la empresa.
	Microsoft Visio 2019	Diagramas de flujo de proceso

2.2 Métodos

El proyecto de investigación sigue un enfoque cuali-cuantitativo, cualitativo al tener atributos observables, debido a que las botas en estudio presentan fallas visuales que no se puede cuantificar con un número, pero si con la cantidad de productos que presentan este tipo de problemas, cuantitativo debido a que siguen un patrón medible, puesto que se tomaran medidas numéricas como número de defectos por unidad, número de productos defectuosos y variables como tiempo de proceso, temperatura o medidas de la bota en el caso de ser necesario

Método inductivo

Se utiliza el método inductivo con el fin de llegar a conclusiones específicas, el porqué de la variación de los procesos productivos y el tipo de desperdicio que generan, por medio de la observación directa en el área de producción.

Método deductivo

Se deducen las soluciones posibles partir de las conclusiones obtenidas con respecto a las causas raíz responsables de la variabilidad en los procesos estudiados, así como el tipo de desperdicios y sus causales.

Método analítico

Se analizan los resultados de las mediciones por cada proceso estudiado, separando las causas principales por las que se produce la variabilidad y los desperdicios.

Modalidad de la investigación

- **Investigación bibliográfica - documental**

Se recolecta información por medio de varias fuentes como libros, sitios web confiables, artículos de revistas a manera que la investigación tenga un sustento científico, además de contar con tesis de tercer y cuarto nivel que tengan relación con el tema de investigación, de tal manera que, se establece los antecedentes del estudio analizando los resultados de otros investigadores y posibles soluciones para la problemática, así como sustentar la discusión de resultados en comparación con otras investigaciones.

- **Investigación de campo**

Se realizan visitas programadas a la empresa MILBOOTS CIA LTDA, en horarios adecuados, con el fin de recolectar información acerca de la institución y los procesos productivos de las botas estudiadas, se toman datos cuantitativos y cualitativos que servirán de base para la investigación, así como entrevistas al personal de producción.

- **Investigación exploratoria**

Se aplica este tipo de investigación debido a que resulta necesario conocer, analizar, verificar y explorar las causas raíz que provocan la variabilidad en la producción de botas de policloruro de vinilo, así como los desperdicios que generan sus procesos, además, se analizan problemas que no se encuentran totalmente definidos por medio de un diagnóstico previo a las propuestas de mejora.

- **Investigación aplicada**

La investigación es aplicada debido a que busca encontrar la solución a los problemas de variabilidad y desperdicios que generan los procesos productivos de botas de policloruro de vinilo, todo por medio de un análisis Lean Six Sigma y propuestas de mejora en base al estudio realizado.

Población y muestra

Al ser un estudio que analiza los procesos productivos de la empresa MILBOOTS CIA LTDA, las personas no vendrán a ser la población de análisis, sin embargo, se toma una muestra de la producción diaria dependiendo del número de lotes que manejen, para lo cual se utiliza un muestreo sistemático en un periodo mínimo de un mes, en el caso de ser necesario prolongar el periodo, se lo realiza con el permiso correspondiente de la alta gerencia de la empresa.

Recolección de información

Técnicas

Durante la ejecución de las 5 fases del modelo DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) se utiliza dos principales técnicas de recolección de información:

- **Observación directa**

Esta técnica se aplica en el área de producción de las botas de policloruro de vinilo, donde se puede observar los problemas que presenta el producto final y en sus procesos productivos.

- **Entrevista**

La entrevista va dirigida a las personas que están relacionadas directa o indirectamente con los procesos productivos, así como el producto estudiado, entre los que se encuentran el personal administrativo, el personal y jefe de producción, todo con el fin de conocer más a detalle la problemática e información necesaria.

- **Medición**

Se utiliza la técnica de la medición al contar con variables continuas entre las cuales pueden estar métricas de calidad Six Sigma, DPMO, DPO, DPU, nivel sigma, índice Yield, Cp, entre otras características que requieran ser medidas; por otra parte, si el estudio

lo requiere se toma medidas como temperatura y tiempo de acuerdo a los problemas encontrados en los procesos productivos.

Herramientas

De igual manera las herramientas se utilizan de acuerdo a cada fase del modelo DMAIC planteadas en la **tabla 2**, para el procesamiento de la información recolectada se utiliza softwares informáticos como Microsoft Word para el texto, Visio para diagramas y Minitab para el desarrollo de problemas estadísticos, en el caso de ser necesario otro programa, se lo incluye en el desarrollo del proyecto

Tabla 2 Herramientas de acuerdo a las fases DMAIC

Fase	Herramientas	Materiales
Definir	Diagrama SIPOC Análisis ABC Diagramas de proceso	Hoja de apuntes Cronograma Cámara fotográfica Videocámara Computador portátil Microsoft Excel Microsoft Word Minitab 19 Microsoft Visio
Medir	Diagramas de Pareto Histogramas Muestreo Hojas de recolección de datos Métricas de Calidad Estudios R&R (repetibilidad y reproducibilidad) Hojas de verificación	
Analizar	Análisis AMEF Diagramas de Ishikawa Lluvia de Ideas 5W 1H	
Mejorar	Plan de mejora	
Controlar	Planes de control Gráficos de control	

Procesamiento y análisis de datos

La información obtenida se la procesa y analiza de la siguiente manera:

- A través de las visitas a la empresa en horarios establecidos, se recolecta la información necesaria con el fin de conocer el estado actual de la empresa, sus procesos productivos y productos que oferta. Las entrevistas están dirigidas al personal administrativo y de producción, se utiliza un cuaderno de apuntes y dispositivos electrónicos en caso de información digital proporcionada por la empresa, su procesamiento es por medio de programas informáticos tales como Microsoft Word, Excel y Visio.
- En el caso de las mediciones, se las realiza en el área de producción de las botas de policloruro de vinilo; por medio de hojas de verificación, checklist y un cuaderno de apuntes, se cuenta el número de productos defectuosos, número de defectos por unidad, entre otras características de calidad. Se recolectan datos cualitativos y cuantitativos, estos son procesados en programas informáticos como Minitab y Microsoft Excel, y otros programas en el caso de ser necesario.

Desarrollo del proyecto

Para el desarrollo del proyecto es necesario especificar la metodología a seguir, en este apartado se describe las actividades a realizar en cada una de las etapas de la metodología DMAIC correspondiente a Lean Six Sigma.

Definir

En esta etapa es necesario clarificar el objetivo del proyecto, su alcance, la forma de medir su éxito, los beneficios además de las personas que participan en él [49]. Se debe clarificar el problema y reconocer su importancia, para ello se sigue una secuencia de pasos establecidos a continuación:

Tabla 3 Actividades en la etapa DEFINIR

Etapa definir			
Actividad o proceso	Recolección de datos	Procesamiento de información	Entregables
Información de la empresa	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas técnicas • Cuaderno de apuntes 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Word 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla productos ofertados por la empresa
Análisis del proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas • Cuaderno de apuntes 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Visio • Microsoft Word • Microsoft Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Flujograma del proceso • Análisis ABC • Diagrama SIPOC del proceso
Alcance del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Cuaderno de apuntes 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Word 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos y variables a estudiar
Identificación de problemas	<ul style="list-style-type: none"> • Checklist de los desperdicios según Lean Manufacturing <p>Anexo 1</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de defectos presentes en el producto
Definir el equipo de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevistas al personal de la empresa 		<ul style="list-style-type: none"> • Matriz de integrantes del proyecto

- **Información de la empresa**

Se recolecta información acerca de la empresa por medio de visitas a la misma y *entrevistas* al personal administrativo, con el fin de conocer la trayectoria de la empresa y los productos que oferta actualmente.

- **Análisis del proceso productivo**

Por medio de la información recolectada se elabora *diagramas de proceso* utilizando la simbología de la **figura 1** para la elaboración del producto analizado,

este diagrama se lo elabora en el software informático Visio, sin embargo, se debe detallar cada actividad que se realiza.

Con el fin de conocer más a fondo el proceso se elabora el *diagrama SIPOC* que contiene los proveedores, entradas, el proceso, salidas y clientes; seguido se tiene el *análisis ABC* en el cual se elabora un diagrama tipo Pareto con el porcentaje de participación de todos los productos que elabora la empresa, la distribución se la realiza de la siguiente forma:

- *80% de participación = Productos A*
- *20% de participación = Productos B y C*

De esta manera el estudio se centrará en los productos del grupo A.

- **Alcance del proyecto**

Se delimita el proyecto Lean Six Sigma de tal manera que el estudio este dentro del periodo de trabajo del investigador, se determina el tipo de despilfarro que presenta la empresa según la filosofía Lean, se definen los procesos que presentan mayor cantidad de problemas, así como productos para ser analizados y por ende las variables de estudio.

- **Identificación de problemas**

Se describe con mayor detalle el problema que tiene la empresa con respecto a sus procesos productivos, dentro de Lean Manufacturing estos pueden ser tiempo de espera, sobreproducción, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.

- **Definir el equipo de trabajo**

Se enlista a los integrantes del proyecto, el cargo que tienen dentro de la empresa, su experiencia, la etapa en la que participaran y las funciones que cumplen, de ellos dependerá el éxito del estudio puesto que se contara con su experiencia e información para dar solución a la problemática encontrada.

Medir

En esta etapa se entiende con mayor detalle los procesos estudiados, se valida el sistema de medición de las métricas involucradas definidas en la misma etapa y se establece una

línea base [49], entre sus objetivos esta obtener datos de los procesos para analizarlos en la siguiente etapa, para ello se sigue una secuencia de pasos establecidos a continuación:

Tabla 4 Actividades en la etapa MEDIR

Etapa medir			
Actividad o proceso	Recolección de datos	Procesamiento de información	Entregables
Identificación de la medición	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas técnicas • Entrevistas • Cuaderno de apuntes • Cámara fotográfica 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Word 	<ul style="list-style-type: none"> • Tabla de los procesos y variables a estudiar
Plan de muestreo y toma de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas técnicas • Hojas de verificación anexo 2 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Word • Microsoft Excel 	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de muestreo • Hojas de verificación • Datos de los procesos analizados
Indicadores iniciales			<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas de Pareto: Defectos críticos • Procesos críticos
Análisis de variabilidad en los procesos		<ul style="list-style-type: none"> • Graficas de control <i>C</i> y <i>U</i> 	
Capacidad del proceso y métricas Six Sigma		<ul style="list-style-type: none"> • Métricas Six Sigma: DPU • DPMO • Yield • Z de corto plazo • Cp 	
Calidad de la medición		<ul style="list-style-type: none"> • Hoja de recolección de datos R&R anexo 5 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Excel

- **Identificación de la medición**

Se elabora un cuadro con los procesos a ser estudiados, así como las variables críticas que se encontraron en la fase *Definir*, además de ciertos criterios a tomar en cuenta al momento de la toma de datos, como los productos y el material utilizado en la recolección, entre otros.

- **Plan de muestreo y toma de datos**

Se elabora un plan de muestreo con datos como el responsable, número de muestras, tamaño de la muestra, área de recolección, herramientas y la jornada; en el caso del tamaño de muestra se utiliza la **ecuación (1)**, y se define un tipo de muestreo por conglomerados en el caso de ser necesario o el adecuado para la investigación [54].

$$n = \frac{NZ^2 pq}{(N - 1)E^2 + Z^2 pq} \quad (1)$$

Donde:

N = Tamaño de la población

Z = Valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (50% si no existen estudios previos)

q = 1-p (Probabilidad que no ocurra el evento)

E = Error de estimación máximo aceptado (a criterio del investigador)

Para la recolección de datos se utiliza una hoja de verificación **anexo 2**, de esta manera contabilizar el tipo y número de defectos presentes en las botas analizadas, estos datos son procesados en el software Excel y Word del paquete de Office.

- **Indicadores iniciales**

Con los datos recopilados se establecen los primeros indicadores a través de diagramas de Pareto, mostrando así los pocos vitales de los defectos que se presentan con mayor frecuencia, así como el proceso productivo crítico dentro de los estudiados.

- **Análisis de variabilidad en los procesos**

Debido a que se trabaja con variables cualitativas y los datos siguen una distribución de Poisson, una manera de medir la variabilidad del proceso es por

medio de cartas de control para atributos tipo C y U , las cuales analizan el número de defectos por subgrupo y el número de defectos por unidad respectivamente.

En el caso de la carta C se utilizan las ecuaciones (2)(3) y (4) para su línea central y sus límites respectivos [49].

$$\text{Línea central} = C = \frac{\text{Número total de defectos}}{\text{Número total de muestras}} \quad (2)$$

$$\text{Limite de control inferior} = LCI = C - 3\sqrt{C} \quad (3)$$

$$\text{Limite de control superior} = LCS = C + 3\sqrt{C} \quad (4)$$

En el caso de la carta U se utilizan las ecuaciones (5)(6) y (7) para su línea central y sus límites respectivos [49].

$$\text{Línea central} = U = \frac{\text{Número total de defectos}}{\text{Total de artículos inspeccionados}} \quad (5)$$

$$\text{Limite de control inferior} = LCI = U - 3\sqrt{\frac{U}{\text{Tamaño de muestra}}} \quad (6)$$

$$\text{Limite de control superior} = LCS = U + 3\sqrt{\frac{U}{\text{Tamaño de muestra}}} \quad (7)$$

- **Capacidad del proceso y métricas Six Sigma**

Existen diferentes métricas Six Sigma para determinar la capacidad de un proceso, esto dependerá del tipo de variable que se maneje y la distribución de datos, en el caso de estudio se utiliza métricas para atributos tales como DPU, DPMO, Yield e Índice Z_c [49], para Z_y se utiliza la función de Excel descrita.

$$\text{Defectos por unidad} = DPU = \frac{d}{U} \quad (8)$$

$$\text{Defectos por millon de oportunidades} = DPMO = \frac{d}{U * O} * 1000000 \quad (9)$$

$$\text{Rendimiento del proceso} = \text{Yield} = e^{-DPU} \quad (10)$$

$$\text{Nivel Sigma de largo plazo} = Z_y = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(\text{Yield}) \quad (11)$$

$$\text{Nivel Sigma de corto plazo} = Z_c = Z_y + 1.5 \quad (12)$$

Donde:

d = Total defectos encontrados

U = Número de unidades inspeccionadas

O = Número de oportunidades de error por unidad

$Z_y = \text{DISTR.NORM.ESTAND.INV}(\text{Yield}) \rightarrow$ Utilizando la función en Excel

Además de las métricas mencionadas existe el valor C_p que se puede obtener al dividir el valor sigma entre 3 [55], como lo muestra la ecuación (13), este valor se lo puede interpretar con ayuda de la **tabla 5**.

$$C_p = \frac{\text{Nivel sigma del proceso}}{3} \quad (13)$$

Tabla 5 Valores de C_p y su interpretación [49]

Valor del índice C_p	Clase o categoría del proceso	Decisión (si el proceso está centrado)
$C_p \geq 2$	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. Es necesario un análisis del proceso. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria.
$C_p < 0,67$	4	No adecuado para el trabajo. Requiere de modificaciones muy serias.

- **Calidad de la medición**

- Métodos de análisis de riesgo**

Puesto que en el caso de estudio las botas son clasificadas como aceptadas o rechazadas una vez que pasan por el proceso de inyección, se utilizan métodos que permitan medir el nivel de la calidad de medición para atributos; existen diferentes métodos para lo cual el investigador ha optado por el análisis de riesgo. En este estudio m operadores deben evaluar n piezas un número r de veces, clasificándolas con un 1 = aceptable o un 0 = rechazada. Se puede o no contar con una columna de referencia la cual indique el estado verdadero de cada pieza. Este análisis consiste en obtener estadísticos de acuerdos o desacuerdos entre evaluadores (reproducibilidad) y acuerdos o desacuerdos entre el mismo evaluador (repetibilidad) y de los evaluadores con el estándar.

Se tiene en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Los operadores o inspectores que deben participar son los que se encuentran normalmente haciendo las evaluaciones, entre ellos deben estar personas en todo rango posible de entrenamiento, desde evaluadores muy experimentados hasta novatos.
 - b) Las piezas que se van a utilizar en el estudio deben cubrir todo el rango de observaciones que se dan en el proceso; es decir, la muestra que se tome de la producción no debe ser una aleatoria, sino que la muestra contenga piezas en todos los niveles de calidad, desde excelente hasta muy mala, pasando por intermedia y dudosa. El número de piezas para el estudio debe ser grande de preferencia (entre 30 y 100 es un número aceptable)
 - c) Este método se basa en el nivel de concordancia entre un mismo operador y entre los diferentes operadores.

- **Análisis de capacidad en Minitab**

Se utiliza un análisis de capacidad para los procesos estudiados con el fin de determinar si la tasa de defectos por unidad (DPU) satisface los requisitos de la empresa y los clientes. Debido a que las botas estudiadas pueden tener más de un defecto se aplica un análisis tipo Poisson, además que se puede:

- Determinar si los procesos están bajo control
- Determinar si los datos siguen la distribución correcta
- Determinar si se ha recolectado datos suficientes para una estimación fiable
- Evaluar la distribución de los DPU de medición en las muestras

Analizar

En esta etapa se identifican las X potenciales que están influyendo en los problemas encontrados [49], o también conocidos como la fuente de variación y determinar el camino que se ha de seguir en la parte de mejora [47].

Tabla 6 Actividades en la etapa ANALIZAR

Etapa analizar			
Actividad o proceso	Recolección de datos	Procesamiento de información	Entregables
Elaboración de diagramas de Ishikawa	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas técnicas • Entrevistas • Cuaderno de apuntes 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Word 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagramas causa efectos (método 6Ms)
Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)			<ul style="list-style-type: none"> • AMEF
Lluvia de ideas			<ul style="list-style-type: none"> • Causas raíz de problemas en la empresa
5W 1H			

- **Diagramas de Ishikawa**

Por medio de visitas técnicas y entrevistas a las personas más cercanas a los procesos estudiados, se recolecta información con respecto a las posibles causas de los defectos analizados, se utiliza el método de las 6 Ms y de acuerdo a los resultados del análisis AMEF solo se analizan los defectos con mayor NPR.

- **Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)**

Este tipo de análisis permite identificar las fallas potenciales que posee el producto analizado, todo a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia, formas de

detección y efecto que provocan, la aplicación estándar de esta metodología está basada en el manual desarrollado para la industria automotriz por Chrysler, Ford y GM [49].

Existe un esquema que se debe seguir para la elaboración de este formato, a continuación, se muestran las actividades a seguir:

1. Formación del equipo y delimitación del área de aplicación del análisis.
2. Identificar modos posibles de fallas, en otras palabras, son la manera en la que el proceso puede fallar en el cumplimiento de requerimientos.
3. Para cada falla, identificar sus potenciales efectos y su grado de severidad, esta será calificada de acuerdo a los criterios del **anexo 6**
4. Encontrar causas potenciales de falla y la frecuencia de ocurrencia, para esto, su calificación está dada de acuerdo a los criterios del **anexo 7**
5. Identificar controles para detectar ocurrencia y estimar la posibilidad que detecten el modo de fallo o la causa, para esto se utiliza los criterios del **anexo 8**
6. Calcular índice de prioridad de riesgo o NPR: $\text{severidad} \times \text{ocurrencia} \times \text{detección}$
7. Priorizar y decidir sobre qué combinaciones $S \times O \times D$ se va actuar; y para ellas recomendar acciones que reduzcan el efecto o la posibilidad de ocurrencia
8. Revisar resultados de acciones

Tabla 7 Calificación NPR [56]

Nivel de riesgo	Valores
Alto riesgo de falla	500 -1000
Riesgo de falla medio	125 - 499
Riesgo de falla bajo	1 - 124
No existe riesgo de falla	0

- **Lluvia de ideas**

Se organizan reuniones con el personal de trabajo inmersos en los procesos analizados, esto con el fin de generar ideas que permitan conocer más a fondo el origen de los problemas encontrados en el estudio, el trabajo en equipo es

fundamental en la metodología Lean Six Sigma, por ende, no se descarta cualquier opinión de los operarios.

- **5W 1H**

En conjunto con una lluvia de ideas se van generando preguntas y respuestas con respecto a la fuente de la problemática analizada, de esta manera llegar a una o varias causas raíz, de las cuales se tratarán en la próxima etapa de la metodología.

Mejorar y controlar

El objetivo de esta etapa es proponer soluciones que atiendan a las causas raíz (X vitales) de los problemas encontrados en el estudio, con las cuales el investigador se asegura de corregir o reducir la problemática, posterior a esto se tiene una etapa final de control, en donde se diseña un sistema que mantenga las mejoras logradas y que las lecciones aprendidas deben ser documentadas [49] [47].

Tabla 8 Actividades en la etapa MEJORA y CONTROL

Etapa mejora y control			
Actividad o proceso	Recolección de datos	Procesamiento de información	Entregables
Plan de mejora	<ul style="list-style-type: none"> • Visitas técnicas • Entrevistas 	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Word 	Plan de mejora y control (Propuestas del investigador)
Plan de control	<ul style="list-style-type: none"> • Cuaderno de apuntes 		

- **Plan de mejora**

Se elabora un plan basado en uno de acción 5W 2H en donde conste el problema que se va a tratar, la mejora que se propone, el cómo se va a realizar, el responsable de implementar la mejora, el costo que tendrá dicha mejora, donde será aplicada, el costo aproximado de la implementación y cuando se la realizará.

- **Plan de control**

Consta de actividades, herramientas y métricas que se proponen para que las mejoras logren conservarse.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 ETAPA DEFINIR

Información de la empresa

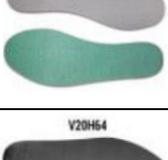
En la zona central del Ecuador se encuentra MILBOOTS CIA. LTDA., empresa ambateña fundada en el año 2006 la misma que forma parte del consorcio empresarial “GRUPO MIL” con más de 25 años de trayectoria en el sector industrial del país. MILBOOTS es una compañía que produce y desarrolla soluciones en calzado de PVC industrial y de seguridad, brindando confort, protección y ergonomía a los usuarios.

La compañía cuenta con una planta industrial de 4500 m² de superficie y 3000 m² de construcción, moderna maquinaria europea que permite obtener productos especializados para protección de humedad, seguridad industrial, protección de frío y dotación. MILBOOTS actualmente cuenta con la capacidad de producir 4000 pares/día en botas de PVC y 200 pares/día en calzado de dotación en cuero.

La compañía cuenta actualmente con la Certificación ISO 9001: 2015 al sistema de gestión de la calidad, la misma que respalda la confiabilidad en todos sus procesos. Además, el calzado cumple permanentemente con las normas americanas ASTM F2412-18a y ASTM F2413-18. Desde hace algunos años tiene presencia internacional al ser exportadores a diferentes países de América Latina, entre ellos Colombia, Perú, Bolivia y Uruguay.

Con una ubicación estratégica, permite contar con una Logística para la entrega a tiempo de todos los productos y así satisfacer las necesidades de clientes y distribuidores. La amplia experiencia y la calidad de sus productos han permitido que MILBOOTS sea líder en el sector tanto dentro como fuera de sus fronteras. En la **tabla 9** se detallan los productos ofertados por la empresa.

Tabla 9 Productos ofertados por MILBOOTS

Línea	Modelo	Usos	Imágenes	Línea	Modelo	Usos	Imágenes
Protección de humedad	Bota PVC 4x4	Para lluvia, uso general sin requerimientos técnicos específicos: agricultura, trabajos en áreas húmedas, jardinería, etc.		Seguridad industrial	Botín ÉLITE 4 (cuero)	Uso industrial en general, trabajos en construcción, mantenimiento mecánico, eléctrico, petróleo, etc.	
	Bota PVC BERRACA ULTRA BRILLO	Para bioseguridad			Botín ÉLITE 7 (cuero)	Uso industrial en general, trabajos en construcción, mantenimiento mecánico, eléctrico, petróleo, etc.	
	Bota PVC 4x4 Mujer	Para lluvia, uso general sin requerimientos técnicos específicos: agricultura, trabajos en áreas húmedas, jardinería, uso casual, etc.			Cascos de seguridad para uso industrial	Uso industrial, plantas de producción, metalmecánica, construcción, mantenimiento, bodegas, minas y petróleo, etc.	
	Botín PVC MB Kids 2	Uso general para niños, niñas, adolescentes y damitas.			Mascarilla MB-N1000	Para la industria, el hogar, en espacios públicos, etc.	
Seguridad industrial	Bota PVC BERRACA Nitrilo Base	Uso industrial, trabajos con alimentos, materiales de construcción, hidrocarburos, en minas, camales, etc.		Protección de frío	Respirador M1000	Para la industria, el hogar, en espacios públicos, etc.	
	Bota PVC BERRACA Alta Resistencia	Uso industrial, alimentos, alta resistencia a químicos y agentes agresivos.			Botín MB POLAR 1 (PVC - neopreno)	Uso industrial en cuartos fríos, frigoríficos, congeladores, etc. hasta -35 °C.	
	Bota PVC BERRACA Dieléctrica	Para trabajos eléctricos en el sector industrial, petrolero, mecánico, mantenimiento, minero, construcción, etc.			Botín MB POLAR 7 (PVC - cuero)	Uso industrial en cuartos fríos, frigoríficos, congeladores, etc. Hasta -35 °C.	
	Bota PVC BERRACA Reflectiva	Uso industrial, trabajos en los que se requiere la visualización de las personas en carreteras, túneles, trabajos nocturnos, etc.			Zapato PVC inyectado (VP)	Uso diario	
	Bota PVC BERRACA Suela de seguridad	Uso industrial, trabajos en los que se requiere mayor dureza de la suela: cultivo de palma, florícolas, etc.			Plantilla MB (PU)	Apto para calzado de las líneas: protección de humedad, seguridad industrial y protección de frío.	
	Botín Básico 5	Uso industrial en general, trabajos en construcción, mantenimiento mecánico, petróleo, etc.			Plantilla MB (kevlar)	Apto para calzado de las líneas: protección de humedad, seguridad industrial y protección de frío.	
	Botín Básico 6	Uso industrial en general, trabajos en construcción, mantenimiento mecánico, petróleo, etc.			Plantilla MB Sequiña	Apto para calzado de las líneas: protección de humedad, seguridad industrial y protección de frío.	
	Básico 7	Uso industrial en general, trabajos en construcción, mantenimiento mecánico, petróleo, etc.			Plantilla MB (EVA)	Apto para calzado de las líneas: protección de humedad, seguridad industrial y protección de frío.	
	Botín MB ÉLITE 2 (PVC - cuero)	Uso industrial, trabajos en construcción, mantenimiento mecánico, eléctrico, petróleo, etc. Trabajos con alimentos, restaurantes, hotelería, etc.			Media térmica MB	Apto para calzado de las líneas: protección de humedad, seguridad industrial y especialmente para la línea de protección de frío.	

Análisis del proceso productivo

- Diagrama de flujo del proceso

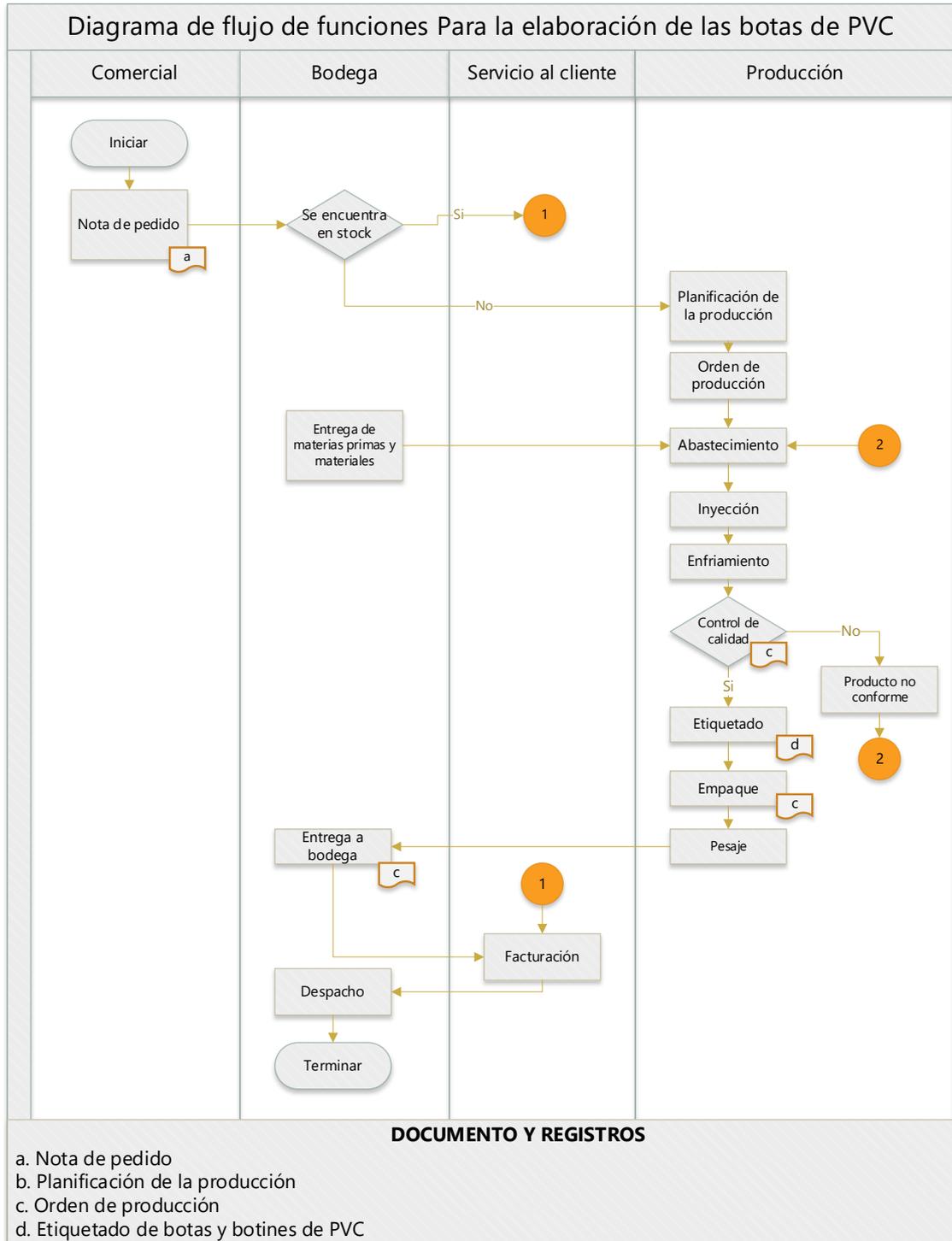


Figura 7 Diagrama de flujo de funciones para la elaboración de las botas de polícloruro de vinilo

En la **figura 7** se muestran las actividades que se deben realizar para la elaboración de las botas de policloruro de vinilo o PVC, este proceso es el mismo para las diferentes variaciones de botas sin embargo en las etapas de abastecimiento, inyección y enfriado, los moldes y colores del material dependerán del tipo de producto que se elabore, puesto que para cada uno están establecidos tiempos y calibraciones diferentes, a continuación se detallan cada una de estas actividades con mayor detalle:

Planificación de la producción

La planificación se realiza en base a la curva de demanda definida por el proceso comercial con el stock requerido mensual, para esto el inventario debe estar actualizado en el sistema FÉNIX.

La planificación se evidencia en el registro Planificación de la producción, para lo cual el inventario debe ser alimentado por el jefe de Producción una vez realizada la entrega recepción a bodega.

Para pedidos de exportación se maneja el Registro de control de pedidos exactos y se almacena el producto en una bodega independiente al producto nacional registrado en el sistema como bodega de exportación.

En la planificación se genera la Orden de producción en donde se detalla cantidades a producir, mezclas y materiales utilizados.

Abastecimiento

El jefe de Producción con base a la Orden de producción debe solicitar las materias primas y materiales en bodega.

El operador del molino debe realizar la mezcla en base a la Orden de producción y al documento Relación de material para caña – suela.

El material recuperado que se va a utilizar en la inyección debe pasar por un tratamiento de verificación de limallas o residuos que puedan afectar en el proceso, además se debe respetar los siguientes valores:

Mezcla del amarillo: 5 partes Virgen, 1 Recuperado.

Mezcla del azul: 4 partes Virgen, 2 Recuperado

Inyección

Los Líderes de turno y Operadores deben realizar el montaje de los moldes de inyección según los productos solicitados en la Orden de producción. El arranque y parada de las inyectoras se hará de acuerdo con los Instructivos de operación de las inyectoras M1 y M2 respectivamente.

Los parámetros de proceso de las inyectoras estarán en las Guías de proceso. El flujo de trabajo desde el ingreso de la Orden de producción hasta la entrega del producto a bodega se maneja según el Tablero Kanban para Producción. Una vez que la bota sale inyectada del molde se debe realizar una revisión y el refilado o corte del exceso de la caña. Hay que descartar los pares producidos en las primeras vueltas según el número de estaciones tal como se menciona en la siguiente tabla:

Tabla 10 N° de vueltas referenciales a descartar en los arranques de inyección

Inyectora	N° de estaciones de trabajo	N° vueltas mínimas para descartar
M1 y M2	1 a 5	3
	6 a 10	5

Enfriamiento

La bota y la suela del botín mixto MB deben enfriarse al ambiente. Los tiempos de enfriamiento y el empaque estándar por caja se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 11 Tiempos de enfriamiento y pares por caja para empaclado

Producto	Tiempo aproximado de enfriamiento	N° pares por caja	Tallas
4 x 4	3 horas	12 / caja 20 / saco	34 – 44
BRK	4 horas	10	34 – 46
Suela botín mixto MB	4 horas	20 / caja reciclada (almacenaje bodega)	35 - 46

Nota: El botín MB no se arma con la caña luego de la inyección, sino que se almacena en bodega hasta que existan pedidos puntuales.

Clasificación

El operador de empaque debe revisar, rebabar y clasificar el producto registrado en la Orden de producción.

Tabla 12 Clasificación de los productos durante el empaque

Clase A	Clase B	Clase C
Productos que no presentan fallas de inyección y de aspecto visual.	Productos que presentan fallas mínimas pero que no afectan la funcionalidad para un uso previsto. Se determinan en base a los patrones de control.	Producto que no cumple con las especificaciones.

Etiquetado

Se debe identificar el producto según el documento Etiquetado para botas de PVC y botines y el Instructivo de operación de la codificadora.

Empaque

Los operadores de empaque deben colocar el par de botas en fundas plásticas de forma que la segunda bota quede invertida respecto a la primera, según la **figura 8**



Figura 8 Empaque de botas 4x4 y BRK

Luego de la inyección, la suela del botín mixto MB se colocará según la **figura 9** antes del ingreso a bodega.



Figura 9 Empaque botines MB

Pesaje

Los operadores de empaque deben marcar los cartones para botas de PVC en base a lo establecido en la Orden de producción.

El operador de pesaje una vez completada la caja debe sellar con cinta de embalaje, pesar y anotar el peso y el lote en cada caja. Luego debe colocar las cajas en pallets clasificados por talla y características del producto.

Liberación del producto

Los Líderes de Empaque deben liberar el producto terminado con sus firmas de responsabilidad en la Orden de producción y entregar a bodega.

- **Análisis ABC**

Para el análisis ABC y determinar los productos más representativos de la empresa, se cuenta con datos proporcionados por el departamento administrativo, estos corresponden al periodo enero-diciembre 2018, teniendo en cuenta que son todos los productos que oferta actualmente la empresa.

Tabla 13 Productos vendidos en el año 2018

Ítem	Productos	Cantidad	Costo total	% de participación	% de participación acumulado	ABC
1	4X4	244754	\$1.358.755,33	50,51%	50,51%	A
2	BRK	93860	\$944.108,83	35,09%	85,60%	
3	BOTIN MB	7134	\$149.955,14	5,57%	91,18%	B
4	BOTIN ELITE	1617	\$78.676,78	2,92%	94,10%	
5	BOTIN MB KIDS	7145	\$57.484,25	2,14%	96,24%	
6	ZAPVC	12754	\$28.220,62	1,05%	97,29%	C
7	BOTIN BASICO	494	\$21.087,04	0,78%	98,07%	
8	CMB1	3054	\$16.275,20	0,60%	98,67%	
9	PLT MB	6043	\$13.588,82	0,51%	99,18%	
10	PT	431	\$5.276,90	0,20%	99,38%	
11	MEDIA TERMICA	1297	\$4.515,07	0,17%	99,54%	
12	PLANTILLA	1653	\$3.294,97	0,12%	99,67%	
13	INTERES	1	\$2.797,56	0,10%	99,77%	
14	ZAPTPE	219	\$1.826,77	0,07%	99,84%	
15	CASCO MB	194	\$1.172,35	0,04%	99,88%	
16	SUMYMAT	622	\$845,28	0,03%	99,91%	
17	CALZVARIOS	97	\$769,65	0,03%	99,94%	
18	PMET	51	\$509,49	0,02%	99,96%	
19	PLT ACERO	333	\$335,40	0,01%	99,97%	
20	PLT PH003	136	\$307,00	0,01%	99,98%	
21	NAVAJAS MB	91	\$182,00	0,01%	99,99%	
22	PANTALON IND	8	\$107,28	0,00%	100,00%	
23	PLT PH002	27	\$61,25	0,00%	100,00%	
24	PANTALON ALG	2	\$29,88	0,00%	100,00%	
25	BOTIN POLAR	1	\$24,24	0,00%	100,00%	
26	PLT COMP	5	\$5,00	0,00%	100,00%	
27	SUELA MB	2	\$2,00	0,00%	100,00%	
28	PUNT ACERO	1	\$1,00	0,00%	100,00%	
Total		382026	\$ 2.690.215,10			

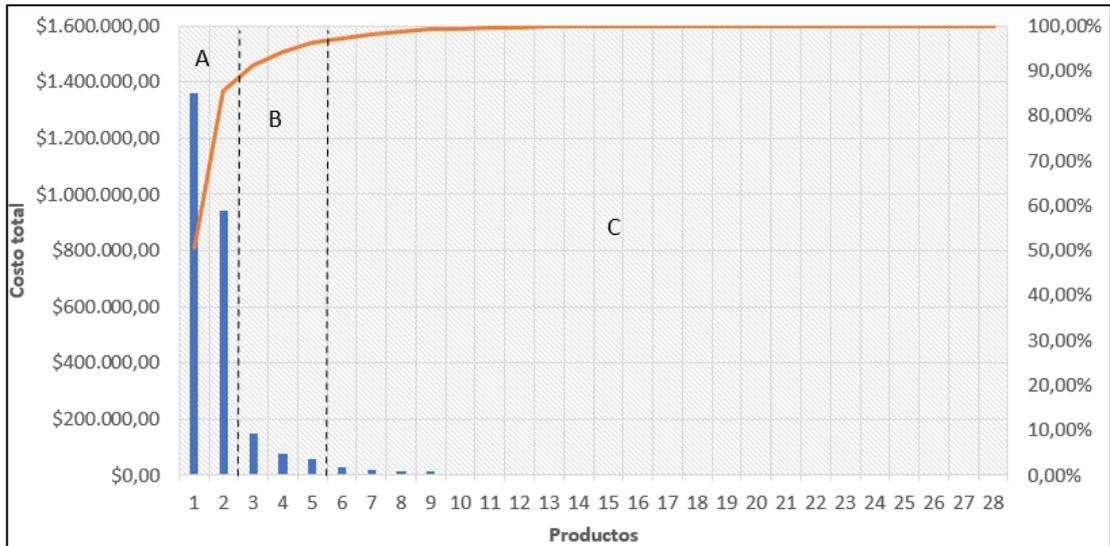


Figura 10 Gráfica ABC de primer orden

Análisis e interpretación

De acuerdo al análisis ABC de primer orden con todos los productos que oferta la empresa MILBOOTS CIA. LTDA, el 85.60% de sus ventas totales en el año 2018 se lo deben a 2 productos en particular, las botas PVC 4x4 y las botas PVC Berraca, lo cual las ubica en los productos de tipo A, sin embargo, la primera representa la mayor parte de las ventas con un 50.51% del total; debido a esto es necesario un análisis ABC de segundo orden, en donde se compare las ventas que obtuvo la bota PVC 4x4 en sus diferentes presentaciones.

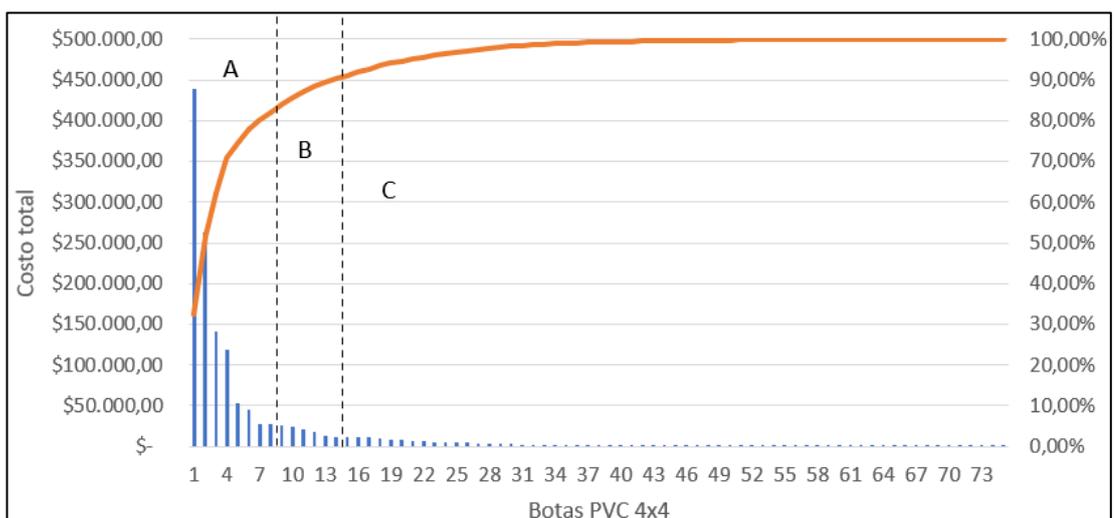


Figura 11 Gráfica ABC de segundo orden

Tabla 14 Botas PCV 4x4 vendidas en el año 2018

Ítems	Producto	Pares	Costo total	% de participación	% de participación acumulado	ABC
1	4X4 PVC LG SF A/AZ	78967	\$ 439.260,79	32,33%	32,33%	A
2	4X4 PVC LG SF N/C	46701	\$ 262.165,58	19,29%	51,62%	
3	4X4 PVC LG CF A/AZ	25492	\$ 141.764,73	10,43%	62,06%	
4	4X4 PVC LG CF N/C	23077	\$ 118.415,43	8,71%	70,77%	
5	4X4 PVC LG SF B/C	9322	\$ 53.065,78	3,91%	74,68%	
6	4X4 PVC LG SF N/N	7976	\$ 44.488,21	3,27%	77,95%	
7	4X4 SEM LG CF A/V	4176	\$ 27.140,19	2,00%	79,95%	
8	4X4 PVC LG SF N/V[AGROSAD]	5160	\$ 27.090,00	1,99%	81,94%	
9	4X4 PVC LG CF B/B	5100	\$ 25.145,55	1,85%	83,79%	B
10	4X4 PVC LG CF N/N	4151	\$ 23.596,11	1,74%	85,53%	
11	4X4 PVC LG CF B/C	3732	\$ 21.061,33	1,55%	87,08%	
12	4X4 SEM LG CF B/B	2807	\$ 18.468,87	1,36%	88,44%	
13	4X4 PVC LG CF N/V[AGROSAD]	2380	\$ 12.495,00	0,92%	89,36%	
14	4X4 SEM LG CF A/N	1801	\$ 12.056,75	0,89%	90,25%	
15	4X4 PVC MD SF CM/PL	2142	\$ 11.569,43	0,85%	91,10%	
16	4X4 PVC MD SF FC/PL	2106	\$ 11.367,20	0,84%	91,93%	
17	4X4 PVC SM SF N/C	1973	\$ 10.836,88	0,80%	92,73%	
18	4X4 PVC SM SF A/AZ	1835	\$ 9.899,88	0,73%	93,46%	
19	4X4 PVC MD SF AZE/N	1490	\$ 8.053,35	0,59%	94,05%	
20	4X4 PVC MD SF CE/PL	1443	\$ 7.795,64	0,57%	94,63%	
21	4X4 PVC LG SF N/C[MACABEO]	1128	\$ 6.508,08	0,48%	95,11%	
22	4X4 PVC MD SF R/PL	1093	\$ 5.900,44	0,43%	95,54%	
23	4X4 PVC LG CF A/AZ[FORUM]	1000	\$ 5.890,00	0,43%	95,97%	
24	4X4 PVC MD CF CM/PL	1101	\$ 5.843,93	0,43%	96,40%	
25	4X4 PVC MD CF FC/PL	1121	\$ 5.829,00	0,43%	96,83%	
26	4X4 SEM LG CF N/NA	750	\$ 4.687,50	0,34%	97,18%	
27	4X4 PVC LG CF N/N[PULSOR]	600	\$ 3.894,00	0,29%	97,46%	
28	4X4 PVC MD CF AZE/N	727	\$ 3.829,31	0,28%	97,75%	
29	4X4 PVC MD CF CE/PL	724	\$ 3.814,81	0,28%	98,03%	
30	4X4 SEM LG SF A/V	430	\$ 2.954,58	0,22%	98,24%	
31	4X4 PVC MD CF R/PL	501	\$ 2.562,10	0,19%	98,43%	
32	4X4 PVC SM SF N/N	454	\$ 2.507,84	0,18%	98,62%	
33	4X4 PVC SM CF N/C	367	\$ 2.003,97	0,15%	98,76%	
34	4X4 PVC LG CF N/N[EL MAIZAL]	259	\$ 1.569,54	0,12%	98,88%	
35	4X4 PVC LG SF N/N[EL MAIZAL]	241	\$ 1.460,46	0,11%	98,99%	
36	4X4 SEM LG SF B/B	183	\$ 1.143,75	0,08%	99,07%	
37	4X4 PVC MD SF N/C	197	\$ 1.108,63	0,08%	99,15%	
38	4X4 PVC MD SF V/PL	186	\$ 1.003,18	0,07%	99,23%	
39	4X4 PVC MD SF RS/PL	175	\$ 943,52	0,07%	99,30%	
40	4X4 PVC SM CF A/AZ	168	\$ 924,25	0,07%	99,36%	
41	4X4 PVC MD CF V/PL	150	\$ 793,98	0,06%	99,42%	
42	4X4 PVC MD SF A/Z	137	\$ 773,59	0,06%	99,48%	
43	4X4 PVC BT CF A/AZ	106	\$ 613,74	0,05%	99,52%	
44	4X4 PVC MD CF RS/PL	107	\$ 578,83	0,04%	99,57%	
45	4X4 PVC SM SF B/C	102	\$ 563,41	0,04%	99,61%	
46	4X4 PVC SM CF N/N	91	\$ 486,56	0,04%	99,64%	
47	4X4 PVC MD CF A/AZ	85	\$ 479,10	0,04%	99,68%	
48	4X4 PVC LG SF B/C[WILKI - TROU	60	\$ 453,00	0,03%	99,71%	
49	4X4 PVC BT SF B/C	75	\$ 434,25	0,03%	99,75%	
50	4X4 PVC MD CF N/C	77	\$ 427,48	0,03%	99,78%	
51	4X4 SEM MD CF A/N	48	\$ 323,40	0,02%	99,80%	
52	4X4 PVC MD CF N/N	57	\$ 321,80	0,02%	99,82%	
53	4X4 PVC SM SF FC/PL	54	\$ 293,66	0,02%	99,85%	
54	4X4 PVC SM SF CM/PL	52	\$ 282,74	0,02%	99,87%	
55	4X4 PVC LG CF CR/CF+RIBETEA	51	\$ 279,24	0,02%	99,89%	
56	4X4 SEM MD CF B/B	24	\$ 160,80	0,01%	99,90%	
57	4X4 PVC SM SF CE/PL	26	\$ 141,04	0,01%	99,91%	
58	4X4 PVC MD SF AZE/N[MACABE	24	\$ 137,20	0,01%	99,92%	
59	4X4 PVC MD SF N/N	22	\$ 127,84	0,01%	99,93%	
60	4X4 PVC MD CF CR/CF+RIBETEA	21	\$ 115,92	0,01%	99,94%	
61	4X4 PVC SM SF AZE/N	21	\$ 112,69	0,01%	99,95%	
62	4X4 SEM SM CF A/V	14	\$ 91,70	0,01%	99,95%	
63	4X4 SEM SM CF B/B	14	\$ 91,70	0,01%	99,96%	
64	4X4 PVC MD SF B/C	16	\$ 90,24	0,01%	99,97%	
65	4X4 PVC MD SF CE/PL[MACABEO	16	\$ 87,20	0,01%	99,97%	
66	4X4 PVC SM SF R/PL	16	\$ 85,44	0,01%	99,98%	
67	4X4 PVC MD CF B/C	13	\$ 73,80	0,01%	99,98%	
68	4X4 PVC MD SF CM/PL[MACABE	12	\$ 70,20	0,01%	99,99%	
69	4X4 PVC MD SF R/PL[MACABEO	8	\$ 43,60	0,00%	99,99%	
70	4X4 PVC SM CF B/C	5	\$ 27,45	0,00%	99,99%	
71	4X4 PVC SM CF CM/PL	5	\$ 26,70	0,00%	100,00%	
72	4X4 PVC BT CF N/N	3	\$ 18,96	0,00%	100,00%	
73	4X4 PVC BT CF CE/PL	3	\$ 16,02	0,00%	100,00%	
74	4X4 PVC BT CF AZE/N	2	\$ 10,68	0,00%	100,00%	
75	4X4 PVC BT SF A/AZ	1	\$ 5,79	0,00%	100,00%	
	Total	244754	\$ 1.358.755,34			

Análisis e interpretación

Como se muestra en el análisis ABC de segundo orden aplicado a las botas de PVC 4x4, existen 8 variantes que forman el 81.94% de las ventas del año 2018, ubicándolas en el grupo A, teniendo en cuenta que las más representativas son las botas 4X4 PVC LG SF A/AZ, 4X4 PVC LG SF N/C, 4X4 PVC LG CF A/AZ y 4X4 PVC LG CF N/C las cuales en conjunto forman el 70.77 % del total de ingresos para la empresa. De esta manera el estudio será dirigido al proceso de fabricación de estos tipos de botas.

- **Diagrama SIPOC**

Para un mejor entendimiento acerca del proceso productivo de las botas de PVC 4x4, se realiza un diagrama SIPOC, por sus siglas en inglés Supplier, Inputs, Process, Outputs y Customers, que vendrían a ser los proveedores, entradas, proceso, salidas y clientes.

Este diagrama permite visualizar el proceso de una manera más sencilla, con todas las partes implicadas en el mismo.

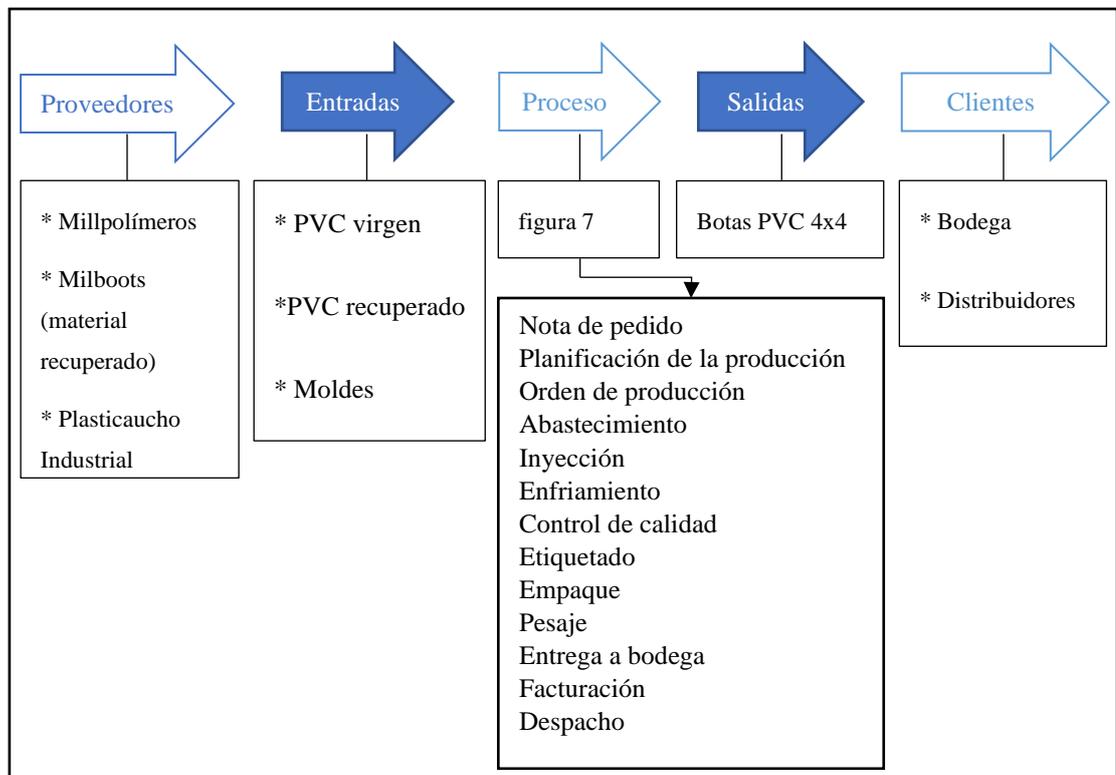


Figura 12 Diagrama SIPOC del proceso de elaboración de la bota PVC 4x4

Análisis e interpretación

Como se muestra en la **figura 12**, el proceso de fabricación de la bota PVC 4x4 tiene como proveedor a Millpolímeros de donde se obtiene el material virgen, además la propia empresa Milboots cuenta con un sistema de reprocesado de donde se obtiene material reciclado y de uso para la fabricación de sus productos, esto se debe a la gran cantidad de productos defectuosos, luego de pasar por un número determinado de procesos las botas están listas para la entrega a sus clientes o al mismo tiempo para ser almacenadas en sus bodegas a la espera de clientes, la empresa no cuenta con un sistema de pronósticos para trabajar bajo la demanda en el caso de las botas de PVC 4X4 y Berracas.

Alcance del proyecto

Como todo proyecto Six Sigma, este debe ser delimitado a ciertos procesos y conocer la variable que se va a estudiar, en este caso se ha delimitado en función de los productos más representativos (**figura 11**) resultantes del análisis ABC y datos proporcionados por la empresa **tabla 15**, además de los procesos que presentan mayor número de problemas al momento de la elaboración de las botas 4x4.

Tabla 15 Porcentaje de ventas por tallas (Botas PVC 4x4)

Amarillo Azul		Negro Crepe	
Tallas	Porcentaje de ventas	Tallas	Porcentaje de ventas
34	1%	34	2%
35	1%	35	4%
36	6%	36	6%
37	8%	37	9%
38	15%	38	14%
39	17%	39	17%
40	20%	40	17%
41	13%	41	14%
42	12%	42	10%
43	5%	43	5%
44	2%	44	2%

Tabla 16 Alcance del proyecto Lean Six Sigma

Proceso	Tipo de producto	Tipo de variable	Problemas
Inyección	4X4 PVC LG A/AZ (Tallas 40) 4X4 PVC LG N/C (Tallas 40)	Cualitativa	Existe un gran número de productos que no cuentan con los parámetros de calidad establecidos por la empresa.
Recolección de datos	Etapas del proyecto	Responsable del proyecto	Despilfarro según Lean Manufacturing
Febrero-marzo 2021	Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar	Investigador académico	Defectos en los productos
<i>Nota:</i> Se acudirá únicamente a la empresa los días en los que elaboren los productos seleccionados para el estudio, así como recolección de información necesaria, se tomarán las debidas normas de bioseguridad frente al nuevo coronavirus con el fin de evitar posibles contagios.			

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a la **tabla 15** proporcionada por la empresa, las botas 4x4 amarillo/azul y negro/crepé presentan valores más representativos en sus tallas No 40, a diferencia de las otras tallas, le siguen atrás la talla 39 que representa valores altos para la empresa.

Gracias a esto se determina el producto a ser estudiado y que representa mayor preocupación para la empresa en términos de calidad y ganancias que generan las botas 4X4 PVC LG A/AZ (Tallas 40) y 4X4 PVC LG N/C (Tallas 40)

Estudios que relacionan la metodología Lean Six Sigma y su modelo de gestión DMAIC se han enfocado a los procesos que operan a menos de su capacidad, así como sus productos más representativos [57] es por esto que el estudio se direcciona al productos más representativo de la empresa y que genera mayor ganancia, al mismo tiempo mayor preocupación por el número de productos reprocesados debido a defectos presentes en los mismos que en toda empresa representa perdidas ya que estudios determinan que una fuente de desperdicio clásica son los defectos [58].

Identificación de problemas

Tabla 17 Defectos presentes en las botas 4x4

Defecto	Descripción	Foto
1. Despegado de la suela.	La suela se despegó parcial o completamente de la base de la bota inyectada.	
2. Des calibración	Es más común en el arranque, presenta vacíos de material inyectado en la parte superior de la caña.	
3. Rebaba presente en el molde.	Restos de material adheridos a la bota del mismo color.	
4. Rechupe en la caña	Variación en la textura del material a la altura de la caña.	
5. Contaminación	Variación del color, presentando manchas moderadas o graves.	
6. Mal llenado de caña	La bota presenta vacíos de material inyectado en la parte superior de la caña, esto puede ser leve o crítico.	
7. Rebabas	Exceso de material en las botas inyectadas.	
8. Manchas	Manchas del color inapropiado en la bota, se cree que es falla del operario debido a la rapidez con la que realiza el proceso y las mancha con las manos.	
9. Variación del color	Color incorrecto de la bota debido a su mayoría a la presencia de una rebaba del color opuesto en el molino.	
10. Mal puesta la media	Media sobrepuesta sobre el borde superior de la caña.	

11. Mal llenado de la suela	Suela incompleta con presencia de variaciones de color.	
12. Corte	Cortes transversal en el borde superior de la caña de la bota.	
13. Quemado	Presencia de quemaduras en el material inyectado, en conjunto con un olor desagradable.	
14. Contaminación en la suela	Variación de color en la suela	
15. Lacras	Manchas de silicona en las botas, dando impresión de líquido derramado.	
16. Burbujas en la caña	Pequeñas hinchazones en forma de burbujas sobre la caña de la bota inyectada.	
17. Manchas en la suela	Pequeñas variaciones de color presentes en la suela con un color referente a la caña.	
18. No inyecta caña	Ausencia total de la caña inyectada en la suela.	
19. Presencia de pelusa	Afecta a la presentación de la bota. Se genera debido a que entra conjuntamente con el material pequeñas pelusas.	
20. Doble inyección de suela	Sobre inyección de la suela.	

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a lo recolectado por medio de observación y las entrevistas, existen 20 tipos de defectos que se presentan en las botas 4X4 PVC amarillo/azul y negro/crepé, estos defectos pueden ser moderados y corregidos a tiempo mientras que en otros obligatoriamente la bota debe ser reprocesada, lo cual involucra un proceso de separación caña-suela para luego ir al molino correspondiente, estos pellets se almacenan para ser utilizados en nuevas botas.

Existen estudios en los cuales la inyección de plásticos también menciona defectos parecidos a los encontrados, entre los principales rechupes, manchas, falta de llenado de la pieza, quemaduras del material entre otros [59] [43] que determinan un factor crítico, pero no nuevos dentro de la industria de la inyección de PVC, sin embargo, de acuerdo al personal no todos se presentan con frecuencia.

Definición del equipo de trabajo

Se define las personas que estarán dentro del proyecto Lean Six Sigma, las etapas en las que pueden involucrarse y las funciones que tienen, con el fin de tener información útil y al mismo tiempo confiable por parte de personas que conocen el proceso y el producto en sus diferentes presentaciones, en la **tabla 18** se muestra los integrantes del proyecto Lean Six Sigma.

Tabla 18 Integrantes del proyecto Lean Six Sigma

<i>Cargo en la empresa</i>	<i>Experiencia en la empresa</i>	<i>Etapas DMAIC</i>	<i>Funciones</i>
Gerente	10 años	Definir	Proporcionar los permisos necesarios e información al investigador Apertura a las instalaciones de la empresa
Jefe de producción	1 año	Definir, Medir, Analizar	Proporcionar información acerca del proceso productivo, problemas presentes en el mismo, mediciones, y análisis de los defectos encontrados en el producto, así como sus posibles causas raíz.
Departamento administrativo	3 años	Definir	Proporcionar al investigador información acerca de la empresa, datos históricos como ventas y producción de los diferentes productos que oferta la empresa, entre otros datos de utilidad para el proyecto.
Operarios	6 años	Definir, Medir, Analizar	Brindar ayuda para identificar los pocos vitales, además de trabajar en conjunto con el investigador al momento de tomar los datos necesarios en el área de producción o el área donde se den la mayor parte de problemas relacionados a procesos o productos.
Investigador	No aplica	Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar.	Definir el proyecto Lean Six Sigma, tomar los datos necesarios para analizar el estado actual de la empresa y sus procesos, establecer propuestas de mejora. Manejar la información obtenida con debida discreción y con interés académico.

Análisis y discusión de resultados

El personal involucrado en el proyecto Lean Six Sigma son en su mayoría las personas directas a los procesos estudiados, desde el gerente de la empresa hasta los operarios de mayor experiencia (6 años) pasando por el departamento administrativo encargado de los números de ventas; el jefe de producción cuenta con la mayor parte de información acerca de los procesos productivos, sus problemas y posibles causas, es así que de la organización del grupo dependerá el éxito del estudio.

En la mayoría de estudios Lean Six Sigma realizados en empresas europeas, el trabajo en equipo ha tenido un impacto positivo acerca de la visión compartida de la organización, en marcar un objetivo de futuro claro e identificar las tareas necesarias para alcanzarlo [60] , de aquí la importancia de contar con personal organizado y dispuesto a contribuir en el estudio de acuerdo a los conocimientos de cada uno.

3.1.2 ETAPA MEDIR

Identificación de la medición

Para tener claro lo que se va a medir, se analiza los procesos críticos que existen dentro de la elaboración de las botas de PVC, en la **tabla 19** se muestra las variables y características a ser analizadas.

Tabla 19 Identificación de la medición

Procesos críticos	VARIABLES CRÍTICAS	Productos analizados	Material
Inyección	Atributos (defectos tabla 17)	4X4 PVC LG A/AZ (Tallas 40) 4X4 PVC LG N/C (Tallas 40)	Hoja de verificación (Número de defectos)
Toma de datos	Máquina	Nota: El investigador cuenta el número de defectos presentes en los dos tipos botas, esto se realiza en hojas de verificación diferentes para ser analizados de manera independiente, puesto que el proceso varía de acuerdo al color del producto, el área donde se realiza la toma de datos corresponde a producción.	
Presencial	Inyectora M2		

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a lo encontrado en la etapa anterior, el proceso crítico a estudiar corresponde a inyección, en el cual se produce la mayor parte de defectos en las botas estudiadas 4x4 amarillo/azul y negro/crepé, estos defectos se presentan en forma de atributos, es decir, que no se tiene una variable cuantitativa. La máquina que presenta este tipo de problemas es la M2, lugar en el cual se utiliza una hoja de verificación para defectos elaborada por el investigador, esta recolección se la realiza de manera presencial y con las normas de bioseguridad.

Existen casos de estudios en los que se ha estudiado variables de tipo atributo aplicando la metodología Lean Six Sigma y se han obtenido resultados positivos [61] [62], de acuerdo a esto resulta útil el aplicar la metodología a variables de tipo continua y atributos, no solamente a productos sino también a servicios.



Figura 13 Área de recolección de datos

Plan de muestreo y toma de datos

Para la recolección de datos es necesario establecer un plan de muestreo **tabla 20** , el mismo que estará apegado a criterios establecidos por el investigador, el periodo corresponde a los meses de febrero-abril del 2021 hasta obtener un mínimo de 20 mediciones, las visitas se realizan de manera continua en días laborales y cuando exista producción de las botas analizadas; se toma en cuenta las jornadas de trabajo de la mañana y tarde así como normas obligatorias de bioseguridad para evitar posibles contagios del nuevo coronavirus además de seguridad laboral tales como:

- Uso de ropa que cubra la mayor parte de sus extremidades superiores e inferiores
- Uso y manejo adecuado de una mascarilla KN95 o N95
- Uso y manejo de un visor que proporcione seguridad a la mayor parte del rostro.
- Lavarse las manos con agua y jabón en momentos clave por al menos 20 segundos o hacer uso de un desinfectante de manos a base de alcohol con mínimo un 60% de alcohol.
- Mantenerse a una distancia mínima de 2 metros de las personas dentro de la empresa.
- Evitar el contacto con superficies que procuren las demás personas dentro de la empresa.
- Uso obligatorio de protección auditiva.

- Visitar la empresa únicamente cuando sea necesario y evitar exponerse a posibles contagios.

Tabla 20 Plan de muestreo

Responsable	Número de muestras	Tamaño de la muestra	Medición
Investigador	20	65 pares de botas	Número de defectos
Área	Jornadas	Herramientas	Personal de apoyo
Producción	Las jornadas de recolección están en función de la producción, estas pueden ser en la mañana y/o tarde	Cuaderno de apuntes Computador Hoja de verificación	Jefe de producción Obreros

Para el cálculo del tamaño de muestra se utiliza la fórmula de la **ecuación (1)** [54] que corresponde a variables cualitativas, se trabaja con el número de pares de botas y los datos para el cálculo se encuentran en la **tabla 21**

Tabla 21 Criterios para el cálculo de muestras

Datos	Valor
N = Población	200 y 100 pares
Z = Nivel de confianza	95% = 1.96
p = Probabilidad de ocurrencia	0.5
q = Probabilidad de no ocurrencia	0.5
e = Margen de error estimado	10% y 7%

Debido a que el número de lotes producido de las botas estudiadas es variable, se tiene un margen de error variable también, todo esto se realiza con el fin de obtener un tamaño de muestra constante, en la **tabla 22** se muestra un resumen de las muestras.

Tabla 22 Tamaño de muestras para el estudio

N° muestra	4X4 PVC LG A/AZ (Tallas 40)			4X4 PVC LG N/C (Tallas 40)		
	Población(pares)	Error	Tamaño de muestra	Población(pares)	Error	Tamaño de muestra
1	100	7%	65	200	10%	65
2	100	7%	65	100	7%	65
3	200	10%	65	100	7%	65
4	100	7%	65	100	7%	65
5	200	10%	65	100	7%	65
6	200	10%	65	200	10%	65
7	200	10%	65	200	10%	65
8	100	7%	65	200	10%	65
9	100	7%	65	100	7%	65
10	200	10%	65	200	10%	65
11	100	7%	65	100	7%	65
12	100	7%	65	100	7%	65
13	100	7%	65	200	10%	65
14	200	10%	65	200	10%	65
15	200	10%	65	100	7%	65
16	200	10%	65	100	7%	65
17	200	10%	65	200	10%	65
18	100	7%	65	200	10%	65
19	100	7%	65	200	10%	65
20	100	7%	65	200	10%	65

Durante la recolección de datos se toma en cuenta que existen dos tipos de moldes para ser inyectadas las botas estudiadas, uno corresponde al original propio de la máquina y otro adaptado por la empresa, en los **anexos 3 y 4** se muestra los datos recolectados durante el periodo de observación.

Indicadores iniciales

Amarillo/Azul

La figura número 14, muestra la frecuencia de los fallos diferenciados según el molde usados en el proceso de inyección enfocado en los defectos que se presentan con mayor frecuencia, para esto se elaboran diagrama de Pareto sin tomar en cuenta los defectos que no se presentaron.

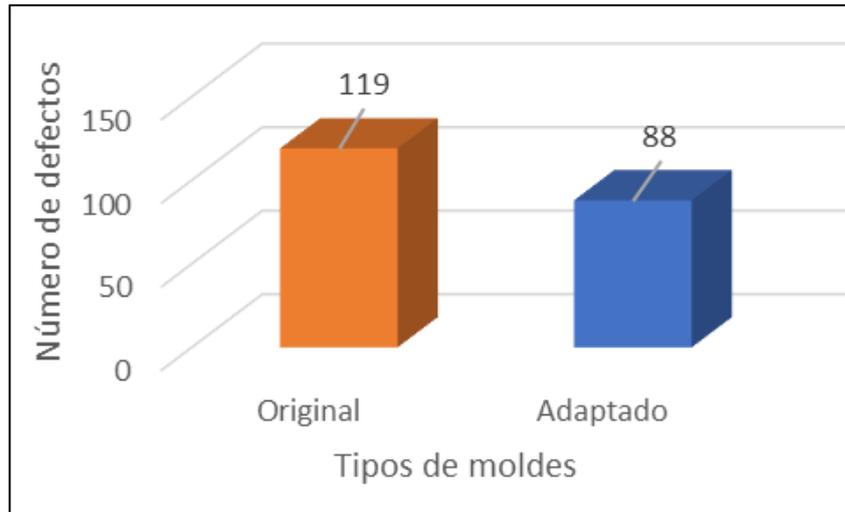


Figura 14 Defectos encontrados en moldes para la bota 4x4 A/AZ

Análisis y discusión de resultados

Los resultados de la **figura 14** manifiestan que, existe una considerable diferencia entre el número de defectos que se produce en el molde original(propio de la máquina) y el molde adaptado(rectificado en torno) para las botas 4x4 A/AZ, siendo así el molde original en el que se genera el 57% de los defectos totales encontrados durante el periodo de observación; esto se debe tomar en cuenta para posibles investigaciones, ya que estudios hasta el 2016 mencionan que en Ecuador no existen empresas dedicadas a elaborar moldes para inyección de plásticos [63].

De acuerdo a los resultados obtenidos se determina que existe una pequeña relación del número de defectos y el tipo de molde utilizado, investigaciones que tienen como finalidad el diseño de moldes para inyección de plásticos mencionan que el estado y tipo de molde es de gran importancia al momento de inyectar el material [64] en cuestiones de materiales y si este fue elaborado de forma manual o mediante una máquina CNC; Milboots deberá tener en cuenta estas características al adquirir moldes nuevos.

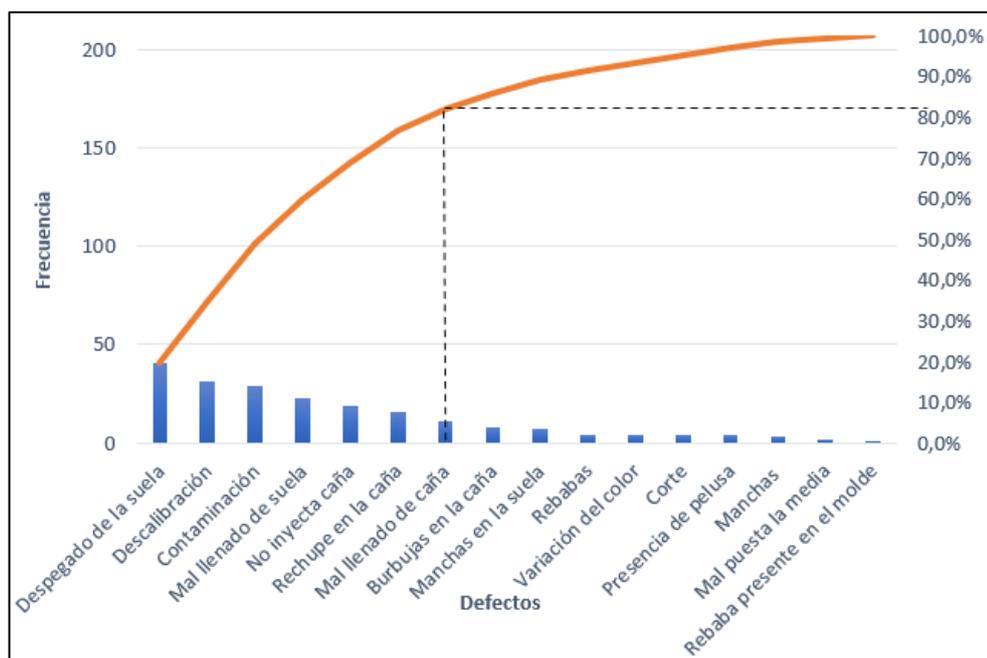


Figura 15 Tipos de defectos encontrados en las botas 4x4 A/AZ

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a los resultados de la **figura 15**, existen 7 defectos que representan el 82% del total de defectos encontrados durante el periodo de observación en las botas 4x4 A/AZ, esto quiere decir que al momento de realizar un análisis más profundo se trabaja sobre estos problemas y generar posibles soluciones para los mismos, de tal manera que se actúe sobre los pocos vitales.

En el proceso de inyección de plásticos entre ellos el PVC, investigaciones han encontrado defectos que son comunes entre diferentes empresas, uno por ejemplo es el rechufe del producto, estas son hendiduras entre la pared de la cavidad y la corteza de la pieza, afectan visualmente a las botas; otras como las manchas o también denominadas por Milboots como contaminación suelen aparecer con mucha frecuencia [59]. En el ámbito nacional, empresas dedicadas a la inyección de calzado han encontrado entre sus problemas el despegado de la suela y burbujas en las mismas, defectos que en las botas estudiadas también se han presentado [65].

Negro/Crepé

La figura número 16, muestra la frecuencia de los fallos diferenciados según el molde usados en el proceso de inyección enfocado en los defectos que se presentan con mayor frecuencia, para esto se elaboran diagrama de Pareto sin tomar en cuenta los defectos que no se presentaron.

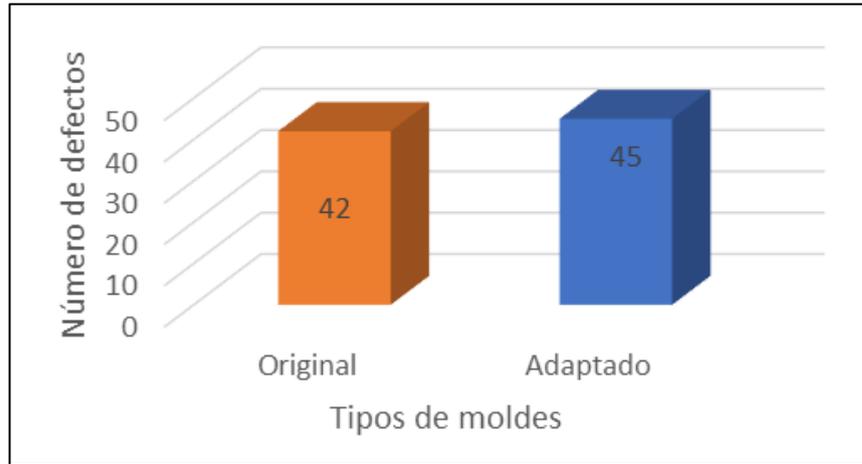


Figura 16 Defectos encontrados en moldes para la bota negro crepe

Análisis y discusión de resultados

Los resultados de la **figura 16** demuestran que, a diferencia del producto anterior, el número de defectos encontrados en las botas 4x4 negro crepe es parecido en los dos moldes utilizados. En el molde original (propio de la máquina inyectora) se encontró el 48% de los defectos totales, mientras que en el molde adaptado (rectificado en torno) se encontró el 52% restante, dejando en claro que los problemas pueden estar relacionados a otra causa y no necesariamente al tipo del molde, además que para la elaboración de la bota negro/crepé el material crepé se lo emplea totalmente virgen.

Investigaciones que tienen como finalidad el diseño de moldes para inyección de plásticos, encontraron entre sus resultados que el estado y tipo de molde es de gran importancia al momento de inyectar el material [64] en cuestiones de materiales y si este fue elaborado de forma manual o mediante una máquina CNC; Milboots deberá tener en cuenta estas características al momento de adquirirlos.

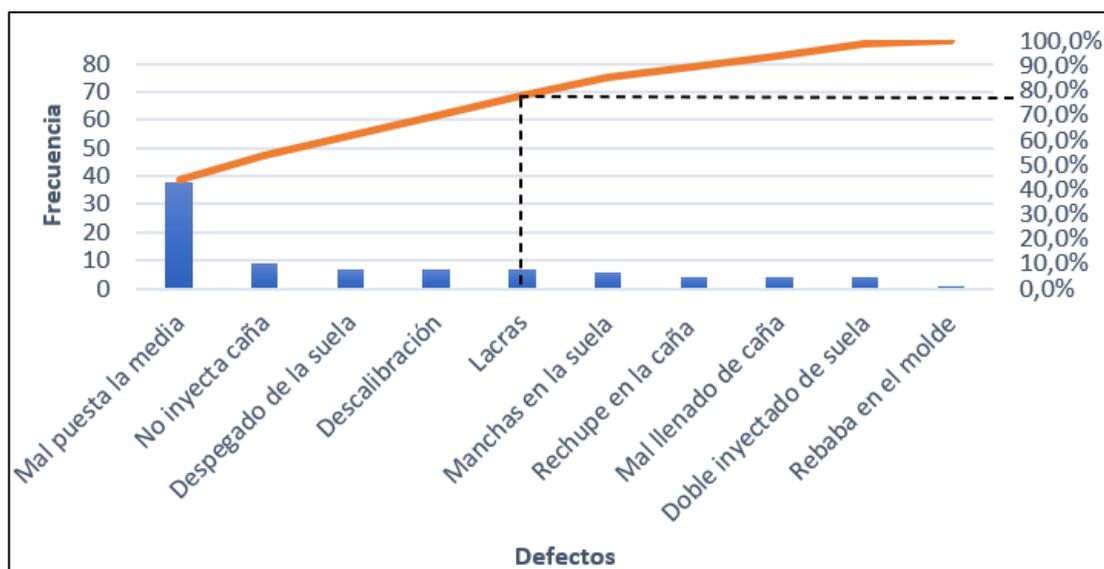


Figura 17 Tipos de defectos encontrados en las botas 4x4 negro crepe

Análisis y discusión de resultados

En las botas 4x4 negro crepe, existen 5 defectos que son responsables del 78.2% de los defectos totales encontrados durante el periodo de observación, como muestra la **figura 17**, siendo el más representativo *mal puesta de la media* con un porcentaje del 43.7%, sin embargo, no hay que dejar de tomar en cuenta a los demás defectos.

Con los datos recolectados se muestra que en la producción de botas 4x4 A/AZ existen una mayor cantidad de defectos (207) a diferencia del color negro crepe, que no presento una gran cantidad (87), pero si considerable para el estudio, en gran parte se debe al material que utilizan para cada producto, este puede ser virgen y recuperado, hay que tomar en cuenta que investigaciones han determinado que para el uso correcto del material reciclado este debe ser molido hasta obtener partículas homogéneas, además de ser lavadas [66], caso contrario existiría problemas al momento de volverlo a utilizar, esto puede ser un determinante para que los defectos se presenten con mayor frecuencia en las botas amarillo/azul que utilizan un porcentaje de 5 partes virgen y 1 recuperado, ya sea para la caña o la suela.

Análisis de variabilidad en los procesos

Uno de los objetivos del estudio es conocer la variabilidad que existe en los procesos productivos a través del tiempo, para esto se utiliza los datos recolectados, los mismos

que son de tipo atributo y siguen una distribución de Poisson ya que, una bota puede presentar un defecto o más y no necesariamente es rechazada por su proceso posterior [49], así también se aplica cartas de control tipo C y U siendo estas graficas las adecuadas; estos análisis evalúan la tasa de defectos del proceso [67].

Bota 4x4 amarillo/azul

Tabla 23 Datos para gráfica C (botas 4x4 A/AZ)

Muestras	Tamaño de la muestra (n)	Defectos (ci)	LC = \bar{c}	LCI = $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	LCS = $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
1	65	13	10,35	0,70	20,00
2	65	8	10,35	0,70	20,00
3	65	19	10,35	0,70	20,00
4	65	3	10,35	0,70	20,00
5	65	15	10,35	0,70	20,00
6	65	17	10,35	0,70	20,00
7	65	7	10,35	0,70	20,00
8	65	8	10,35	0,70	20,00
9	65	6	10,35	0,70	20,00
10	65	13	10,35	0,70	20,00
11	65	6	10,35	0,70	20,00
12	65	16	10,35	0,70	20,00
13	65	13	10,35	0,70	20,00
14	65	3	10,35	0,70	20,00
15	65	13	10,35	0,70	20,00
16	65	11	10,35	0,70	20,00
17	65	5	10,35	0,70	20,00
18	65	15	10,35	0,70	20,00
19	65	3	10,35	0,70	20,00
20	65	13	10,35	0,70	20,00
TOTAL		207			
$\bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de muestras}} = \frac{207}{20} = 10,35$					

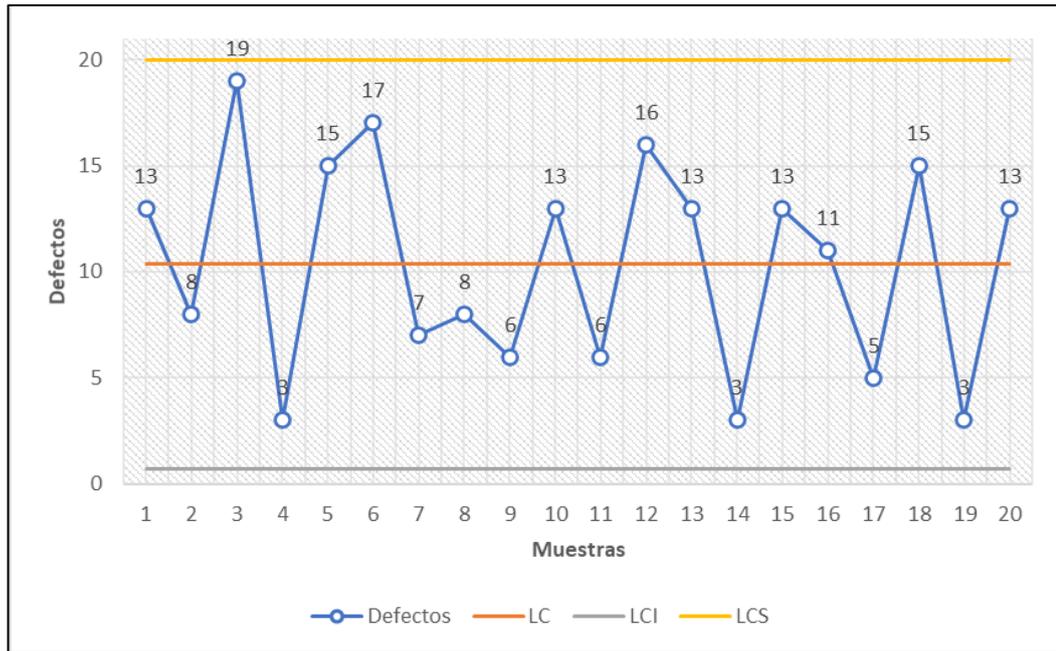


Figura 18 Gráfica C (botas 4x4 A/AZ)

Análisis e interpretación carta C

De acuerdo a la gráfica C **figura 18**, se conoce que, el proceso de fabricación para las botas 4x4 A/AZ se observa alta variabilidad, no presenta puntos fuera de los límites de control, por lo cual, su variación se debe a causas de tipo común, estas se encuentran en el día a día y es aportada de forma natural por las condiciones de las 6 M. Además, se espera que, de manera ordinaria, el número de defectos por muestra de 65 pares de botas varíe entre 0.7 y 20 con un promedio de 10.35, una cantidad que de cualquier forma representa una pérdida para la empresa y un motivo para ser analizada su causa. Además, los datos no siguen un patrón en específico lo que quiere decir que las causas son comunes y no corresponden a una situación especial [49].

No obstante, para una mejor interpretación del proceso se utiliza la carta de control U (número de defectos por unidad) que en este caso estudia la variación del número promedio de defectos por unidad, para esto se trabaja con los mismos datos recolectados y el tamaño de muestra constante.

Tabla 24 Datos para gráfica U (botas 4x4 A/AZ)

Muestras	Tamaño de la muestra (ni)	Defectos (ci)	$ui = ci/ni$	$LC = \bar{U}$	$LCI = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$LCS = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
1	65	13	0,20	0,16	0,01	0,31
2	65	8	0,12	0,16	0,01	0,31
3	65	19	0,29	0,16	0,01	0,31
4	65	3	0,05	0,16	0,01	0,31
5	65	15	0,23	0,16	0,01	0,31
6	65	17	0,26	0,16	0,01	0,31
7	65	7	0,11	0,16	0,01	0,31
8	65	8	0,12	0,16	0,01	0,31
9	65	6	0,09	0,16	0,01	0,31
10	65	13	0,20	0,16	0,01	0,31
11	65	6	0,09	0,16	0,01	0,31
12	65	16	0,25	0,16	0,01	0,31
13	65	13	0,20	0,16	0,01	0,31
14	65	3	0,05	0,16	0,01	0,31
15	65	13	0,20	0,16	0,01	0,31
16	65	11	0,17	0,16	0,01	0,31
17	65	5	0,08	0,16	0,01	0,31
18	65	15	0,23	0,16	0,01	0,31
19	65	3	0,05	0,16	0,01	0,31
20	65	13	0,20	0,16	0,01	0,31
TOTAL	1300	207				

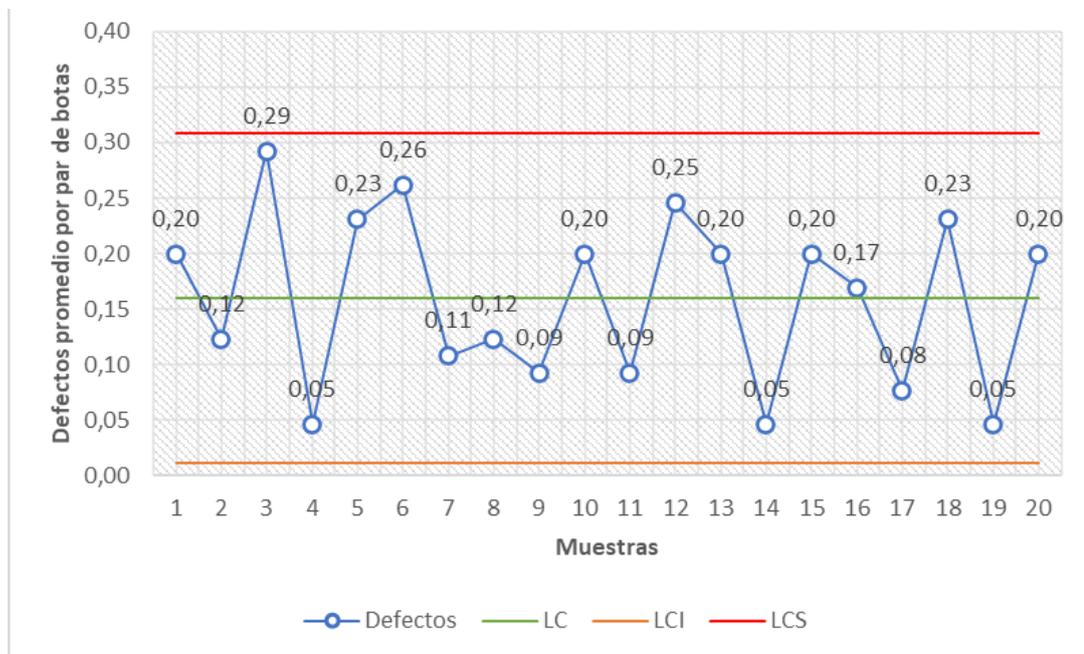
$$\bar{U} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de artículos inspeccionados}} = \frac{207}{1300} = 0,16$$


Figura 19 Gráfica U (botas 4x4 A/AZ)

Análisis e interpretación carta *U*

De acuerdo a la gráfica *U* **figura 19**, se conoce que el proceso de fabricación para las botas 4x4 A/AZ es variable y presenta similitud con la gráfica *C*, no muestra puntos fuera de los límites de control, por ende, su variación también se debe a causas de tipo común. Además, se espera que, de manera ordinaria, en cada par de botas inyectadas se encuentren de 0.01 a 0.31 defectos, con un promedio de 0.16. Estos defectos pueden pasar desapercibidos por el operario y ser un punto crítico en la calidad del producto final.

Discusión de resultados

A pesar de no contar con puntos fuera de los límites de control, esto no demuestra que sea capaz de cumplir con las especificaciones de los clientes, existen estudios de la rama del calzado por inyección en donde la mayoría de sus procesos se encuentran bajo control estadístico, sin embargo, no son capaces [68]. Al no seguir un patrón en particular las causas de los problemas se encuentran en las *M's* del día a día y no en una especial, encontrar su raíz no es sencilla puesto que se debe analizar detalladamente todas las formas posibles de fallo, sin embargo, representan una oportunidad de mejora como se lo ha desarrollado en varios proyectos que han utilizado la filosofía Lean Six Sigma para corregir sus problemas [69] [49].

Bota 4x4 negro/crepe

Tabla 25 Datos para gráfica C (botas 4x4 negro crepe)

Muestras	Tamaño de la muestra (n)	Defectos (ci)	LC = \bar{c}	LCI = $\bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$	LCS = $\bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
1	65	8	4,35	0,00	10,61
2	65	1	4,35	0,00	10,61
3	65	8	4,35	0,00	10,61
4	65	9	4,35	0,00	10,61
5	65	0	4,35	0,00	10,61
6	65	5	4,35	0,00	10,61
7	65	6	4,35	0,00	10,61
8	65	3	4,35	0,00	10,61
9	65	1	4,35	0,00	10,61
10	65	3	4,35	0,00	10,61
11	65	2	4,35	0,00	10,61
12	65	3	4,35	0,00	10,61
13	65	7	4,35	0,00	10,61
14	65	3	4,35	0,00	10,61
15	65	9	4,35	0,00	10,61
16	65	3	4,35	0,00	10,61
17	65	5	4,35	0,00	10,61
18	65	3	4,35	0,00	10,61
19	65	6	4,35	0,00	10,61
20	65	2	4,35	0,00	10,61
TOTAL		87			
$\bar{c} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de muestras}} = \frac{87}{20} = 4,35$					

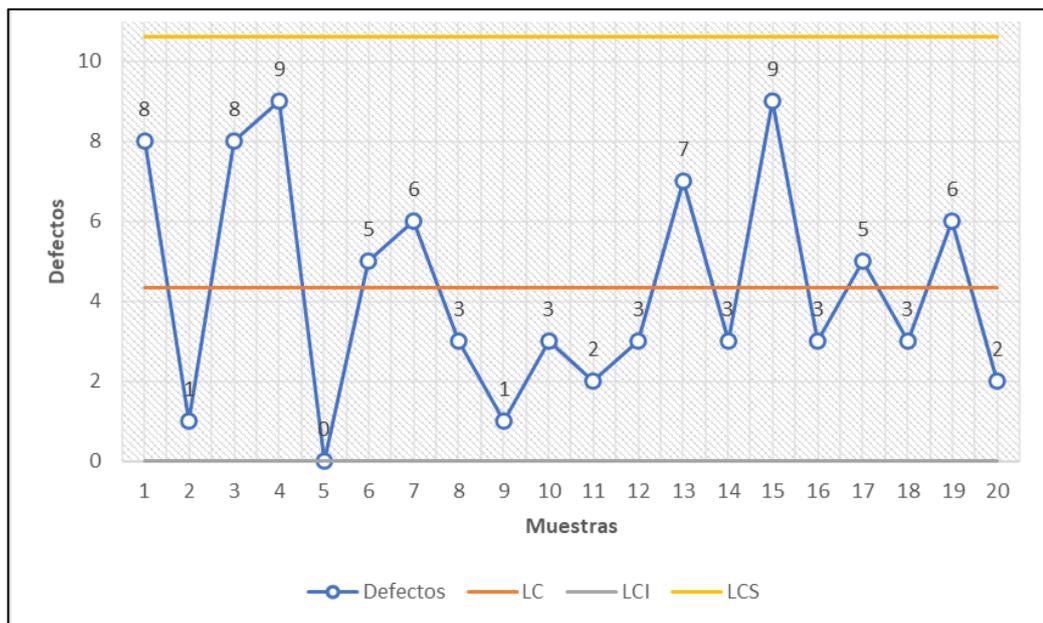


Figura 20 Gráfica C (botas 4x4 negro crepe)

Análisis e interpretación carta C.

De acuerdo a la gráfica C **figura 20**, se sabe que el proceso de fabricación para las botas 4x4 negro crepe presenta variabilidad, no presenta puntos fuera de los límites de control, por ende, las causas de su variación son de tipo común, estas se encuentran en el día a día y es aportada de forma natural por las condiciones de las diferentes 6 M. Además, se espera que, de manera ordinaria, el número de defectos por muestras de 65 pares de botas varíe entre 0 y 10.61 con un promedio de 4.35, una cantidad que de cualquier forma representa una pérdida para la empresa y un motivo para estudiar las causas que generan los defectos, representando así una oportunidad de mejora. Además, los datos no siguen un patrón en específico lo que quiere decir que las causas son comunes y no corresponden a una situación especial [29].

Sin embargo, como en el producto anterior se realiza una mayor interpretación por medio de la carta de control U (número de defectos por unidad) que en este caso estudia la variación del número promedio de defectos por unidad, para esto se trabaja con los mismos datos recolectados y el tamaño de muestra constante.

Tabla 26 Datos para gráfica U (botas 4x4 negro crepe)

Muestras	Tamaño de la muestra (ni)	Defectos (ci)	$ui = ci/ni$	$LC = \bar{U}$	$LCI = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$	$LCS = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
1	65	8	0,12	0,066	0,00	0,16
2	65	1	0,02	0,066	0,00	0,16
3	65	8	0,12	0,066	0,00	0,16
4	65	9	0,14	0,066	0,00	0,16
5	65	0	0,00	0,066	0,00	0,16
6	65	5	0,08	0,066	0,00	0,16
7	65	6	0,09	0,066	0,00	0,16
8	65	3	0,05	0,066	0,00	0,16
9	65	1	0,02	0,066	0,00	0,16
10	65	3	0,05	0,066	0,00	0,16
11	65	2	0,03	0,066	0,00	0,16
12	65	3	0,05	0,066	0,00	0,16
13	65	7	0,11	0,066	0,00	0,16
14	65	3	0,05	0,066	0,00	0,16
15	65	9	0,14	0,066	0,00	0,16
16	65	3	0,05	0,066	0,00	0,16
17	65	5	0,08	0,066	0,00	0,16
18	65	3	0,05	0,066	0,00	0,16
19	65	6	0,09	0,066	0,00	0,16
20	65	2	0,03	0,066	0,00	0,16
TOTAL	1300	87				
$\bar{U} = \frac{\text{Total de defectos}}{\text{Total de artículos inspeccionados}} = \frac{87}{1300} = 0,066$						

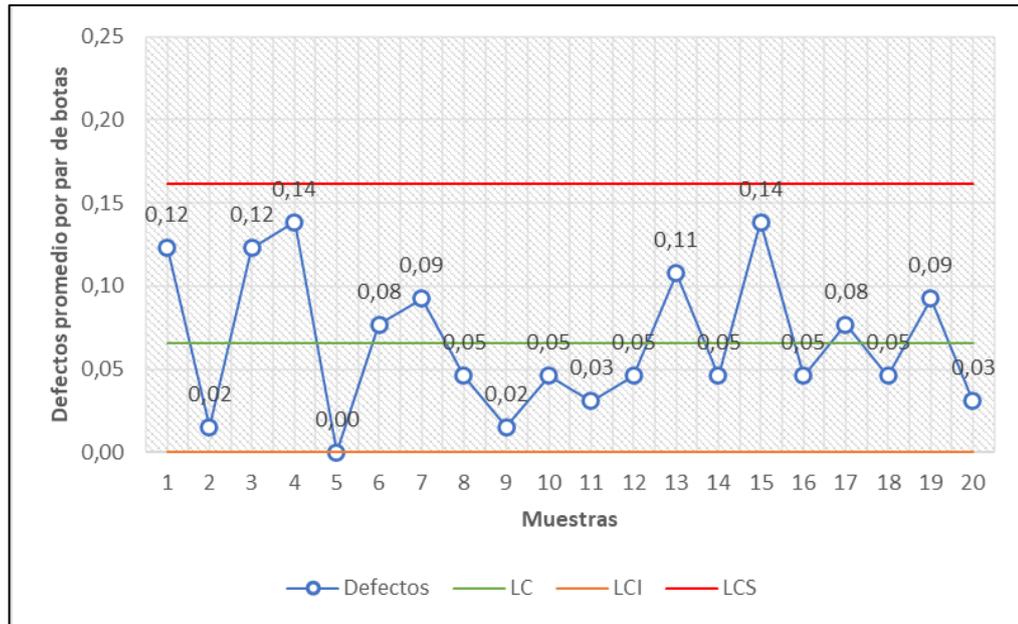


Figura 21 Gráfica U (botas 4x4 negro crepe)

Análisis e interpretación carta U

De acuerdo a la gráfica U **figura 21**, se conoce que el proceso de fabricación para las botas 4x4 negro crepe es variable y similar al grafico C, además que presenta menor cantidad de defectos promedio por par de botas que el color amarillo/azul, no presenta puntos fuera de los límites de control, razón por la cual, su variación también se debe a causas de tipo común. De esta manera se espera que, de manera ordinaria, en cada par de botas inyectadas se encuentren de 0.0 a 0.16 defectos, con un promedio de 0.66. Estos defectos pueden pasar desapercibidos por el operario debido a que no se presentan con mayor frecuencia y ser un punto negativo al momento de evaluar el producto.

Discusión de resultados

A diferencia de las botas amarillo/azul, en el proceso de fabricación de las botas negro/crepé se han presentado una menor cantidad de defectos, en parte se debe a que la materia prima utilizada en este tipo de botas es virgen para la suela (crepé) y únicamente se reutiliza el material para la caña (negro), esto viene a ser uno de los problemas principales ya que al no ser tratada adecuadamente puede traer diversos problemas, uno de los principales es la contaminación del color [66]. De igual forma

que el proceso anterior, este se encuentra bajo control estadístico sin embargo como lo mencionan en otras investigaciones, esto no significa que el proceso sea capaz [68].

Capacidad del proceso y métricas Six Sigma

Bota 4x4 amarillo/azul

DPMO frente a DPU

Al trabajar con atributos se utiliza el índice DPU (defectos por unidad) y DPMO (defectos por millón de oportunidades) como métricas de calidad Six Sigma, para lo cual se utiliza la fórmula de la **ecuación (8)** y **ecuación (9)** con los datos de la **tabla 27**.

Tabla 27 Datos para métricas de calidad (Bota 4x4 A/AZ)

Total defectos encontrados	d	207
Número de unidades inspeccionadas	U	2600
Número de oportunidades de error por unidad	O	20

<i>DPU = 0.079</i>	<i>DPMO = 3980.76</i>
---------------------------	------------------------------

Análisis y discusión de resultados

Con el valor DPU se espera que en promedio cada bota 4x4 A/AZ producida tenga 0.079 defectos luego de pasar por el proceso de inyección, sin embargo se tiene el valor DPMO que toma en cuenta las oportunidades de error, es así como se espera que en 1 millón de botas 4x4 A/AZ producidas, 3980.76 unidades presenten por lo mínimo un defecto de los mencionados en la **tabla 17**, esto quiere decir que no se tiene un proceso Six Sigma ya que para lograrlo se debe contar con un valor de 3.4 DPMO como máximo. De acuerdo a los resultados obtenidos en los defectos por millón de oportunidades, la empresa se considera competitiva a nivel local, existen empresas de la rama del calzado y otras que en sus estudios han encontrado valores por arriba de los 10000 DPMO [70] [71] sin embargo se han determinado las causas de estos problemas y se han planteado mejoras a corto y largo plazo.

Índice Yield, Cp y nivel Sigma

Para encontrar todos los valores se utiliza las fórmulas descritas en la metodología, en la **tabla 28** se encuentran los resultados obtenidos.

Tabla 28 Métricas Six Sigma botas 4x4 A/AZ

Métrica	Valor	Descripción
Yield	0.924 →92.4%	Rendimiento del proceso
Zy	1.43 Sigmas	Nivel Sigma de largo plazo
Zc	2.93 = 3 Sigmas	Nivel Sigma actual del proceso o corto plazo
Cp	0.9766	Capacidad del proceso

Análisis y discusión de resultados

Al multiplicar el valor Yield por 100 tenemos que, la probabilidad de que una bota 4x4 A/AZ esté libre de defectos luego de pasar por el proceso de inyección, es del 92.4 %, un valor no adecuado para el proceso, pero aceptable temporalmente [49].

Se encuentra que el nivel de sigmas de largo plazo del proceso analizado es igual a 1.43, así que suponiendo un desplazamiento de 1.5 sigmas, el número de sigmas actual del proceso es igual a 3 Sigmas, de acuerdo a esto el desempeño de este proceso es de “promedio industrial” al igual que la mayoría de las empresas a nivel mundial [72], sin embargo, investigaciones Six Sigma y Lean Six Sigma aplicadas a empresas a nivel regional demuestran niveles por debajo de 3, estos valores al mismo tiempo están relacionados con un porcentaje de rendimiento bajo [43] [71].

Milboots presenta oportunidades de mejora, no obstante, si llegase a tener un valor menor al mencionado, el proceso estaría clasificado en una categoría “no competitiva” [72], es por esto que MILBOOTS CIA LTDA tiene que enfocar la mejora a disminuir la cantidad de productos defectuosos implementando las mejoras propuestas por el investigador como lo han hecho otras empresas en donde se han obtenido mejoras de hasta 4.7 Sigmas, tal es el caso de una empresa de diseño, fabricación y distribución de electrodomésticos en Estados Unidos [73].

De acuerdo al valor de C_p encontrado y la interpretación de la **tabla 5**, el proceso corresponde a clase 3, lo que quiere decir que, no es adecuado para el trabajo y es necesario un análisis del proceso más a fondo. Requiere de modificaciones serias para alcanzar una calidad satisfactoria [49].

Otro de los problemas por el cual la bota 4x4 amarillo/azul presenta el mayor número de problemas se debe a que el material utilizado es reciclado, tanto para la caña como para la suela, no se tiene un procedimiento adecuado para la reutilización del material desechado [66], caso contrario este tendría características adecuadas como resistencia al impacto, esfuerzo máximo de flexión y modulo tangencial de elasticidad, como lo han demostrado investigaciones acerca del reciclaje del PVC [74].

Bota 4x4 negro/crepe

DPMO frente a DPU

Al igual que el proceso anterior se utiliza el índice DPU (defectos por unidad) y DPMO (defectos por millón de oportunidades) como métricas de calidad Six Sigma, para lo cual se utiliza la fórmula de la **ecuación (8)** y **ecuación (9)** con los datos de la **tabla 29**.

Tabla 29 Datos para métricas de calidad (Bota 4x4 negro crepe)

Total defectos encontrados	d	87
Número de unidades inspeccionadas	U	2600
Número de oportunidades de error por unidad	O	20

$DPU = 0.033$	$DPMO = 1673.07$
---------------------------------	------------------------------------

Análisis y discusión de resultados

Con el valor DPU se espera que en promedio cada bota 4x4 negro crepe producida tenga 0.033 defectos luego de pasar por el proceso de inyección, un valor relativamente bajo en comparación con el anterior proceso, sin embargo se tiene el valor DPMO que

toma en cuenta las oportunidades de error, es así como se espera que en 1 millón de botas 4x4 negro crepe producidas, 1673.07 unidades presenten por lo mínimo un defecto de los mencionados en la **tabla 17**, esto quiere decir que no se tiene un proceso Six Sigma ya que para lograrlo se debe contar con un valor de 3.4 DPMO como máximo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en los defectos por millón de oportunidades, la empresa se considera competitiva a nivel local con el proceso de fabricación de las botas 4x4 negro/crepé, inclusive por arriba de las amarillo/azul, existen empresas de la rama del calzado y otras que en sus estudios han encontrado valores por arriba de los 10000 DPMO [70] [71] sin embargo se han determinado las causas de estos problemas y se han planteado mejoras a corto y largo plazo.

Índice Yield, Cp y nivel Sigma

Para encontrar todos los valores se utiliza las fórmulas descritas en la metodología, en la **Tabla 30** se encuentran los resultados obtenidos.

Tabla 30 Métricas Six Sigma botas 4x4 Negro/Crepé

Métrica	Valor	Descripción
Yield	0.967 →96.7%	Rendimiento del proceso
Zy	1.83 Sigmas	Nivel Sigma de largo plazo
Zc	3.33 Sigmas	Nivel Sigma actual del proceso o corto plazo
Cp	1.1	Capacidad del proceso

Análisis y discusión de resultados

Al multiplicar el valor Yield por 100 tenemos que, la probabilidad de que una bota 4x4 negro crepe esté libre de defectos luego de pasar por el proceso de inyección, es del 96.7 %, un valor aceptable para el proceso, pero con oportunidades de mejora.

Se encuentra que el nivel de sigmas de largo plazo del proceso analizado es igual a 1.83, así que suponiendo un desplazamiento de 1.5 sigmas, el número de sigmas actual del proceso es de 3.33 Sigmas; al igual que en el caso anterior el desempeño de este proceso es de “promedio industrial”, a nivel mundial la mayoría de empresas cuenta con valores por arriba del 3σ [72], sin embargo, investigaciones Six Sigma y Lean Six Sigma aplicadas a empresas a nivel regional demuestran niveles por debajo de 3σ , estos valores al mismo tiempo están relacionados con un porcentaje bajo de rendimiento del proceso [43] [71].

La empresa presenta oportunidades de mejora, no obstante, si llegase a tener un valor menor a 3, el proceso estaría clasificado en una categoría “no competitiva” [72], es por esto que MILBOOTS CIA LTDA tiene que enfocar la mejora a disminuir la cantidad de productos defectuosos.

De acuerdo al valor de Cp encontrado y la interpretación de la **tabla 5**, el proceso corresponde a una clase 2 por encima del proceso anterior, lo que quiere decir que, es parcialmente adecuado, requiere de un control estricto para evitar los defectos que se presentan actualmente.

A diferencia del otro producto analizado, las botas 4x4 negro/crepe son elaboradas con material virgen en la suela, lo que permite obtener un número menor de problemas en esta zona, teniendo en cuenta que gran parte de defectos se presentan por despegado de suela, mal llenado, o mezclas de color; sin embargo, para su caña se utiliza material recuperado y las causas no se atribuyen directamente al material utilizado. Con el uso de las métricas Six Sigma, las cuales, cuando se usan de forma conjunta pueden mostrar las ineficiencias de un proceso o compañía [75], es por esto que se han aplicado varias métricas que reflejan la realidad de los procesos; cabe destacar que pueden mejorarse y alcanzar valores óptimos de operación como lo han hecho en varios casos de estudio en pequeñas y medianas empresas, alcanzando valores de hasta 5σ [76].

Calidad de la medición

En la **tabla 31** se muestran los datos recolectados durante el ensayo de repetibilidad y reproducibilidad, estos corresponden a las calificaciones de 1 (bota aceptada) o 0 (bota rechazada) a 30 productos en dos días consecutivos. Para realizar este tipo de análisis se deben seguir los siguientes pasos:

Tabla 31 Datos para el estudio

Número de bota inspeccionada	Día 1					Día 2					Suma	Repetibilidad				
	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5		Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	7	0	0	0	0	1
6	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	1	1	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8	0	0	1	0	1
9	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	5	1	0	1	0	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8	0	1	0	0	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	8	0	0	0	1	1
13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
14	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	7	0	1	0	0	0
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	7	0	0	1	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	0	0
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0	0	0	0	0
21	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	4	0	0	1	1	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0	0	0	0	0
27	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	4	0	0	0	0	0
28	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0	0	0	0
29	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	4	0	0	0	1	1
30	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1	0	0
Total	14	15	11	11	7	11	18	12	10	7		5	5	7	3	6

1. **Calcular la suma de acuerdos.** De acuerdo a cuantos juicios es sometida la pieza se debe contar el número de acuerdos que tiene, elaborar una columna suma donde se ubique el número de juicios que aceptaron la pieza, como se muestra en la **tabla 31** donde se tiene 30 botas evaluadas por 5 trabajadores en 2 ocasiones (10 juicios en total), si el valor es 10 quiere

decir que todos los operarios aceptaron en los dos ensayos la pieza, al contrario, si el valor es 0, quiere decir que todos los operarios rechazaron la pieza en los dos ensayos. Valores diferentes a 0 o 10 quiere decir que hubo desacuerdos.

- 2. Determinar desacuerdos posibles.** Se determina el número posible de desacuerdos diferentes por pieza, para esto se utiliza la ecuación (14)

$$a_p = \frac{k(k - 1)}{2} \quad (14)$$

Donde:

a_p = número de posibles desacuerdos diferentes por pieza

k = número de evaluaciones a las que es sometida cada pieza

$$a_p = \frac{10(10 - 1)}{2}$$

$$a_p = 45$$

Para calcular el número total de posibles acuerdos o desacuerdos se utiliza la ecuación (15)

$$a_t = a_p \times p \quad (15)$$

Donde:

a_t = oportunidades para estar de acuerdo o en desacuerdo en las evaluaciones del estudio

p = número de piezas utilizadas en el estudio

$$a_t = 45 \times 30$$

$$a_p = 1350$$

- 3. Análisis del nivel de acuerdos.** Se debe realizar un análisis detallado de la columna *suma* de la **tabla 31**, contando en cuantas piezas se logra el mismo nivel de acuerdo. Dependiendo del número de juicios a las que son sometidas las piezas se reporta en una tabla los resultados, en el estudio se tiene 10 juicios, las sumas 0 o 10 implican total acuerdo (todos rechazaron o todos aceptan), los números 1 y 9 indica que hubo acuerdo en 9 de los 10 juicios sobre una pieza, y así con los demás pares.

La columna de “número de pares en desacuerdo” se obtiene al multiplicar el par de números de acuerdos, con suma igual a 0 o 10 hay cero desacuerdos; si la suma fue 9, esto implica que hay nueve personas en

acuerdo mientras que un operador estuvo en desacuerdo con nueve juicios, por lo tanto, el número de parejas de juicios en desacuerdo son nueve (9x1), algo similar con las demás parejas como se muestra en la **tabla 32**. Hay que tomar en cuenta el número de pares en desacuerdo es una manera de penalizar el nivel de desacuerdo, ninguna penalización para cuando hay acuerdo (0 o 10) y hasta 25 para cuando la mitad de los juicios deciden una cosa y la otra mitad lo contrario (suma 5), lo cual implica que en ese caso hay 5×5 pares de desacuerdo.

Tabla 32 Análisis de desacuerdos para el estudio

Nivel de acuerdo (columna suma)	Número de pares en desacuerdo	Número de piezas	Desacuerdos totales
0 o 10	0	12	0
1 o 9	9	4	36
2 u 8	16	5	80
3 o 7	21	5	105
4 o 6	24	3	72
5	25	1	25
Total		30	318

El número de desacuerdos totales es el resultado de multiplicar el número de piezas por el número de pares en desacuerdos en cada nivel como se muestra en la **tabla 32**.

Al sumar los desacuerdos se obtiene el número total de desacuerdos en el estudio o $De = 318$

4. **Calcular el nivel de desacuerdo en el estudio (ND_e)**. Se lo obtiene al dividir el número total de desacuerdos en el estudio (De), entre el número total de posibles desacuerdos (a_t) como se muestra en la ecuación (16)

$$ND_e = \frac{D_e}{a_t} \times 100 \quad (16)$$

$$ND_e = \frac{318}{1350} \times 100$$

$$ND_e = 23.55\%$$

Este valor indica el nivel de desacuerdo en el estudio, un resultado parcialmente aceptable y con oportunidad de mejora, los valores que

pueden darse van de 0 a 100, siendo 100 el peor sistema de medición posible.

5. Determinar la repetibilidad. En este tipo de estudios el papel de instrumento de medición lo desempeña el criterio del trabajador, por lo cual, los *desacuerdos por repetibilidad* se calculan a partir de la consistencia entre las respuestas de un mismo operador (entre los dos días de prueba) para ello se utiliza las columnas de repetibilidad de la **tabla 31**, en donde para cada operador y cada pieza se analiza si hay coincidencias en sus juicios de un día a otro, si hay coincidencia se anota un 0 y si no la hay se anota un 1.

Determinada la repetibilidad para todas las piezas y todos los trabajadores se suma el número de inconsistencias de cada trabajador, como se muestra en la **tabla 33** junto con el número de oportunidades que tuvo cada trabajador para equivocarse, que vendría a ser el mismo número de botas analizadas.

Tabla 33 Resultados de repetibilidad

Operador	Desacuerdos	Oportunidades	Porcentaje
1	5	30	17%
2	5	30	17%
3	7	30	23%
4	3	30	10%
5	6	30	20%
Total	26	150	17%

El número total de desacuerdos fue $D_{rep} = 26$, al dividir este valor entre el total de oportunidades, $O_{rep} = 150$ se obtiene el nivel de desacuerdos atribuibles a repetibilidad, es decir:

$$ND_{rep} = \frac{26}{150} \times 100$$

$$ND_{rep} = 17.33\%$$

Este porcentaje da una medida de la consistencia de cada operador, estos valores van de 0 a 100 y entre más alto, peor será la repetibilidad de los operadores. En el estudio se tiene un valor de 17.33% que no es muy alto,

sin embargo, en el análisis de cada operario se muestra que el operario 3 tuvo más discrepancias que los otros, al contrario del operario 4 que tuvo la menor cantidad de desacuerdos entre su propio juicio. Por lo tanto, existe una oportunidad de mejora del sistema de medición.

6. **Reproducibilidad (diferencia sistemática entre operadores).** En esta parte se evalúa las diferencias sistemáticas entre trabajadores, comparando el total de piezas aceptadas por cada operador en los dos ensayos realizados, se cuenta el número total de piezas aceptadas por cada operador **tabla 31** y los resultados se sintetizan en la **tabla 34** donde para cada operador se agregó el porcentaje de aceptación, el mismo que resulta de dividir el total de piezas aceptadas entre el número de piezas evaluadas. El número de piezas evaluadas por cada trabajador es igual a 100 debido a que se evaluaron 30 piezas dos veces.

Tabla 34 Resultados de reproducibilidad

Operador	Número de piezas		Total aceptadas	Total evaluadas	Porcentaje de aceptación
	Día 1	Día 2			
1	14	11	25	60	42%
2	15	18	33	60	55%
3	11	12	23	60	38%
4	11	10	21	60	35%
5	7	7	14	60	23%
Total			116	300	39%

En esta tabla se observa que el trabajador 5 tiene el criterio más exigente ya que su porcentaje de aceptación es relativamente bajo (23%), los trabajadores 1 y 2 tienen un criterio más relajado (42 y 55% de aceptación). Esto indica que los operarios no evalúan las botas de la misma forma, por ello se presenta una oportunidad de mejora en cuanto al método que siguen y el entrenamiento.

7. **Calcular la reproducibilidad (interacción parcial de operador).** Para un análisis minucioso de la consistencia de criterios entre operadores se debe investigar el número de *desacuerdos por reproducibilidad*, a partir de comparar los resultados o desacuerdos por pareja de trabajadores como se muestra en la **tabla 35**, aquí también se agrega el porcentaje de desacuerdos, lo cual se obtiene dividiendo el número observado de desacuerdos por pareja de trabajadores entre el número de oportunidades

en que se puede estar en desacuerdo por pareja de trabajadores. Este último valor se lo puede encontrar al multiplicar el número de piezas por 2, por el número de ensayos.

Tabla 35 Número de desacuerdos entre parejas de operadores

Operador	2	3	4	5
1	36 (30%)	30 (25%)	16 (13,3%)	28 (23,3%)
2		32 (26,6%)	32 (26,6%)	40 (33,3%)
3			26 (21,66%)	30 (25%)
4				22 (18,33%)
Total desacuerdos		292 (24,33%)		

En la **tabla 35** se nota que entre el trabajador 2 y 5 existe más desacuerdos (40) que corresponde al 33.3% de las veces, lo que concuerda con los resultados del paso anterior ya que el operario 5 es más estricto a diferencia del operario 2 que es más relajado al momento de clasificar las botas, debido a esto la discrepancia de juicios.

El nivel total de desacuerdos debido a reproducibilidad ND_{repro} , se obtiene al dividir el número de desacuerdos de la Tabla D_{repro} , entre el número total de oportunidades de desacuerdo resultado de la reproducibilidad, O_{repro} , el cual es igual al (número de piezas) \times (el número de parejas de evaluadores) \times (número de ensayos) \times 2, por lo tanto

$$ND_{repro} = \frac{292}{1200} \times 100$$

$$ND_{repro} = 24.33\%$$

Este porcentaje provee una evaluación de sistema de medición debido a reproducibilidad, ya que entre más desacuerdos entre parejas exista mayor será el ND_{repro} , el valor 24.33% es un porcentaje relativamente alto y sugiere tomarlo en cuenta en la etapa analizar.

Tabla 36 Reporte de estudio R&R discreto

Fuente	Porcentaje de desacuerdos	
Repetibilidad (tabla 33)	$ND_{rep} = \frac{26}{150} * 100 = 17.33\%$	
Reproducibilidad (tabla 35)	$ND_{repro} = \frac{292}{1200} * 100 = 24.33\%$	
Nivel de desacuerdo del estudio	$ND_e = \frac{318}{1350} * 100 = 23.55\%$	
Operador	Repetibilidad (%)	Piezas aceptadas (%)
1	17	42
2	17	55
3	23	38
4	10	35
5	20	23
Promedio	17.4	38.6

Análisis y discusión de resultados

Una vez finalizado el análisis R&R, se concluye de este que la mayor problemática radica en la reproducibilidad (concordancia entre los criterios de los operarios). El operario 4 puede considerarse el estándar y por lo tanto hay oportunidades de mejora, ya que dicho operario puede ser consistente en su forma de evaluar el nivel de calidad de una bota, el resto del personal con el debido entrenamiento, también lo puede lograr. Se debe hacer un mayor enfoque en los trabajadores 1,2 y 3, de esta manera lograr que sean más exigentes al momento de evaluar el producto.

Existen operarios con más conocimientos que otros en donde influye el tiempo en la empresa, lo que representa más productos fuera de las especificaciones pasados como buenos o productos buenos enviados a reproceso, todo debido a conocimientos no nivelados. Sin embargo, existen oportunidades de mejora como se han hecho en empresas que han pasado de valores de reproducibilidad de más de 90% a menos del 10% luego de implementar mejoras tales como gestionar capacitaciones para

características adecuadas del proceso, adquirir los materiales de referencia certificados y exigir el cumplimiento de los requisitos en normativas [77].

Análisis de capacidad en Minitab 19

Con el fin de comprobar si se escogió la distribución correcta de los datos y si el número de muestras fue la indicada, se realiza un análisis de capacidad por medio del software estadístico Minitab a cada proceso analizado.

Además, se puede comprobar si el proceso estudiado está dentro de control estadístico y cumple con las especificaciones del cliente.

Amarillo/Azul

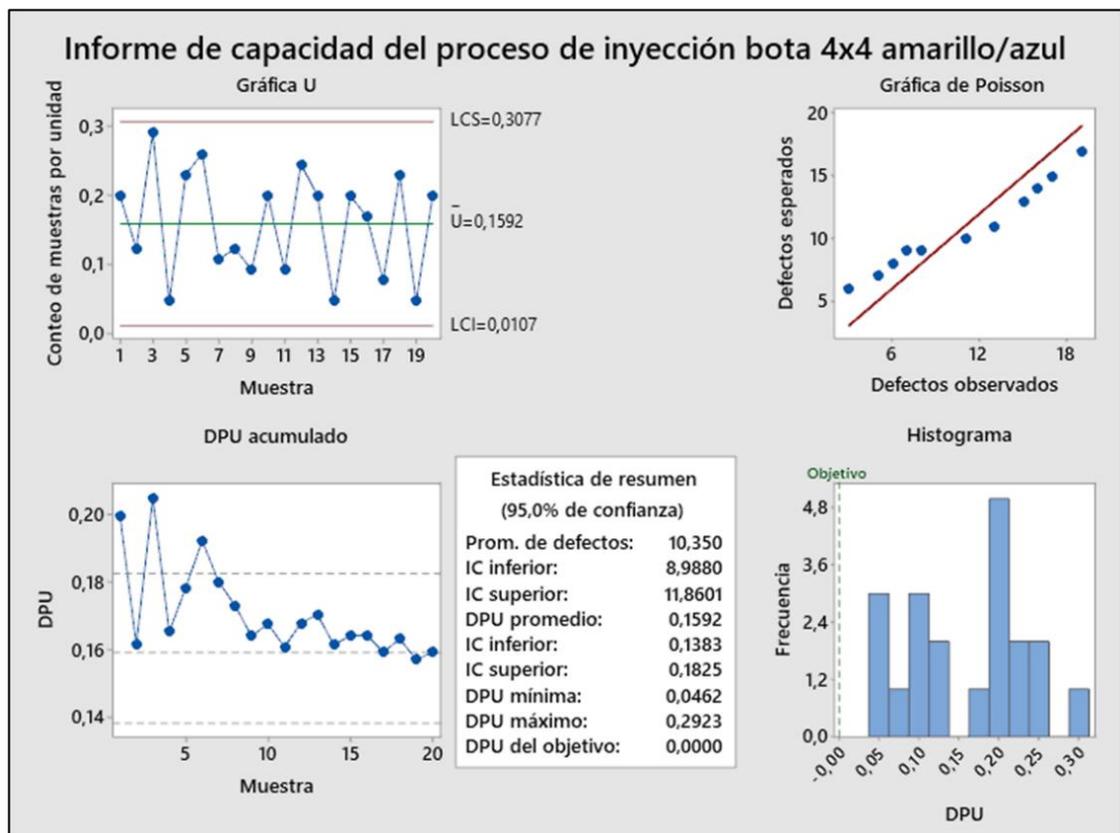


Figura 22 Informe de capacidad del proceso de inyección bota 4x4 amarillo/azul

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a la **figura 22** la gráfica U ratifica que el proceso se encuentra bajo control sin embargo se deben analizar las causas comunes que generan los defectos en las botas. La segunda grafica muestra que los datos recolectados siguen una distribución de tipo Poisson, puesto que los puntos que generan los *defectos observados* y los *defectos esperados*, se apegan en su mayoría a la recta.

En la tercera grafica se identifica que el valor de DPU acumulado se estabiliza a partir de la muestra número 11 y se extiende así, demostrando que el número de muestras recolectadas son fiables, sin embargo, el soporte del software Minitab recomienda trabajar con un número mínimo de 25 muestras para obtener estimaciones confiables de la capacidad del proceso. En el histograma presentado se opta por un valor DPU objetivo igual a cero, ya que la empresa no cuenta con un historial de defectos encontrados en los productos, lo que muestra que el proceso no es el adecuado y requiere cambios puesto que la mayoría de barras se encuentran a la derecha de la línea objetivo [78].

Para un estudio más fiable es necesario recolectar un mayor número de muestras debido a que en un periodo corto de tiempo pueden o no presentarse todos los problemas existentes [78]. El uso de softwares estadísticos como Minitab se ha hecho muy popular al momento de realizar un análisis y control estadístico dentro de las empresa nacionales e internacionales, su importancia radica en las diversas gráficas que proporciona, la información del estado de los procesos, su estabilidad y la calidad del producto [79].

A nivel regional los investigadores han optado por el uso del software Minitab como herramienta estadística para evaluar los proceso productivos en industrias de diferentes ramas, entre las utilidades están diagramas de Ishikawa, diagramas de Pareto, graficas de control, análisis de capacidad, análisis ANOVA, estudios R&R entre otros; esto ha permitido tener resultados más rápidos y confiables [71] [61] [43] [69].

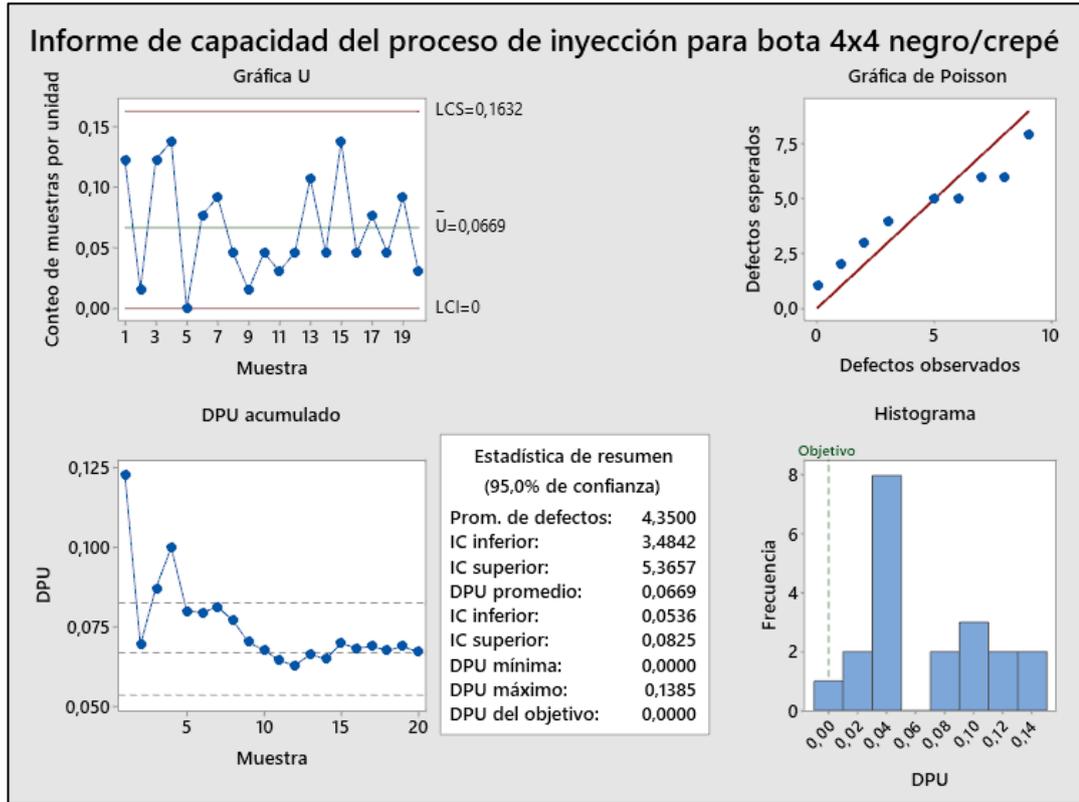


Figura 23 Informe de capacidad del proceso de inyección bota 4x4 amarillo/azul

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a la **figura 23** la gráfica U ratifica que el proceso se encuentra bajo control sin embargo se deben analizar las causas comunes que generan los defectos en las botas. La segunda grafica muestra que los datos recolectados siguen una distribución de tipo Poisson, puesto que los puntos que generan los *defectos observados* y los *defectos esperados*, se apegan en su mayoría a la recta.

En la tercera grafica se identifica que el valor de DPU acumulado se estabiliza a partir de la muestra número 10 y se extiende así, demostrando que el número de muestras recolectadas son fiables, sin embargo, el soporte del software Minitab recomienda trabajar con un número mínimo de 25 muestras para obtener estimaciones confiables de la capacidad del proceso. En el histograma presentado se opta por un valor DPU objetivo igual a cero, ya que la empresa no cuenta con un historial de defectos encontrados en los productos, lo que muestra que el proceso no es el adecuado y

requiere cambios debido a que la mayoría de barras se encuentran a la derecha de la línea objetivo, sin embargo, presenta una mejoría al proceso de amarillo/azul [78].

Se recomienda aumentar el número de muestras ya que una vez finalizado el periodo de observación se presentaron otros tipos de defectos como *quemaduras* y *burbujas* en la caña de la bota [78]. El uso de softwares estadísticos como Minitab se ha hecho muy popular al momento de realizar un análisis y control estadístico dentro de las empresa nacionales e internacionales, su importancia radica en las diversas gráficas que proporciona, la información del estado de sus procesos su estabilidad y la calidad del producto [79].

A nivel regional los investigadores han optado por el uso del software Minitab como herramienta estadística para evaluar los proceso productivos en industrias de diferentes ramas, entre las utilidades están diagramas de Ishikawa, diagramas de Pareto, graficas de control, análisis de capacidad, análisis ANOVA, estudios R&R entre otros; esto ha permitido tener resultados más rápidos y confiables [71] [61] [43] [69].

3.1.3 ETAPA ANALIZAR

Diagramas de Ishikawa

Como parte de encontrar la causa raíz de cada uno de los problemas encontrados, se analiza a estos por separado a través del método de las 6 Ms de tal manera que el investigador y las personas cercanas a los procesos puedan compartir criterios, para esto se ha separado a los dos productos analizados.

Bota 4x4 Amarillo/Azul

Tabla 37 Ms presentes en despegado de suela(A/AZ)

Defecto: Despegado de la suela		
Ms	Causas	Sub causas
Mano de obra	Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon
		Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
	Manejo inadecuado de la máquina inyectora	Falta de capacitación al operario
		Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
Maquinaria	Exceso de temperatura en la parte de la suela del molde	Parámetros incorrectos de máquina
Métodos de trabajo	Parámetros de temperatura no estandarizados	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
Medio ambiente	Temperatura de área de trabajo	Desconocimiento de relación temperatura de trabajo- temperatura máquina

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a las entrevistas con los operarios y visitas al lugar de trabajo, no existe un documento que sirva de refuerzo al momento de preparar la mezcla con los porcentajes de material adecuado, ya sea virgen o reciclado, convirtiéndose la falta de control visual en una causa raíz del porque la suela se despega de la caña; estudios demuestran que en la industria manufacturera entre ellas la inyección de plástico, aplican manufactura esbelta un 32,43% de las mismas, siendo el control visual andon utilizado en un porcentaje del 1.35% pero no menos importante [80]. Así también se encontró

que los operadores desconocen de los parámetros correctos de la máquina inyectora y trabajan en base a su experiencia y no en función de un manual. Existen investigaciones en las cuales se han encontrado que los procesos no estandarizados traen problemas en la inyección y termoformado de plásticos [81].

Tabla 38 Ms presentes en no inyecta caña(A/AZ)

Defecto: No inyecta caña		
Ms	Causas	Sub causas
Mano de obra	No retiran la pelusa obstruyendo la entrada del material	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
	Falta de material en la máquina de inyección	Alarmas visuales ineficientes
	Falta de limpieza al finalizar la jornada	Deficiente sistema de orden y limpieza dentro del lugar de trabajo(5S)
Maquinaria	El sensor de la máquina pierde la señal	Falta de carga de material a tiempo

Análisis y discusión de resultados

En el problema que la máquina no inyecta la caña de la bota se encontró que existen alarmas visuales de la máquina ineficientes de tamaño reducido, que no representan ninguna advertencia al momento de requerir material para la inyección, y la respuesta por parte de los operarios no es inmediata. La máquina pierde la señal debido a la falta de material en la misma, esto se puede relacionar al control *andon* insuficiente que presenta y al mismo tiempo puede ser solucionada por indicadores de mayor tamaño y alarmas sonoras que permitan la respuesta rápida por parte del operario a cargo [52].

Tabla 39 Ms presentes en contaminación(A/AZ)

Defecto: Contaminación		
Ms	Causas	Sub causas
Mano de obra	Incorrecto desecho de rebabas en los molinos	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
	Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon
		Falta de información en el área de trabajo
	Manejo incorrecto de la máquina inyectora	Purgado inadecuado

Análisis y discusión de resultados

Con referente a la contaminación de la bota, uno de los problemas más presentes en la industria de inyección de plástico [59], se encontró que existe una comunicación ineficiente entre operadores y jefe de producción en el ámbito de manuales y parámetros de calibración de la máquina en el área de trabajo. Estos parámetros deberían ubicarse a manera de control visual de tal forma que los operarios puedan identificar de mejor manera porcentajes de material, valores de temperatura, volumen y capacidades de inyección entre otros parámetros.

Así también investigaciones han llegado a la conclusión de que un factor crítico para la optimización de la producción es el mantenimiento preventivo que reciben las máquinas y los moldes utilizados en la fabricación de los productos [82].

Tabla 40 Ms presentes en des calibración(A/AZ)

Defecto: Des calibración		
Ms	Causas	Sub causas
Mano de obra	Incorrecta colocación de laines	Ausencia de un manual de uso de laines
		Inexperiencia del operario para colocar laines
Materiales	Lainas inadecuadas	-
	Moldes desgastados	Mal uso del operario
		Falta de mantenimiento

Análisis y discusión de resultados

Para el defecto que se presenta por des calibración se encontró que se debe principalmente al uso inadecuado de las laines, ya sea por la ausencia de un manual de uso o por la inexperiencia de los trabajadores, esto se relaciona al estado en el que se encuentran los moldes ya que debido a esto se requiere métodos improvisados como los que ha implementado la empresa al colocar laines en las partes desgastadas de los moldes y evitar que la caña de la bota resulte incompleta [82].

Tabla 41 Ms presentes en mal llenado de caña(A/AZ)

Defecto: Mal llenado de caña		
Ms	Causas	Sub causas
Maquinaria	Riega el material, ya que se descentró la mesa	Falta de control y seguimiento del normal funcionamiento de la máquina
Mano de obra	Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon
		Falta de información en el área de trabajo
		Inadecuada comunicación operarios-jefe
Métodos de trabajo	Falta de información acerca de parámetros de la máquina	Parámetros de máquinas no estandarizados
		Ausencia de guías para programación de máquina

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a las entrevistas realizadas a los operadores y el jefe de producción, la principal causa por la que se produce el mal llenado de caña es que no se cuenta con guías de trabajo o manuales de procedimientos, estos no se encuentran en el área de trabajo y no son socializados con los trabajadores.

Existen investigaciones que reportan la importancia de trabajar con esquemas establecidos o un buen sistema de operaciones ya que en una empresa es vital para poder lograr competitividad, rentabilidad y sobre todo para la planificación estratégica [83].

Tabla 42 Ms presentes en mal llenado de suela(A/AZ)

Defecto: Mal llenado de suela		
Ms	Causas	Sub causas
Maquinaria	Desgaste del molde de la suela de la horma (le falta cuerpo)	Falta de mantenimiento
		Exceso en volumen de inyección de la suela
Mano de obra	Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon
		Falta de información en el área de trabajo
Métodos de trabajo	Parámetros incorrectos de la estación correspondiente	Ausencia de guías para programación de máquina

Análisis y discusión de resultados

Al igual que el defecto anterior, el mal llenado de suela es consecuencia directa de la ausencia de una guía de programación de máquina, existen parámetros ya establecidos, pero no son socializados de una manera adecuada a los operadores.

Tabla 43 Ms presentes en rechupe en la caña(A/AZ)

Defecto: Rechupe en la caña		
Ms	Causas	Sub causas
Métodos de trabajo	Falta de información acerca de parámetros de la máquina	Parámetros de máquinas no estandarizados
		Ausencia de guías para programación de máquina
Mano de obra	Incorrecto manejo de temperaturas	Falta de control visual Andon (temperaturas de trabajo)
		Falta de información en el área de trabajo

Análisis y discusión de resultados

Los trabajadores desconocen ciertos parámetros de la máquina inyectora y realizan las tareas asignadas desde su perspectiva o por las experiencias en la empresa. No se cuenta con una guía en el lugar de trabajo que permita verificar el volumen adecuado para cada talla, la presión o las temperaturas de cada zona del inyector.

La falta de estandarización en estos parámetros provoca que la bota resulte con rechupes en la caña de la bota, al estandarizar varias empresas han obtenido resultados positivos debido a que todos los empleados podrán conocer y respetar las instrucciones estandarizadas que existan para la realización de los procesos, lo cual evita perdidas y errores en las acciones desarrolladas [84]

Bota 4x4 Negro/ Crepé

Tabla 44 Ms presentes en mal puesta la media (Negro /Crepé)

Defecto: Mal puesta la media		
Ms	Causas	Sub causas
Materiales	Medias en mal estado	Ausencia de un plan de muestreo de aceptación
Mano de obra	Uñas largas	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
	Manejo incorrecto de las medias	No se cuenta con un manual de procedimientos para manejo de medias
Métodos de trabajo	Incorrecta colocación de las medias	No se cuenta con un manual de procedimientos para manejo de medias
		Falta de control visual Andon (tallas de medias)

Análisis y discusión de resultados

Con respecto a las medias mal puestas en las botas, se encontró que una de las principales causas es el manejo incorrecto de las mimas al ubicarlas en los moldes, el llevar las uñas largas produce que las medias se rompan en pequeñas partes y no sean perceptibles por los operadores. La falta de un control visual acerca de las tallas en el área de trabajo tiene como repercusión que el operario confunda unas con otras antes de ubicarlas en los moldes.

Tabla 45 Ms presentes en no inyecta caña (Negro /Crepé)

Defecto: No inyecta caña		
Ms	Causas	Sub causas
Mano de obra	No retiran la pelusa obstruyendo la entrada del material	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
	Falta de material en la máquina de inyección	Alarmas visuales ineficientes
	Falta de limpieza al finalizar la jornada	Deficiente sistema de orden y limpieza dentro del lugar de trabajo(5S)
Maquinaria	El sensor de la máquina pierde la señal	Falta de carga de material a tiempo

Análisis y discusión de resultados

Al igual que en la bota amarillo/azul, en el problema que la máquina no inyecta la caña de la bota se encontró que existen alarmas visuales de la máquina ineficientes de tamaño reducido, que no representan ninguna advertencia al momento de requerir material para la inyección, y la respuesta por parte de los operarios no es inmediata. La máquina pierde la señal debido a la falta de material en la misma, esto se puede relacionar al control *andon* insuficiente que presenta y al mismo tiempo puede ser solucionada por indicadores de mayor tamaño y alarmas sonoras que permitan la respuesta rápida por parte del operario a cargo [52].

Tabla 46 Ms presentes en despegado de la suela (Negro /Crepé)

Defecto: Despegado de la suela		
Ms	Causas	Sub causas
Mano de obra	Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon
		Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
	Manejo inadecuado de la máquina inyectora	Falta de capacitación al operario
		Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
Maquinaria	Exceso de temperatura en la parte de la suela del molde	Parámetros incorrectos de máquina
Métodos de trabajo	Parámetros de temperatura no estandarizados	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo
Medio ambiente	Temperatura de área de trabajo	Desconocimiento de relación temperatura de trabajo-temperatura máquina

Análisis y discusión de resultados

De acuerdo a las entrevistas con los operarios y visitas al lugar de trabajo, no existe un documento que sirva de refuerzo al momento de preparar la mezcla con los porcentajes de material adecuado, ya sea virgen o reciclado, a diferencia del color amarillo/azul, aquí se utiliza material únicamente virgen para la suela.

La falta de control visual es una causa raíz del porque la suela se despegaba de la caña; estudios demuestran que en la industria manufacturera entre ellas la inyección de plástico, aplican manufactura esbelta un 32,43% de las mismas, siendo el control visual andon utilizado en un porcentaje del 1.35% pero no menos importante [80]. Así también se encontró que los operadores desconocen de los parámetros correctos de la máquina inyectora y trabajan en base a su experiencia y no en función de un manual. Existen investigaciones en las cuales se han encontrado que los procesos que no se encuentran estandarizados traen problemas en la inyección y termoformado de plásticos [81].

Tabla 47 Ms presentes en des calibración (Negro /Crepé)

Defecto: Des calibración		
Ms	Causas	Sub causas
Mano de obra	Incorrecta colocación de laines	Ausencia de un manual de uso de laines
		Inexperiencia del operario para colocar laines
Materiales	Laines inadecuadas	-
	Moldes desgastados	Mal uso del operario
		Falta de mantenimiento

Análisis y discusión de resultados

Para el defecto que se presenta por des calibración se encontró que se debe principalmente al uso inadecuado de las laines, ya sea por la ausencia de un manual de uso o por la inexperiencia de los trabajadores, esto se relaciona al estado en el que se encuentran los moldes ya que debido a esto se requiere métodos improvisados como los que ha implementado la empresa al colocar laines en las partes desgastadas de los moldes y evitar que la caña de la bota resulte incompleta [82].

Tabla 48 Ms presentes en lacras (Negro /Crepé)

Defecto: Lacras		
Ms	Causas	Sub causas
Materiales	Mínimas porosidades en la horma	Exceso en volumen de inyección de caña
		Falta de mantenimiento
Métodos de trabajo	Exceso de silicona	Cantidades no estandarizadas de silicona
		Falta de información en el área de trabajo

Análisis y discusión de resultados

Una vez analizado el defecto se encontró que las lacras en la caña de la bota se deben principalmente a un exceso de silicona en los moldes antes de su inyección. Esta silicona no sería necesaria si el molde no presentase pequeñas porosidades; estos mínimos agujeros causan que la bota no se pueda extraer con facilidad del molde.

Análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF)

Con ayuda de los operarios afines a los procesos analizados y de mayor experiencia, se califica a los defectos que se presentaron con mayor frecuencia (80% del total de defectos encontrados) en la etapa anterior durante el periodo de observación, se califica

de acuerdo a los criterios del **anexo 6, 7 y 8**; los resultados se presentan en las tablas **49 y 50**

Análisis e interpretación

De acuerdo a los resultados obtenidos y con la interpretación de la **tabla 7**, la mayoría de los efectos potenciales de falla corresponden a un riesgo medio, en el proceso de fabricación de la bota 4x4 amarillo azul se puede notar que existen 9 sub causas potenciales que presentan un *alto riesgo* de falla, a diferencia de las botas negro crepé en donde solo existen sub causas potenciales con riesgo de fallo *medio y bajo* [85].

La empresa actualmente no cuenta con los suficientes controles preventivos para evitar la aparición de defectos en sus productos, sin embargo, esto no quiere decir que se los tome a la ligera, al contrario, el investigador establece propuestas de mejoras sobre los defectos más críticos que presenta la empresa, esto parte de abordar directamente a la causa raíz que provocan la aparición de los mismos.

Tabla 49 AMEF bota 4x4 PVC LG A/AZ

Nombre del proceso o producto:		Elaboración de botas 4X4 PVC LG A/AZ				Elaborado por: Julio Durán		Pagina_01_de_02_		AMEF N° 01								
Responsable:	Julio Durán		Fecha Clave: 27/05/2021			Fecha AMEF (original): 27/05/2021				Rev.: Ing.								
Etapa/función del proceso/ requerimientos	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de falla	Severidad	Clasificación	Causa(s) potenciales de falla	Sub causas	Proceso Actual			NPR	Acciones recomendadas	Responsabilidad y fecha compromiso	Resultados de Acciones					
							Ocurrencia	Controles de detección	Detección				Acciones tomadas, y fecha de finalización	Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR	
Inyección	Daño de la bota en la inyección	Despegado de la suela	8	Mano de obra	Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon	8	Control de calidad en Inyección. Pasa no pasa	8	512								
					Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	3	192											
					Manejo inadecuado de la máquina inyectora	Falta de capacitación al operario	2			128								
						Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	3			192								
				Maquinaria	Exceso de temperatura en la parte de la suela del molde	Parámetros incorrectos de máquina	8			512								
					Métodos de trabajo	Parámetros de temperatura no estandarizados	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo			1	64							
						Medio ambiente	Temperatura de área de trabajo			Desconocimiento de relación temperatura de trabajo-temperatura máquina	2	128						
		No inyecta caña	8	Mano de obra	No retiran la pelusa obstruyendo la entrada del material	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	7			448								
					Falta de material en la máquina de inyección	Alarmas visuales ineficientes	8			512								
				Falta de limpieza al finalizar la jornada	Deficiente sistema de orden y limpieza dentro del lugar de trabajo(5S)	7	448											
			Maquinaria	El sensor de la máquina pierde la señal	Falta de carga de material a tiempo	8	512											
		Contaminación	7	Mano de obra	Incorrecto desecho de rebabas en los molinos	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	5			280								
					Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon	8			448								
						Falta de información en el área de trabajo	8			448								
					Manejo incorrecto de la máquina inyectora	Purgado inadecuado	7			392								

Tabla 50 AMEF bota 4x4 PVC LG N/C

Nombre del proceso o Producto:		Elaboración de botas 4X4 PVC LG N/C					Elaborado por: Julio Durán		Pagina_02_de_02_		AMEF N° 01					
Responsable:		Julio Durán		Fecha Clave: 27/05/2021			Fecha AMEF (original): 27/05/2021			Rev.: Ing.						
Etapa/función del proceso/ requerimientos	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de falla	Severidad	Clasificación	Causa(s) potenciales de falla	Sub causas	Proceso Actual			Acciones recomendadas	Responsabilidad y fecha compromiso	Resultados de Acciones				
							Ocurrencia	Controles de detección	Detección			NPR	Acciones tomadas, y fecha	Severidad	Ocurrencia	Detección
Inyección	Daño de la bota en la inyección	Mal puesta la media	6	Materiales	Medias en mal estado	Ausencia de un plan de muestreo de aceptación	2	Control de calidad en Inyección. Pasa no pasa	8	96						
				Mano de obra	Uñas largas	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	7			336						
					Manejo incorrecto de las medias	No se cuenta con un manual de procedimientos para manejo de medias	8			384						
				Métodos de trabajo	Incorrecta colocación de las medias	No se cuenta con un manual de procedimientos para manejo de medias	8			384						
						Falta de control visual Andon (tallas de medias)	8			384						
				No inyecta caña	8	Mano de obra	No retiran la pelusa obstruyendo la entrada del material			Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	3	192				
		Falta de material en la máquina de inyección	Alarmas visuales ineficientes				6		384							
		Falta de limpieza al finalizar la jornada	Deficiente sistema de orden y limpieza dentro del lugar de trabajo(5S)			6	384									
		Maquinaria	El sensor de la máquina pierde la señal		Falta de carga de material a tiempo	6	384									
		Des calibración	8	Mano de obra	Incorrecta colocación de laines	Ausencia de un manual de uso de laines	6		384							
						Inexperiencia del operario para colocar laines	6		384							
				Materiales	Laines inadecuadas	Deficiente adquisición	3		192							
					Moldes desgastados	Mal uso del operario	2		128							
						Falta de mantenimiento	2		128							

		Despegado de suela	7	Mano de obra	Proporciones inadecuadas en la mezcla	Falta de control visual Andon	7	8	392								
						Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	2		112								
					Manejo inadecuado de la máquina inyectora	Falta de capacitación al operario	3		168								
						Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	2		112								
				Maquinaria	Exceso de temperatura en la parte de la suela del molde	Parámetros incorrectos de máquina	7		392								
				Métodos de trabajo	Parámetros de temperatura no estandarizados	Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo	2		112								
				Mediciones	Temperatura de área de trabajo	Desconocimiento de relación temperatura de trabajo-temperatura máquina	2		112								
		Lacras	4	Materiales	Mínimas porosidades en la horma	Exceso en volumen de inyección de caña	3		96								
						Falta de mantenimiento al molde	8		256								
				Métodos de trabajo	Exceso de silicona	Cantidades no estandarizadas de silicona	6		192								
						Falta de información en el área de trabajo	6		192								

Las X potenciales

Es esencial encontrar las X potenciales de los problemas analizados, para su determinación se utiliza todos los criterios mencionados en las M's de Ishikawa y calificados de acuerdo al análisis de modo y efectos de las fallas (AMEF), las sub causas potenciales con un riesgo de fallo alto y los que le siguen en un nivel medio, tienden a ser las X potenciales del estudio y la raíz de los problemas relacionados a los defectos; esta forma de jerarquizar las causas se la lleva a través de una lluvia de ideas en conjunto con el personal dentro de la empresa; los resultados se encuentran en la **tabla 51 y 52** [49]

Tabla 51 Causas raíz defectos A/AZ

Defecto	Causa/s raíz (X potenciales)
Despegado de la suela	<ul style="list-style-type: none">• Parámetros incorrectos de máquina• Falta de control visual Andon
No inyecta caña	<ul style="list-style-type: none">• Falta de carga de material a tiempo• Alarmas visuales ineficientes
Contaminación	<ul style="list-style-type: none">• Falta de control visual Andon• Falta de información en el área de trabajo
Des calibración	<ul style="list-style-type: none">• Ausencia de un manual de uso de laines• Mal uso del operario
Mal llenado de caña	<ul style="list-style-type: none">• Falta de control visual Andon• Falta de información en el área de trabajo• Parámetros de máquinas no estandarizados• Ausencia de guías para programación de máquina
Mal llenado de suela	<ul style="list-style-type: none">• Falta de información en el área de trabajo• Ausencia de guías para programación de máquina
Rechupe en la caña	<ul style="list-style-type: none">• Parámetros de máquinas no estandarizados• Falta de información en el área de trabajo• Ausencia de guías para programación de máquina

Tabla 52 Causas raíz defectos negro/crepé

Defecto	Causa/s raíz (X potenciales)
Mal puesta la media	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo • No se cuenta con un manual de procedimientos para manejo de medias • Falta de control visual Andon (tallas de medias)
Despegado de la suela	<ul style="list-style-type: none"> • Parámetros de temperatura no estandarizados • Proporciones inadecuadas en la mezcla
No inyecta caña	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de carga de material a tiempo • Alarmas visuales ineficientes
Lacras	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidades no estandarizadas de silicona • Falta de información en el área de trabajo • Falta de mantenimiento al molde
Des calibración	<ul style="list-style-type: none"> • Ausencia de un manual de uso de laines • Mal uso del operario

Análisis e interpretación

Ya conocidas las causas raíz de los problemas analizados, el estudio se direcciona a minimizar o eliminar su impacto, la mayoría de defectos se dan por dos o más razones en especial, debido a esto las mejoras estarán en función de esas causas raíz y de la factibilidad de implementarlas en la empresa [49].

3.1.4 Etapa mejora y control

En todo proyecto Lean Six Sigma es fundamental identificar las oportunidades de mejora y elaborar acciones correctivas ante los problemas que se presentan actualmente en la empresa, para esto se proponen mejoras que permitan minimizar o eliminar las causas de los diferentes defectos encontrados, se utiliza un plan de mejora continua basado en el método 5W 2H y con pasos definidos por La Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) [86]

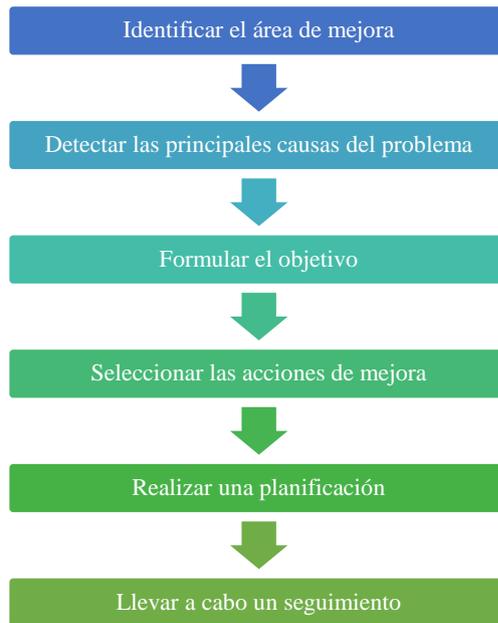


Figura 24 Pasos a seguir para la elaboración del plan de mejoras

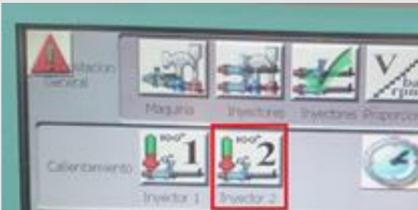
La finalidad de esta etapa es formular propuestas de mejora que se enfoquen en los objetivos del proyecto así también como el control sobre las mismas, esto puede definir el éxito y su permanencia, también la adaptación de la empresa en un proceso de mejoramiento continuo [87].

Las mejoras se las realiza en conjunto con un plan de seguimiento o control, de tal manera que las mejoras propuestas se conserven, así también se especifica el proceso al que están direccionadas.

PLAN DE MEJORA CONTINUA

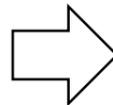
Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> • Bota 4x4 A/AZ • Bota 4x4 Negro/Crepé 	Problema: Despegado de la suela	Causas del problema: <ul style="list-style-type: none"> • Parámetros incorrectos de máquina • Falta de control visual Andon 	
Objetivo: Estandarizar los parámetros de temperatura en la máquina inyectora y proporciones de material reciclado y virgen, con la finalidad de disminuir la cantidad de botas que presentan un despegado de suela.		Acción/es de mejora: <ul style="list-style-type: none"> • Manual de procedimiento para la correcta calibración de temperaturas en la máquina inyectora • Temperaturas y proporciones adecuadas para la elaboración de la bota Bota 4x4 A/AZ y 4x4 Negro/Crepé (Control visual Andon) 	Responsable: Jefe de producción	Periodo de aplicación: Inmediato

Manual para calibración de máquina inyectora

1. Ingresar a la página de inicio de la máquina inyectora. Y escoger la opción Inyector 1. (CAÑA)		4. Escoger la opción Inyector 2.(SUELA).		En caso de que no se dé solución verificaremos las temperaturas, disminuyendo las mismas en el caso de ser necesario, lo cual generara cambios en todas las estaciones de trabajo.
2. Disminuir la temperatura en cada una de las zonas, únicamente en la opción Set. El valor de la disminución dependerá del criterio del operador que este controlando la máquina en ese momento, se recomienda un valor de 3 o 5		5. Disminuir la temperatura en cada una de las zonas, únicamente en la opción Set. El valor de la disminución dependerá del criterio del operador que este controlando la máquina en ese momento, se recomienda un valor de 3 o 5.		<p>Proporciones para mezcla por colores</p> <p>Amarillo → 5 partes virgen → 1 parte recuperado</p> <p>Azul → 5 partes virgen → 1 parte recuperado</p> <p>Los porcentajes corresponden a valores ya preestablecidos por la empresa y con el que se obtiene una bota optima en condiciones de calidad normal.</p>
3. Escoger la opción Menú con el objetivo de regresar a la pantalla anterior.		6. Escoger la opción Menú para que se guarden los cambios.		



Parámetros de temperatura
Amarillo/ Azul



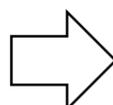
Caña	Análisis de temperatura: Inyector 01				
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
SET:	160	173	178	172	160

Suela	Análisis de temperatura: Inyector 02			
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
SET:	162	172	172	172

TEMPERATURA DE ÁREA DE TRABAJO	HUMEDAD
30 ° C	28%



Parámetros de temperatura
Negro/ Crepé



Caña	Análisis de temperatura: Inyector 01				
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5
SET:	160	168	169	170	170

Suela	Análisis de temperatura: Inyector 02			
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4
SET:	160	170	170	170

TEMPERATURA DE ÁREA DE TRABAJO	HUMEDAD
22 ° C	51%

Los valores referenciales de temperatura fueron obtenidos luego de calibrar la máquina con dichos números y haber obtenido una bota que cumple con los parámetros de calidad exigidos por la empresa y el cliente.

CONTROL Y SEGUIMIENTO

Objetivo/s:

Mantener los parámetros de la máquina inyectora en los valores óptimos para evitar que se produzcan despegados de la suela en la bota inyectada.

Monitorear que los porcentajes de mezcla sean los establecidos por el departamento de calidad y se encuentren visibles en un cartel cerca del lugar de trabajo.

Tareas:

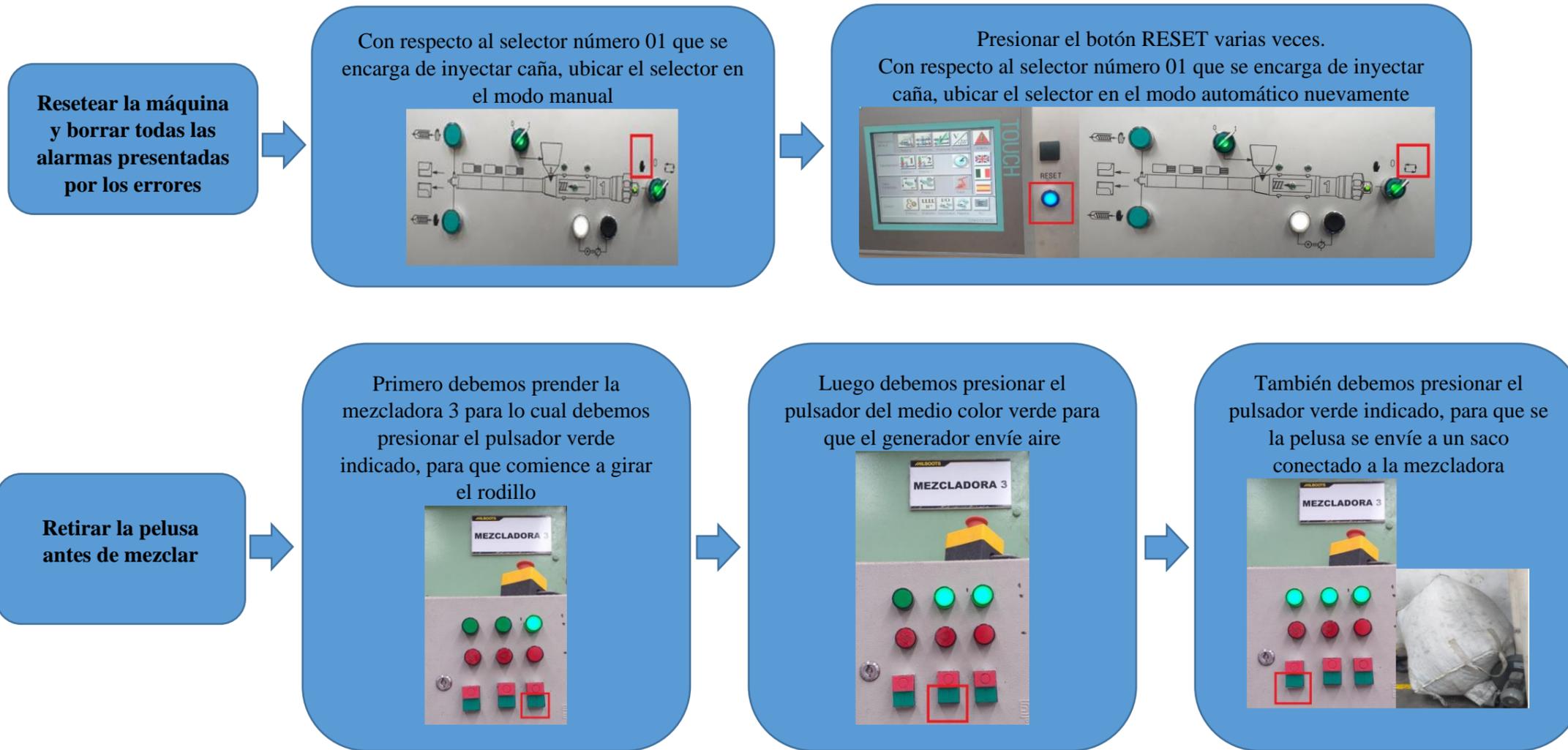
Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas
Operadores	Recolección de datos	Diario	Los operadores deberán anotar el número de defectos encontrados en las botas y las botas enviadas a reproceso.	Hojas de verificación anexo 9
Jefe de producción	Análisis de datos	Mensual	El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar la eficacia del plan de mejora.	Microsoft Excel, Minitab
	Monitoreo de temperatura de inyector	Semanal	El jefe de producción deberá monitorear las temperaturas en las máquinas inyectoras, asegurarse que trabajen en temperaturas optimas y ya estandarizadas.	Hoja de control de temperatura anexo 10
	Monitoreo de porcentajes de mezcla	Semanal	El jefe de producción tomara una muestra de las botas producidas y las comparara con un estándar en color y diseño con el fin de asegurar los porcentajes de material virgen y reciclado.	

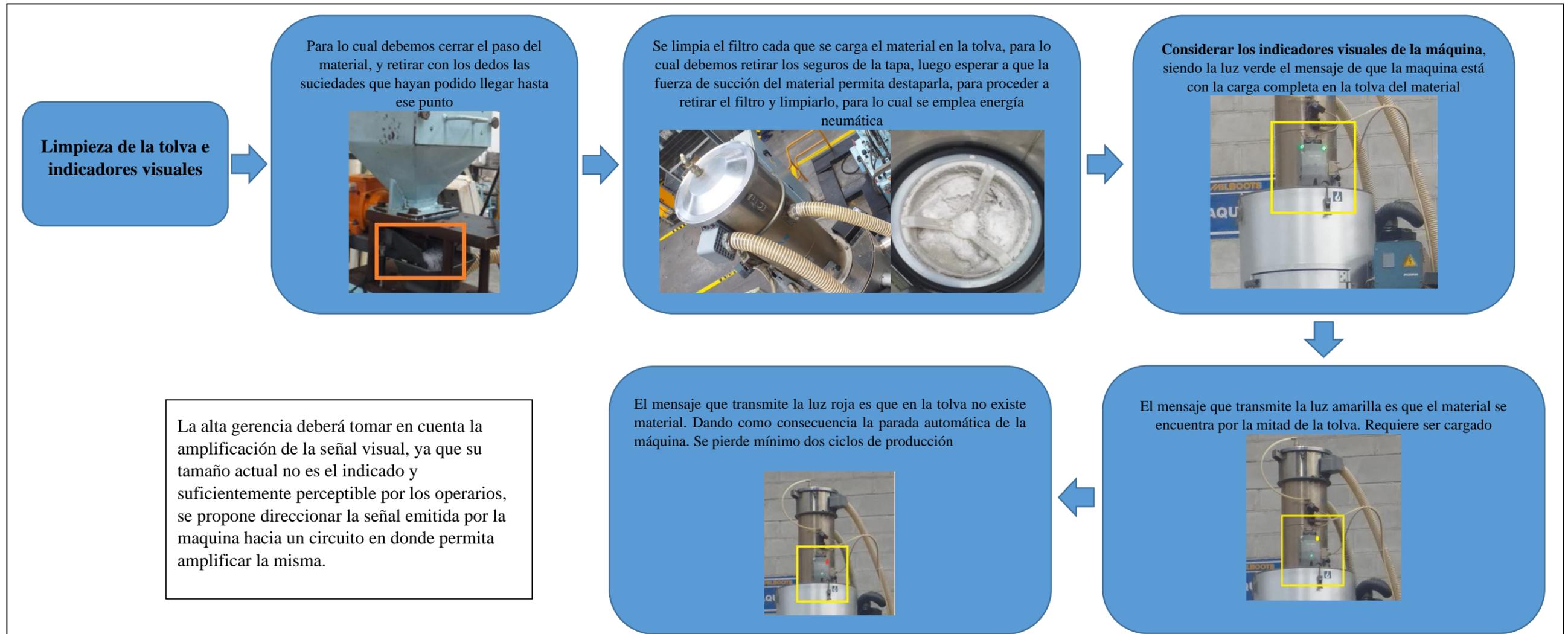
Métricas de calidad y monitoreo:

Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.

PLAN DE MEJORA CONTINUA

Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> • Bota 4x4 A/AZ • Bota 4x4 Negro/Crepé 	Problema: No inyecta caña	Causas del problema: <ul style="list-style-type: none"> • Falta de carga de material a tiempo • Alarmas visuales ineficientes 	
Objetivo: Evitar que el sensor de la máquina inyectora pierda la señal y no inyecte la caña.		Acción/es de mejora: <ul style="list-style-type: none"> • Manual de procedimientos para el correcto reseteo de la máquina inyectora, retiro de pelusa, y limpieza de tolva. 	Responsable: Operarios	Periodo de aplicación: Cada que se requiera





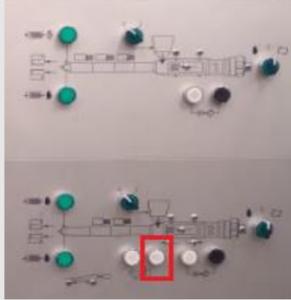
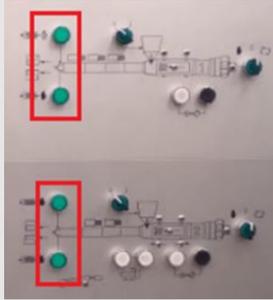
CONTROL Y SEGUIMIENTO *Objetivo:* Mantener la maquinara en su estado óptimo de funcionamiento, limpia y con el sensor funcionando correctamente; asegurarse que los trabajadores coloquen la materia prima en su momento y evitar pérdidas de señal.

Tareas:					Métricas de calidad y monitoreo:
Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas	
Técnico eléctrico externo	Amplificación de indicadores visuales	Una sola vez	Se contratarán los servicios de un técnico eléctrico con la finalidad de amplificar los indicadores visuales de la máquina inyectora, la iluminación será de un tamaño perceptible a simple vista por el operador y una alarma acústica al momento que la máquina ya no disponga de materia prima.	-	Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior.

PLAN DE MEJORA CONTINUA

Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> Bota 4x4 A/AZ 	Problema: Contaminación de la caña	Causas del problema: <ul style="list-style-type: none"> Falta de control visual Andon Falta de información en el área de trabajo 	
Objetivo: Mantener una mezcla con los porcentajes correctos de material reciclado y virgen, de tal manera que no afecte el color amarillo al momento de inyectar la caña de la bota, evitando tonos oscuros.		Acción/es de mejora: <ul style="list-style-type: none"> Manual de procedimiento para realizar un correcto purgado de máquina. Organización de los operadores para el correcto desecho de rebabas y correcto manejo de porcentaje de mezclas. 	Responsable Operarios	Periodo de aplicación: Inmediato

Manual para el correcto purgado de máquina inyectora

1. Parar la máquina, presionando el botón blanco. <ul style="list-style-type: none"> Si el indicador parpadea la mesa se encuentra en STOP CICLO. Si el indicador esta encendido la mesa se encuentra en START CICLO. 		4. Si se encuentra habilitado la estación que se encuentra entre la rejilla de protección y la prensa se mantiene en automático	
2. Presionar el botón de paso hacia atrás de los inyectores del tablero principal		5. Presionar los pulsadores para descargar de válvula izquierda y derecha del inyector respectivo hasta obtener en la purga el material adecuado para la inyección del producto terminado	
3. Ubicar el selector de inyección en manual, en el caso de estar deshabilitado la estación que se encuentra entre la rejilla de protección y la prensa.			

Organización de los operadores para el correcto desecho de rebabas

1. Designar un operador para desechar las rebabas de color azul, y otro operador para el desecho de las rebabas de color amarillo.		4. Los operarios deberán aplicar la proporción de mezcla enviada en la orden de producción.
2. Los trabajadores deben guiarse en los indicadores de colores ubicados en ambos molinos, mismos que se encuentran marcados con simbología de color ANDON- POKA YOKE.		5. <p align="center">Proporciones para mezcla por colores</p> <div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; align-items: center; margin-bottom: 20px;"> <div style="background-color: yellow; border-radius: 50%; padding: 10px; margin-right: 10px;">Amarillo</div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>→ 5 partes virgen</p> <p>→ 1 parte recuperado</p> </div> </div> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="background-color: blue; border-radius: 50%; padding: 10px; margin-right: 10px;">Azul</div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>→ 5 partes virgen</p> <p>→ 1 parte recuperado</p> </div> </div> </div>

CONTROL Y SEGUIMIENTO	<p>Objetivo/s:</p> <p>Mantener la máquina inyectora purgada y en correcto funcionamiento.</p> <p>Evitar mezcla de colores de material reprocesado.</p>
------------------------------	---

Tareas:					<p>Métricas de calidad y monitoreo:</p> <p>Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.</p>
Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas	
Personal de mantenimiento	Mantenimiento preventivo	Semestral	El personal a cargo debe realizar el mantenimiento necesario de tal manera que la máquina inyectora deseche todo el material restante y no haya una mezcla del material oscuro con el amarillo.	Registros de mantenimientos por parte de la empresa.	
Jefe de producción	Verificar el material reprocesado antes de su uso	Diario	El jefe de producción tendrá como tarea revisar el material reciclado de tal manera que no exista una mayor proporción de negro en el amarillo.	-	

PLAN DE MEJORA CONTINUA

Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> Bota 4x4 A/AZ Bota 4x4 Negro/Crepé 	Problema: Des calibración	Causas del problema: <ul style="list-style-type: none"> Ausencia de un manual de uso de laines Mal uso del operario 		
Objetivo: Evitar cortes en la caña de la bota debido a la incorrecta ubicación y uso de laines en los moldes.		Acción/es de mejora: <ul style="list-style-type: none"> Manual de verificación del estado operativo de las laines 		Responsable: Operarios	Periodo de aplicación: Inmediata

Manual de verificación del estado operativo de las laines

1. Verificar el estado operativo de las laines.		3. Cuando las laines se encuentren desgastadas, y empiecen a generar defectos en la bota, deberán ser retiradas todas y ubicar la o las laines nuevas.	<p>Laina desgastada → Molde sin laina → Laina nueva ubicada</p>
2. Presentación de una laina usada en estado defectuoso y presentación de una laina nueva		5. Verificar que el producto muestre mejorías, con una mejor presentación	<p>Zona crítica</p> <p>Zona crítica</p>

CONTROL Y SEGUIMIENTO		<p>Objetivo/s:</p> <p>Mantener las lanas en condiciones óptimas de uso y evitar lanas desgastadas o mal ubicadas.</p>																	
<p>Tareas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Responsable</th> <th>Actividad</th> <th>Frecuencia</th> <th>Descripción</th> <th>Herramientas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operadores</td> <td>Revisar estado de lanas</td> <td>Diario</td> <td>Los operadores deberán revisar el estado de las lanas antes de cada lote de producción.</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Jefe de producción</td> <td>Análisis de datos</td> <td>Mensual</td> <td>El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar el número de botas cortadas en la caña y verificar el estado y uso de lanas.</td> <td>Microsoft Excel, Minitab Hojas de verificación anexo 9</td> </tr> </tbody> </table>				Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas	Operadores	Revisar estado de lanas	Diario	Los operadores deberán revisar el estado de las lanas antes de cada lote de producción.	-	Jefe de producción	Análisis de datos	Mensual	El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar el número de botas cortadas en la caña y verificar el estado y uso de lanas.	Microsoft Excel, Minitab Hojas de verificación anexo 9	<p>Métricas de calidad y monitoreo:</p> <p>Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.</p>
Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas															
Operadores	Revisar estado de lanas	Diario	Los operadores deberán revisar el estado de las lanas antes de cada lote de producción.	-															
Jefe de producción	Análisis de datos	Mensual	El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar el número de botas cortadas en la caña y verificar el estado y uso de lanas.	Microsoft Excel, Minitab Hojas de verificación anexo 9															

PLAN DE MEJORA CONTINUA

Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> Bota 4x4 A/AZ 	Problema: Mal llenado de caña Rechupe en la caña	Causas del problema: <ul style="list-style-type: none"> Falta de control visual Andon Falta de información en el área de trabajo Parámetros de máquinas no estandarizados Ausencia de guías para programación de máquina
Objetivo: Evitar rechupes en la caña y mal llenado de la misma por medio de acciones preventivas.	Acción/es de mejora: <ul style="list-style-type: none"> Verificar si el volumen es el adecuado para la talla, la presión y en última instancia las temperaturas. Disminuir todas las capacidades, si el error no desaparece disminuir las presiones, en última instancia verificar el volumen 	Responsable: Operarios	Periodo de aplicación: Inmediata

Manual de verificación de volumen, presión y temperaturas en máquina

<p>1. Importante:</p> <p>Cuando se genera el error en una sola estación, se sube presiones de la caña y si no se arregla se sube el volumen.</p> <p>Cuando el error se genera en todas las estaciones de trabajo se opta por subir las temperaturas. Ingresar a la página de inicio de la máquina inyectora. Y escoger la opción Prensa 1</p>		<p>3. Escoger la opción Menú, para guardar los cambios.</p>		<p>5. En caso de que no se dé solución verificaremos las temperaturas, subiendo las mismas en el caso de ser necesario, lo cual generara cambios en todas las estaciones de trabajo.</p> <p><i>Considerando una mezcla</i></p> <p>Amarillo: 5 Virgen -1 Recuperado</p> <p>Azul: 5 Virgen -1 Recuperado</p>	<table border="1"> <tr> <td>Caña</td> <td colspan="5">Análisis de temperatura: Inyector 01</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ZONA 1</td> <td>ZONA 2</td> <td>ZONA 3</td> <td>ZONA 4</td> <td>ZONA 5</td> </tr> <tr> <td>SET:</td> <td>160</td> <td>173</td> <td>178</td> <td>172</td> <td>160</td> </tr> </table> <table border="1"> <tr> <td>Suela</td> <td colspan="4">Análisis de temperatura: Inyector 02</td> </tr> <tr> <td></td> <td>ZONA 1</td> <td>ZONA 2</td> <td>ZONA 3</td> <td>ZONA 4</td> </tr> <tr> <td>SET:</td> <td>162</td> <td>172</td> <td>172</td> <td>172</td> </tr> </table>	Caña	Análisis de temperatura: Inyector 01						ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5	SET:	160	173	178	172	160	Suela	Análisis de temperatura: Inyector 02					ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	SET:	162	172	172	172
Caña	Análisis de temperatura: Inyector 01																																					
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5																																	
SET:	160	173	178	172	160																																	
Suela	Análisis de temperatura: Inyector 02																																					
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4																																		
SET:	162	172	172	172																																		
<p>2. Escoger la estación que se requiera modificar los parámetros.</p> <p>Verificar si el volumen es el adecuado para la talla que se encuentra en la estación.</p> <p>Para lo cual nos guiaremos en los anexos.</p>		<p>4. Si el error nos desaparece verificaremos que las cinco presiones tengan valores coherentes con los requerimientos para lo cual nos guiaremos en los anexos.</p>			<table border="1"> <tr> <td>TEMPERATURA DE ÁREA DE TRABAJO</td> <td>HUMEDAD</td> </tr> <tr> <td>30 ° C</td> <td>28%</td> </tr> </table>	TEMPERATURA DE ÁREA DE TRABAJO	HUMEDAD	30 ° C	28%																													
TEMPERATURA DE ÁREA DE TRABAJO	HUMEDAD																																					
30 ° C	28%																																					

Manual de verificación de capacidad de inyector

<p>1. Ingresar a la página de inicio de la máquina inyectora. Y escoger la opción Prensa 1.</p>		<p>2. Escoger la estación que se requiera modificar los parámetros.</p> <p>Disminuir todas las capacidades en un valor constante, se recomienda 3 o 5. Si el error no desaparece se aumenta las presiones, y en última instancia el volumen. Todo ello referente a la caña.</p> <p>Los valores dependerán del criterio del operador.</p>	
<p>3. Escoger la opción Menú, para guardar los cambios.</p>		<p>4. Verificar que las laines ubicadas en el molde, sean las adecuadas, puesto que en ocasiones se ha generado una des calibración.</p>	

CONTROL Y SEGUIMIENTO

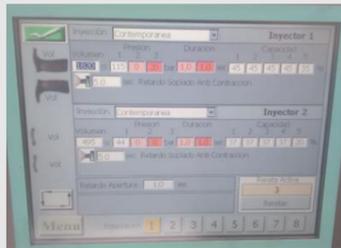
Objetivo/s:
 Mantener los parámetros de máquina en los valores óptimos de tal manera que se pueda evitar cualquier tipo de defecto producido por capacidades incorrectas.

<p>Tareas:</p>					<p>Métricas de calidad y monitoreo:</p>
<p>Responsable</p>	<p>Actividad</p>	<p>Frecuencia</p>	<p>Descripción</p>	<p>Herramientas</p>	<p>Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.</p>
<p>Operadores</p>	<p>Revisar estado de laines y parámetros de máquina</p>	<p>Diario</p>	<p>Los operadores deberán revisar el estado de las laines antes de cada lote de producción y los parámetros de capacidad de las máquinas inyectoras.</p>	<p>-</p>	
<p>Jefe de producción</p>	<p>Análisis de datos</p>	<p>Mensual</p>	<p>El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar el número de botas que presentan rechupes en la caña o esta al mismo tiempo es mal llenada.</p>	<p>Microsoft Excel, Minitab Hojas de verificación anexo 9</p>	

PLAN DE MEJORA CONTINUA

Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> Bota 4x4 A/AZ 	Problema: Mal llenado de suela	Causas del problema: <ul style="list-style-type: none"> Falta de información en el área de trabajo Ausencia de guías para programación de máquina 	
Objetivo: Obtener botas completas en caña y suela, tomando en cuenta los parámetros de máquina.	Acción/es de mejora: <ul style="list-style-type: none"> Manual para modificar parámetros en la estación correspondiente 		Responsable: Operarios	Periodo de aplicación: Inmediata

Manual para modificar parámetros en la estación correspondiente

1.	Ingresar a la página de inicio de la máquina inyectora.		4.	Verificamos el correcto funcionamiento de llenado.	
2.	Ingresar a parámetros de estaciones.		5.		
3.	Primera opción subir el volumen del inyector dos de 10 en 10 CC. Segunda opción la presión 1 de 2 en 2 Bar. Tercera opción nos pasamos a capacidad y subimos en todas de 5 en 5				

CONTROL Y SEGUIMIENTO		<p>Objetivo/s:</p> <p>Mantener los parámetros de máquina en los valores óptimos de tal manera que se pueda evitar un mal llenado de la suela en la bota.</p>																	
<p>Tareas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Responsable</th> <th>Actividad</th> <th>Frecuencia</th> <th>Descripción</th> <th>Herramientas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operadores</td> <td>Revisar parámetros de máquina</td> <td>Diario</td> <td>Los operadores deberán revisar los parámetros de la máquina antes de trabajar con las mismas.</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Jefe de producción</td> <td>Análisis de datos</td> <td>Mensual</td> <td>El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar el número de botas que presentan un mal llenado de la suela.</td> <td>Microsoft Excel, Minitab Hojas de verificación anexo 9</td> </tr> </tbody> </table>				Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas	Operadores	Revisar parámetros de máquina	Diario	Los operadores deberán revisar los parámetros de la máquina antes de trabajar con las mismas.	-	Jefe de producción	Análisis de datos	Mensual	El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar el número de botas que presentan un mal llenado de la suela.	Microsoft Excel, Minitab Hojas de verificación anexo 9	<p>Métricas de calidad y monitoreo:</p> <p>Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.</p>
Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas															
Operadores	Revisar parámetros de máquina	Diario	Los operadores deberán revisar los parámetros de la máquina antes de trabajar con las mismas.	-															
Jefe de producción	Análisis de datos	Mensual	El jefe de producción deberá analizar los datos recolectados por los operarios y verificar el número de botas que presentan un mal llenado de la suela.	Microsoft Excel, Minitab Hojas de verificación anexo 9															

PLAN DE MEJORA CONTINUA

Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> Bota 4x4 Negro/Crepé 	Problema: Mal puesta la media	Causa/s del problema: <ul style="list-style-type: none"> Falta de comunicación y sistema de incentivos efectivo No se cuenta con un manual de procedimientos para manejo de medias Falta de control visual Andon (tallas de medias) 	
Objetivo: Disminuir la cantidad de botas las cuales presentan medias defectuosas y mal ubicadas.	Acción/es de mejora: <ul style="list-style-type: none"> Verificar que la media a utilizarse sea la correcta, así como una correcta manera de colocar la media en la horma 		Responsable: Operarios	Periodo de aplicación: Inmediata

Verificación y manejo de medias para botas

1. Verificar que la media no se encuentre dañada como en la imagen, y se encuentre en condiciones óptimas.		3. Correcta colocación de medias 								
2. Tener las uñas relativamente cortas para cumplir correctamente las funciones requeridas. Con el objetivo de no deshilar la media.		5. El operario deberá guiarse en la siguiente tabla  <table border="1" data-bbox="1736 1537 2181 1717"> <thead> <tr> <th>Tallas</th> <th>Medias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>34 – 36</td> <td>Media beige</td> </tr> <tr> <td>37 – 40</td> <td>Media azul</td> </tr> <tr> <td>41 – 46</td> <td>Media amarilla</td> </tr> </tbody> </table>	Tallas	Medias	34 – 36	Media beige	37 – 40	Media azul	41 – 46	Media amarilla
Tallas	Medias									
34 – 36	Media beige									
37 – 40	Media azul									
41 – 46	Media amarilla									

CONTROL Y SEGUIMIENTO		<p>Objetivo/s:</p> <p>Mantener informados a los operadores acerca del manejo y verificación de medias antes de colocarlas en los moldes a inyectar.</p>																	
<p>Tareas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Responsable</th> <th>Actividad</th> <th>Frecuencia</th> <th>Descripción</th> <th>Herramientas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operadores</td> <td>Notificar novedades en las medias</td> <td>Diario</td> <td>Los operadores deberán revisar las medias y notificar cualquier cambio en su calidad al departamento de producción, además de llevar siempre las uñas cortas.</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Jefe de producción</td> <td>Revisar parámetros de calidad en medias</td> <td>Cuando se lo requiera</td> <td>El jefe de producción deberá tomar una muestra del lote de medias adquirido y en el caso de encontrar un número determinado de medias defectuosas se realiza el correspondiente llamado de atención al proveedor.</td> <td>Plan de muestreo de aceptación</td> </tr> </tbody> </table>				Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas	Operadores	Notificar novedades en las medias	Diario	Los operadores deberán revisar las medias y notificar cualquier cambio en su calidad al departamento de producción, además de llevar siempre las uñas cortas.	-	Jefe de producción	Revisar parámetros de calidad en medias	Cuando se lo requiera	El jefe de producción deberá tomar una muestra del lote de medias adquirido y en el caso de encontrar un número determinado de medias defectuosas se realiza el correspondiente llamado de atención al proveedor.	Plan de muestreo de aceptación	<p>Métricas de calidad y monitoreo:</p> <p>Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.</p>
Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas															
Operadores	Notificar novedades en las medias	Diario	Los operadores deberán revisar las medias y notificar cualquier cambio en su calidad al departamento de producción, además de llevar siempre las uñas cortas.	-															
Jefe de producción	Revisar parámetros de calidad en medias	Cuando se lo requiera	El jefe de producción deberá tomar una muestra del lote de medias adquirido y en el caso de encontrar un número determinado de medias defectuosas se realiza el correspondiente llamado de atención al proveedor.	Plan de muestreo de aceptación															

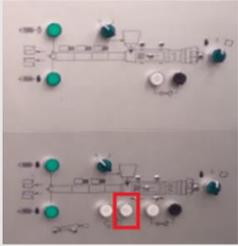
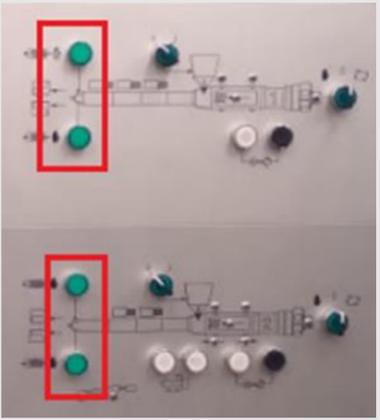
PLAN DE MEJORA CONTINUA

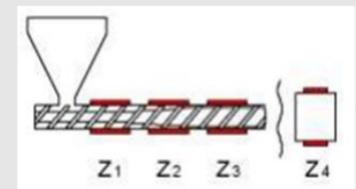
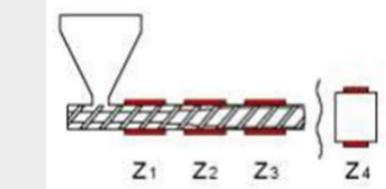
Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: • Bota 4x4 Negro/Crepé	Problema: Lacras	Causa/s del problema: • Cantidades no estandarizadas de silicona • Falta de información en el área de trabajo • Falta de mantenimiento al molde	
Objetivo: Evitar botas negro/crepé que presenten manchas debido a la silicona aplicada en el molde antes de su inyección.		Acción/es de mejora: Pulir el molde y evitar el uso de silicona, obteniéndose mejoras en el desmolde del producto.	Responsable: Operarios	Periodo de aplicación: Inmediata

Manual para pulir el molde de botas

1. Utilizar los siguientes materiales: •Rectificadora. •Lijas especiales.		3. Lijar en la superficie de la horma, de manera horizontal a manera de limpieza, hasta obtener una variación de color.		5. Considerar los siguientes parámetros para la mezcla de la Silicona.												
3. Colocación de la horma en su respectivo molde, y así está listo para cumplir con su función.		4. Verificar que el producto muestre mejoras, con una mejor presentación.		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CON MEDIA</th> <th colspan="2">SIN MEDIA</th> </tr> <tr> <th>Agua</th> <th>Silicona</th> <th>Agua</th> <th>Silicona</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>75%</td> <td>25%</td> <td>50%</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table> <p>Emplear una medida estándar de Silicona para enfriar los moldes y poder realizar el proceso de desmolde de una manera sencilla.</p> 	CON MEDIA		SIN MEDIA		Agua	Silicona	Agua	Silicona	75%	25%	50%	50%
CON MEDIA		SIN MEDIA														
Agua	Silicona	Agua	Silicona													
75%	25%	50%	50%													

CONTROL Y SEGUIMIENTO		<p><i>Objetivo/s:</i></p> <p>Mantener los moldes en buen estado y utilizar la cantidad correcta de silicona en caso de utilizarla.</p>																	
<p>Tareas:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Responsable</th> <th>Actividad</th> <th>Frecuencia</th> <th>Descripción</th> <th>Herramientas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operadores</td> <td>Lijar el molde</td> <td>Cuando sea necesario</td> <td>Los operadores deberán mantener el molde en condiciones óptimas y lijar el molde cuando se lo requiera con los cuidados e instrumentos adecuados. En el caso de utilizar silicona, hacerlo cuidadosamente y la cantidad correcta ya establecida.</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> <tr> <td>Jefe de producción</td> <td>Revisar los moldes</td> <td>Semanalmente</td> <td>El jefe de producción deberá revisar el estado de los moldes y la cantidad que los trabajadores utilizan antes de inyectar las botas.</td> <td style="text-align: center;">-</td> </tr> </tbody> </table>				Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas	Operadores	Lijar el molde	Cuando sea necesario	Los operadores deberán mantener el molde en condiciones óptimas y lijar el molde cuando se lo requiera con los cuidados e instrumentos adecuados. En el caso de utilizar silicona, hacerlo cuidadosamente y la cantidad correcta ya establecida.	-	Jefe de producción	Revisar los moldes	Semanalmente	El jefe de producción deberá revisar el estado de los moldes y la cantidad que los trabajadores utilizan antes de inyectar las botas.	-	<p>Métricas de calidad y monitoreo:</p> <p>Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.</p>
Responsable	Actividad	Frecuencia	Descripción	Herramientas															
Operadores	Lijar el molde	Cuando sea necesario	Los operadores deberán mantener el molde en condiciones óptimas y lijar el molde cuando se lo requiera con los cuidados e instrumentos adecuados. En el caso de utilizar silicona, hacerlo cuidadosamente y la cantidad correcta ya establecida.	-															
Jefe de producción	Revisar los moldes	Semanalmente	El jefe de producción deberá revisar el estado de los moldes y la cantidad que los trabajadores utilizan antes de inyectar las botas.	-															

		MILBOOTS CIA. LTDA			
PLAN DE MEJORA CONTINUA					
Área y/o proceso: Inyección	Producto aplicable: <ul style="list-style-type: none"> Bota 4x4 Negro/Crepé 	Problema: Quemado o chispeado	Causa/s del problema: <ul style="list-style-type: none"> Proporciones inadecuadas de la mezcla Control de temperaturas de trabajo. 		
Objetivo: Evitar botas que presenten quemados en las mismas debido a temperaturas altas o mezclas incorrectas de material.		Acción/es de mejora: Enviar solamente producto virgen, realizar el purgado y estabilizar la mezcla.		Responsable: Operarios	Periodo de aplicación: Inmediata
Acciones					
1.	Enviar solamente producto virgen 	2. Realizar el proceso de purgado: Parar la máquina, presionando el botón blanco. <ul style="list-style-type: none"> Si el indicador parpadea la mesa se encuentra en STOP CICLO. Si el indicador esta encendido la mesa se encuentra en START CICLO. 		3.	Presionar el botón de paso hacia atrás de los inyectores del tablero principal. 
4.	Ubicar el selector de inyección en manual, en el caso de estar deshabilitado la estación que se encuentra entre la rejilla de protección y la prensa. 	5.	Si se encuentra habilitado la estación que se encuentra entre la rejilla de protección y la prensa se mantiene en automático. 	6.	Presionar los pulsadores para descargar de válvula izquierda y derecha del inyector respectivo hasta obtener en la purga el material adecuado para la inyección del producto terminado. 

<p>7. Temperaturas de trabajo:</p> <p>PVC COMPACTO MEZCLADO RECUPERADO NEGRO CON</p> <p>Se recomienda no exceder las siguientes temperaturas.</p> <p>El perfil de temperaturas recomendado para el proceso de inyección es:</p>	<p>Temperaturas recomendadas por el fabricante</p>  <p>Z₁ = 140 ± 5 °C Z₂ = 150 ± 5 °C Z₃ = 160 ± 5 °C } Cilindro o barril</p> <p>Z₄ = 160 ± 5 °C } Cabezal y/o boquilla</p> <p>Temperaturas obtenidas de una jornada de trabajo</p> <table border="1" data-bbox="638 703 964 976"> <thead> <tr> <th colspan="2">ANALISIS DE TEMPERATURA INYECTOR 01(caña)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ZONA 1</td> <td>160 °C</td> </tr> <tr> <td>ZONA 2</td> <td>168 °C</td> </tr> <tr> <td>ZONA 3</td> <td>169 °C</td> </tr> <tr> <td>ZONA 4</td> <td>170 °C</td> </tr> <tr> <td>ZONA 5</td> <td>170 °C</td> </tr> </tbody> </table>	ANALISIS DE TEMPERATURA INYECTOR 01(caña)		ZONA 1	160 °C	ZONA 2	168 °C	ZONA 3	169 °C	ZONA 4	170 °C	ZONA 5	170 °C	<p>8. PVC COMPACTO CREPE 09 D65</p> <p>Se recomienda no exceder las siguientes temperaturas.</p> <p>El perfil de temperaturas recomendado para el proceso de inyección es →</p> <p>Observación: Las temperaturas recomendadas por el fabricante serán una guía para el normal desarrollo del proceso de producción.</p>	<p>Temperaturas recomendadas por el fabricante</p>  <p>Z₁ = 140 ± 5 °C Z₂ = 150 ± 5 °C Z₃ = 160 ± 5 °C } Cilindro o barril</p> <p>Z₄ = 160 ± 5 °C } Cabezal y/o boquilla</p> <p>Temperaturas obtenidas de una jornada de trabajo.</p> <table border="1" data-bbox="1528 766 2033 1018"> <thead> <tr> <th colspan="2">ANALISIS DE TEMPERATURA INYECTOR 02(suela)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ZONA 1</td> <td>160 °C</td> </tr> <tr> <td>ZONA 2</td> <td>170 °C</td> </tr> <tr> <td>ZONA 3</td> <td>170 °C</td> </tr> <tr> <td>ZONA 4</td> <td>170 °C</td> </tr> </tbody> </table>	ANALISIS DE TEMPERATURA INYECTOR 02(suela)		ZONA 1	160 °C	ZONA 2	170 °C	ZONA 3	170 °C	ZONA 4	170 °C	<p>9. Correcta proporción de mezcla.</p> <p>Mezcla del negro:</p> <p>5-1. 5 Virgen, 1Recuperado.</p> <p>Crepe:</p> <p>Totalmente Virgen.</p>
ANALISIS DE TEMPERATURA INYECTOR 01(caña)																										
ZONA 1	160 °C																									
ZONA 2	168 °C																									
ZONA 3	169 °C																									
ZONA 4	170 °C																									
ZONA 5	170 °C																									
ANALISIS DE TEMPERATURA INYECTOR 02(suela)																										
ZONA 1	160 °C																									
ZONA 2	170 °C																									
ZONA 3	170 °C																									
ZONA 4	170 °C																									

<p>CONTROL Y SEGUIMIENTO</p>	<p>Objetivo/s:</p> <p>Mantener las temperaturas de máquina en valores óptimos, así como en condiciones de trabajo normal.</p>
-------------------------------------	--

<p>Tareas:</p>					<p>Métricas de calidad y monitoreo:</p>
<p>Responsable</p>	<p>Actividad</p>	<p>Frecuencia</p>	<p>Descripción</p>	<p>Herramientas</p>	<p>Cartas de control: Se aplicarán las cartas de control C y U basados en los datos recolectados por los operarios y procesados por el jefe de producción. Se analizará la variabilidad del proceso y su comportamiento en comparación con los datos del estudio anterior, en el caso de existir puntos fuera de los límites de control, hacer énfasis en ese día y ubicar la causa especial.</p>
<p>Operadores</p>	<p>Purgado de máquina</p>	<p>Cuando sea necesario</p>	<p>Los operadores deberán purgar los inyectores cuando sea necesario siguiendo la guía ya establecida.</p>	<p>-</p>	
<p>Jefe de producción</p>	<p>Revisar parámetros de máquina y mezclas</p>	<p>Cuando sea necesario</p>	<p>El jefe de producción deberá revisar el estado de la máquina inyectora y el porcentaje de mezcla que los trabajadores utilizan antes de inyectar las botas.</p>	<p>-</p>	

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- De acuerdo al diagnóstico situacional se establece que, Milboots no trabaja con una manufactura esbelta puesto que, entre sus principales problemas se encontraron productos defectuosos (despegado de suela, des calibración, mal puesta la media) los mismos que no cumplen con los parámetros de calidad establecidos por los clientes, generando desperdicios y pérdidas económicas.
- Los procesos analizados mediante 20 atributos se encuentran bajo control estadístico y demuestran variabilidad, por lo tanto, no son completamente capaces de cumplir los requerimientos del cliente, debido al gran número de botas con defectos.
- La influencia de material recuperado y reutilizado por Milboots en la inyección de las botas de policloruro de vinilo, influye en la generación de defectos a diferencia del material virgen.
- El proceso de fabricación de las botas 4x4 amarillo-azul presenta un nivel de calidad 3σ , lo que representa un promedio industrial, el mismo en el que se encuentran la mayor parte de empresas a nivel mundial, sin embargo, el valor de su capacidad (C_p) es de 0.97, el proceso no es completamente capaz y requiere modificaciones serias para alcanzar un nivel óptimo de calidad.
- El proceso de fabricación de las botas 4x4 negro-crepé presenta un nivel de calidad 3.33σ y una capacidad de 1.1, que indica valores no adecuados para que la empresa sea competitiva a nivel nacional y requiera un control estricto.
- Bajo el rendimiento Yield encontrado en la empresa, existen probabilidades del 7.6% (bota 4x4 amarillo/azul) y 3.3% (bota 4x4 negro/crepé) de que sus productos resulten con algún defecto en el proceso de inyección, si la empresa no toma en cuenta estos indicadores, a futuro podrían incrementar y como consecuencia el número de productos defectuosos.
- De acuerdo al análisis R&R, el sistema de medición no es el adecuado, ya que, el mayor problema es su reproducibilidad, es decir, los criterios entre operadores al momento de calificar una bota no concuerdan del todo, la gerencia debe capacitar a sus trabajadores para mejorar su criterio de inspección.
- La empresa Milboots no trabaja con filosofía de calidad ya que, sus colaboradores no tienen compromiso de mejora que permita aumentar sus niveles de competitividad con un enfoque de cero defectos y no desperdicios.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda aplicar herramientas de la filosofía Lean Six Sigma con la finalidad de mantener los procesos controlados estadísticamente, además de visualizar oportunidades de mejora.
- Se recomienda realizar a la empresa un manejo de proveedores a través de planes de muestreos de aceptación para las medias utilizadas en las botas, empezando por una categoría *normal*, en el caso de cumplir con las exigencias del comprador, adoptar un plan de muestreo menos exigente, caso contrario un plan de muestreo riguroso.
- Realizar un estudio de factibilidad para verificar si se podría utilizar o vender el material recuperado, basándose en los procesos alternos que se requieren para que el material reciclado recupere sus propiedades, lo cual otorgaría la calidad de producto virgen nuevamente o en su defecto venderlo para diferentes usos.
- Se recomienda ubicar en el área de trabajo las guías de mejora y control, así como los formatos sobre la programación de máquina número 02, con el objetivo de controlar el normal desarrollo de la producción y que sirva de guía de consulta ante cualquier eventualidad que se genere durante las jornadas de trabajo, así como para los trabajadores menos experimentados y para nuevos.
- Es recomendable realizar nuevamente un estudio de variabilidad (cartas de control) así como métricas de calidad y un nuevo AMEF a los procesos críticos, luego de 3 meses de haber implementado las propuestas de mejora, esto servirá de antecedente para futuros proyectos de investigación y estado de la empresa.
- Realizar una modificación de los indicadores visuales referentes a la carga del material dentro de la tolva de la máquina 02, amplificando la señal original hacia un circuito externo que permita la visualización suficiente por parte de los operarios al momento de cargar el material a la tolva, puesto que los actuales no son lo suficientemente visibles.
- Capacitar al personal de la empresa en temas de Lean Six Sigma, acompañando de una motivación empresarial, con el fin de disminuir los desperdicios en el área de producción y contar con procesos controlados estadísticamente, además de mantener conocimientos nivelados entre operadores con referente a calidad.
- Se recomienda realizar un análisis Push vs. Pull debido al gran número de inventario y no se cuenta con un pronóstico establecido para la producción de las botas 4x4 , generando otro desperdicio según la filosofía Lean manufacturing acerca de la sobreproducción y costos de mantener inventario.

MATERIALES DE REFERENCIA

Anexos

Anexo 1 Checklist de los desperdicios según Lean Manufacturing

		MILBOOTS CIA. LTDA					
Hoja de Verificación de desperdicios							
Empresa:							
Area:							
Fecha:					Hora:		
Responsable:							
<i>Desperdicios según Lean Manufacturing</i>	Ocurrencia					Descripción	
	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja		
Tiempo de espera							
Sobreproducción							
Transportes innecesarios							
Exceso de procesado							
Inventario							
Movimientos innecesarios							
Defectos							
Otros:							
Observaciones:							
Firma responsable							

Anexo 2 Hojas de verificación

MILBOOTS		MILBOOTS CIA. LTDA									
Hoja de Verificación de fallas											
Área:	Producción	Jornada:									
Responsable:											
Producto:							Hora:				
Proceso:	Inyección	Subproceso:									
Defectos	Fecha:										
		MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA
Despegado de la suela.											
Descalibración											
Rebaba presente en el molde											
Rechupe leve en el tobillo											
Contaminación											
Mal llenado de caña											
Rebabas											
Manchas											
Variación del color											
Mal puesta la media											
Mal llenado de suela											
Corte											
Quemado											
Rebabas críticas											
Presencia de Silicona											
Fallo sensor de inyeccion de caña											
Manchas en la suela											
No inyecta caña											
Puntos en la caña con variacion de color debido a la pelusa											
TOTAL											

Anexo 3 Datos Botas 4x4 amarillo azul

		MILBOOTS CIA. LTDA																																							
Hoja de Verificación de fallas																																									
Área:	Producción																																								
Responsable:	Julio Durán																																								
Producto:	Botas 4x4 A/AZ CF y SF							Máquina/s:	Inyectora M2																																
Proceso:	Inyección		Subproceso:																																						
	Muestra																																								
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		Total
Horario	Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Mañana		Tarde		Mañana		Mañana		Tarde		Tarde				
Defectos	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA			
Despegado de la suela					2	1	1	1		2	1	5		1			2		1	1	3		2	1			1		1	1		2	3	1	1		2	4	41		
Des calibración	1				5	1		1	3		4	2		2		1						1		3	2	1		2				1	1					31			
Rebaba en el molde																			1																			1			
Rechupe en la caña			1		2						2					2			1				1		2					2				2			1	16			
Contaminación	6		5		2						1							3	1			4	1	1						1			1			2	1	29			
Mal llenado de caña					1				2	1									1				1				1		1			1	1				1	11			
Rebabas											1								1		1							1										4			
Manchas			2																				1															3			
Variación del color					1	1																				1		1										4			
Mal puesta la media						1																			1													2			
Mal llenado de suela	6				1			4						1			3						1			2					5						23				
Corte						1															1									2								4			
Quemado																																						0			
Contaminación en la suela																																						0			
Lacras																																						0			
Burbujas en la caña													1		2							3		1						1							8				
Manchas en la suela									2					1								1				2				1								7			
No inyecta caña								1	1		1	1		3	2							1	1			1		4				1			1	2		19			
Presencia de pelusa												1									1						2											4			
Doble inyectado de suela																																						0			
TOTAL por moldes	13	0	8	0	14	5	1	2	9	6	6	11	1	6	0	8	6	0	9	4	3	3	12	4	8	5	3	0	5	8	1	10	1	4	9	6	3	0	7	6	207
TOTAL	13		8		19		3		15		17		7		8		6		13		6		16		13		3		13		11		5		15		3		13	207	

MO = Molde Original = Estación Número 01 Código: N2.1 4X4 40
 MA = Molde Adaptado = Estación Número 04 Código: M1.2 4X4 40

Observaciones:

Anexo 4 Datos Botas 4x4 negro crepe

		MILBOOTS CIA. LTDA																																							
Hoja de Verificación de fallas																																									
Área:	Producción																																								
Responsable:	Julio Durán																																								
Producto:	Botas 4x4 NEGRO CREPE CF y SF									Máquina/s:			Inyectora M2																												
Proceso:	Inyección			Subproceso:																																					
	Muestra																																								
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		Total
Horario	Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Tarde		Mañana		Mañana				
Defectos	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA			
Despegado de la suela	1												1		1								1				2							1				7			
Des calibración										2		1					1						1								2								7		
Rebaba en el molde																							1																1		
Rechupe en la caña											2																											1	4		
Contaminación																																							0		
Mal llenado de caña													2									1																1	4		
Rebabas																																							0		
Manchas																																							0		
Variación del color																																							0		
Mal puesta la media	1				8		9				1						1							5				6		2						1	3		1	38	
Mal llenado de suela																																							0		
Corte																																							0		
Quemado																																							0		
Contaminación en la suela																																							0		
Lacras		2																	2			1														1		1	7		
Burbujas en la caña	4		1																					1													3		9		
Manchas en la suela													1		2									1														1	6		
No inyecta caña																																							0		
Presencia de pelusa																																							0		
Doble inyectado de suela													1																									2	4		
TOTAL por moldes	6	2	1	0	8	0	9	0	0	0	1	4	1	5	0	3	0	1	0	3	0	2	0	3	6	1	0	3	6	3	0	3	3	2	0	3	1	5	0	2	87
TOTAL	8	1	8	9	0	5	6	3	1	3	2	3	7	3	9	3	5	3	6	2	0	3	1	5	0	2	87														

MO = Molde Original = Estación Número 01 Código: N2.1 4X4 40
 MA = Molde Adaptado = Estación Número 04 Código: M1.2 4X4 40

Observaciones:

Anexo 5 Hoja de recolección de datos R&R

Análisis R&R para atributos																
0 = Bota rechazada a reproceso																
1 = Bota aceptable																
Número de bota inspeccionada	Fecha:					Fecha:					Suma	Repetibilidad				
	Día 1					Día 2										
	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5	Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5		Op 1	Op 2	Op 3	Op 4	Op 5
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
Total																

Anexo 6 Criterios y puntuaciones para la *severidad* del efecto de la falla

Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el producto (efecto para el cliente)	Puntuación	Efecto	Criterio: severidad del efecto sobre el proceso (efecto para manufactura/ensamble)
Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales sin previo aviso.	10	Incumplimiento de los requerimientos de seguridad o reglamentarios	Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) sin previo aviso.
	El efecto del modo de falla impacta la operación segura del producto y/o involucra incumplimiento de regulaciones gubernamentales con previo aviso.	9		Puede poner en peligro al operador (máquina o ensamble) con previo aviso.
Pérdida o degradación de la función primaria	Pérdida de la función primaria (producto inoperable, no afecta la operación segura del producto).	8	Trastorno o afectación mayor	El 100% de la producción puede que tenga que desecharse. Paro de la línea de producción o del embarque.
	Degradación de la función primaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño).	7	Trastorno o afectación significativa	Una parte de la producción puede que tenga que desecharse. El efecto sobre el proceso principal incluye la disminución de la velocidad de la línea o el que se tenga que agregar más operadores.
Pérdida o degradación de función secundaria	Pérdida de función secundaria (producto operable, pero las funciones de confort o comodidad son inoperables).	6	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
	Degradación de función secundaria (producto operable, pero hay reducción del nivel de desempeño de las funciones de confort o comodidad)	5		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada fuera de la línea de producción para luego ser aceptada.
Molestia	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por la mayoría de los clientes (más del 75%).	4	Trastorno o afectación moderada	El 100% de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibido por muchos clientes (50%).	3		Una parte de la producción puede que tenga que ser reprocesada en la estación de trabajo antes de que ésta sea procesada.
	Apariencia o ruido audible, producto operable, parte no conforme y es percibida por los clientes más perspicaces (menos del 25%).	2	Trastorno o afectación menor	Ligeros inconvenientes para el proceso, operación u operador.
Ningún efecto	Ningún efecto perceptible para el cliente.	1	Ningún efecto	Ningún efecto perceptible

Anexo 7 Criterios para la evaluación de la *ocurrencia* de las causas potenciales de falla en el AMEF

Posibilidad de falla	Criterio: ocurrencia de las causas (incidentes por piezas/producto)	Puntuación
Muy alta	≥ 100 por cada mil piezas ≥ 1 de cada 10	10
Alta	50 por cada mil piezas 1 en cada 20	9
	20 por cada mil piezas 1 en cada 50	8
	10 por cada mil piezas 1 en cada 100	7
Moderada	2 por cada mil piezas 1 en cada 500	6
	0.5 por cada mil piezas 1 en cada 2 000	5
	0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10 000	4
Baja	0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100 000	3
	≤ 0.001 por cada mil piezas 1 en cada 1 000 000	2
Muy baja	Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo	1

Anexo 8 Criterios para estimar la *posibilidad de detección* de los modos de falla.

Oportunidad de detección	Criterio: posibilidad de detección por los controles del proceso	Puntuación	Posibilidad de detección
Ninguna oportunidad de detección	Actualmente no hay controles del proceso, no se puede detectar o no es analizado.	10	Casi imposible
No es probable detectar en cualquier etapa	El modo de falla y/o la causa(error) no son fácilmente detectados (por ejemplo, auditorías aleatorias).	9	Muy remota
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído.	8	Remota
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por el operador a través de los sentidos de la vista, olfato u oído, o bien después de la producción a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	7	Muy Baja
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta por el operador después del proceso a través de equipos de mediciones continuas, o en la estación de trabajo por el operador a través del uso de instrumentos que miden atributos (pasa/no pasa, verificación manual del torque, llaves graduadas, etc.)	6	Baja
Detección del problema en la fuente	El modo de falla o la causa del error se detectan en la estación de trabajo por el operador mediante equipos de mediciones continuas, o mediante controles automáticos en la estación de trabajo que identifican las partes discrepantes y notifican al operador (luz, sonidos, etc.). Se realizan mediciones al arranque y la primer pieza se verifica (sólo para causas relacionadas con el arranque).	5	Moderada
Detección del problema después del procesamiento	El modo de falla se detecta después del proceso mediante controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte para prevenir el que no se procese posteriormente.	4	Moderadamente alta
Detección del problema en la fuente	El modo de falla se detecta en la estación de trabajo por controles automáticos que identifican las partes discrepantes y bloquean la parte en la estación para prevenir el que no se procese posteriormente.	3	Alta
Detección del error y/o prevención del problema	Se detecta la causa(error) de la falla en la estación de trabajo por controles automáticos que detectarán errores y previenen que se hagan partes discrepantes.	2	Muy Alta
No se aplica detección, se previene el error	Se previene la causa(error) de la falla como resultado del diseño del accesorio, la máquina o la parte. No se pueden hacer partes discrepantes porque se tiene un diseño de producto/proceso a prueba de errores.	1	Casi segura

Anexo 9 Hoja de control para defectos

		MILBOOTS CIA. LTDA										
Hoja de control de fallas												
Área:		Proceso:				Inyección						
Operador:												
Producto:		Fecha:										
Jornada:		Hora:										
Defectos	Fecha:											
	/	/2021	/	/2021	/	/2021	/	/2021	/	/2021	/	/2021
	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA	MO	MA
Despegado de la suela												
Descalibración												
Rebaba presente en el molde												
Rechupe en la caña												
Contaminación												
Mal llenado de caña												
Rebabas												
Manchas												
Variación del color												
Mal puesta la media												
Mal llenado de suela												
Corte												
Quemado												
Contaminación en la suela												
Lacras												
Burbujas en la caña												
Manchas en la suela												
No inyecta caña												
Presencia de pelusa												
Doble inyección de suela												
MO = Molde Original MA = Molde Adaptado												
Observaciones:												
----- Firma responsable												

Anexo 11 Numeración de los productos para el ensayo R&R



Anexo 12 Ensayos R&R día 1



Anexo 13 Ensayo R&R día 2



Anexo 14 Capacitación sobre componentes del PVC



Anexo 15 Capacitación sobre componentes del PVC



Anexo 17 Parámetros máquina 02 negro crepé

		PARAMETROS DE INYECTORES			
			INYECTOR 01	INYECTOR 02	
INYECTOR			VISTO	VISTO	
CARGA	N° REVOLUCION DEL TORNILLO	[rpm]	168	165	
	CONTRAPRESION	[bar]	30	25	
	COJINETE	[%]	15	30	
	VOLUMEN MAXIMO	[CC]	3165	1711	
	VOLUMEN GENERAL	[CC]	1500	500	
	OFFSET DE ALARMA	[CC]	10	10	
	MODO		Volumen	Volumen	
PURGA	PRESION	[%]	70	70	
	CAPACIDAD	[%]	40	40	
DOBLE GOLPE	AUTORIZACION		X	X	
	OFFSET	[%]	5	5	
AUTORIZACIONES	ADQUISICION DE VOLUMEN		X	X	
	ALARMA DE VOLUMEN		X	X	
	FINAL INYECCION A VOLUMEN		VISTO	VISTO	
	DOBLE CARGA		X	X	
	SOPLADO ANTI CONTRACCION		X	VISTO	
INYECCION	ACERCAMIENTO	[s]	6.0	6.0	
	TIMEOUT	[s]	30.0	20.0	
	RETARDO	[s]	3.0	3.0	

Toma de tiempos	
Tempo por vuelta	4.405 [S]

Anexo 18 Parámetros máquina 02 amarillo azul

Amarillo	5 Virgen	1 Recuperado	CAÑA	INYECTOR 01:		Producto:	4x4 A/AZ CF									
Azul	5 Virgen	2 Recuperado	SUELA	INYECTOR 02:												
							TEMPERATURE	HUMIDITY								
			INYECTOR 01 - INYECTOR 02				30° C	28%								
	Análisis de temperatura: Inyector 01						Análisis de temperatura: Inyector 02									
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4						
SET:	160	173	178	172	160		SET:	162	172	172	172					
Estaciones	1		2		3		4		5		6		7		8	
Tallas	38		39		38		40		36		35		37			
INYECTORA	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Volumen [cc]	1750	450	1850	450	1700	500	1700	450	1560	450	1800	410	1500	450	1800	400
P1 [bar]	121	60	120	65	110	65	110	68	115	55	112	42	105	58	120	40
P2 [bar]	80	0	40	0	0	0	0	0	60	0	60	0	0	0	60	0
P3 [bar]	60	0	20	0	0	0	0	0	40	0	40	0	0	0	20	0
D1 [S]	2.0	1.0	2.0	0.5	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.5	1.0
D2 [S]	2.0	1.0	2.0	0.5	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.5	1.0
C1 [%]	45	45	52	40	50	45	50	42	50	43	45	40	50	40	41	40
C2 [%]	45	45	52	40	50	45	50	42	50	43	45	40	50	40	41	40
C3 [%]	45	45	52	40	50	45	50	42	50	43	45	40	50	40	41	40
C4 [%]	45	45	52	40	50	45	50	42	50	43	45	40	50	40	41	40
C5 [%]	34	45	52	40	50	40	50	40	45	43	45	40	50	40	41	40
Retardo de soplado [S]	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0	5.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Retardo de apertura [S]	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0

Anexo 19 Parámetros máquina 02 amarillo azul

PARAMETROS DE INYECTORES				
			INYECTOR 01	INYECTOR 02
INYECTOR			VISTO	VISTO
CARGA	N° REVOLUCION DEL TORNILLO	[rpm]	165	165
	CONTRAPRESION	[bar]	30	25
	COJINETE	[%]	20	20
	VOLUMEN MAXIMO	[CC]	3165	1711
	VOLUMEN GENERAL	[CC]	1800	500
	OFFSET DE ALARMA	[CC]	10	10
	MODO		Volumen	Volumen
PURGA	PRESION	[%]	70	70
	CAPACIDAD	[%]	40	40
DOBLE GOLPE	AUTORIZACION		X	X
	OFFSET	[%]	5	5
AUTORIZACIONES	ADQUISICION DE VOLUMEN		X	X
	ALARMA DE VOLUMEN		X	X
	FINAL INYECCION A VOLUMEN		VISTO	VISTO
	DOBLE CARGA		X	X
	SOPLADO ANTI CONTRACCION		X	VISTO
INYECCION	ACERCAMIENTO	[s]	10.0	10.0
	TIMEOUT	[s]	30.0	20.0
	RETARDO	[s]	2.0	2.0

Toma de tiempos	
Tempo por vuelta	4.275 [S]

Anexo 20 Parámetros máquina 02 negro negro

Negro	4 Virgen	2 Recuperado	CAÑA	INYECTOR 01:		Producto:	4x4 N/N SF									
Negro	4 Virgen	2 Recuperado	SUELA	INYECTOR 02:												
INYECTOR 01 - INYECTOR 02																
Análisis de temperatura: Inyector 01					Análisis de temperatura: Inyector 02											
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4						
SET:	155	160	165	165	165		SET:	160	170	170	170					
Estaciones	1		2		3		4		5		6		7		8	
Tallas	34		39		38				40		37		35		40	
INYECTORA	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Volumen [cc]	1400	480	1600	500	1580	535	1650	500	1600	500	1600	480	1350	500	1550	500
P1 [bar]	110	42	110	45	112	75	115	65	112	60	110	65	110	48	110	70
P2 [bar]	72	0	75	0	0	0	50	0	75	0	0	0	60	0	0	0
P3 [bar]	40	0	40	0	0	0	40	0	40	0	0	0	40	10	0	0
D1 [S]	2.0	1.0	2.0	0.5	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.5	1.0
D2 [S]	2.0	1.0	2.0	0.5	2.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.5	1.0
C1 [%]	40	60	45	40	50	50	50	40	50	40	50	40	48	40	50	40
C2 [%]	48	60	45	40	50	50	50	40	50	40	50	40	48	40	50	40
C3 [%]	48	60	45	40	50	50	50	40	50	40	50	40	48	40	50	40
C4 [%]	48	60	45	40	50	50	50	40	50	40	50	40	48	40	50	40
C5 [%]	40	60	35	40	45	50	45	40	45	40	45	40	42	40	45	40
Retardo de soplado [S]	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	10.0	5.0	7.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Retardo de apertura [S]	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0

Anexo 21 Parámetros máquina 02 negro negro

PARAMETROS DE INYECTORES				
			INYECTOR 01	INYECTOR 02
INYECTOR			VISTO	VISTO
CARGA	N° REVOLUCION DEL TORNILLO	[rpm]	165	160
	CONTRAPRESION	[bar]	25	38
	COJINETE	[%]	15	20
	VOLUMEN MAXIMO	[CC]	3165	1711
	VOLUMEN GENERAL	[CC]	1800	500
	OFFSET DE ALARMA	[CC]	10	10
	MODO		Volumen	Volumen
PURGA	PRESION	[%]	70	70
	CAPACIDAD	[%]	40	40
DOBLE GOLPE	AUTORIZACION		X	X
	OFFSET	[%]	5	5
AUTORIZACIONES	ADQUISICION DE VOLUMEN		X	X
	ALARMA DE VOLUMEN		X	X
	FINAL INYECCION A VOLUMEN		VISTO	VISTO
	DOBLE CARGA		X	X
	SOPLADO ANTI CONTRACCION		X	VISTO
INYECCION	ACERCAMIENTO	[s]	10.0	10.0
	TIMEOUT	[s]	30.0	20.0
	RETARDO	[s]	4.0	4.0

Toma de tiempos	
Tempo por vuelta	4.555 [S]

Anexo 22 Parámetros máquina 01 amarillo azul

Amarillo:	5 Virgen	1 Recuperado	1 Natural	CAÑA	INYECTOR 01:		Producto:	Berraca A/AZ CF												
Azul:	5 Virgen	1 Recuperado	1 Natural	SUELA	INYECTOR 03:															
					INYECTOR 01 - INYECTOR 03															
Análisis de temperatura: Inyector 01					Análisis de temperatura: Inyector 03															
	ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4	ZONA 5		ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	ZONA 4										
SET:	140	150	155	155	155	SET:	140	150	155	150										
Estaciones	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Tallas	41		37		40		39		42		41		38		40		39		44	
INYECTORA	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Volumen [cc]	1800	770	1300	300	1765	705	1750	670	1650	460	1680	860	1790	670	1765	750	1750	688	1200	155
P1 [bar]	70	30	75	32	70	32	60	32	60	22	65	25	70	25	60	30	70	23	40	31
P2 [bar]	0	0	50	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0
P3 [bar]	40	0	45	20	40	0	0	0	40	20	40	0	40	0	0	0	40	0	40	0
D1 [S]	1.0	1.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0
D2 [S]	1.0	1.0	2.0	3.0	2.0	1.0	2.0	1.0	3.0	3.0	3.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	2.0
C1 [%]	65	30	50	30	60	30	65	28	56	30	56	25	65	26	60	20	60	26	40	28
C2 [%]	65	30	50	30	60	30	65	28	56	30	56	25	60	28	60	28	60	26	40	28
C3 [%]	65	30	50	30	60	30	65	28	56	30	56	25	65	26	60	28	60	26	40	28
C4 [%]	65	30	50	30	60	30	65	30	56	30	56	25	65	30	60	30	60	26	40	28
C5 [%]	65	30	40	20	58	25	55	28	46	20	56	20	65	30	60	28	50	2	30	28
Retardo de soplado [S]	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Anexo 23 Parámetros máquina 01 amarillo azul

PARAMETROS DE INYECTORES			
		INYECTORA 01	INYECTORA 03
INYECTOR		VISTO	VISTO
N° REVOLUCION DEL TORNILLO	[rpm]	145	140
PRESION DE PURGA	[bar]	70	60
CAUDAL DE PURGA	[%]	25	25
CONTRAPRESION	[bar]	5	5
COJINETE	[%]	5	5
MANTENIMIENTO		VISTO	VISTO
OFFSET PARA 2° Y 3° GRADO	[%]	1	1
ADQUISICION DE VOLUMEN		X	X
ALARMA DE VOLUMEN		X	X
FINAL INYECCION A VOLUMEN		X	X
MODO DE CARGA		VOL	VOL
DOBLE CARGA		X	X
OFFSET DE ALARMA	[%]	1	1
VOLUMEN ACTUAL	[cc]	912	253
VOLUMEN GENERAL	[cc]	1500	500
VOLUMEN MAXIMO	[cc]	3165	1780

Referencias

- [1] T. A. OSSWALD, W. AQUITE, D. RAMÍREZ, L. LÓPEZ, J. PUENTES, C. PÉREZ y S. GARCÍA, «RETOS EN LA INDUSTRIA DE PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS Y COMPUESTOS,» *Dyna*, vol. LXXIX, n° 175, pp. 20-28, 2012.
- [2] M. VALERO-VALDIVIESO, Y. ORTEGÓN y Y. USCATEGUI, «BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS,» *Dyna*, vol. LXXX, n° 181, pp. 171-180, 2013.
- [3] J. Jurado Paramo, J. Reveles Arredondo, H. Plascencia Mora y E. Aguilera Gomez, «Análisis de un proceso de inyección de plástico por interacción fluido estructural y cambio de estado,» *Acta universitaria*, vol. XXIX, 2019.
- [4] J. Benítez Rangel, L. Morales Hernández y M. Trejo Hernández, «Mejora de la etapa de llenado en moldes de inyección de plástico usando vibración,» *Ingeniería, investigación y tecnología*, vol. XIII, n° 4, pp. 403-410, 2012.
- [5] A. Robledo, . J. Quintero y J. Brito, «Diagnóstico de las necesidades de las Pymes del sector del plástico en la ciudad de Barranquilla relacionado con el diseño de moldes,» *PROSPECTIVA*, vol. VI, n° 1, pp. 49-54, 2008.
- [6] L. Torres, «SIMULACIÓN DE DEFECTOS EN PIEZAS OBTENIDAS EN MOLDES DE INYECCION DE PLÁSTICOS,» UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS, Santa Clara, 2016.
- [7] D. Daza, «GESTIÓN DE MANTENIMIENTO A EQUIPOS DE MANUFACTURA POR INYECCIÓN DE PLÁSTICOS,» UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO, Bogotá, 2012.
- [8] L. CHAÑI, «CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE EXTRUSIÓN–SOPLADO DE ENVASES E INYECCIÓN DE PRODUCTOS PLASTICOS DE PE Y PP,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN, Arequipa, 2014.
- [9] D. López, «DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD APLICADO AL PROCESO DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2019.
- [10] C. Cedeño y R. Murillo, «IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE GESTIÓN EN EL ÁREA DE INYECCIÓN DE ZAPATOS DE LONA DE UNA EMPRESA QUE ELABORA OBJETOS PLÁSTICOS PARA EL MEJORAMIENTO

DE SU DESEMPEÑO,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2011.

- [11] M. López, «ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELA DE POLIURETANO PARA CALZADO DE SEGURIDAD. FABRICA DE CALZADO 70 S.A.,» ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA, Antioquia, 2015.
- [12] O. Lima, O. Agostinho, M. Godinho Filho y I. B. d. Silva, «A new Lean Six Sigma framework for improving competitiveness,» *Acta Scientiarum. Technology*, vol. XXXXI, 2019.
- [13] F. Alvarado, «Mejora de Procesos ERP's (Enterprise Resource Planning) con Lean Six Sigma,» *Conciencia Tecnológica*, n° 55, 2018.
- [14] R. Muhammad y I. Sri, «Manufacturing Continuous Improvement Using Lean Six Sigma: An Iron Ores Industry Case Application,» *Procedia Manufacturing*, vol. IV, pp. 528-534, 2015.
- [15] E. Ascencio, «Aplicación de las 5S para la mejora de la productividad en la línea de inyección de plásticos en TECMAHPLAST S.A.C., Huachipa, 2018,» Universidad César Vallejo, Lima, 2018.
- [16] H. Felizzola y C. Luna, «Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. XXII, n° 2, pp. 263-277, 2014.
- [17] G. Narvaez, «Aplicación de un modelo de mejoramiento de la productividad basado en Lean Six Sigma a la empresa D'Max Sport S.A.S. fabricante de calzado,» Universidad AUTÓNOMA de Occidente, Santiago de Cali, 2019.
- [18] J. Villacorta, «PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTAR LA RENTABILIDAD EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CALZADO DE LA CORPORACIÓN FERREL S.A.C.,» Universidad Privada del Norte, Trujillo, 2019.
- [19] C. J. S. M. J. S. A. M. R. T. Á. G. G. L. Julio César Moyano Alulema, «Diseño factorial mixto para control de temperaturas en las inyectoras del proceso productivo de calzado,» *ECA Sinergia*, vol. 9, n° 1, p. 9, 2018.
- [20] E. V. L. I. M. J. Á. Martín Tanco, «Manufacturing Industries Need Design of Experiments(DoE),» *Proceedings of the World Congress on Engineering*, vol. 2, p. 5, 2007.

- [21] A. Barroso, «La implementación de Lean Manufacturing y el desempeño de las empresas manufactureras de calzado del cantón Ambato,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2018.
- [22] «<https://www.infopack.es>,» 27 03 2020. [En línea]. Available: <https://www.infopack.es/es/noticia/la-industria-del-plastico-juega-un-papel-clave-durante-la-pandemia-de-coronavirus>. [Último acceso: 29 09 2020].
- [23] L. F. C. Luna, «ESTUDIO DESCRIPTIVO SOBRE EL IMPACTO DEL CONSUMO DE PLÁSTICOS DE UN SOLO USO DURANTE LA PANDEMIA COVID-19 EN LA CIUDAD DE MEDELLÍN (Tesis de tercer nivel),» Universidad de Antioquia, Medellín, 2020.
- [24] C. Reigadas, «VISIONES DEL FUTURO Y ENCRUCIJADA CIVILIZATORIA: CHINA, OCCIDENTE Y LA PANDEMIA,» *Erasmus (versión online)*, n° 22, p. 30, 2020.
- [25] X. Estupinan, M. Sharma y S. Gupta, «El impacto de la pandemia de COVID-19 en la Oferta Laboral, los Salarios y el Valor,» 17 06 2020. [En línea]. Available: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3637880. [Último acceso: 12 10 2020].
- [26] F. Rodríguez, «¿Pandemia, petróleo y deuda?: El concatenamiento China-Ecuador en el escenario post COVID-19,» *REDCAEM*, n° 16, p. 27, 2020.
- [27] J. L. Amaya, «“Impacto de la Importación de Calzado Chino en el Desarrollo y Rentabilidad de la MYPE del Sector Calzado en Lima Metropolitana, Distrito de La Victoria 2017 – 2018” (Tesis de tercer nivel),» Universidad Tecnológica del Perú, Lima, 2019.
- [28] S. Bilmes, G. Haro y M. J. Ranea, «Tres miradas sobre la pandemia (Una publicación de la Cátedra Libre Ciencia, Política y Sociedad.),» Univesidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, 2020.
- [29] «<https://issuu.com>,» [En línea]. Available: https://issuu.com/redue/docs/3.maritza_correa. [Último acceso: 29 09 2020].
- [30] J. S. Gutiérrez, G. V. Ávila y J. P. M. -U. d. Guadalajara, LOS SISTEMAS DE CALIDAD EN LAS OPERACIONES FOMENTANDO LA COMPETITIVIDAD DE LAS EMPRESAS, Ibiza, España: Fondo Editorial Universitario Carrer La Murta 9-18 07820 San Antonio de Portmany, 2019, p. 248.

- [31] A. Morales, A. Rendón Trejo y I. Guillén, «Cuarta revolución industrial e innovación disruptiva en empresas productoras de calzado multinacionales y mexicanas.,» *RED INTERNACIONAL DE INVESTIGADORES EN COMPETITIVIDAD*, vol. 12, p. 20, 2018.
- [32] «<https://avecal.es>,» [En línea]. Available: <https://avecal.es/el-sector-del-calzado-mira-a-los-procesos-de-mejora-de-la-productividad-para-ganar-rentabilidad-para-superar-la-crisis-del-covid-19/>. [Último acceso: 29 09 2020].
- [33] «<https://alicanteplaza.es>,» [En línea]. Available: <https://alicanteplaza.es/el-calzado-sigue-buscando-formulas-para-reinventarse-reduccion-de-procesos-y-economia-circular>. [Último acceso: 29 09 2020].
- [34] H. P. Ortiz, «El impacto de Lean Six Sigma en organizaciones latinoamericanas y sus factores críticos de éxito (Tesis Doctoral),» Universidad Antropológica de Guadalajara, Guadalajara, 2016.
- [35] A. R. Rodriguez, «LA IMPORTANCIA DEL SERVICIO AL CLIENTE Y EL REFLEJO DE LAS VENTAS EN UNA EMPRESA (Tesis de tercer nivel),» UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA, BOGOTÁ, COLOMBIA, 2017.
- [36] «<https://www.interempresas.net>,» [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/5878-Guia-para-solucionar-los-problemas-mas-comunes-en-moldeo-por-inyeccion.html>. [Último acceso: 29 09 2020].
- [37] C. L. A. Heriberto Felizzola Jiménez, «Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico,» *INGENIARE*, vol. 22, nº 2, p. 15, 2014.
- [38] «<https://www.researchgate.net>,» [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/307173733_Aplicacion_de_Lean_Seis_Sigma_en_la_mejora_de_la_calidad_del_proceso_de_Atencion_Farmacautica_a_Pacientes_Externos. [Último acceso: 29 09 2020].
- [39] «<https://www.6sigmaecuador.com>,» [En línea]. Available: https://www.6sigmaecuador.com/quienes_somos. [Último acceso: 29 09 2020].
- [40] M. G. Llopis, «ESTIMACIÓN ESTADÍSTICA, MODELADO Y ANALISIS DE LA TRASMISION Y COSTE DE LA VARIABILIDAD EN PROCESOS MULTI-ETAPA. APLICACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE BALDOSAS CERAMICAS (Tesis Doctoral),» Universitat Jaume, Castellón, España, 2010.

- [41] «<http://dspace.uazuay.edu.ec>,» [En línea]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6922/1/12877.pdf>. [Último acceso: 29 09 2020].
- [42] «<http://repositorio.ug.edu.ec>,» [En línea]. Available: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/7046/1/DISE%C3%91O%20PARA%20LA%20IMPLEMENTACI%C3%93N%20DE%20CALIDAD%20SEIS%20SIGMA%20EN%20EL%20C3%81REA%20DE%20MOLINO%20DE%20LA%20EMPRESA%20TECNOPLAST%20DEL%20ECUADOR%20C%3%8DA.%20LTDA.pdf>. [Último acceso: 29 09 2020].
- [43] L. B. A. Flores, «ANÁLISIS LEAN SIX SIGMA EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE SUELAS DE CALZADO EN LA EMPRESA PLASTICAUCHO INDUSTRIAL S.A. (Tesis de tercer nivel),» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO , AMBATO , 2020.
- [44] A. García, «ESTUDIO DE LA INYECTORA DE POLIURETANO Y LA FACTIBILIDAD DE CONTROLAR LA TEMPERATURA EN LOS PUNTOS CRITICOS DE LA MAQUINA CONSTRUIDA POR LA EMPRESA ITALPLASTICOS DE LA CIUDAD DE AMBATO,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2011.
- [45] C. Sarmiento, «INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA MUNDIPLAST MEDIANTE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTO LEAN MANUFACTURING,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2018.
- [46] A. B. C. Amelia, «“ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LA EMPRESA PIEFLEX S.A. DE LA CIUDAD DE AMBATO EN EL PERIODO 2018” (Tesis de tercer nivel),» UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA, AMBATO, 2019.
- [47] L. Socconini, Certificación Lean Six Sigma Green Belt para la excelencia en los negocios, Barcelona: Marge Books, 2015.
- [48] V. Guerrero, «Lean Solutions,» Lean Solutions, 7 Febrero 2019. [En línea]. Available: <http://leansolutions.co/que-es-six-sigma/>. [Último acceso: 5 Enero 2021].
- [49] H. Gutiérrez, Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma, México: McGraw-Hill, 2009.
- [50] «aiteco Consultores Desarrollo y Gestión,» [En línea]. Available: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-flujo>. [Último acceso: 15 Enero 2021].

- [51] R. Macías Acosta, A. León Resendiz y C. Limón Lozano, «Análisis de la cadena de suministro por clasificación ABC: el caso de una empresa mexicana,» *Revista Academia & Negocios*, vol. IV, nº 2, pp. 83-94, 2019.
- [52] L. Socconini, *Certificación Lean Six Sigma Yellow Belt para la excelencia en los negocios*, Barcelona: Marge Books, 2014.
- [53] J. C. Hernández y A. Vizán, «CONCEPTOS GENERALES DEL LEAN MANUFACTURING,» de *Lean manufacturing Conceptos, técnicas e implementación*, Madrid, 2013, p. 10.
- [54] O. Reyes, R. Espinosa y R. Olvera, «Criterios para determinar el Tamaño de Muestra en Estudios Descriptivos,» *Congreso Internacional de Investigación de Celaya*, vol. V, nº 5, pp. 2919-2924, 2013.
- [55] D. Rosales Ordoñez, B. Púa De la Hoz y R. Herrera Acosta, «PROPUESTA DEL INDICE DE CAPACIDAD DPMO BASADO EN LA DESVIACIÓN MEDIA,» *Ingeniería E Innovación*, vol. V, nº 2, 2019.
- [56] «Lean Solutions,» [En línea]. Available: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>. [Último acceso: 26 Septiembre 2019].
- [57] E. Pérez López y M. García Cerdas, «Implementación de la metodología DMAICSeis Sigma en el envasado de licores en Fanal,» *Tecnología en Marcha*, vol. XXVII, nº 3, pp. 88-106, 2014.
- [58] J. C. Puche Regaliza y J. Costas Gual, «El Efecto Favorable del Paradigma Lean Manufacturing sobre la Reducción de Defectos,» *Anales de Estudios Económicos y Empresariales*, vol. XXI, nº 21, pp. 75-103, 2011.
- [59] A. López Serrano, «MOLDE DE INYECCIÓN,» Universidad del País Vasco, Bilbao, 2018.
- [60] L. Gutiérrez Gutiérrez, «Trabajo en equipo y control estadístico de procesos en Seis Sigma como fuentes de visión compartida: un análisis empírico de su efectividad en empresas europeas,» *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. XVIII, nº 2, pp. 143-160, 2009.
- [61] C. X. Cacuango Buitrón, «ANÁLISIS DE FALLAS MEDIANTE METODOLOGÍA SIX SIGMA EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE LAVADO Y TINTURADO DE PRENDAS DE VESTIR EN LA EMPRESA EL LABORATORIO DEL DENIM

ECUADOR LDEEC CIA. LTDA,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2020.

- [62] R. Pérez Campdesuñer y G. García Vidal, «La satisfacción de clientes en el sector turístico: metodología seis sigma,» *Ciencias Holguín*, vol. XXIV, n° 1, pp. 28-39, 2018.
- [63] H. Sarango Bustos, «Metodología para el diseño de un molde para inyección de piezas de plástico,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2016.
- [64] A. F. Fonseca Muncha, «Diseño y construcción de un molde de inyección para el soporte unión entre el casco y la carcasa de la orejera para la empresa Halley Corporación,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2018.
- [65] E. C. Pico Espín, «PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD PARA LA INYECTORA DE POLIURETANO DE LA EMPRESA CALZADO MARCIA - BUFFALO INDUSTRIAL,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2016.
- [66] V. E. Vélez Bone y B. A. Mosquera González, «RECICLAJE DE PLASTICOS,» UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil, 2012.
- [67] S. d. Minitab, «support.minitab.com/,» Minitab, [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/19/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/supporting-topics/data-and-data-assumptions/defects-and-defectives/>. [Último acceso: 1 Mayo 2021].
- [68] E. P. Vélez Suárez, «Control estadístico de los indicadores de calidad de calzado plástico,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, Guayaquil, 2009.
- [69] Á. A. Analuiza Maiza, «ANÁLISIS DE FALLAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO DE HARINA DE TRIGO MEDIANTE HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD EN LA EMPRESA “MOLINOS MIRAFLORES S.A.”,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2020.
- [70] A. I. Urrutia Sánchez , «PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CALZADO EN CREACIONES MABELIZ MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SIX SIGMA,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2015.

- [71] N. M. Paredes Leica, «PLAN DE MEJORA DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA ELABORACIÓN DE TELAS EN LA EMPRESA PRODUTEXTI CÍA. LTDA.,» UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2019.
- [72] J. RAVICHANDRAN, «Six-Sigma Milestone: An Overall Sigma Level of an Organization,» *Total Quality Management*, vol. XVII, n° 8, pp. 973-980, 2006.
- [73] F. Alvarado Chávez, «Mejora de Procesos ERP's (Enterprise Resource Planning) con Lean Six Sigma,» *Conciencia Tecnológica*, n° 55, pp. 415-439, 2018.
- [74] S. Castaño Urán , «Fabricación y caracterización de material compuesto a partir de PVC blanco reciclado y fibra de papel,» Universidad de los Andes, Bogotá, 2018.
- [75] M. L. Pérez Urrego y J. S. Pelaez Zuñiga, «Cuantificación de la capacidad de proceso para datos cualitativos,» Universidad de Ibagué, Ibagué, 2013.
- [76] J. Varela Loyola, «Disminución de la Variación de un Proceso de Producción de Muebles con Seis Sigma,» *Conciencia Tecnológica*, n° 40, pp. 35-41, 2010.
- [77] A. Barrera García, «IMPLEMENTATION OF SIX SIGMA METHODOLOGY IN MEASUREMENT MANAGEMENT,» *UNIVERSIDAD Y SOCIEDAD Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, vol. VIV, n° 2, pp. 8-17, 2017.
- [78] Minitab, «Soporte de Minitab,» Minitab, 2019. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/poisson-capability-analysis/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/>. [Último acceso: 1 Julio 2021].
- [79] S. Liu, «The Application of Quality Control Chart based on Minitab in the Processing of Camshafts,» *Applied Mechanics and Materials*, vol. DCCVIII, pp. 712-715 , 2014.
- [80] J. Tapia Coronado, «Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria,» *Ciencia & Trabajo*, n° 60, pp. 171-178, 2017.
- [81] M. P. HERRERA BARRERA, «PROPUESTA DE UN MODELO DE OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN EL PROCESO DE TRANSFORMACIÓN DEL PLÁSTICO,» UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, Bogotá, 2017.

- [82] F. A. Bribiescas Silva, «OPTIMIZACION DE LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE PLASTICOS EN CD. JUAREZ,» *REVISTA INTERNACIONAL ADMINISTRACION & FINANZAS*, vol. IV, n° 2, pp. 101-122, 2011.
- [83] A. G. CAMPOS CRUZ , «“DISEÑO DE MANUAL DE PROCESOS OPERATIVOS DE LA EMPRESA VIDRIALUM EN LA CIUDAD DE SANTO DOMINGO,» UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Guayaquil, 2018.
- [84] J. Diez, «Impacto de la capacitación interna en la productividad y estandarización de procesos productivos: un estudio de caso,» *Revista daena (International journal of good conscience*, vol. IV, n° 2, pp. 97-144, 2009.
- [85] L. Solutions, «Lean Solutions,» [En línea]. Available: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>. [Último acceso: 31 Mayo 2021].
- [86] A. N. d. E. d. I. C. y. A. (ANECA), «ANECA,» [En línea]. Available: http://www.uantof.cl/public/docs/universidad/direccion_docente/15_elaboracion_plan_de_mejoras.pdf. [Último acceso: 5 Junio 2021].
- [87] O. MANTILLA CELIS, «Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma,» *Estudios Gerenciales*, vol. XXVIII, n° 124, pp. 23-43, 2012.