



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

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

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Tema:

**CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE CONFECCIÓN DE
ROPA INTERIOR DE LA CORPORACIÓN IMPACTEX CÍA. LTDA.**

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

ÁREA: Seguridad, calidad y ambiente

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Diseño, materiales y producción

AUTOR: Ángel Darío Manobanda Chuquicondor

TUTOR: Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.

Ambato - Ecuador

febrero – 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de titulación con el tema: CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE CONFECCIÓN DE ROPA INTERIOR DE LA CORPORACIÓN IMPACTEX CÍA. LTDA., desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por el señor Ángel Darío Manobanda Chuquicondor, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 17 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.3 del instructivo del reglamento referido.

Ambato, febrero 2024.

Ing. Luis Alberto Morales Perrazo, Mg.

TUTOR

AUTORÍA

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

Ambato, febrero 2024.



Ángel Darío Manobanda Chuquicondor

C.C. 0202473112

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

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

Ambato, febrero 2024.



Ángel Darío Manobanda Chuquicondor

C.C. 0202473112

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del informe final del trabajo de titulación presentado por el/la señor Ángel Darío Manobanda Chuquicondor, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE CONFECCIÓN DE ROPA INTERIOR DE LA CORPORACIÓN IMPACTEX CÍA. LTDA., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 19 del Reglamento para la Titulación de Grado en la Universidad Técnica de Ambato y el numeral 6.4 del instructivo del reglamento referido. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidente del Tribunal.

Ambato, febrero 2024.

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

Ing. Franklin Tigre Ortega, Mg.
PROFESOR CALIFICADOR

Ing. Bolívar Morales Oñate, Mg
PROFESOR CALIFICADOR

DEDICATORIA

Con la más humilde reverencia, ofrezco este trabajo a la divinidad que guía mi ser. En el recorrido de esta travesía, agradezco a Dios, manantial eterno de sabiduría, por sus bendiciones que han sido faro en mis días. La fortaleza que me ha concedido es el pilar que evitó para no decaer. En los momentos más cruciales, a ti, Dios misericordioso, agradezco por levantarme, por caminar a mi lado. Este logro es la sinfonía de tus manos que me sostienen y la melodía de la fe que me inspira. Con gratitud eterna, dedico este trabajo a la divina guía que ha tejido cada paso de este camino.

A mi venerado padre, Ángel Manobanda, faro de sabiduría y sostén incondicional; y a mi adorada madre, Rosa Chuquicondor, fuente eterna de amor y guía. Agradezco con el corazón rebosante por instruirme con los valores más sublimes del hogar; es gracias a ustedes que he alcanzado la cúspide de mi trayectoria y he materializado una de mis múltiples metas.

A mis hermanos, Ramiro, Gladys, Bélgica, Jaime, David, Marisol e Iván, pilares inquebrantables de apoyo, cuyos lazos fortalecen mi camino.

A mis entrañables amigos y seres queridos, cuyas palabras y gestos avivaron la llama de la constancia en mí, quiero que este logro hoy sea por toda la armonía de influencias que ha marcado mi camino hacia el éxito.

Darío Manobanda

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, elevo mi sincero agradecimiento a Dios, fuente suprema de sabiduría y guía, por permitirme alcanzar este hito en mi trayectoria académica y por proveerme la fortaleza necesaria para afrontar los desafíos.

A mis apreciados padres, hermanos y amigos, les extiendo mi agradecimiento por ser faros de apoyo y fuentes de inspiración. Su presencia ha sido un regalo invaluable que ha enriquecido cada capítulo de mi vida. Con aprecio sincero, reconozco la importancia de su contribución en este logro.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, mi profundo agradecimiento por ser el escenario donde he forjado conocimientos, sabiduría, inteligencia, creatividad e innovación.

A la Corporación Impactex Cía. Ltda., agradezco sinceramente por abrirme las puertas para la realización de este trabajo de investigación. Al Abg. Milton Altamirano, mi reconocimiento por su disposición constante durante todas las fases de este estudio.

Un agradecimiento especial al Ing. Luis Morales, mi tutor, por su invaluable orientación a lo largo de este proceso, guiándome con sabiduría y experiencia.

En este momento culminante, reconozco y agradezco a cada uno de ustedes.

Darío Manobanda

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	1
ÍNDICE DE TABLAS	5
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
ÍNDICE DE ANEXOS.....	12
RESUMEN EJECUTIVO	14
ABSTRACT.....	15
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO.....	16
1.1 Tema de investigación.....	16
1.1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2 Antecedentes investigativos	19
1.3 Fundamentación teórica	23

1.3.1	Proceso productivo.....	23
1.3.2	Proceso productivo de confección textil	23
1.3.3	Etapas de la confección de ropa interior	24
1.3.4	Levantamiento de procesos productivo.....	24
1.3.5	Calidad.....	25
1.3.6	Control de la calidad.....	25
1.3.7	Control estadístico de calidad	26
1.3.8	Defectos	26
1.3.9	Variación	26
1.3.10	Herramientas de la calidad	26
1.3.11	Gráfica de control.....	28
1.3.12	Gráfica de control para atributos	29
1.3.13	Interpretación de las cartas de control y causas de la inestabilidad	31
1.3.14	Índice de inestabilidad, St	33
1.3.15	Metodología Six Sigma.....	33
1.3.16	Meta de Six Sigma	34
1.3.17	Metodología DMAIC	34
1.3.18	Herramientas de Six Sigma.....	37
1.3.19	Las métricas Seis Sigma para atributos.....	38
1.3.20	Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)	40
1.3.21	Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos	42

1.4 Objetivos	46
1.4.1 Objetivo general	46
1.4.2 Objetivos específicos	46
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA.....	47
2.1 Materiales	47
2.2 Métodos	48
2.2.1 Enfoque	48
2.2.2 Investigación descriptiva.....	49
2.2.3 Modalidad de la investigación	49
2.2.4 Población y muestra	50
2.2.5 Recolección de información.....	51
2.2.6 Procesamiento y análisis de datos	53
2.3 Metodología DMAIC para el desarrollo del proyecto	56
2.3.1 Fase preliminar.....	56
2.3.2 Implementación del proyecto Six Sigma	56
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	64
3.1 Estructura general de la empresa.....	64
3.1.1 Mapa de procesos	66
3.1.2 Diagrama de bloques del proceso general de producción.....	66
3.1.3 Productos ofertados.....	70
3.2 Selección del producto objeto a estudio.....	73

3.2.1 Proceso productivo de corporación Impactex Cía. Ltda.	74
3.2.2 Descripción general del proceso productivo del producto objeto a estudio	75
3.2.3 Diseño de ropa interior código BH 7021	76
3.2.4 Recursos empleados en la producción del bóxer BH 7021:.....	76
3.3 Levantamiento de los procesos productivos del objeto de estudio	77
3.3.1 Descripción del proceso productivo.....	82
3.3.2 Diagrama de ensamble del proceso de confección del bóxer BH 7021	83
3.3.3 Cursograma analítico del proceso de producción del objeto de estudio	85
3.4 Aplicación de la metodología Six Sigma	87
3.4.1 Fase de definición	87
3.4.2 Fase de medición.....	104
3.4.3 Fase de análisis.....	124
3.4.4 Fase de mejora y control	139
CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	182
4.1 Conclusiones	182
4.2 Recomendaciones.....	183
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	185
ANEXOS	196

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Patrones que determina la inestabilidad en un proceso.....	31
Tabla 2. Simbología de un diagrama de flujo	36
Tabla 3. Valores del Cp y su interpretación	38
Tabla 4. Tabla de conversión sigma.....	39
Tabla 5. Lista de materiales utilizados en el desarrollo de la investigación	47
Tabla 6. Resultados obtenidos del proceso de muestreo de trabajo	50
Tabla 7. Técnicas y herramientas utilizadas en la recolección de información	52
Tabla 8. Procesamiento y análisis de datos seleccionar el objeto de estudio.....	53
Tabla 9. Procesamiento y análisis de datos basados en la metodología DMAIC	54
Tabla 10. Criterios de evaluación del NPR para las causas raíz identificadas.....	63
Tabla 11. Datos informativos de la corporación Impactex Cía. Ltda.	64
Tabla 12. Ubicación geográfica de la corporación Impactex Cia. Ltda.	65
Tabla 13. Líneas de productos ofertados en la empresa.....	71
Tabla 14. Lista de códigos de los productos ofertados más vendidos	73
Tabla 15. Modelo de producto seleccionado para el estudio.	74
Tabla 16. Descripción de la maquinaria.....	77
Tabla 17. Requerimiento de producto terminado - Control de producción.	81
Tabla 18. Actividades para la fabricación del bóxer con código BH 7021.....	82
Tabla 19. Cursograma analítico del modelo BH 7021	84
Tabla 20. Técnica 5W-2H aplicada en el área de producción.....	90

Tabla 21. Cuantificación de defectos en el área de recepción	95
Tabla 22. Defectos o modos de fallos del bóxer modelo BH 7021.....	98
Tabla 23. Identificación de clientes	100
Tabla 24. Marco del proyecto Six Sigma.....	103
Tabla 25. Análisis de desacuerdos del estudio R&R	105
Tabla 26. Resultados de repetibilidad del estudio R&R	106
Tabla 27. Resultados de reproducibilidad del estudio R&R.....	107
Tabla 28. Número de desacuerdos entre parejas de operadores	108
Tabla 29. Resumen del estudio R&R para atributos	108
Tabla 30. Metáfora del semáforo	109
Tabla 31. Métricas Six Sigma para los defectos estudiados.	124
Tabla 32. % Participación de causas de fallas de costura	127
Tabla 33. Causas potenciales que existen en las fallas de costura.....	128
Tabla 34. % Participación de causas de manchas de aceite	132
Tabla 35. Causas potenciales que existen en las manchas de aceite	133
Tabla 36. Identificación de causa raíz bajo los 5 porqué: causas por falla de costura	134
Tabla 37. Identificación de causa raíz bajo los 5 porqué: causas por manchas de aceite	134
Tabla 38. Descripción de causas raíz	135
Tabla 39. Matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEF).....	137
Tabla 40. Resumen de resultados de AMEF.....	138

Tabla 41. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la inexistencia de mantenimiento preventivo en máquinas de coser ...	139
Tabla 42. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la falta de capacitación en técnicas de costura	140
Tabla 43. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo	140
Tabla 44. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo	141
Tabla 45. Acciones de mejora para el defecto fallas de costura	141
Tabla 46. Acciones de mejora para el defecto manchas de aceite	142
Tabla 47. Consideraciones transversales de las propuestas de mejora	142
Tabla 48. Secuencia de actividades y lista de verificación para el mantenimiento de máquinas de coser	152
Tabla 49. Indicadores clave de rendimiento para evaluar el mantenimiento de máquinas de costura	154
Tabla 50. Cronograma de mantenimiento para máquina recta	155
Tabla 51. Cronograma de mantenimiento para máquina overlook 1	156
Tabla 52. Cronograma de mantenimiento para máquina overlook 2	158
Tabla 53. Cronograma de mantenimiento para máquina overlook 3	159
Tabla 54. Cronograma de mantenimiento para máquina flaximer.....	161
Tabla 55. Cronograma de mantenimiento para máquina elasticadora	162
Tabla 56. Cronograma de mantenimiento para máquina recubridora.....	164
Tabla 57. Cronograma de mantenimiento para máquina rematadora	165

Tabla 58. Cronograma de mantenimiento para máquina cortadora de elástico	167
Tabla 59. Procedimiento para la detección de fugas de aceite en máquinas de coser	168
Tabla 60. Programa continuo de capacitación en técnicas de costura	170
Tabla 61. Protocolos de limpieza para máquinas y estaciones de trabajo	174
Tabla 62. Programa diario de limpieza	177
Tabla 63. Programa de retención y desarrollo del personal	178

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso productivo	23
Figura 2. Patrón 1: Cambio de nivel	31
Figura 3. Patrón 2: Tendencia	32
Figura 4. Patrón 3: Ciclo	32
Figura 5. Patrón 4: Alta variabilidad.....	32
Figura 6. Patrón 5: Falta de variabilidad.....	32
Figura 7. Antes y después de aplicar Six Sigma	34
Figura 8. Metodología Six Sigma - Metodología DMAIC para la mejora	35
Figura 9. Flujograma para elaborar un AMEF.....	41
Figura 10. Esquema general de actividades para elaborar un AMEF	62
Figura 11. Organigrama estructural de la Corporación Impactex Cía. Ltda.	67
Figura 12. Mapa de procesos de la Corporación Impactex Cía. Ltda.	68
Figura 13. Representación gráfica que ilustra el proceso integral de fabricación de los productos	69
Figura 14. Plano técnico del diseño del modelo BH 7021 terminado.....	76
Figura 15. Diagrama de flujo del bóxer BH 7021	78
Figura 16. Proceso productivo del objeto de estudio. Código BH 7021	79
Figura 17. Cursograma analítico del modelo BH 7021.....	86
Figura 18. Lluvia de ideas de los principales problemas de calidad en el área de producción.....	88

Figura 19. Diagrama de Pareto de los defectos que aparecen en el área de producción.	96
Figura 20. Mapa de necesidades de los clientes internos y externos	101
Figura 21. CTQ'S del proyecto con defectos en fallos de costura.	102
Figura 22. CTQ'S del proyecto con defectos de manchas de aceite.	102
Figura 23. Carta de control “P” para problemas con fallos de costura	111
Figura 24. Resultado del informe de capacidad del defecto fallas de costura.	116
Figura 25. Resultados del análisis de capacidad para defectos por fallas de costura.	117
Figura 26. Carta de control “P” para problemas con manchas de aceite	118
Figura 27. Resultado del informe de capacidad del defecto fallas de costura.	122
Figura 28. Resultados del análisis de capacidad para defectos por fallas de costura.	123
Figura 29. Resultados de bóxeres BH 7021 sin defectos.	124
Figura 30. Diagrama de Ishikawa de fallas de costura en el bóxer BH 7021	125
Figura 31. Diagrama de Pareto para fallas de costura.....	128
Figura 32. Diagrama de Ishikawa de manchas de aceite en el bóxer BH 7021	129
Figura 33. Diagrama de Pareto para manchas de aceite	132
Figura 34. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el programa de mantenimiento de las máquinas de costura.....	148
Figura 35. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el área de personal y jefe de mantenimiento.....	149

Figura 36. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el área de jefa de producción	150
Figura 37. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el área de departamento de compras	151

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Formato del cursograma analítico	196
Anexo B. Guía de entrevista orientada a la jefa de producción de la Corporación Impactex Cia. Ltda.	197
Anexo C. Lluvia de ideas para la recolección de fallos en el área de producción ...	198
Anexo D. Técnica de las 5W-1H	200
Anexo E. Orden de producción N° 13647	201
Anexo F. Hoja de verificación para la recolección de defectos en la ropa interior del modelo de bóxer BH 7021 en el área de producción	203
Anexo G. Hoja de control de calidad utilizadas en el área de control de calidad para el bóxer de microfibra modelo BH 7021	204
Anexo H. Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para el BH 7021	205
Anexo I. Datos recolectados para elaborar la carta de control tipo “P” para fallas de costura	207
Anexo J. Datos recolectados para elaborar la carta de control tipo “P” para manchas de aceite.....	208
Anexo K. Índice Cp en términos de la cantidad de piezas malas y PPM	210
Anexo L. Implementación de la metodología de lluvia de ideas con el fin de identificar las causas que generan el defecto de las fallas de costura.....	211
Anexo M. Implementación de la metodología de lluvia de ideas con el fin de identificar las causas que generan el defecto de manchas de aceite.	212
Anexo N. Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla.....	213
Anexo O. Criterios para la evaluación de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMEF.....	214

Anexo P. Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla en el bóxer BH 7021	215
--	-----

RESUMEN EJECUTIVO

El bajo control de calidad en la confección de ropa interior genera grandes pérdidas económicas para las empresas de esta rama productiva, por lo cual, la investigación se centró en evaluar el desempeño de control de calidad en los procesos de confección de ropa interior de la Corporación Impactex Cía. Ltda.

El estudio utilizó una investigación descriptiva y un enfoque cuantitativo basado en la metodología Six Sigma y su herramienta DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar). En la fase de definir, se empleó técnicas como lluvia de ideas, 5W-2H y diagrama de Pareto. La etapa de medir implementó un muestreo sistemático del 100% de los productos en un periodo de 15 días. El análisis se realizó mediante el diagrama de Ishikawa, los 5 por qué y el AMEF. Y finalmente, en la fase de mejora se utilizó la herramienta 5W-1H para la propuesta de control.

Los resultados arrojan que los defectos de "fallas de costura" y "manchas de aceite" son los principales responsables de ocasionar variabilidad en la producción (49,7% y 25,2%, respectivamente). Esto se atribuyó a la falta de capacitación en técnicas de costura, rotación frecuente del personal, carencia de mantenimiento preventivo en las máquinas de coser y ausencia de protocolos de limpieza. Además, el análisis Six Sigma reveló que el proceso está fuera de control estadístico, con 36151 PPM fuera de especificaciones y un nivel sigma de 1,8 para fallas de costura, y 5837 PPM fuera de especificaciones con un nivel sigma de 2,52 para manchas de aceite.

Se concluye que el proceso de confección de ropa interior presenta un bajo control estadístico de calidad en su confección, debido a que el nivel sigma actual de la empresa está por debajo de lo recomendado para la industria textil que deberían estar de 3 a 4 sigmas.

Palabras clave: Six Sigma, industria textil, ropa interior, DMAIC, control de calidad.

ABSTRACT

Inadequate quality control in the manufacturing of underwear results in significant economic losses for companies in this productive sector. Therefore, the research aimed to assess the quality control performance in the processes of underwear manufacturing at “Corporación Impactex Cía. Ltda.”.

The study employed a descriptive research design with a quantitative approach based on the Six Sigma methodology and its DMAIC tool (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control). In the Define phase, techniques such as brainstorming, 5W-2H, and Pareto diagram were utilized. The Measurement stage involved systematic sampling of 100% of the products over a 15-day period. Analysis was conducted using the Ishikawa diagram, 5 Whys, and FMEA. Finally, in the Improve phase, the 5W-2H tool was applied for the control proposal.

The results indicate that "sewing defects" and "oil stains" are the primary contributors to production variability (49.7% and 25.2%, respectively). This was attributed to a lack of training in sewing techniques, frequent personnel turnover, inadequate preventive maintenance on sewing machines, and the absence of cleaning protocols. Additionally, the Six Sigma analysis revealed that the process is statistically out of control, with 36,151 PPM out of specifications and a sigma level of 1.8 for sewing defects, and 5,837 PPM out of specifications with a sigma level of 2.52 for oil stains.

The study concludes that the underwear manufacturing process exhibits poor statistical quality control in its execution. This is evidenced by the current sigma level of the company being below the recommended range of 3 to 4 sigmas for the textile industry.

Keywords: Six Sigma, textile industry, underwear, DMAIC, quality control.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1.1 Tema de investigación

CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE CONFECCIÓN DE ROPA INTERIOR DE LA CORPORACIÓN IMPACTEX CÍA. LTDA.

1.1.1 Planteamiento del problema

En la industria de la manufactura, el sector de la confección textil enfrenta retos para PYMES y grandes empresas que buscan constituirse como líderes en el ámbito en el cual se desempeñan [1]. Los fabricantes de textiles deben satisfacer la demanda cada vez mayor de los consumidores de productos de alta calidad, es por ello, que todas las empresas que fabrican o compran textiles, las inspecciones y auditorías de control de calidad son esenciales para gestionar los riesgos que implica la producción textil [2].

Una observación e inspección inadecuada durante el proceso de fabricación de prendas de vestir resultan en el incumplimiento de los estándares de calidad, defectos en las prendas y costos adicionales [3]. Además, la falta de registros y documentación dificulta la identificación de las causas raíz y obstaculiza la mejora continua e innovación de los procesos [4]. Asimismo, factores como la adquisición de materiales, los problemas en la producción, el control del proceso, la falta de experiencia, capacitación y compromiso de los trabajadores son los principales elementos que afectan la calidad del producto [5].

Los defectos de calidad en la industria textil y de confección a menudo están relacionados con las dimensiones de las prendas, las telas desgastadas con hilos sueltos, los bordes sin terminar, las costuras abiertas, la selección incorrecta del hilo, las puntadas salteadas, las manchas de tinta, el empaque y el etiquetado incorrecto [2]. En consecuencia, las empresas no pueden ignorar el rendimiento de los procesos, ya que dependen de la eficacia y eficiencia de estos para garantizar la calidad de las prendas confeccionadas y que llegan al cliente final [6].

A nivel mundial, el objetivo para las industrias no es fabricar un producto, sino ser competitivos [7]. En cuanto a la industria textil, al igual que otros sectores, se enfrenta a una globalización que ha llevado a un mundo que exige competitividad, innovación, calidad y mejora continua [8]. Para las empresas textiles, existe algunos problemas complejos que dificultan su progreso, entre los más considerables se tiene: costos de fabricación, jerarquía de la empresa, problemas de calidad, estandarización de procesos, entre los más importantes [6].

En América Latina, la confección en el sector textil surgió de la actividad familiar [9], como tal, al gestionarse el proceso empíricamente las tendencias de mejora en estas organizaciones son más complejas ya que ocasionan bajos niveles de calidad en sus productos; muchos de los defectos parten desde el ingreso de la materia prima y esto se debe a que no existe un método de muestreo y verificación, por ende, se detectan defectos en los procesos que dependen de este insumo [10]. Asimismo, la falta de control estadístico de calidad en los procesos de manufactura incide en pérdidas y costos de reprocesamiento [11].

En las fábricas de textiles, especialmente en el área de confección, se observan altos niveles de desperdicio debido a defectos como manchas, roturas y decoloración en las prendas. Estos productos no pueden ser reprocesados y, en consecuencia, son descartados, lo que resulta en pérdidas económicas. Por esta razón, la mejora de los procesos se enfoca en establecer mecanismos que permitan controlar la calidad desde la llegada de la materia prima hasta el producto final. Esto implica verificar aspectos como la limpieza de la prenda, la calidad de las costuras, los cortes y la ausencia de rasgaduras o roturas [12].

En la actualidad, el negocio de la moda, que engloba la industria textil, la confección y el calzado, desempeña un papel crucial como motor económico del país, a pesar de las numerosas deficiencias que presenta desde la perspectiva del consumidor, el comerciante y el fabricante [13]. La industria ecuatoriana es un componente fundamental de la economía nacional y, en consecuencia, contribuye al desarrollo económico del país. Tres destacadas organizaciones dentro de este sector: la Asociación de Industriales Textiles del Ecuador (AITE), la Federación Ecuatoriana de la Industria del Metal (Fedimetal) y Lanfor, todas ellas afiliadas a la Cámara de

Industrias y Producción (CIP), respaldan la destacada capacidad y, sobre todo, la calidad impecable que asegura un futuro prometedor [14].

A lo largo de la historia, la industria textil de Ecuador ha sido reconocida como una de las actividades manufactureras más importantes desde el punto de vista económico para el país [15]. Según los datos proporcionados por la Asociación de Confeccionistas Textiles (Acontex), aproximadamente el 36% de todas las prendas de vestir adquiridas en Ecuador provienen de la provincia de Tungurahua, abarcando tanto pequeñas, medianas y grandes empresas, así como artesanos y microempresas. Dentro de las 272 textiles registradas en el país, Tungurahua ocupa el segundo lugar con una participación del 19% [16].

En la provincia de Tungurahua, ninguna empresa ha logrado establecer una posición competitiva en el mercado internacional [17]. Esto se debe a que, en la actualidad, las organizaciones deben llevar a cabo todas sus actividades dentro de un entorno altamente competitivo. Es importante destacar que en la industria textil se han identificado defectos frecuentes en el proceso de confección, como costuras rotas o abiertas, costuras sin rematar, hilos sueltos, costuras torcidas, variaciones en los tonos de los hilos, reparaciones visibles, manchas de aceite, entre otros [18], [19]. Estos defectos pueden ser prevenidos desde la selección de la materia prima y controlados en cada etapa del proceso para evitar pérdidas y gastos innecesarios [20].

La Corporación Impactex Cía. Ltda. es una destacada compañía en la industria textil a nivel nacional e internacional, especializada en la fabricación de prendas de ropa interior. Cuenta con un equipo altamente capacitado y una planta de producción moderna equipada con tecnología de vanguardia. Gracias a estas ventajas, la empresa ha experimentado un crecimiento significativo tanto en su producción como en la variedad de productos ofrecidos. Esto ha generado un impacto positivo y una gran aceptación a nivel nacional, además de un progreso financiero notable. El éxito de la empresa se basa en su capacidad de diferenciación en términos de variedad, calidad, diseño y precio de sus productos. Para lograrlo, han implementado una estrategia competitiva centrada en la diferenciación y las tendencias del mercado.

Dicha empresa al ver el aumento significativo en el número de competidores está motivando a incrementar su competitividad, aunque la empresa cuenta con

certificación ISO 9001, no cumplen con ciertos requerimientos del control de calidad en sus procesos, por lo tanto, existen variabilidad en la producción que puede ocasionar defectos asociados a la calidad, por ello, el producto terminado sale con fallas ocasionando demoras, desperdicios, retrabajos y pérdidas económicas, por tal motivo, realizar una evaluación del desempeño de control de calidad en los procesos de confección de ropa interior ayudará a que la empresa pueda identificar los problemas que generan esta situación negativa en el proceso productivo.

1.2 Antecedentes investigativos

En los procesos de confección de ropa interior, el control de calidad juega un papel fundamental para garantizar la satisfacción del cliente y la excelencia en la producción. Sin embargo, surge la pregunta de si el control de calidad desarrollado en estos procesos es eficiente, para responder a esta interrogante, es necesario explorar cómo se lleva a cabo el control de calidad en la confección de ropa interior, las herramientas utilizadas y si existen modelos o estándares como la ISO (Internacional Organization for Standardization) que sirvan de referencia. A continuación, se muestran los antecedentes investigativos:

En cuanto a la variabilidad en el proceso productivo de confección de ropa interior se puede citar lo siguiente:

Los resultados obtenidos en la investigación [21] desarrollado en India, se evidencia que factores como la variabilidad en la selección y preparación de materiales, el ajuste de las máquinas de coser, la habilidad y destreza de los operarios, así como la gestión de la producción y los procesos de control de calidad son fuentes de variabilidad en el proceso de confección de prendas de vestir. El estudio logró identificar estas causas o defectos a través de la metodología Six Sigma.

Varios estudios recientes [22], [23], [24], [25] han sugerido que, en el proceso productivo de confección de ropa interior, la variabilidad puede darse en 4 categorías:

1. Variabilidad en los materiales: La calidad y características de los materiales utilizados en la confección de ropa interior, como telas, elásticos y accesorios, pueden variar y afectar la calidad y consistencia del producto final.

2. Variabilidad en la mano de obra: Las habilidades y experiencia de los trabajadores que participan en el proceso de confección, lo que puede influir en la calidad y precisión de las costuras, cortes y acabados.
3. Variabilidad en los equipos y maquinaria: El estado y calibración de las máquinas de coser y otros equipos utilizados en la confección y que pueden tener un impacto en la calidad del producto final.
4. Variabilidad en los procesos: La falta de estandarización, control y seguimiento de instrucciones de los procesos de confección, pueden conducir a la variabilidad en la calidad de las prendas confeccionadas.

En conclusión, los estudios mencionados determinan que el uso del Six Sigma junto con las herramientas de Lean Manufacturing permiten analizar y reducir respectivamente la variabilidad de los procesos de confección textil que generan defectos en la fabricación de prendas de vestir.

La evaluación del nivel de calidad en la confección textil de ropa interior es un aspecto crítico para asegurar la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los estándares establecidos. En cuanto a cómo se evalúa el nivel de calidad en la confección textil de ropa interior se puede citar lo siguiente:

A medida que la metodología Six Sigma ha demostrado un notable éxito en varias partes del mundo, las empresas de Bangladesh han comenzado a adoptarla en sus procesos como una herramienta de mejora continua; como resultado, han logrado reducir significativamente la cantidad de productos defectuosos y, en consecuencia, mejorar la calidad del producto final [26]. Para ejemplificar este cometido, en una empresa de confección de prendas de vestir en Bangladesh, al implementar la metodología DMAIC, se consiguió reducir aproximadamente un 35% de los defectos identificados en las prendas, al mismo tiempo que se mejoró el nivel sigma de 1.7 a 3.4 [27].

Diversos autores han resaltado la eficacia de la metodología Six Sigma, que ha llevado a la creación de mejoras notables al reducir la variabilidad en los procesos de producción. Esto se logra al minimizar las desviaciones estándar, permitiendo que el

producto o servicio satisfaga o supere las expectativas de los clientes [28]. La idea central de esta metodología consiste en medir cuantitativamente los defectos en el proceso, para luego estimar su eliminación o reducción gradual hasta lograr una cercanía al objetivo de cero defectos [29].

Por otro lado, la investigación [30], propuso mejorar el sistema productivo de la empresa Moda Atlántico en Barranquilla mediante el uso de la metodología Six Sigma y herramientas estadísticas como el diagrama de Pareto y el diagrama de Ishikawa. El estudio reveló que los problemas se concentraban en el proceso de confección debido a causas relacionadas con operarios y maquinaria. Se desarrolló un plan de control que incluyó la implementación de la metodología 5'S y el Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) para organizar la producción y optimizar el sistema productivo. Los resultados del estudio mostraron un nivel sigma a corto plazo de 1.05 y a largo plazo de -0.45.

Con base en el estudio [31] realizada en Perú, el Six Sigma es una herramienta que las empresas pueden utilizar para mejorar la capacidad de sus procesos, incrementar el rendimiento y reducir la variación. Para lograr esto, se emplean herramientas como el diagrama de proceso, las cartas de control y los índices de capacidad en la etapa de evaluación y también se utilizan herramientas de Lean Manufacturing como las 5S, SMD, Kanban, Hoshin Kanri, Andon, TPM, Heijunka, Takt time, Gemba y Poka-Yoke para implementar un plan de acción de mejora en un estudio donde tengan por objetivo disminuir los defectos y mejorar la calidad del producto.

Por último, en estudios realizados en una empresa textil ubicada en España, demuestran que, utilizando técnicas estadísticas y herramientas de control de calidad como pruebas de resistencia, pruebas de ajuste, pruebas de lavado, inspecciones visuales y encuestas de satisfacción del cliente se puede reducir la tasa de defectos (resistencia de las costuras, precisión de los cortes, durabilidad de los materiales) y mejorar la calidad de los productos de ropa interior. El estudio parte desde la medición y el análisis de diferentes etapas del proceso confección con la finalidad de evaluar e identificar posibles defectos y determinar el nivel de calidad alcanzado [32].

En el contexto de la Corporación Impactex Cía. Ltda., se plantea la interrogante sobre la existencia de oportunidades de mejora en la confección de ropa interior. Identificar

y abordar estas oportunidades puede ser fundamental para optimizar los procesos de producción, elevar la calidad de los productos y aumentar la satisfacción de los clientes. A través de un análisis exhaustivo, se busca identificar áreas de mejora y proponer soluciones efectivas que impulsen el crecimiento y la competitividad de la corporación en el sector de la confección de ropa interior. De este modo, en cuanto a situaciones de mejora se puede citar lo siguiente:

En un estudio desarrollado en una fábrica de ropa interior en China, se implementó el control de calidad en los procesos de confección de manera exitosa. Mediante el uso del Proceso Analítico Jerárquico Difuso (FAHP), se logró mejorar la eficiencia de producción y reducir la cantidad de productos defectuosos. El estudio identificó factores clave que influyen en la eficiencia del control de calidad, como la capacitación del personal, la inspección de materias primas y la calidad de las costuras. A través de una evaluación basada en criterios, subcriterios y pesos establecidos, se identificaron áreas de mejora y se tomaron decisiones informadas para optimizar el proceso de control de calidad en la producción de ropa interior [33].

En un estudio realizado por [34], se demostró que la implementación de un control de calidad adecuado en los procesos de confección de ropa interior tuvo un impacto positivo en la eficiencia de producción y la reducción de productos defectuosos. El estudio identificó áreas de mejora, como la capacitación del personal, la estandarización de los procedimientos de control de calidad y la mejora de la comunicación entre los departamentos involucrados. La investigación se llevó a cabo en una fábrica textil en Estados Unidos, utilizando herramientas de Lean Manufacturing. Los resultados del estudio destacaron que un sistema de control de calidad eficiente puede mejorar la eficiencia y la calidad del producto, al reducir los defectos, aumentar la satisfacción del cliente y mejorar la rentabilidad de la empresa.

De igual manera, la investigación [35], realizada en una fábrica de prendas de vestir en Brasil concluyó que la evaluación del nivel de calidad en la confección textil de ropa interior es de vital importancia para garantizar la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa. En este estudio se identificaron áreas de mejora, como la uniformidad de las costuras, la resistencia de los materiales y la comodidad de uso. Además, se propusieron medidas específicas de control de calidad, como inspecciones

más rigurosas y capacitación adicional para los trabajadores. El objetivo fue evaluar el nivel de calidad en la confección textil de ropa interior a través de inspecciones visuales y pruebas de resistencia en las prendas de ropa interior.

1.3 Fundamentación teórica

1.3.1 Proceso productivo

Se refiere a la secuencia de actividades y operaciones que se llevan a cabo para transformar los insumos o materiales en productos finales o servicios. Es un conjunto de etapas interrelacionadas que buscan optimizar los recursos y alcanzar los objetivos de producción de una organización [36].

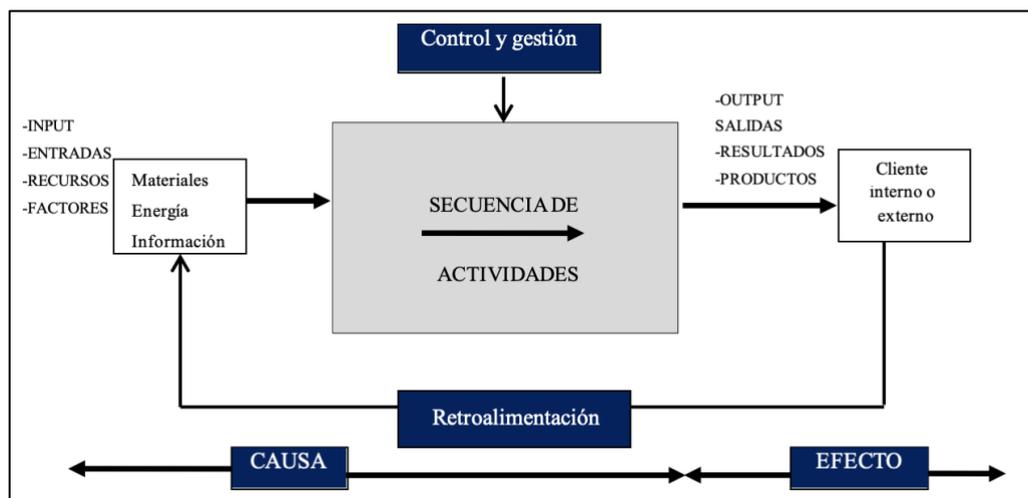


Figura 1. Proceso productivo [37]

La Figura 1, indica la representación del rendimiento de un proceso y los componentes asociados a este.

1.3.2 Proceso productivo de confección textil

Un proceso de confección textil se refiere a la secuencia de actividades y operaciones realizadas para transformar los materiales textiles en prendas de vestir o productos textiles acabados. Involucra una variedad de etapas, como el diseño, corte, ensamblaje, costura, acabado y empaque de los productos textiles [38].

La confección textil implica la aplicación de habilidades técnicas y conocimientos específicos relacionados con la manipulación de telas, el uso de máquinas de coser, la selección de materiales adecuados, el control de calidad y otros aspectos relevantes para lograr prendas de calidad [38].

1.3.3 Etapas de la confección de ropa interior

Las etapas de la confección de ropa interior pueden variar según el tipo de prenda y los métodos de producción utilizados. Aunque los procesos específicos pueden diferir, generalmente se pueden identificar las siguientes etapas comunes en la confección de ropa interior [39]:

- **Diseño y patrón.** Esta etapa implica la creación del diseño de la prenda y la elaboración de los patrones, que son plantillas utilizadas para cortar las piezas de tela.
- **Corte de tela.** En esta etapa, se cortan las piezas de tela de acuerdo con los patrones diseñados. Se utiliza maquinaria especializada o herramientas manuales para realizar el corte de manera precisa.
- **Costura y ensamblaje.** Las piezas de tela cortadas se cosen y ensamblan para crear la forma y estructura de la prenda. Esto puede incluir la unión de paneles, inserción de elásticos, colocación de cierres o cualquier otro detalle requerido.
- **Acabado.** Después de la costura y el ensamblaje, se realizan las operaciones de acabado, como el remate de bordes, la colocación de etiquetas, el planchado y el control de calidad.
- **Embalaje y etiquetado.** Una vez que la prenda está terminada y ha pasado el control de calidad, se empaqueta y etiqueta para su distribución y venta.

1.3.4 Levantamiento de procesos productivo

Es una metodología utilizada en la ingeniería industrial para analizar y comprender en detalle cómo se lleva a cabo un proceso de producción en una organización. Consiste

en identificar, documentar y analizar todas las actividades, tareas, flujos de información y recursos involucrados en el proceso, con el objetivo de identificar áreas de mejora, optimizar la eficiencia y reducir costos [40].

1.3.5 Calidad

La calidad se refiere al conjunto de características y atributos de un producto, servicio o proceso que cumplen con los requisitos, expectativas y necesidades del cliente. Se trata de la conformidad con los estándares establecidos, la ausencia de defectos y la satisfacción del cliente en términos de desempeño, durabilidad, confiabilidad y valor [41]. Adicionalmente, de acuerdo con la norma ISO 9000:2015, la calidad se refiere al nivel en el que un objeto posee una serie de características intrínsecas y cumple con los requisitos establecidos [42].

1.3.6 Control de la calidad

El control de calidad se refiere al conjunto de actividades y técnicas que se llevan a cabo para medir, evaluar y mejorar la calidad de los productos o servicios ofrecidos por una organización. Su objetivo principal es garantizar que los productos cumplan con los estándares y requisitos de calidad establecidos [43].

El control de calidad implica la identificación de los estándares de calidad, el establecimiento de métodos de medición y evaluación, la recolección de datos, el análisis de resultados y la toma de acciones correctivas en caso de desviaciones o incumplimientos de los estándares establecidos [43].

El control de calidad se implementa en todas las etapas del proceso de producción, no solo al final del producto, abarcando desde la recepción de la materia prima e insumos hasta el producto terminado. En este proceso, se combinan la utilización de técnicas estadísticas, procedimientos técnicos y conocimiento del producto con el objetivo de alcanzar la meta de obtener un producto de calidad óptima al menor costo posible [44].

1.3.7 Control estadístico de calidad

El control estadístico de calidad es una herramienta utilizada para monitorear y controlar la calidad de los procesos de producción. Se basa en la recolección y análisis de datos estadísticos para identificar variaciones y tendencias en el proceso y tomar decisiones informadas para mejorar la calidad del producto. Permite detectar desviaciones significativas en el proceso y tomar medidas correctivas antes de que se produzcan productos no conformes [45].

1.3.8 Defectos

Los defectos en el control de calidad se refieren a las fallas, imperfecciones o errores que se detectan en un producto durante el proceso de control de calidad. Estos defectos pueden variar en su naturaleza y gravedad, y su presencia indica una desviación con respecto a los estándares de calidad establecidos. La identificación y corrección de los defectos es fundamental para garantizar la entrega de productos conformes y satisfacer las expectativas de los clientes [46].

1.3.9 Variación

La variación en el control de la calidad se refiere a las fluctuaciones o diferencias que se presentan en los resultados de un proceso o producto durante la realización del control de calidad. Estas variaciones pueden ser inherentes al proceso mismo o pueden surgir debido a factores internos o externos (mercados, maquinaria, mano de obra, métodos, materiales, capital, gestión, naturaleza, etc.) [47].

1.3.10 Herramientas de la calidad

Hay un conjunto de siete herramientas fundamentales que se utilizan para mejorar la calidad. Estas herramientas son eficaces para identificar problemas, determinar sus causas, prevenir errores y evaluar los efectos de las mejoras implementadas [48].

- Hoja de verificación o control

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

a. *Hoja de verificación o control*

También conocida como hoja de recolección de datos, hoja de comprobación, hoja de chequeo, esta plantilla predefinida se utiliza para recopilar datos de manera fácil y analizable [48]. Además, se utiliza para:

- Describir el rendimiento de un proceso.
- Clasificar los defectos encontrados.
- Identificar los tipos de fallas, sus causas y las áreas de origen.
- Determinar las causas de los problemas de calidad detectados.
- Evaluar los resultados de los planes de mejora implementados.
- Recopilar datos que pueden revelar patrones de eventos, defectos y problemas.

b. *Histograma*

Se trata de una distribución que facilita la comprensión de si una variable de un proceso se encuentra dentro de los límites establecidos en las especificaciones. Además, proporciona una representación visual de la tendencia central, la variabilidad y la forma en que se distribuyen los valores [48].

c. *Diagrama de Pareto*

Se trata de un gráfico de barras en el que los elementos se ordenan de mayor a menor. Este gráfico se utiliza para identificar los defectos o problemas de calidad. Además, está relacionado con la regla conocida como 80/20, la cual establece que el 80% de los problemas provienen del 20% de las causas identificadas. Las barras en este contexto

se utilizan para representar las frecuencias o costos asociados a diferentes categorías que poseen un significado específico, por ejemplo, pueden ser errores, quejas, defectos, tipos de productos, entre otros [48].

d. Diagrama causa-efecto

Se trata de un método gráfico que cumple un papel crucial al identificar las posibles causas que afectan un problema de manera organizada y estructurada. Su objetivo principal es evitar el error de buscar soluciones directamente sin cuestionar las verdaderas causas subyacentes [48].

En el contexto de los procesos de manufactura, las causas suelen agruparse en las siguientes categorías:

- Material
- Máquina
- Mano de obra
- Método
- Medición
- Ambiente

Este enfoque permite abordar de manera exhaustiva y sistemática los diferentes aspectos que pueden contribuir a un problema en la producción.

1.3.11 Gráfica de control

El objetivo principal de estas gráficas es examinar y analizar el comportamiento de un proceso a lo largo del tiempo y tomar decisiones óptimas de control y mejora. Estos gráficos resultan altamente beneficiosos para estudiar las características de los productos, los factores variables del proceso, los costos, los errores y otros datos relacionados con la gestión administrativa [48].

1.3.12 Gráfica de control para atributos

Hay características de calidad en un producto que no se miden, sino que se evalúan como conformes o no conformes, y se registra el número de defectos que presenta [49]. Para este tipo de características de calidad, se utilizan los siguientes tipos de gráficos de control:

- Gráfico P (proporción o fracción de artículos defectuosos): Se emplea para controlar la proporción de unidades defectuosas en una muestra o lote de productos.
- Gráfico NP (número de unidades defectuosas): Este gráfico se utiliza para monitorear la cantidad total de unidades defectuosas en una muestra o lote.
- Gráfico C (número de defectos): Se utiliza para controlar el recuento total de defectos encontrados en una muestra o lote de productos.
- Gráfico U (número de defectos por unidad): Este tipo de gráfico se utiliza para monitorear la cantidad promedio de defectos por unidad de producto.

Estos gráficos de control son útiles para identificar cualquier variación o desviación en la presencia de defectos y permiten tomar medidas correctivas para mejorar la calidad del producto.

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

La carta de control de fracción disconforme, también conocida como carta "p", constituye una herramienta que facilita la vigilancia de la variabilidad de un proceso. Esto se logra al analizar la fracción o proporción de artículos defectuosos dentro de una muestra específica. Su finalidad principal es identificar causas especiales que puedan provocar un aumento en la proporción de productos defectuosos durante el monitoreo del proceso [49].

Para desarrollar la carta p, se recomienda seguir el procedimiento detallado en la obra [49]. Este proceso implica las siguientes etapas:

- Seleccionar una muestra de n_i elementos del lote o pedido de producción en consideración, pudiendo ser la totalidad del lote o una porción representativa.
- Examinar cada una de las n_i unidades de la muestra, clasificándolas como defectuosas o no defectuosas.
- Determinar la cantidad d_i de productos defectuosos dentro de la muestra de n_i elementos de cada lote o subgrupo i .
- Calcular la proporción de defectuosos p_i utilizando la fórmula:

$$p_i = \frac{d_i}{n_i} \quad (1)$$

- Representar gráficamente la carta p, donde se utiliza la proporción de defectuosos p_i como parámetro de control.

b. Límites de control para la carta p

Los límites de control en la carta p se establecen considerando la distribución binomial de los datos, utilizando la fórmula $\mu_w \pm 3\sigma_w$ [49]. Para cartas p con tamaño de subgrupo constante, los límites de control se definen de la siguiente manera:

$$\text{Límite de control superior (LCS)} = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (2)$$

$$\text{Línea central (LC)} = \bar{p} \quad (3)$$

$$\text{Límite de control inferior (LCI)} = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1 - \bar{p})}{n}} \quad (4)$$

En el caso de tamaños de subgrupo variables, se sugiere adoptar una de las siguientes opciones: (a) utilizar el tamaño promedio del subgrupo \bar{n} en lugar de n , o (b)

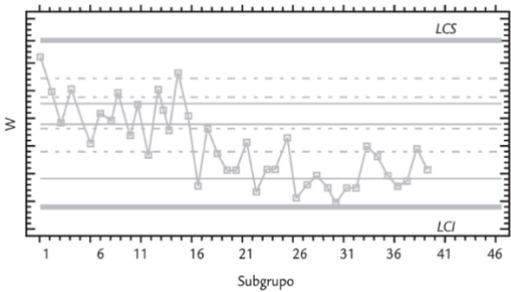
implementar una carta p de control con límites variables [49]. Este enfoque brinda mayor flexibilidad para adaptarse a variaciones en el tamaño del subgrupo y mejorar la efectividad del monitoreo del proceso.

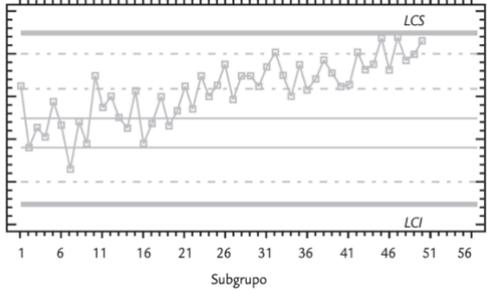
1.3.13 Interpretación de las cartas de control y causas de la inestabilidad

Las cartas de control son herramientas fundamentales para evaluar la estabilidad de un proceso. Además de evaluar la ubicación dentro de los límites naturales, se analizan patrones específicos basados en zonas definidas por límites sigma [49]. La detección de causas especiales de variación se produce cuando un punto se sitúa fuera de los límites de control o cuando los puntos en la carta siguen un patrón no aleatorio. Por el contrario, la estabilidad del proceso se indica cuando los puntos caen dentro de los límites de control y varían aleatoriamente a lo largo de la carta, acercándose a la línea central [49].

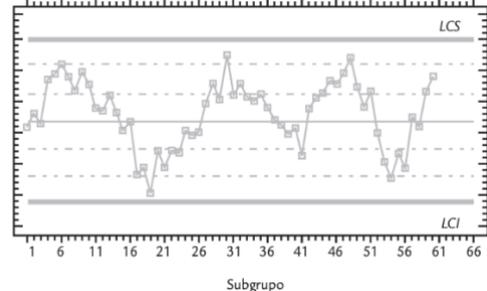
A continuación, se presentan cinco patrones que describen el comportamiento de los puntos en la carta, señalando si el proceso presenta causas especiales de variación. Estos patrones ayudan a identificar la inestabilidad del proceso y las posibles causas subyacentes [49]. La Tabla 1 muestra estos patrones de inestabilidad.

Tabla 1. Patrones que determina la inestabilidad en un proceso [49]

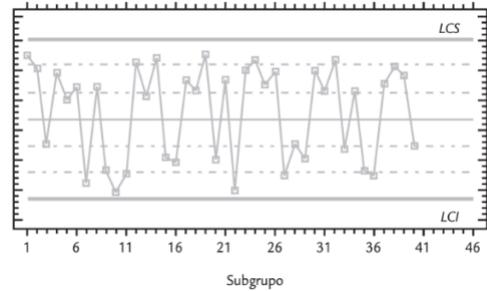
Patrón 1. Desplazamientos o cambios en el nivel del proceso	
Descripción	Imagen representativa
<p>Este fenómeno se manifiesta cuando uno o varios puntos exceden los límites de control, o cuando existen puntos consecutivos que se ubican en un solo lado de la línea central. Sus causas fundamentales incluyen la incorporación de nuevos operarios, maquinaria, materiales y métodos; modificaciones en los procedimientos de inspección, así como variaciones en la atención dispensada por los trabajadores al proceso.</p> <p>La Figura 2, ilustra claramente este patrón.</p>	 <p>Figura 2. Patrón 1: Cambio de nivel [49]</p>
Patrón 2. Tendencias en el nivel del proceso	
Descripción	Imagen representativa

<p>Este fenómeno se manifiesta cuando los valores de los puntos en la carta muestran una tendencia ascendente o descendente, indicando posibles causas como deterioro de equipos, desgaste de las herramientas, calentamiento de máquinas, o cambios ambientales.</p> <p>La Figura 3, ilustra claramente este patrón.</p>	 <p>Figura 3. Patrón 2: Tendencia [49]</p>
---	--

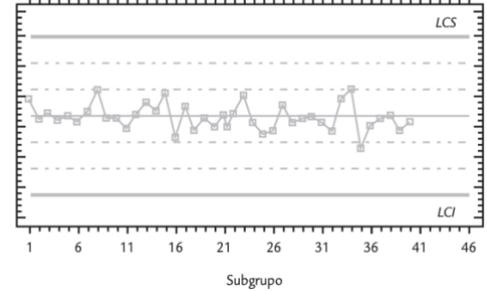
Patrón 3. Ciclos recurrentes (periodicidad)

Descripción	Imagen representativa
<p>Este fenómeno se manifiesta cuando se observa un patrón de puntos que aumenta y luego disminuye en ciclos repetitivos. Las causas principales incluyen cambios periódicos en el entorno, variaciones en las herramientas de medición y la rotación de máquinas o trabajadores.</p> <p>La Figura 4, ilustra claramente este patrón.</p>	 <p>Figura 4. Patrón 3: Ciclo [49]</p>

Patrón 4. Mucha variabilidad

Descripción	Imagen representativa
<p>Este fenómeno se manifiesta cuando existe una concentración significativa de puntos cerca de los límites de control y pocos o ninguno en la parte central de la carta. Este patrón se atribuye a ajustes innecesarios en el proceso, variaciones sistemáticas en la calidad del material o en los métodos, y al control de otros procesos en la misma carta.</p> <p>La Figura 5, ilustra claramente este patrón.</p>	 <p>Figura 5. Patrón 4: Alta variabilidad [49]</p>

Patrón 5. Falta de variabilidad (estaticación)

Descripción	Imagen representativa
<p>Este fenómeno se manifiesta cuando todos los puntos se agrupan en la región central de la carta, indicando baja variabilidad. Las causas primarias incluyen agrupamiento de muestras con medias significativamente diferentes o errores en el cálculo de los límites.</p> <p>La Figura 6, ilustra claramente este patrón.</p>	 <p>Figura 6. Patrón 5: Falta de variabilidad [49]</p>

1.3.14 Índice de inestabilidad, S_t

Cuando nos referimos a la inestabilidad de un proceso, significa que un punto está más allá (fuera) de los límites de control o que los puntos dentro de estos siguen un patrón no aleatorio. Por lo tanto, es crucial cuantificar esta inestabilidad mediante el índice de inestabilidad, definido por la siguiente ecuación [49]:

$$S_t = \frac{\text{Número de puntos especiales}}{\text{Número total de puntos}} \times 100 \quad (5)$$

La ecuación proporcionada cuantifica la inestabilidad de un proceso, calculándola mediante la proporción de puntos especiales respecto al total graficado en la carta. En la práctica, un valor de S_t superior al 5% indica inestabilidad, mientras que valores menores sugieren una estabilidad relativamente buena o regular: 0-2% para buena estabilidad, 2-4% para estabilidad regular [49], [50].

1.3.15 Metodología Six Sigma

El término "Six Sigma" se deriva de la letra griega Sigma " σ ", que representa la desviación estándar en una población o proceso. Six Sigma es una metodología de mejora continua que tiene como objetivo mejorar el rendimiento de los procesos en una organización. Sus principales objetivos son la satisfacción del cliente, la reducción del tiempo de ciclo y la disminución de los defectos. Además, identifica la variabilidad potencial en una muestra o conjunto de elementos, asegurándose de que todos los elementos estén sujetos a las mismas condiciones [51].

La aplicación de Six Sigma en la industria ofrece una serie de beneficios, entre ellos se encuentran: mejorar la calidad, aumentar la productividad, reducir costos, optimizar procesos y fomentar la creación de sistemas de gestión de calidad basados en normas internacionales ISO 9001:2015. Todo esto se traduce en una mejora global de los procesos [52]. Asimismo, el enfoque de Six Sigma proporciona un impulso a la excelencia en la calidad de los productos en las compañías de manufactura, lo que resulta en una reducción significativa de costos mientras se mantiene un alto nivel de

calidad y satisfacción del cliente. Este logro se alcanza mediante la colaboración entre el personal y los ejecutivos de la empresa [53].

1.3.16 Meta de Six Sigma

La meta de Six Sigma es alcanzar un nivel máximo de 3,4 defectos por millón de eventos u oportunidades (DPMO), donde un defecto se define como cualquier evento en el que un producto o servicio no cumple con los requisitos del cliente. Six Sigma representa un nivel de eficiencia del 99.999966% [54]. En la Figura 7, se muestra una ilustración que representa la aplicación de la metodología Six Sigma.

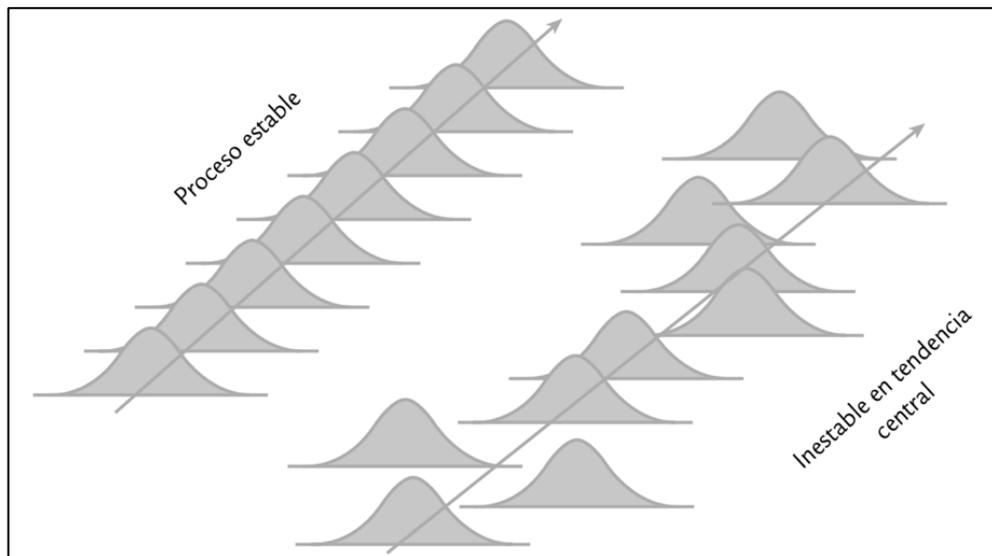


Figura 7. Antes y después de aplicar Six Sigma [49]

1.3.17 Metodología DMAIC

Six Sigma se basa en una estrategia sólida llamada DMAIC, que tiene como objetivo acercarse a un nivel de calidad de 6σ , que es el estándar que todas las empresas buscan alcanzar. Esta estrategia utiliza herramientas de control, análisis y mejora para lograr este objetivo. El acrónimo de esta metodología se compone de las etapas: definir, medir, analizar, mejorar y controlar. A través del uso de datos y el enfoque estadístico, se pueden identificar las variables críticas de calidad y las áreas que requieren mejoras [51].

A continuación, se presentan de manera concisa las etapas involucradas en la implementación de proyectos Six Sigma [51].

- Definir: Definir el problema (VCC) y señalar como afecta al cliente para precisar los beneficios esperados del proceso.
- Medir: Medir las VCC, verificar que pueden medir bien y determinar la situación actual.
- Analizar: Identificar las causas raíz, cómo se genera el problema y confirmar las causas con datos.
- Mejorar: Evaluar e implementar soluciones, asegurándose de que se reducen los defectos.
- Controlar: Diseñar un sistema que mantenga las mejoras logradas (controlar las X vitales), y cerrar el proyecto.

En la Figura 8, se muestra gráficamente las etapas que componen la metodología Six Sigma - DMAIC.

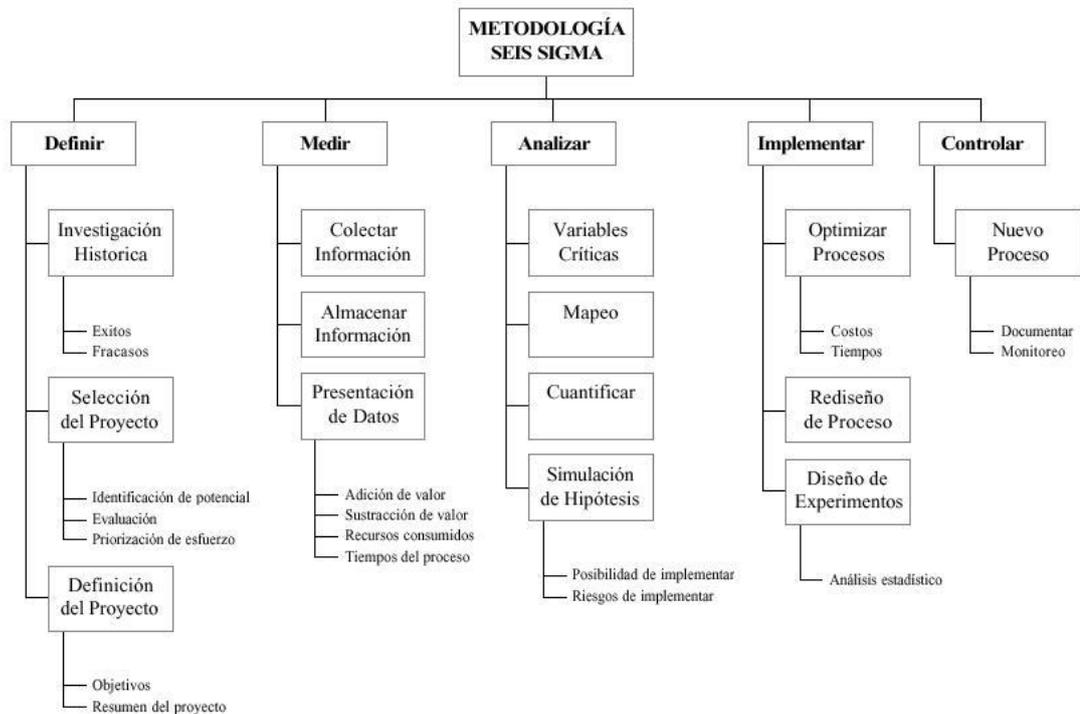


Figura 8. Metodología Six Sigma - Metodología DMAIC para la mejora [54]

Durante la fase de definición, se emplean comúnmente las siguientes herramientas:

Entrevistas: Esta técnica se utiliza en investigaciones cualitativas para recopilar información primaria a través de conversaciones estructuradas entre personas, con el objetivo de obtener respuestas específicas a problemas planteados [55].

Diagramas de flujo: Estos representan gráficamente los pasos de una actividad o proceso, ofreciendo una visión visual de cómo funciona el proceso y la relación entre las diferentes actividades. Se emplean símbolos específicos para denotar las distintas acciones involucradas [55], como se detalla en la Tabla 2.

5W+1H: Esta herramienta de análisis implica responder a seis preguntas fundamentales: what (qué), why (porqué), when (cuándo), where (dónde), who (quién) y how (cómo). Además de proporcionar información detallada, puede utilizarse para establecer actividades o estrategias que contribuyan a la implementación de acciones de mejora [55].

Tabla 2. Simbología de un diagrama de flujo [56]

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Terminal. Indica el inicio o la terminación del flujo del proceso		Actividad. Representa una actividad llevada a cabo en el proceso.
	Decisión. Indica un punto en el flujo en que se produce una bifurcación del tipo "SÍ" - "NO"		Documento. Se refiere a un documento utilizado en el proceso, se utilice, se genere o salga del proceso.
	Multidocumento. Refiere a un conjunto de documentos. Por ejemplo, un expediente que agrupa distintos documentos.		Inspección/ firma. Empleado para aquellas acciones que requieren supervisión (como una firma o "visto bueno").
	Base de datos/ aplicación. Empleado para representar la grabación de datos.		Línea de flujo. Proporciona una indicación sobre el sentido de flujo del proceso.

Cabe destacar que para las etapas subsiguientes se emplean las herramientas de calidad mencionadas anteriormente.

1.3.18 Herramientas de Six Sigma

Esta metodología se basa en la utilización de varias herramientas de calidad, incluyendo las siete herramientas clásicas utilizadas para recopilar y analizar datos. Además, también se emplean herramientas específicas como estudios de capacidad del proceso, análisis de la varianza (ANOVA), pruebas de hipótesis, diseño de experimentos, despliegue de la función de calidad (QFD) y análisis de modo y efecto de falla (AMFE) [54].

a. *Capacidad de proceso*

La capacidad del proceso, referida como su habilidad para cumplir con las especificaciones de calidad del producto, presenta tres posibles escenarios [57]:

1. Cuando la capacidad excede las especificaciones, se considera la situación menos deseable, lo que motiva la necesidad de implementar especificaciones más rigurosas para la organización.
2. Si la capacidad del proceso iguala las especificaciones, puede resultar indeseable debido al riesgo de pérdida de control y eventual inestabilidad del proceso.
3. Cuando la capacidad del proceso es inferior a las especificaciones, se considera un caso ideal, ya que implica la producción de menos productos rechazados.

b. *Índice de capacidad (C_p)*

Los índices de capacidad son herramientas que permiten evaluar la capacidad de un proceso para cumplir con las especificaciones establecidas. El índice C_p , conocido como el índice de capacidad potencial del proceso, se define de la siguiente manera [49]:

$$C_p = \frac{\text{Variación tolerada}}{\text{Variación real}} = \frac{ES - EI}{6\sigma} \quad (6)$$

Donde:

ES = Especificación superior de la variable medida

EI = Especificación inferior de la variable medida

σ = Desviación estándar del proceso

La comparación del valor calculado del índice C_p se realiza utilizando la Tabla 3, para determinar la categoría del proceso [57].

Tabla 3. Valores del 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.

1.3.19 Las métricas Seis Sigma para atributos

Las métricas de Seis Sigma se basan en los defectos del proceso para generar indicadores que evalúan la calidad de dicho proceso. Estas métricas son de fácil cálculo e interpretación, ya que se centran en resultados binarios, como aprobado o rechazado, lo que las clasifica como datos de atributos [58].

a. *PPM (Partes por millón)*

El indicador PPM (Partes Por Millón) se emplea para registrar la cantidad de piezas no conformes en un proceso. Su función es vigilar o llevar un control de los productos defectuosos o rechazados. Un valor de PPM más bajo indica un proceso de producción más eficaz y productos de mayor calidad [58].

$$PPM = \frac{\text{Cantidad de piezas defectuosas}}{\text{Cantidad de piezas inspeccionadas}} \times 1'000\ 000 \quad (7)$$

Nota: Este indicador se utiliza en situaciones en las que una pieza puede ser considerada conforme o no conforme, es decir, si pasa o no pasa ciertas especificaciones. En este contexto, se emplea la distribución binomial y se realiza una aproximación a la distribución normal [58].

b. Rendimiento del proceso (yield)

El rendimiento esperado del proceso se refiere al porcentaje de elementos que satisfacen las especificaciones del cliente [58].

$$\text{Rendimiento} = \frac{(1\,000\,000 - PPM_{total})}{1\,000\,000} \times 1000 \quad (8)$$

Para determinar los niveles sigma y el rendimiento de calidad en el proceso de producción, se recurre a la Tabla 4.

Tabla 4. Tabla de conversión sigma [59]

Rendimiento %	Sigma	Defectos por millón	Rendimiento %	Sigma	Defectos por millón
99,9997	6	3.4	93,32	3	66 800
99,9995	5,9	5	91,92	2,9	80 800
99,9992	5,8	8	90,32	2,8	96 800
99,999	5,7	10	88,5	2,7	115 000
99,998	5,6	20	86,5	2,6	135 000
99,997	5,5	30	84,2	2,5	158 000
99,996	5,4	40	81,6	2,4	184 000
99,993	5,3	70	78,8	2,3	212 000
99,99	5,2	100	75,8	2,2	242 000
99,985	5,1	150	72,6	2,1	274 000
99,977	5	230	69,2	2	308 000
99,967	4,9	330	65,6	1,9	344 000
99,952	4,8	480	61,8	1,8	382 000
99,932	4,7	680	58	1,7	420 000
99,904	4,6	960	54	1,6	460 000
99,865	4,5	1 350	50	1,5	500 000
99,814	4,4	1 860	46	1,4	540 000
99,745	4,3	2 550	43	1,3	570 000
99,654	4,2	3 460	39	1,2	610 000
99,534	4,1	4 660	35	1,1	650 000
99,379	4	6 210	31	1	690 000
98,181	3,9	8 190	28	0,9	720 000
98,93	3,8	10 700	25	0,8	750 000
98,61	3,7	13 900	22	0,7	780 000
98,22	3,6	17 800	19	0,6	810 000

97,73	3,5	22 700	16	0,5	840 000
97,13	3,4	28 700	14	0,4	860 000
96,41	3,3	35 900	12	0,3	880 000
95,54	3,2	44 600	10	0,2	900 000
94,52	3,1	54 800	8	0,1	920 000

1.3.20 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Esta metodología guía a un grupo de individuos en la identificación y evaluación sistemática de posibles fallos en un producto o proceso, así como en la determinación de sus efectos y la priorización de acciones para eliminar o reducir la probabilidad de dichos fallos, impactando la calidad del producto [1].

El Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) se percibe como un enfoque analítico estandarizado para la detección y eliminación sistemática de problemas, con objetivos clave que incluyen la evaluación de modos de fallas y sus causas, la comprensión de sus efectos en el sistema, la identificación de acciones preventivas, el análisis de la confiabilidad y la documentación del proceso [6].

a. *Características del Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF)*

Conforme se menciona en el estudio [60], deben ser de índole:

- Preventiva: Actúa de manera preventiva, anticipándose a posibles fallos o problemas en los procesos.
- Sistemática: Sigue un proceso estructurado y ordenado, asegurando que todas las posibilidades de fallo sean consideradas y analizadas, facilitando la comprensión del producto o proceso.
- Jerárquica: Jerarquiza fallos, efectos o causas según su probabilidad de ocurrencia, formas de detección y el impacto que generan; establece acciones de mejora para las fallas que más afectan al producto o proceso.
- Participativa: Fomenta el trabajo en equipo al involucrar a equipos multidisciplinarios para generar soluciones efectivas.

b. Normativa para la realización del AMEF

Conforme a la norma de la Asociación Española de Normalización UNE-EN 60812 [61], el método para desarrollar un AMEF se detalla en la Figura 9.

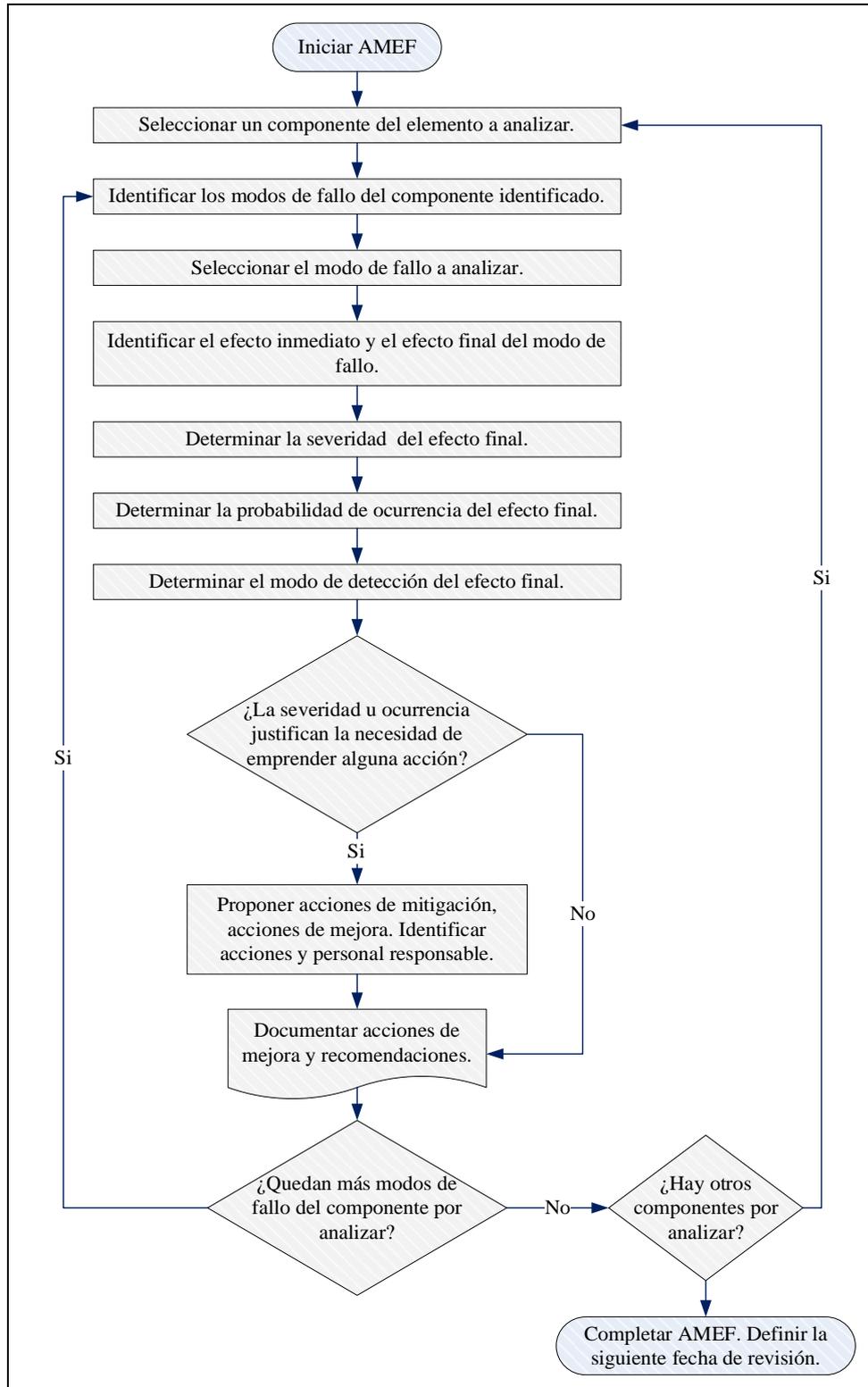


Figura 9. Flujograma para elaborar un AMEF [61]

1.3.21 Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos

Facilita la evaluación de la consistencia en procesos de medición que dependen de dispositivos o evaluaciones subjetivas de inspectores, quienes categorizan las piezas en pocas clases (por ejemplo, defectuosa o no) [49].

Comúnmente, se emplea un enfoque de dos categorías, donde las piezas son aceptadas o rechazadas mediante algún método de medición que distingue entre ellas. Este escenario se presenta en la labor de inspectores que evalúan la calidad mediante sus sentidos (vista, gusto, olfato, oído, tacto), generando datos en una escala binaria, representada por 1 para productos aceptados y 0 para rechazados [49].

La evaluación R&R realizada en este estudio sigue un enfoque de "análisis de riesgos", siguiendo las recomendaciones del libro [49]. Estas incluyen:

- Participantes en el estudio R&R: Se requiere un mínimo de 2 inspectores que evalúen el producto de manera consistente, abarcando un rango amplio de experiencia, desde inspectores altamente experimentados hasta novatos.
- Piezas: La selección debe abarcar productos de todo el espectro de calidad, desde baja hasta muy buena calidad, incluyendo productos de calidad media y cuestionable. Se sugiere evaluar entre 30 y 100 piezas.
- Intervalo entre evaluaciones: Se deben realizar al menos 2 evaluaciones, con un intervalo de 1 semana entre cada una.

a. *Métodos de análisis de riesgo*

Este análisis de la consistencia en los criterios de los operadores se aplica en estudios de R&R para atributos, siguiendo los siguientes pasos [49]:

1. Calcular la suma de acuerdos: Esto implica sumar las instancias en las que se obtuvo acuerdo y desacuerdo durante la evaluación de cada pieza analizada.
2. Determinar desacuerdos posibles: Se calcula el número de desacuerdos posibles por cada pieza mediante las siguientes fórmulas:

$$a_p = \binom{k}{2} = \frac{k!}{2!(k-2)!} \quad (9)$$

$$a_t = a_p \times p \quad (10)$$

Dónde:

a_p = Número de posibles desacuerdos diferentes por pieza

k = Número de evaluaciones a las que se somete cada pieza

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

p = Número de piezas en el estudio

3. Analizar el nivel de acuerdos
4. Calcular el nivel de desacuerdos: El nivel de desacuerdo se obtiene al dividir el total de desacuerdos en el estudio entre el número total de posibles desacuerdos. Es calculado mediante la siguiente expresión:

$$ND_e = \frac{D_e}{a_t} \times 100 \quad (11)$$

Dónde:

ND_e = Nivel de desacuerdo

D_e = Representa el total de desacuerdos en el estudio

a_t = Número total de posibles desacuerdos

5. Determinar la repetibilidad: En sistemas de medición donde el criterio del operador actúa como instrumento, los desacuerdos por repetibilidad se calculan

a partir de la consistencia entre los ensayos realizados por el mismo operador (por ejemplo, un intervalo de 1 semana de prueba entre cada una).

6. Desacuerdos por repetibilidad: Evalúan la repetibilidad de un proceso de medición de atributos, basándose en la consistencia entre los ensayos realizados por el mismo operador.

$$ND_{rep} = \frac{D_{rep}}{O_{rep}} \times 100 \quad (12)$$

Dónde:

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

D_{rep} = Representa el número total de desacuerdos

O_{rep} = Total de oportunidades

7. Determinar la reproducibilidad (diferencia sistemática entre operadores): En este aspecto se evalúan las diferencias sistemáticas entre operadores, comparando el total de piezas aceptadas por cada operador en los dos ensayos.
8. a. Desacuerdos por reproducibilidad (interacción parcial de operador): Evalúan la reproducibilidad de un proceso de medición de atributos, basándose en el número de desacuerdos por pareja de operadores.

$$ND_{repro} = \frac{D_{repro}}{O_{repro}} \times 100 \quad (13)$$

Dónde:

ND_{repro} = Representa el nivel total de desacuerdos debidos a reproducibilidad

D_{repro} = Representa el número total de desacuerdos

O_{repro} = total de oportunidades de desacuerdo debido a reproducibilidad, que se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$O_{repro} = (\text{número de piezas}) \times (\text{número de parejas de operdores}) \\ \times (\text{número de ensayos}) \times 2$$

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el desempeño de control de calidad en los procesos de confección de ropa interior de la Corporación Impactex Cía. Ltda.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los problemas que generan la variabilidad en el proceso productivo de confección textil de ropa interior.
- Evaluar el nivel de calidad en el proceso productivo de confección textil de ropa interior.
- Establecer propuestas de mejora para el control de calidad en el proceso productivo de confección de ropa interior de la Corporación Impactex Cía. Ltda.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1 Materiales

Los recursos empleados en la investigación se detallan en la Tabla 5, especificando la función de cada material utilizado.

Tabla 5. Lista de materiales utilizados en el desarrollo de la investigación

Material/Representación	Descripción
Equipos electrónicos 	Empleados con el propósito de documentar datos observados, como registros gráficos, videos, audios, entre otros, que contribuyen a la descripción detallada de las operaciones y maquinaria utilizada en el proceso de confección de ropa interior.
Microsoft Word 	Empleado para el procesamiento de texto y la redacción del informe final del proyecto de investigación, proporcionando herramientas y funciones avanzadas que facilitan la creación y organización eficiente del contenido.
Microsoft Excel 	Utilizado para llevar a cabo el procesamiento numérico y análisis de datos, específicamente aplicado en el contexto de la metodología Six Sigma. Este software abarca diversas herramientas para elaborar el cursograma analítico, muestreo de trabajo, estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos, así como la generación de cartas de control, entre otras funciones especializadas.
Microsoft Visio 	Utilizado para la elaboración del mapa de procesos, organigrama funcional, cursograma sinóptico, diagramas de flujo, diagramas de Ishikawa (espina de pescado o diagrama de causa-efecto), lluvia de ideas y mapas de necesidades de clientes internos y externos.
Minitab 	Empleado para la creación de diagramas de Pareto, generación de informes de capacidad, y elaboración de gráficas de cartas de control diseñadas específicamente para atributos.

Material/Representación	Descripción
<p>Ficha de cursograma analítico</p> 	<p>Formato estructurado, diseñado para documentar y recopilar información detallada acerca de las actividades desempeñadas por el operario durante el proceso productivo de la confección de la ropa interior, específicamente en el modelo de bóxer BH 7021. Anexo A.</p>
<p>Formato 5W-1H</p> 	<p>Esquema que proporciona una herramienta detallada con 5 preguntas que facilita una comprensión más profunda de los diversos problemas de calidad que surgen en cada una de las etapas del proceso productivo de la confección de la ropa interior, centrándose específicamente en el bóxer de microfibra. Anexo D.</p>
<p>Hoja de verificación</p> 	<p>Formato que ha sido diseñado con la finalidad de recopilar de manera sistemática y detallada las diversas fallas que puedan surgir en el área de producción durante el proceso de confección del bóxer de microfibra, específicamente el modelo BH 7021. Anexo F.</p>
<p>Hoja de control</p> 	<p>Formato que ha sido diseñado con el propósito de recopilar de manera sistemática y detallada la información relacionada con los defectos identificados como pocos vitales en el área de producción durante el proceso de confección del bóxer de microfibra, específicamente el modelo BH 7021. Anexo G.</p>

2.2 Métodos

2.2.1 Enfoque

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo ya que se basó en el uso de variables numéricas para medir el nivel de calidad del objeto en estudio (bóxer modelo BH 7021) durante el proceso de confección, a través de la implementación de la metodología DMAIC en el proyecto Six Sigma y a su vez se encaminó a la identificación de las causas y la explicación del problema.

2.2.2 Investigación descriptiva

Se utilizó un enfoque de investigación descriptiva para identificar y analizar en detalle los factores críticos relacionados con la mano de obra, las máquinas, la materia prima, los métodos y los entornos de trabajo. Estos factores son causantes de defectos y generadores de variabilidad en el proceso estudiado.

2.2.3 Modalidad de la investigación

b. Modalidad de investigación bibliográfica-documental

El proyecto de investigación se basó en esta modalidad para obtener tanto información primaria de la empresa como información secundaria proveniente de libros, revistas, artículos científicos de bases datos (Scopus, Scielo, Taylor and Francis, IEEE Xplore, Emerald Insight, etc.), internet, tesis y documentos publicados en congresos. Estos recursos se utilizaron para analizar las posibles herramientas y técnicas empleadas por otros investigadores para abordar la problemática planteada en el proyecto. Además, se requirió el respaldo obligatorio de fuentes que brinden información sobre diagramas, hojas de proceso, registros, informes de producción, control de calidad y propuestas de mejora. Estos recursos ayudaron a respaldar teórica y científicamente el proceso de investigación propuesto.

c. Modalidad de investigación de campo

Se empleó la modalidad de investigación de campo, ya que fue necesario visitar las instalaciones de la Corporación Impactex Cía. Ltda., específicamente su área de confección de ropa interior. El propósito de esta visita fue recolectar datos e información real, confiable y relevante sobre el proceso de producción, los cuales sirvieron como base para lograr los objetivos y desarrollar la propuesta planteada. Además, esta modalidad permitió establecer una relación directa con los trabajadores, los procesos y el problema objeto de estudio. Se utilizaron técnicas, procedimientos de investigación e instrumentos confiables para llevar a cabo esta recopilación de datos en el entorno real de la empresa.

2.2.4 Población y muestra

En este estudio sobre el proceso de confección de ropa interior en la Corporación Impactex Cía. Ltda., se enfocó en analizar las muestras de producción de la ropa interior en lugar de considerar a los operarios como la población de estudio, para ello, la muestra del estudio se delimitó en un solo modelo de bóxer, el cual se analizó al producto más difícil de confeccionar, uno de los más vendidos y el que ha sido sugerido por parte de la empresa, y para evaluar sus niveles de calidad se tomó los datos durante un período de tiempo del 20 de noviembre de 2023 al 4 de diciembre de 2023, recolectando 50 muestras que representan pequeños lotes formados de una orden de producción N° 13729 recibidas bajo pedido, tomando como referencia a la norma ANSI/ASQ Z1,9-1993 para la elaboración de la muestra [62].

El tamaño de cada subgrupo ha sido establecido considerando la cantidad total de lotes conformados en la orden de producción recibida. Esto implica que se ha llevado a cabo un muestreo sistemático del 100% de los productos, tal como se especifica en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados obtenidos del proceso de muestreo de trabajo

Subgrupo	Unidad de bóxeres fabricados (Tamaño de lotes)	Defectos por fallas de costura	Defectos por manchas de aceite
1	102	2	5
2	102	1	1
3	102	2	2
4	102	15	0
5	102	13	0
6	156	6	0
7	154	3	0
8	102	4	0
9	102	5	0
10	102	3	3
11	102	3	4
12	102	4	0
13	102	0	1
14	156	4	0
15	156	5	1
16	99	4	0
17	102	7	2
18	102	2	1

Subgrupo	Unidad de bóxeres fabricados (Tamaño de lotes)	Defectos por fallas de costura	Defectos por manchas de aceite
19	102	0	0
20	102	3	0
21	102	8	2
22	102	9	0
23	102	1	1
24	102	4	0
25	100	3	0
26	156	5	0
27	156	6	0
28	100	2	1
29	100	1	0
30	102	3	2
31	102	1	0
32	102	2	0
33	101	1	0
34	129	3	1
35	128	6	0
36	170	13	0
37	170	8	0
38	85	1	0
39	85	0	0
40	82	5	0
41	85	2	0
42	84	0	0
43	156	4	0
44	102	2	1
45	102	2	1
46	51	0	0
47	51	8	1
48	51	5	1
49	51	0	0
50	51	1	0
SUMA	5311	192	31

2.2.5 Recolección de información

Para la recolección de datos e información necesaria sobre el proceso de confección de ropa interior en la Corporación Impactex Cía. Ltda., se llevó a cabo durante las jornadas normales de trabajo, con el objetivo de minimizar interrupciones y obtener la mayor cantidad de evidencias posible para el desarrollo del proyecto. Se estableció un

periodo de observación de 1 mes (30 días laborables) para garantizar la fiabilidad de la información recopilada.

Para recopilar información siguiendo la metodología DMAIC se realizó una serie de actividades que se describen en la Tabla 7. Esta tabla proporciona información sobre las actividades específicas, las técnicas utilizadas, los instrumentos empleados y las personas involucradas en la recopilación de los datos.

Tabla 7. Técnicas y herramientas utilizadas en la recolección de información

Recolección de datos				
Etapa	Técnica	Herramientas	Actividades	Equipos y materiales
DEFINIR	Observación directa, entrevistas y diagramas de flujo.	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas de observación. - Seguimiento de visitas. - Listas de control. - Formatos de flujo de proceso. 	Recolección de listas de fallos, problemas o quejas del proceso y del producto final obtenido. Determinación los principales problemas de rechazo del producto seleccionado. Descripción de fallos presentados en el proceso de manera detallada. Definición el proyecto de calidad y su objetivo. Identificación de los clientes. Definición de las variables críticas de la calidad para el objeto de estudio (CTQ's). Delimitación del marco del proyecto Six Sigma.	Equipos electrónicos (cámara fotográfica de teléfono inteligente, computadora portátil), Word 2017, hojas de apuntes y listas de chequeo.
MEDIR	Observación directa	<ul style="list-style-type: none"> - Listas de control. - Hojas de recolección de datos para variables y atributos. 	Estudio R&R del sistema de medición para atributos. Recolección de datos de atributos y de variables. Determinación de estabilidad del proceso y de variables en estudio. Determinación de la capacidad del proceso. Definición del nivel sigma actual del proceso de confección de ropa interior del objeto de estudio.	Esferográficos, hojas de recolección, base de datos de la empresa y equipos de medición.
ANALIZAR	Observación directa, análisis documental.	<ul style="list-style-type: none"> - Fichas de observación - Listas de control - AMEF 	Identificación de la causa raíz de fallos, inestabilidad y de incapacidad. Establecimiento de un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).	Investigaciones bibliográficas, Word, Excel, Visio 2017 y listas de chequeo.

Etapa	Técnica	Herramientas	Procedimiento de recolección	Equipos y materiales
MEJORAR	Análisis documental.	- Formatos de procedimientos documentados.	Generación de alternativas de mejora para solucionar los problemas fundamentales identificados. Documentación de los procedimientos e instructivos para la confección de ropa interior. Determinación de indicadores en el proceso.	Word 2017 y hojas de evaluación y control

2.2.6 Procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de información, se utilizó softwares informáticos de Office como Excel (registro y tratamiento de datos) y Word (procesamiento y presentación de información recolectada). Para el análisis gráfico de flujogramas, organigramas, diagramas de funciones cruzadas y cursogramas analíticos, se empleó el software Visio. En cuanto a el procesamiento de los datos recolectados se usó el software Minitab para generar diagramas de Pareto, cartas de control y análisis de la capacidad del proceso. Esto, se llevó a cabo siguiendo el procedimiento descrito en la Tabla 8, con el objetivo de obtener resultados que sean beneficiosos para la empresa en estudio.

Tabla 8. Procesamiento y análisis de datos seleccionar el objeto de estudio

	Actividades	Técnicas	Instrumentos	Involucrados	Equipos y materiales
SELECCIÓN DEL PRODUCTO	Recopilación de información necesaria acerca de la organización y el proceso productivo de confección de ropa interior.	Entrevistas y observación directa. Investigación bibliográfica-Documental.	Formatos de entrevista. Fichas de registro de observación. Motores de búsqueda (Google).	Investigador Personal del proceso de confección.	Esferográficos, hojas de recolección, base de datos de la empresa, cámara fotográfica de teléfono inteligente, internet, Word.

SELECCIÓN DEL PRODUCTO	Selección del producto objeto a estudio.	Investigación de campo.	Presupuestos destinados a las líneas de confección de ropa interior de diferentes modelos para hombre, mujer y niños y registro de ingresos mensuales de la Corporación Impactex Cía. Ltda.	Investigador	Software Excel, base de datos de la empresa.
	Descripción del proceso productivo del objeto de estudio.	Observación directa e investigación documental.	Fichas de recolección de información.	Investigador Personal del proceso de confección.	Software Visio, Excel, ficha de toma de actividades hojas de recolección.
			Diagrama de funciones cruzadas. Cursograma analítico.	Investigador	

Tabla 9. Procesamiento y análisis de datos basados en la metodología DMAIC

Fase	Actividades	Técnica o método	Involucrados	Equipos y materiales
DEFINIR	Recolección de listas de fallos, problemas o quejas del proceso y del producto final obtenido.	Lluvia de ideas. 5W-2H.	Investigador Jefa de producción. Personal del proceso de confección.	Computadora portátil. Microsoft Word. Hojas de apuntes. Software Visio.
	Determinación de los principales problemas de rechazo del producto seleccionado.	Diagrama de Pareto.	Investigador	Microsoft Word. Computadora portátil. Software Minitab.
	Descripción de fallos presentados en el proceso de manera detallada.	Entrevista Observación.	Investigador	Computadora portátil. Microsoft Word. Cámara fotográfica.
	Definición del proyecto de calidad y su objetivo.	Entrevista Encuesta.	Investigador. Personal del proceso de confección.	Microsoft Word. Computadora portátil. Teléfono inteligente.
DEFINIR	Identificación de los clientes.	Matriz de identificación de clientes. Mapa de necesidades de clientes.	Investigador Departamento comercial de la Corporación Impactex Cía. Ltda.	Microsoft Excel. Computadora portátil.

	Definición de las variables críticas de la calidad para el objeto de estudio (CTQ's).	Voice of Customer (VOC)	Investigador Clientes de la Corporación Impactex Cía. Ltda.	Microsoft Word. Computadora portátil. Teléfono inteligente.
		Entrevista	Investigador. Personal del proceso de confección.	
	Delimitación del marco del proyecto Six Sigma.	Carta de proyecto Six Sigma.	Investigador	Microsoft Word. Computadora portátil.
MEDIR	Estudio R&R del sistema de medición para atributos.	Ficha de recolección de datos.	Investigador. Operarios del proceso de confección.	Microsoft Excel. Computadora portátil. Microsoft Word.
	Recolección de datos de atributos y de variables.	Plan de recolección de datos y planes de muestreo.	Investigador	Microsoft Word. Computadora portátil.
	Determinación de estabilidad del proceso y de variables en estudio.	Gráficas de control.	Investigador	Computadora portátil. Software Minitab. Microsoft Excel.
	Determinación de la capacidad del proceso.	Índices de capacidad.	Investigador	
	Definición del nivel sigma actual del proceso de confección de ropa interior del objeto de estudio.	Partes por millón (PPM). Nivel sigma.	Investigador	Computadora portátil. Microsoft Excel.
ANALIZAR	Identificación de la causa raíz de fallos, inestabilidad y de incapacidad.	Lluvia de ideas. Diagramas de Ishikawa.	Investigador. Personal del proceso de confección.	Computadora portátil. Microsoft Word.
	Establecimiento de un análisis de modo y efecto de fallas (AMEF).	Matriz de análisis de modo y efecto de las fallas (AMEF).	Investigador	Computadora portátil. Microsoft Excel.
MEJORAR	Generación de alternativas de mejora para solucionar los problemas fundamentales identificados.	Cartas de mejora. 5W-1H.	Investigador. Personal del proceso de confección.	Computadora portátil. Microsoft Word. Software Visio.
	Documentación de los procedimientos e instructivos para la confección de ropa interior.	Protocolos, instructivos	Investigador. Personal del proceso de confección.	Cámara fotográfica. Computadora portátil. Microsoft Word. Software Visio.
	Determinación de indicadores en el proceso.			

2.3 Metodología DMAIC para el desarrollo del proyecto

2.3.1 Fase preliminar

En la fase preliminar del proyecto Six Sigma, se recopila información integral sobre la organización, lo que permite identificar aspectos cruciales como los productos ofertados, la estructura organizativa y el mapa de procesos. La caracterización del proceso productivo general de la confección de ropa interior en la Corporación Impactex Cía. Ltda. se logró a través de la observación directa. Posteriormente, se seleccionó el objeto de estudio basándose en datos de presupuestos planificados proporcionados por el departamento comercial, la complejidad de confección y la solicitud directa de la empresa.

El bóxer de microfibra modelo BH 7021 se elige objeto de estudio, siendo el segundo producto más demandado y, al mismo tiempo, el más desafiante de confeccionar. Esta elección permitió enfocar la investigación en las necesidades y la realidad actual de la empresa. Para completar esta etapa, se caracterizó el proceso productivo del objeto de estudio mediante la utilización de herramientas como diagramas de funciones cruzadas y cursograma analítico, proporcionando una comprensión más profunda y detallada del mismo.

2.3.2 Implementación del proyecto Six Sigma

a. Fase “Definir”

El propósito primordial de esta fase es la identificación del propósito central del proyecto Six Sigma. En este proceso, se buscó establecer objetivos que sean tanto realistas como medibles, considerando las perspectivas tanto de la empresa como de las partes interesadas. Además, se dedicó especial atención a la identificación y evaluación de defectos potenciales. Para ello, fue esencial lograr una definición precisa del proyecto, clarificar sus objetivos y especificar los resultados que se pretenden alcanzar.

A continuación, se describen de manera detallada las actividades, herramientas y metodologías aplicadas en esta fase:

- ***Defectos de calidad identificados en el objeto de investigación:***

La identificación de los defectos de calidad inherentes al objeto de estudio se realizó mediante dos herramientas fundamentales. En primer lugar, se empleó la técnica de entrevista, detallada en el Anexo B, dirigida a la jefa del área de producción. Esta entrevista se centró en recopilar información detallada sobre los principales defectos de calidad que son más recurrentes en el objeto de estudio.

En segundo lugar, se utilizó la metodología de lluvia de ideas, descrita en el Anexo C, aplicada a todos los operarios del área de producción involucrados en el proceso de confección del bóxer de microfibra modelo BH 7021. Durante una sesión de aproximadamente 30 minutos, se recogió las ideas más relevantes relacionadas con la temática planteada. Posteriormente, estas ideas se clasificaron para el día siguiente.

Adicionalmente, se empleó la técnica 5W-2H, según lo especificado en el Anexo D, aplicada a la jefa de producción. Al combinar estas herramientas, se logró una evaluación exhaustiva de los defectos de calidad, proporcionando una base sólida para el análisis y la mejora continua en el marco del proyecto Six Sigma.

- ***Ineficiencias identificadas en el proceso productivo:***

Se logró detectar mediante una sesión de lluvia de ideas dirigida a los operarios involucrados en la confección del bóxer BH 7021, así como a la jefa de producción. Las ideas significativas se categorizaron utilizando el enfoque de las "5M" (materiales, mano de obra, método, medio ambiente y maquinaria) y se representó de manera visual a través de un mapa conceptual. Este proceso permitió una comprensión más detallada de las deficiencias presentes en el sistema productivo.

- ***Definición de los defectos de calidad catalogados como poco vitales:***

Se llevó a cabo mediante la construcción de un diagrama de Pareto que es una herramienta que facilita la jerarquización de estos defectos. El objetivo en este punto fue identificar y priorizar aquellos que contribuyen significativamente al error total del

proceso, permitiendo así un análisis detallado y la formulación de estrategias de control enfocadas únicamente en los defectos con mayor impacto, optimizando la estabilidad del proceso de confección del bóxer BH 7021.

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

Se recopiló las necesidades y exigencias de los clientes a través de una entrevista aplicada a 10 clientes mayoristas prominentes, abarcando diversas regiones del país mediante un enfoque virtual a través de Google Forms. Los requerimientos obtenidos se clasificaron en orden de importancia, mediante una evaluación asignada por el departamento comercial (clientes externos) y los operarios (clientes internos).

Estos requisitos se transformaron posteriormente en parámetros cruciales para la calidad (CTQ's), definiendo finalmente los atributos y criterios empleados para identificar los defectos más significativos en el proceso. Este enfoque exhaustivo garantizó una comprensión completa de las expectativas de los clientes y orientó la detección de defectos hacia las áreas críticas del producto.

- ***Contextualización del proyecto Six Sigma:***

Se implementó un enfoque estratégico mediante la utilización de un project charter o carta de proyecto para esclarecer minuciosamente los elementos cruciales del proyecto Six Sigma en la Corporación Impactex Cía. Ltda. Esta herramienta detalla aspectos clave como el título del proyecto, objetivos específicos, alcance, partes interesadas, resultados previstos y otros elementos relevantes. Este marco proporcionó una guía integral que establece las bases para la ejecución efectiva del proyecto, asegurando que cada componente esté debidamente especificado y comprendido.

b. Fase “Medir

- ***Evaluación de la consistencia del sistema de medición en atributos mediante el estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R):***

El objetivo central del estudio R&R para atributos, implementado en esta investigación, fue analizar la coherencia del sistema de medición basado en las percepciones subjetivas de los operarios responsables de inspeccionar el producto

terminado en el área de control de calidad. Estos operarios clasifican el bóxer BH 7021 en dos categorías: aceptable e inaceptable.

La metodología empleada para llevar a cabo el estudio R&R para atributos se basó en un enfoque de análisis de riesgo. Este enfoque facilitó la obtención de estadísticas relacionadas con acuerdos o desacuerdos al evaluar un número determinado de bóxeres entre dos operarios (reproducibilidad), al mismo tiempo que evaluó la consistencia en las decisiones de un mismo operador al inspeccionar el mismo bóxer (repetibilidad).

Con el propósito de recopilar los datos esenciales para llevar a cabo el estudio R&R, se evaluaron dos veces 30 bóxeres del modelo BH 7021 en talla 38. Este proceso de evaluación fue realizado por dos operarios encargados de la inspección completa del producto terminado. Los resultados detallados se encuentran en el Anexo H, proporcionando una visión cuantitativa de la confiabilidad del sistema de medición en cuestión.

- ***Análisis de variabilidad y capacidad del proceso de confección***

El análisis de la variabilidad en el proceso de confección se realizó a través de la implementación de la carta de control tipo "p". Esta elección se fundamentó en la naturaleza de los atributos de tipo pasa/no pasa y en la distribución binomial de la cantidad de bóxeres defectuosos por subgrupo. La carta "p" resultó apropiada ya que permite medir la proporción de pares defectuosos en una determinada orden de producción recibida de un pedido. La elección de esta carta se basó en la conveniencia de estudiar dos tipos de defectos (fallas de costura y manchas de aceite). Los datos necesarios para construir la carta se presentan en la Tabla 6, en la sección de población y muestra.

- ***Cálculo del índice de capacidad del proceso (C_p)***

Para evaluar si la capacidad del proceso de confección del bóxer de microfibra es capaz de cumplir con las especificaciones requeridas, se realizó el cálculo del índice de capacidad del proceso, utilizando el porcentaje promedio de defectuosos. Este cálculo implicó una interpolación definida por la Ecuación 14, y los valores requeridos se extrajeron de la Tabla K1 presente en el Anexo K.

$$Y = Y_1 + \left[\left(\frac{X - X_1}{X_2 - X_1} \right) \times (Y_2 - Y_1) \right] \quad (14)$$

Donde:

Y : Índice real de la capacidad del proceso

X : Valor conocido del porcentaje promedio de pares defectuosos

X_1 : Porcentaje menor de defectuosos fuera de las especificaciones

X_2 : Porcentaje mayor de defectuosos fuera de las especificaciones

Y_1 : Valor menor del índice C_p correspondiente a X_1

Y_2 : Valor mayor del índice C_p correspondiente a X_2

- ***Cálculo del nivel sigma actual del proceso de confección del bóxer de microfibra***

La determinación del nivel sigma actual en el proceso de confección del bóxer de microfibra se realizó a partir de las Partes Por Millón (PPM) de oportunidades, utilizando la Ecuación 7. Después de obtener la métrica PPM, el nivel sigma se calculó a partir del software minitab.

c. Fase “Analizar”

Durante la fase de análisis, la detección de elementos críticos que ocasionan las fallas de costura y las manchas de aceite se ejecutó mediante la aplicación de la técnica de lluvia de ideas. Esta actividad se llevó a cabo en una única sesión de preguntas, con una duración aproximada de 30 minutos, e involucró a todos los operarios del proceso de confección. Posteriormente, a través de una discusión con los participantes, se logró discernir los factores que, en la mayoría de las ocasiones, influyen de manera significativa en la calidad del producto final. Se descartaron aquellos elementos que resultaron irrelevantes y carecían de una conexión importante y directa con el defecto bajo estudio.

- ***Análisis de fallas de costura y manchas de aceite***

Los elementos cruciales identificados en la etapa previa fueron individualmente representados mediante la implementación de diagramas de causa y efecto, y diagramas de Pareto tomando como base las M's de la calidad. De esta manera, se consiguió determinar las causas potenciales de cada uno de estos elementos, con el objetivo de proponer medidas de mejora que los contrarresten o eliminen. Este enfoque buscó reducir la incidencia de bóxeres defectuosos afectados por fallas de costura y manchas de aceite.

- ***Identificación de causas raíz***

Para la identificación de la causa raíz de las fallas de costura y manchas de aceite, se elaboró una matriz tomando información de la implementación de la técnica de los 5 porqués, con la finalidad de encontrar el punto de partida para reducir la incidencia de bóxeres defectuosos.

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

Las causas fundamentales o causa raíz identificadas se registraron en una matriz de Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) con el propósito de ser clasificadas según el Número de Prioridad de Riesgo (NPR). Este NPR depende de la probabilidad de ocurrencia de las fallas, los métodos de detección y el impacto resultante. Para aquellas fallas que comprometen la confiabilidad del proceso de manera más significativa, se requiere implementar acciones de mejora con el fin de reducir el riesgo asociado a ellas. La metodología para seguir se presenta detalladamente en la Figura 10.

Para calcular el número de prioridad de riesgo, se utiliza la expresión siguiente:

$$NPR = Severidad \times Ocurrencia \times Detección \quad (15)$$

- ***Índice de severidad***

Evaluar la gravedad de los posibles efectos implica estimar la magnitud de la falla tanto en términos del impacto en el cliente como en el proceso subsiguiente. En casos en los que la falla afecta a ambas partes, se debe emplear el nivel de gravedad más

elevado. Las puntuaciones correspondientes a la severidad se encuentran detalladas en la Tabla N1, ubicada en la sección de anexos.

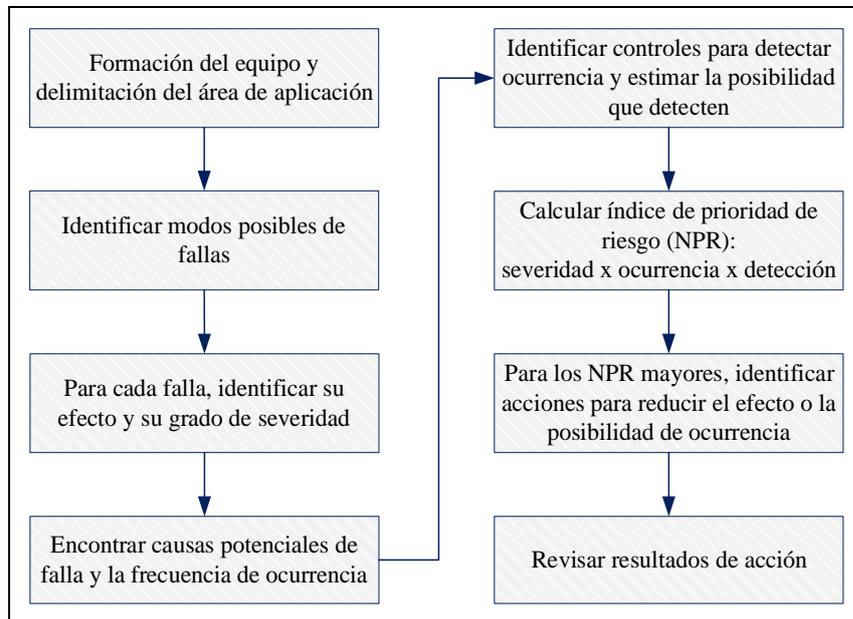


Figura 10. Esquema general de actividades para elaborar un AMEF

- **Índice de ocurrencia**

Evaluar la frecuencia anticipada de ocurrencia de las causas potenciales enlistadas constituye un aspecto esencial. Las puntuaciones correspondientes a la ocurrencia se encuentran definidas en la Tabla O1, ubicada en la sección de anexos. Este procedimiento contribuyó a cuantificar la probabilidad de que cada causa potencial se materialice, proporcionando así una base objetiva para la priorización de las acciones correctivas y preventivas en el marco del análisis de riesgos del proceso de confección de bóxeres de microfibra.

- **Índice de detección**

Evaluar el grado de eficacia de los controles de detección para identificar las posibles causas de fallo constituye un proceso crucial. Las puntuaciones asociadas a la capacidad de detección se encuentran detalladas en la Tabla P1, ubicada en la sección de anexos. Esta evaluación contribuyó a cuantificar la eficiencia de los mecanismos de detección existentes para identificar y prevenir las causas potenciales de fallo en el proceso de confección de bóxeres de microfibra.

- ***Interpretación del número de prioridad de riesgo (NPR)***

Los parámetros de la escala valorativa establecida en la Tabla 10, se aplican para clasificar las posibles causas de fallo en categorías de baja, media y alta. Esta categorización facilitó la priorización y concentración de los esfuerzos en mitigar o eliminar las causas más significativas, optimizando así el enfoque para mejorar la calidad en el proceso de confección de bóxeres de microfibra.

Tabla 10. Criterios de evaluación del NPR para las causas raíz identificadas [63]

Color	Prioridad NPR	Frecuencia
	Alto riesgo de falla (500 -1000)	0
	Riesgo de falla medio (125 - 499)	4
	Riesgo de falla bajo (1 - 124)	0
	No existe riesgo de falla (0)	0
	Total	4

d. Fase “Mejorar

- ***Utilización de cartas 5W-1H como herramienta para propuestas de mejora***

Las propuestas de mejora destinadas a contrarrestar las causas raíz identificadas mediante el análisis AMEF se definieron mediante el empleo de cartas 5W-1H. Estas cartas han demostrado ser eficaces al establecer el propósito (why), las razones (what), el lugar (where), la secuencia (when), las personas (who) y el método (how) a través del cual se implementarán mejoras. Este enfoque tiene la finalidad de reducir la incidencia de bóxeres defectuosos al abordar y disminuir o eliminar las causas más significativas.

- ***Desarrollo de propuestas de mejora***

El proceso de generación de propuestas de mejora se basó en la consideración de soluciones aportadas tanto por los operarios del proceso de confección como por el encargado de control de calidad y la jefa de producción. Este enfoque buscó abordar la problemática actual que impacta de manera significativa en el rendimiento del proceso, permitiendo así la reducción de la cantidad de bóxeres defectuosos con problemas relacionados con "fallas de costura" y "manchas de aceite".

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estructura general de la empresa

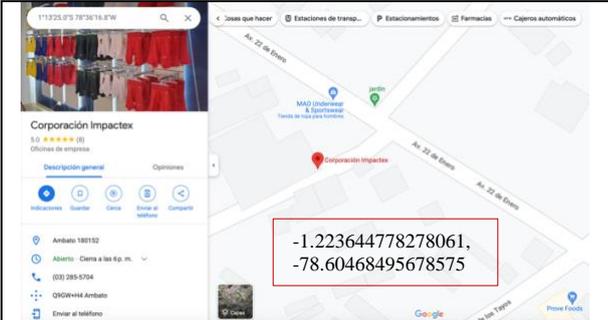
La siguiente Tabla 11 y Tabla 12, presenta los datos informativos y la reseña histórica de la corporación Impactex Cía. Ltda., destacando su perfil empresarial y su evolución en el sector.

Tabla 11. Datos informativos de la corporación Impactex Cía. Ltda.

Logotipo de la empresa	Representante legal	Logotipo de la marca
	Ing. Klever Betancourt	
	RUC	
	1891755755001	
Razón Social	Corporación Impactex Cía. Ltda.	
Tamaño de la empresa	Mediana empresa	
Actividad Económica	Fabricación de prendas de vestir, excepto prendas de piel	
Descripción	Manufactureras, Textil y de Confección	
Fecha de fundación	Año 1999	
Horario de atención	Lunes a Viernes de 08:00am a 18:00pm	
Cantidad de Operadores	25	7 - Hombres
		18 - Mujeres
Contactos	+593 988 365 668	info@corporacionimpactex.com
Compras Online y Catálogo	linktr.ee/maounderwear	
Misión	Creamos prendas innovadoras que brindan confort, seguridad y confianza al momento de vestir.	
Visión	Consolidar nuestras marcas en el mercado global siendo la primera opción al adquirir prendas de vestir, conservando un ambiente de trabajo inspirador para nuestros colaboradores.	
Política de Calidad	Quienes integramos el “Grupo Impactex” estamos comprometidos a elaborar productos acordes a la moda innovando y diseñando prendas de calidad para cumplir las necesidades de nuestros clientes	
Reseña histórica	En 1999, Milton Altamirano y Martha Segura fundaron un emprendimiento textil en Ambato, Ecuador, superando desafíos económicos como la dolarización y la competencia. A pesar de carecer de plan inicial, su experiencia en el sector los guio. Comenzando en un pequeño galpón con la venta de un carro, expandieron la producción y construyeron una planta con un crédito. A pesar de las limitaciones iniciales, el negocio evolucionó constantemente, mostrando un crecimiento sólido.	

Producción	La Corporación Impactex Cía. Ltda. ha logrado un asombroso aumento en la producción, pasando de 500 docenas mensuales en sus primeros años a 15,000-16,000 docenas al mes en la actualidad, un crecimiento del 3,200%. Corrigieron su falta de estrategias iniciales con nuevos enfoques, buscando abarcar hasta el 50% del mercado local y explorar exportaciones a naciones como México y Estados Unidos. Priorizan la producción nacional, ofreciendo alta calidad y diseños modernos que desafían lo tradicional en moda.
-------------------	---

Tabla 12. Ubicación geográfica de la corporación Impactex Cia. Ltda.




Provincia	Tungurahua
Cantón	Ambato
Parroquia	Atahualpa
Dirección	Av. 22 de enero y Cueva de los Tayos

Análisis y discusión:

La Corporación Impactex Cía. Ltda., al ser categorizada como una mediana empresa según la referencia [64], opera con una plantilla de 75 empleados distribuidos en diversas áreas productivas. La disposición del organigrama empresarial desempeña un papel integral en la gestión eficaz de la empresa al proporcionar una visión optimizada de las responsabilidades de los equipos de trabajo, al mismo tiempo que delimita de manera clara y precisa las funciones de cada uno [65].

Adicionalmente, este enfoque facilitó una comunicación transparente y eficiente entre los distintos niveles jerárquicos en la organización, con el propósito de alcanzar los objetivos predefinidos y asegurar el éxito de la entidad [66].

La estructura de Corporación Impactex Cía. Ltda. cobra relevancia debido a la necesidad de clarificar las responsabilidades en cada área, identificar a los líderes y empleados operativos, por tal razón, se compone de diversos departamentos y sectores

de manufactura, lo que ha desempeñado un papel esencial en el establecimiento sólido de la empresa, abarcando no solo el ámbito nacional sino también el internacional.

En la Figura 11, se presenta la representación gráfica del esquema organizativo de la corporación Impactex Cía. Ltda.

3.1.1 Mapa de procesos

Con el propósito de establecer un marco analítico más sólido para la comprensión precisa de los procesos organizacionales y sus interconexiones, se diseñó un mapa de procesos, tal como se ilustra en la Figura 12. Este mapa se estructura para proporcionar una representación visual de los procesos de planificación, control, cadena de valor y de soporte que conforman la columna vertebral de la Corporación Impactex Cía. Ltda.

Un mapa de proceso en la corporación Impactex Cía. Ltda. es una herramienta esencial para optimizar las operaciones, mejorar la calidad y la eficiencia, y garantizar una gestión más efectiva de sus procesos industriales.

Desde el punto de vista de [67], la ventaja de tener un mapa de proceso en una empresa que confecciona bóxeres de microfibra radica en su capacidad para proporcionar una visión holística y estructurada de todos los pasos involucrados en la producción. Estos mapas ayudan a identificar, analizar y optimizar cada etapa del proceso, lo que a su vez facilita la detección temprana de fallos, la mejora de la eficiencia y la garantía de la calidad del producto final. Además, permiten una comunicación más efectiva entre los diferentes departamentos involucrados en la producción, lo que contribuye a una mejor coordinación y toma de decisiones.

3.1.2 Diagrama de bloques del proceso general de producción

Para cada variante de modelo o producto que la empresa produce, se aplicó un procedimiento específico, siguiendo una secuencia operativa detallada que se presenta gráficamente en la Figura 13.

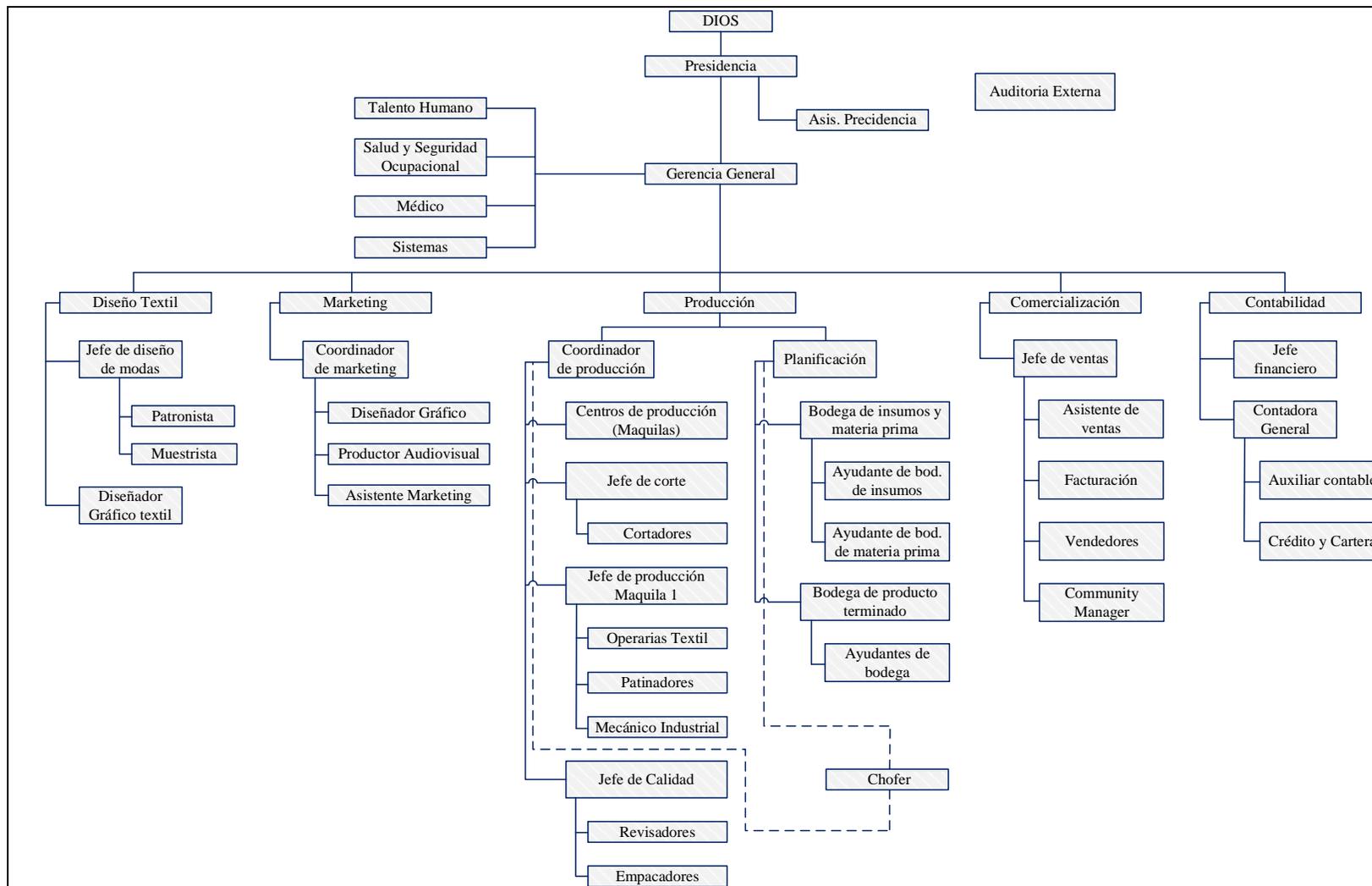


Figura 11. Organigrama estructural de la Corporación Impactex Cía. Ltda.

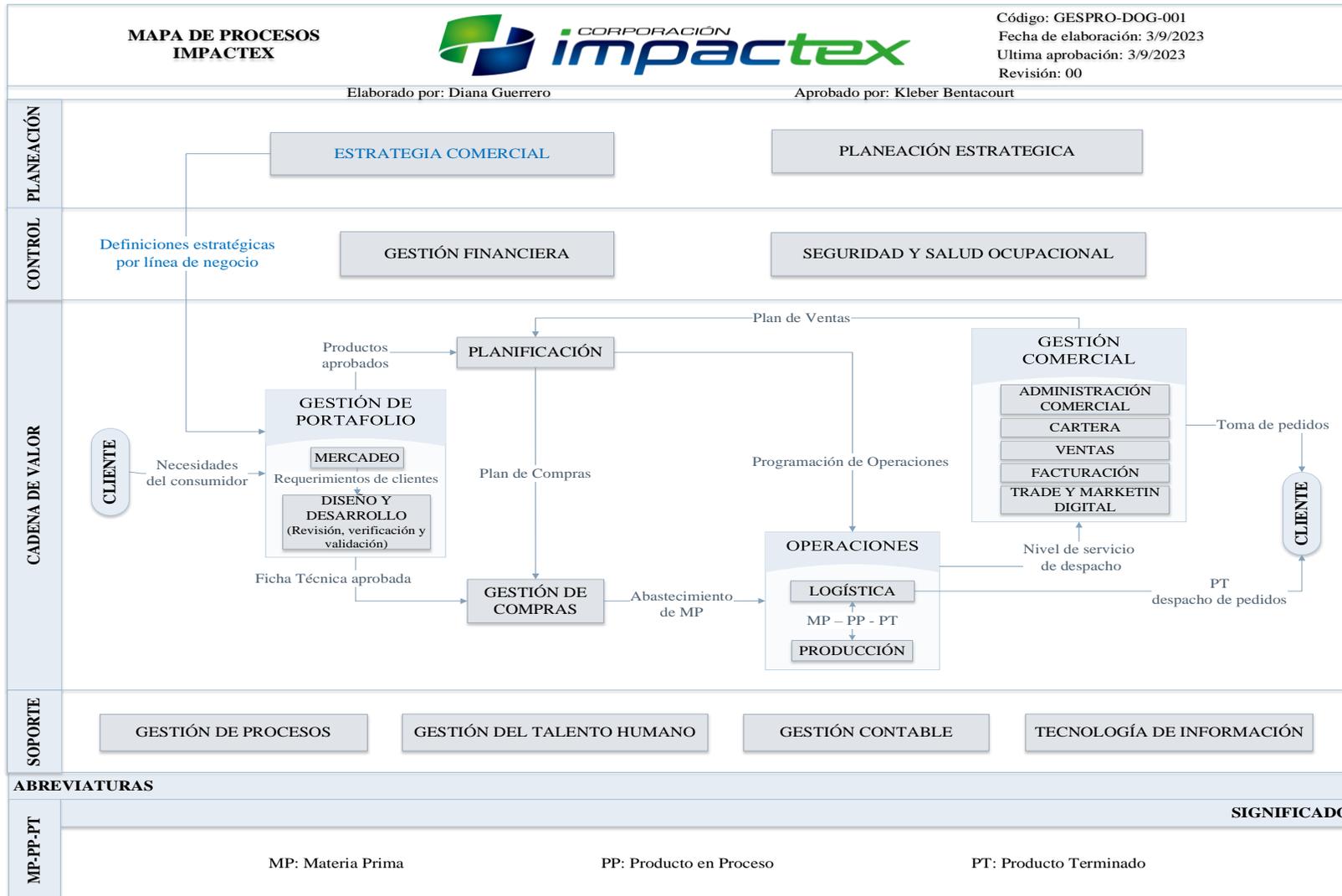


Figura 12. Mapa de procesos de la Corporación Impactex Cía. Ltda.

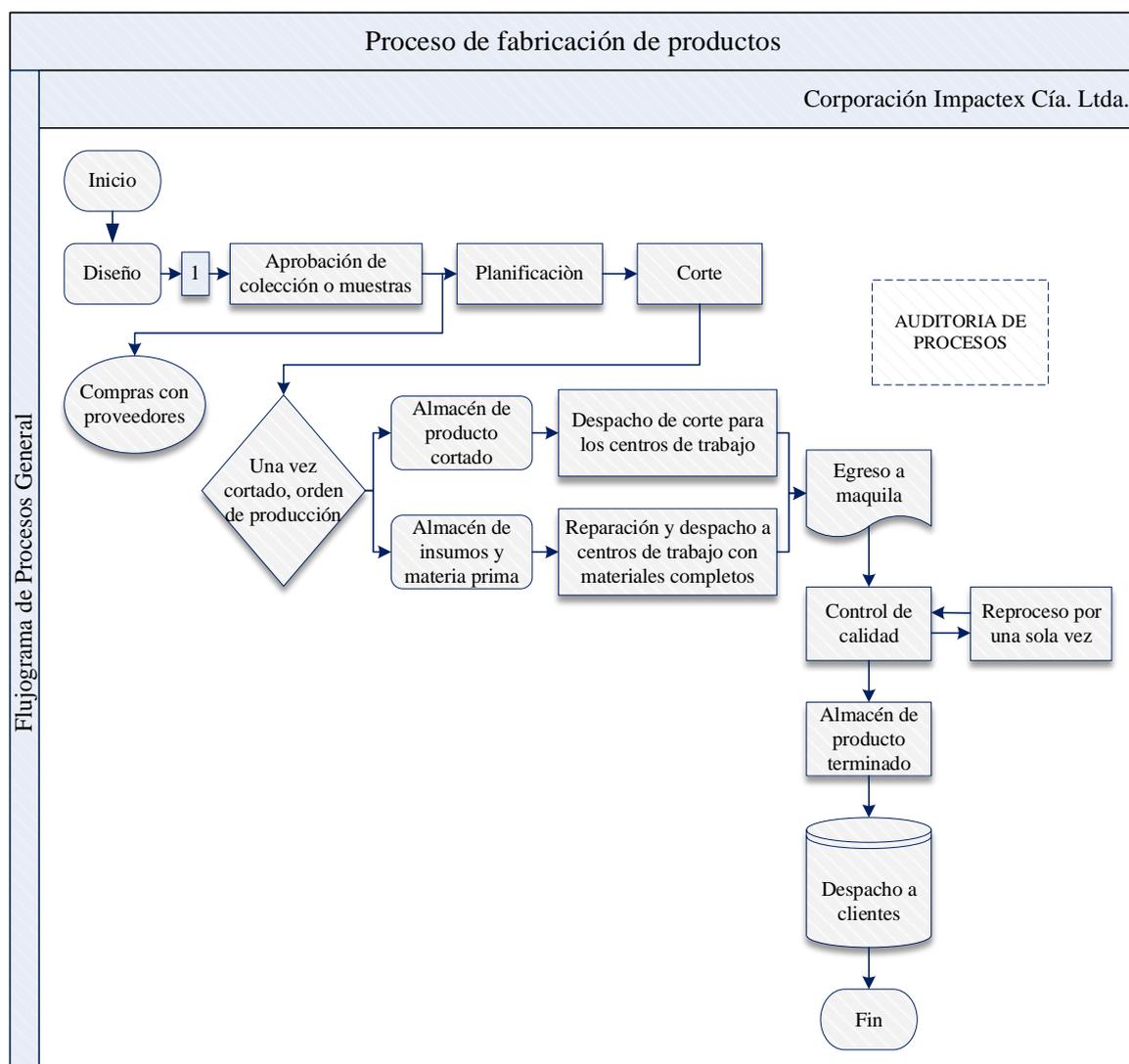


Figura 13. Representación gráfica que ilustra el proceso integral de fabricación de los productos

Análisis y discusión:

La Figura 13, exhibe un diagrama de flujo que ilustra la interacción entre los distintos departamentos funcionales de la empresa y las etapas que conforman el proceso de confección de productos en la Corporación Impactex Cía. Ltda. Como lo señala [68], este diagrama es importante para identificar actividades que pueden tener un impacto en la aparición de fallos durante la producción.

A pesar de que las actividades siguen un flujo de procesos secuencial, es importante considerar que este enfoque, desde el diseño hasta el despacho, puede tener implicaciones significativas, esto se debe a que las etapas de corte, producción y

control de calidad se encuentran al final del flujo, lo que limita la capacidad de detectar y corregir defectos en etapas tempranas del proceso; esto puede resultar en un mayor desperdicio de materiales y tiempo.

Asimismo, los costos de corrección tienden a ser más elevados cuando se descubren defectos en etapas avanzadas del proceso, y esto requiere más recursos; además, existe la posibilidad de retrasos en la entrega y dificultades en la gestión de inventarios debido a acumulaciones en ciertas etapas, lo que puede aumentar los costos de almacenamiento según lo manifiestan [69], [70].

3.1.3 Productos ofertados

Dentro de su catálogo, la Corporación Impactex Cía. Ltda. presenta una amplia diversidad de productos que abordan las diversas demandas tanto a nivel nacional como internacional. Estos artículos se caracterizan por ofrecer fibras de alta calidad, tejidos con solidez y resistencia a la deformación, costuras robustas y reforzadas que aseguran la durabilidad de las prendas. Además, se destacan por brindar suavidad, comodidad y elegancia al vestir.

La elaboración de su variada línea de productos tiene lugar en su instalación de producción ubicada en el barrio Atahualpa, en el cantón Ambato. Estos productos se agrupan en distintas colecciones que se ajustan a las preferencias del cliente en términos de calidad, diseño y precio, y están dirigidas hacia segmentos específicos de usuarios. Dichas colecciones llevan el nombre de "MAO", que corresponde a las iniciales del propietario y presidente de la Corporación Impactex Cía. Ltda., el Sr. Milton Altamirano Ortega.

Las colecciones que ofrece la empresa se segmentan en líneas de productos que se detallan a continuación:

Tabla 13. Líneas de productos ofertados en la empresa

Colección ropa interior masculina			
Ropa interior / Algodón			
			
Descripción: Clásico, comodidad, variedad de colores 8, tallas 36-38-40-42-44-46, pierna media con distintos diseños. Composición 93 % algodón 7% elastano. Estampados varios.			
Ropa interior / Microfibra			
			
Descripción: Comodidad, variedad de 8 colores, tallas 36-38-40-42-44-46, pierna larga con distintos diseños. Composición 80 % poliamida 20 % elastano. Estampados varios.			
Ropa interior / Jacquard			
			
Descripción: Comodidad, variedad de 4 colores, tallas 36-38-40-42, pierna media, brief y pierna larga. Composición 92 % polyester 8 % elastano.			
Colección ropa interior femenina			
			
Descripción: Ropa interior de mujer variedad de diseños algodón y microfibra, 6 colores distintos. Tallas 36-38-40-42.			

Colección ropa interior junior



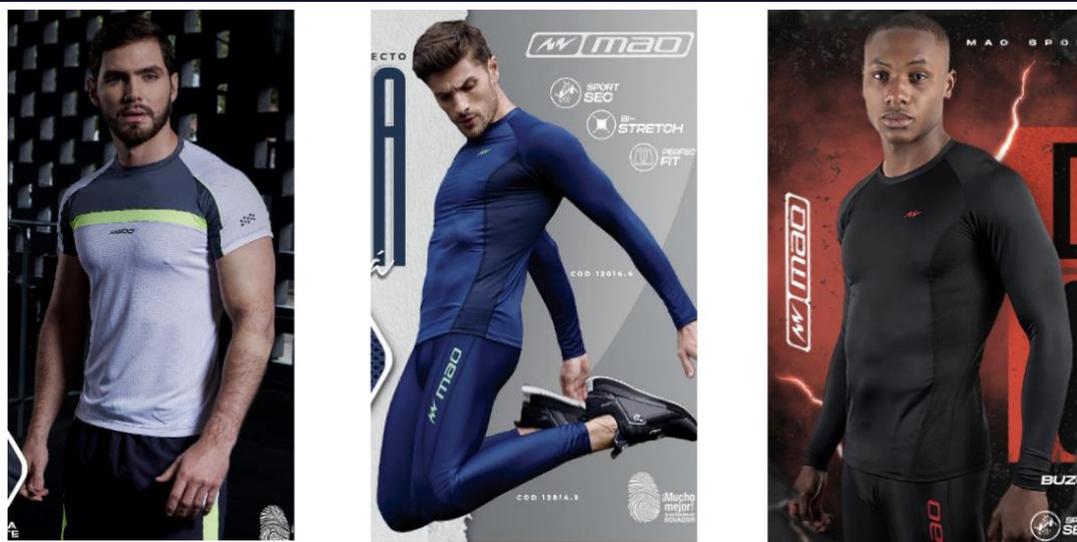
Descripción: Ropa interior junior variedad de diseños algodón y microfibra, 6 colores distintos.
Tallas 14-16-18-20.

Colección ropa interior kids



Descripción: Ropa interior kids, variedad de diseños algodón y microfibra, 6 colores distintos.
Tallas 4-6-8-10-12.

Colección ropa deportiva masculina



Descripción: Tela microfibra, variedad de diseños, 3 colores dependiendo el modelo. Tallas 36-38-40-42.

Colección ropa deportiva femenina



Descripción: Tela microfibras y algodón, variedad de diseños, 3 colores dependiendo el modelo.
Tallas 36-38-40-42.

3.2 Selección del producto objeto a estudio

La corporación Impactex Cía. Ltda. adopta un sistema de organización de su amplio catálogo de productos a través de códigos. Estos códigos se componen de dos letras que indican la categoría del producto y se complementan con números que especifican los detalles particulares del producto. Esto se ejemplificó en la Tabla 14.

Tabla 14. Lista de códigos de los productos ofertados más vendidos

N°	Código	Descripción
1	BH 1055	Bóxer Mao largo
2	BH 1060	Bóxer Mao estampado total
3	BH 1071	Bóxer clásico llano tipo sierra
4	BH 1072	Bóxer clásico pretina estampada llano tipo sierra
5	BH 6916	Bóxer Mao plano
6	BH 7021	Slim corte en malla en costados
7	BH 7053	Bóxer llano isotipo en pierna licra algodón
8	1112.3	Bóxer hombre Mao underaction estampados sierra
9	12714.3	Biciclero hombre Mao deportivo
10	BH 1056	Bóxer hombre Mao colores pierna larga
11	1111.27	Bóxer hombre Mao slim
12	BH 7060	Bóxer estampado tono a tono en gel
13	14112.1	Pack man Mao underaction
14	12014.4	Buso hombre Mao deportiva
15	BH 7024	Slim costuras decorativas sobre puestas 2da colección

Durante los últimos 7 años, los códigos "BH 1060" y "BH 7021" son los más destacados tanto en términos de participación porcentual como en contribución monetaria. Sin embargo, es relevante enfocarse en el análisis del código "BH 7021" para esta investigación, ya que fue solicitado directamente por el gerente y los líderes de los departamentos de producción, comercialización y contabilidad. Este producto es más complejo de fabricar y se produce completamente en las instalaciones de la empresa. En los últimos años, este producto posee una fuerte aceptación entre los usuarios debido a su amplia variedad de colores y alto nivel de confort.

Tabla 15. Modelo de producto seleccionado para el estudio.

Imagen del producto	Código	BH 7021		
 <p>COD.7021 - BOXER PIERNA LARGA EN MICROFIBRA, MALLA LATERAL CON ELÁSTICO VISTO.</p>	% Participación	10.14%		
	Ventas anuales	\$342.617,36		
	Promedio de ventas anuales de los últimos 5 años	2019	2020	
		\$ 276637,50	\$ 382052,53	
		2021	2022	
		\$ 469503,27	\$ 371619,14	
		Agosto 2023		
		\$ 213274,34		
Tallas disponibles	36-38-40-42-44-46			
Descripción del producto				
Bóxer de estilo clásico para deportistas de alto rendimiento, fabricado con microfibra que favorece la ventilación y mantiene al usuario fresco durante sus actividades. Además, proporciona la protección necesaria para actividades en la región sierra.				

3.2.1 Proceso productivo de corporación Impactex Cía. Ltda.

La Corporación Impactex Cía. Ltda. opera una línea de producción en serie para su ropa interior, ya que todos sus productos siguen estándares de fabricación. En el estudio actual, se llevó a cabo un mapeo detallado de los procesos, que incluye la descripción de las actividades, maquinaria utilizada, materiales empleados y la mano de obra involucrada en la producción.

3.2.2 Descripción general del proceso productivo del producto objeto a estudio

A continuación, se proporciona una descripción de las distintas áreas, procesos y actividades involucradas en la fabricación de ropa interior del BH 7021.

- 1) Área de corte
 - Recepción de la programación
 - Trazo
 - Tendido
 - Cortado
 - Levantado del corte
 - Traslado de paquetes
- 2) Área de confección
 - Marmeteo o clasificado
 - Flaximer
 - Fundillo
 - Patinadores, corte de hilachos
 - Elastizado.
 - Patinadores, volteo de bóxer
 - Recubierto de las piernas
 - Etiquetado
 - Pulido
 - Corte de elástico
 - Cosido de elástico
 - Conteo del producto terminado
- 3) Área de control de calidad
 - Revisión del producto
 - Surtido
 - Doblado
 - Colocado de caja
 - Colocado de sobre
 - Enfundado

- Empacado
- 4) Área de bodega
- Recepción de cartones con el producto terminado
 - Análisis de la guía
 - Apilado para despachar

3.2.3 Diseño de ropa interior código BH 7021

La Figura 14, muestra el diseño del bóxer masculino identificado por el código BH 7021.



Figura 14. Plano técnico del diseño del modelo BH 7021 terminado

3.2.4 Recursos empleados en la producción del bóxer BH 7021:

- **Recursos humanos:** Para fabricar este producto, se requieren 4 operadores en el área de corte, 9 en confección y 4 en control de calidad.

- **Materia prima:** Los materiales necesarios, incluyendo la microfibra, son importados desde Colombia y cumplen con los estándares de calidad de la corporación para garantizar la satisfacción del cliente.
- **Maquinaria:** Las máquinas mencionadas en la Tabla 16, son sometidas a mantenimiento preventivo cada 4 meses y a un mantenimiento exhaustivo anual (Overhaul). Un técnico las calibra diariamente.

Tabla 16. Descripción de la maquinaria

Máquina	Marca	Modelo	Mantenimiento
Recta	BROTHER	S-7200C-403	Correctivo - 1 año
Overlook	SIRUBA	514M2-24	Correctivo - 1 año
Overlook	PEGASUS	W662PVH-33A	Correctivo - 1 año
Overlook	SIRUBA	737K-505F1-04	Correctivo - 1 año
Flaximer	PEGASUS	W562PV-01D	Correctivo - 1 año
Elasticadora	PEGASUS	CW562N-05CB	Correctivo - 1 año
Recubridora	PEGASUS	W1662-01G	Correctivo - 1 año
Rematadora	UNISUN	US-520	Correctivo - 1 año
Cortadora de elástico	JEMA	JM – 120H	Correctivo - 1 año

3.3 Levantamiento de los procesos productivos del objeto de estudio

La Figura 15, presenta un diagrama de funciones cruzadas de manera horizontal que representa el proceso de confección del modelo de ropa interior seleccionado para el estudio (Modelo BH 7021). Este diagrama identifica los distintos departamentos encargados de cada actividad que se lleva a cabo de manera secuencial y que contribuye al valor agregado del producto final. El flujo de proceso con el cual se manejan guía la manipulación de la materia prima en cada área de producción hasta su transformación en el producto terminado.

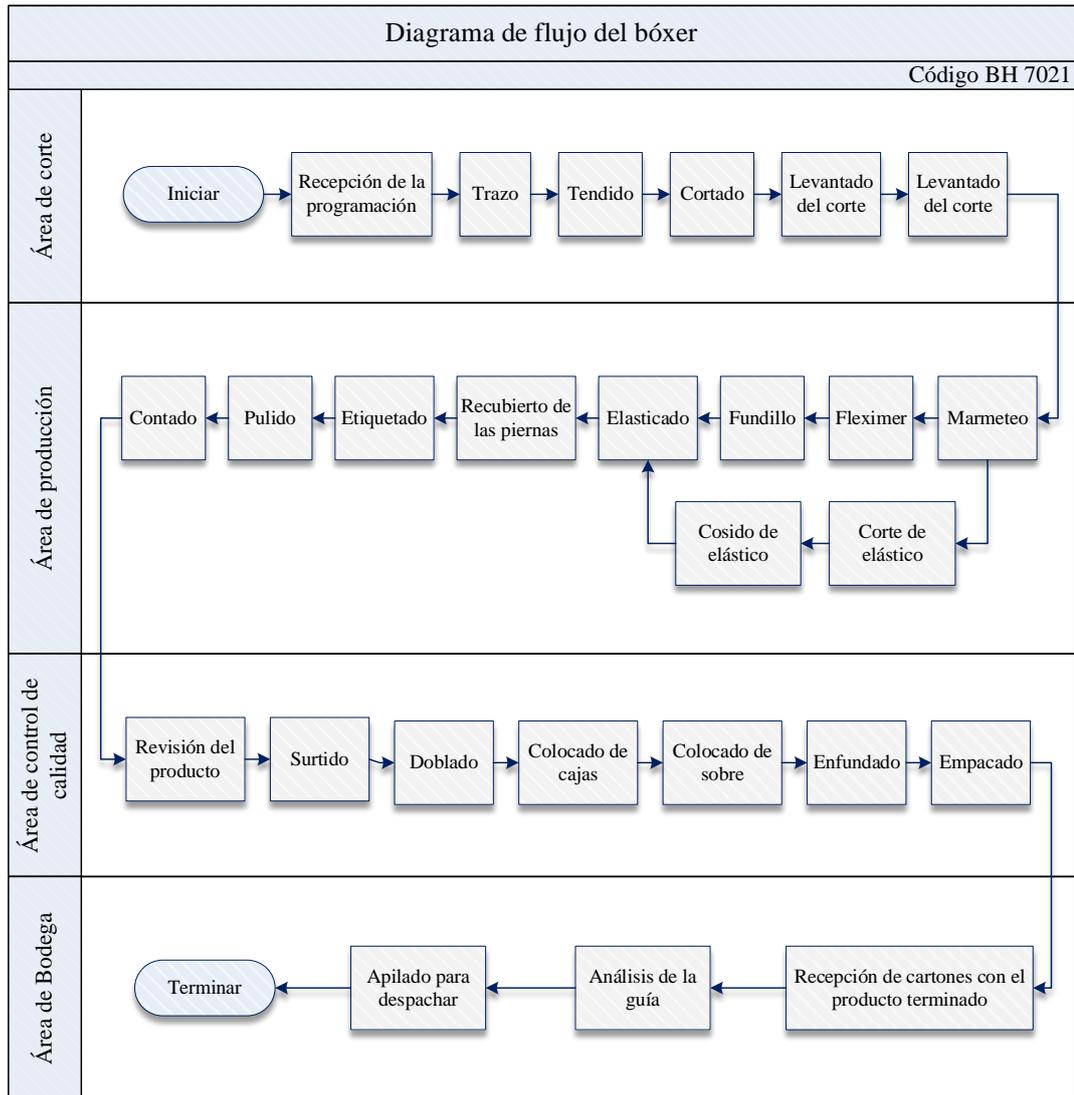


Figura 15. Diagrama de flujo del bóxer BH 7021

Análisis y discusión:

El diagrama de flujo del proceso del bóxer BH 7021, desempeña un papel fundamental en la identificación de fallos y la mejora del control de calidad. Según investigaciones como [71], estas cuatro áreas representan puntos críticos en la producción y el seguimiento de cada etapa; el área de corte asegura la precisión dimensional, la confección garantiza el ensamblaje correcto, el control de calidad verifica el cumplimiento de estándares y la bodega facilita la gestión de inventario.

No obstante, se ha observado que en la Corporación Impactex Cía. Ltda. el área de producción es donde más comúnmente surgen las fallas, debido a que es el área donde más dificultades y problemas ha presentado hasta el momento por el mismo hecho de

que es el proceso donde los bóxeres son ensamblados. Esta circunstancia se traduce en problemas, como pérdida de tiempo, recursos económicos y retrasos en la entrega a los clientes internos y externos, ya que las fallas detectadas en el control de calidad requieren reprocesos.

A continuación, se presenta en la Figura 16, un diagrama de flujo que ilustra la secuencia de actividades llevadas a cabo en el área de confección.

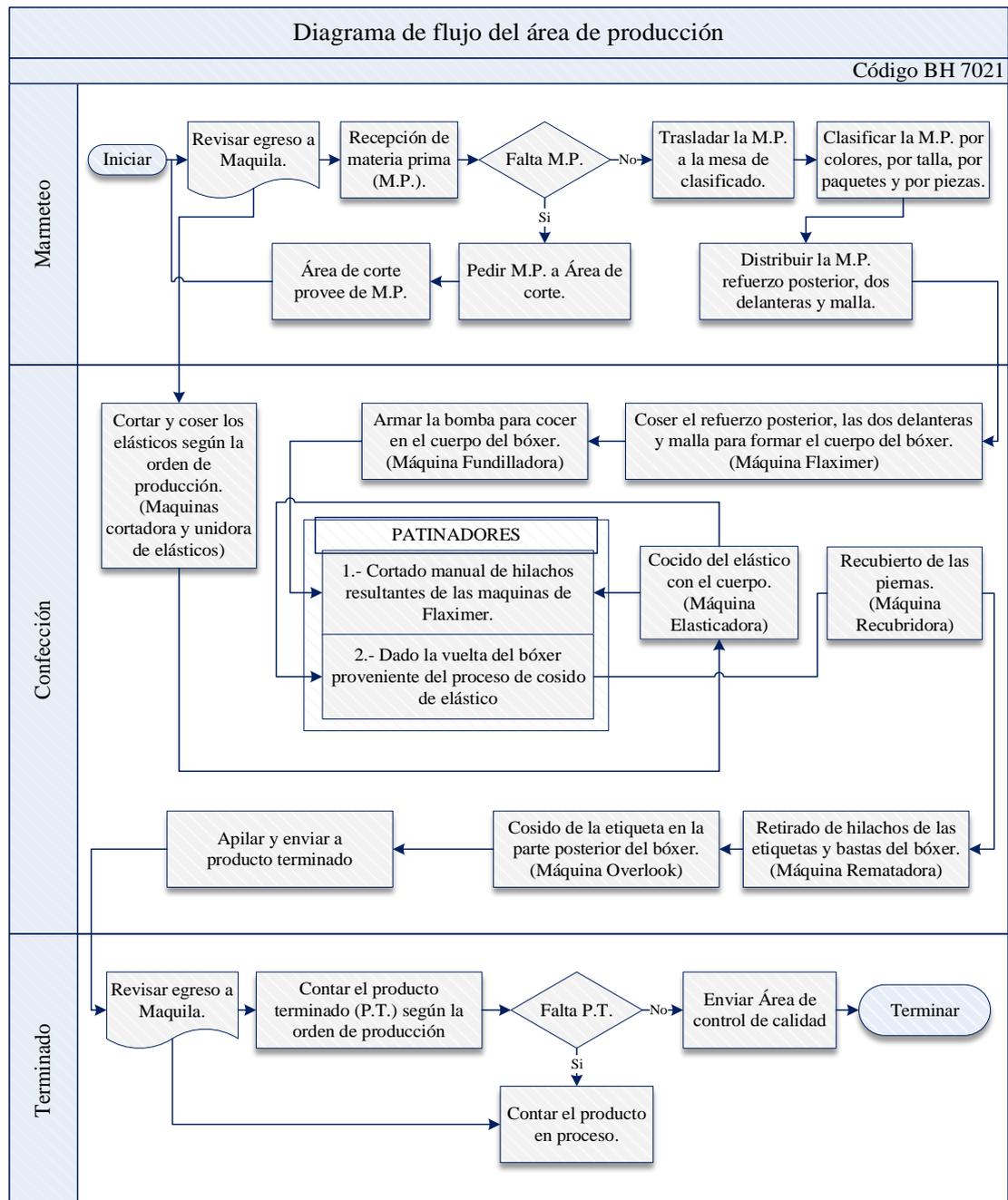


Figura 16. Proceso productivo del objeto de estudio. Código BH 7021

Análisis y discusión:

En la Figura 16, se observa el diagrama de flujo del área de producción del BH 7021, que abarca procesos claves como marmeteo, confección y terminado, los cuales son procesos que desempeñan un papel fundamental para la identificación de fallos y la mejora del control de calidad en la fabricación de bóxeres de microfibra.

Desde una perspectiva científica [64], la industria de confección requiere acciones correctivas y preventivas específicas en procesos críticos. El marmeteo, que inicia la producción de bóxeres, es crucial, ya que clasifica los cortes de tela por talla. Por otro lado, la confección une componentes clave, y cualquier error puede afectar la calidad, por tal razón, la necesidad de instructivos o manuales de procedimientos en la empresa es esencial para minimizar fallas durante las operaciones de este proceso. Garantizar el proceso de terminado es esencial para cumplir los estándares antes del control de calidad. Este enfoque detallado permite identificar potenciales puntos de fallo y patrones de problemas.

Teniendo en cuenta la investigación [72], en el área de producción de bóxeres de microfibra, es muy importante llevar a cabo actividades de calidad específicas para garantizar un proceso sin defectos:

En primer lugar, se debe realizar un mantenimiento regular de las máquinas de confección para asegurar su funcionamiento óptimo y prevenir fallas. El método de confección debe seguir estándares y procedimientos precisos para garantizar la consistencia en la producción.

Así mismo, la mano de obra juega un papel crucial; los operarios deben estar capacitados y supervisados para asegurar la calidad de la costura y otros procesos de confección. El ambiente de trabajo debe ser adecuado en términos de iluminación, ventilación y ergonomía para mejorar la eficiencia y prevenir errores.

Finalmente, la calidad de la materia prima, en este caso, las telas de microfibra, es fundamental, por lo que deben cumplir con las especificaciones requeridas. Al aplicar actividades de calidad en cada una de las 5M (máquina, método, mano de obra, medio

ambiente y materia prima), se reducen las posibilidades de defectos y se mejora la calidad general del producto terminado.

a. Orden de producción

Una de las opciones para atacar con mayor eficiencia el control de calidad y evitar reprocesos es mediante el uso correcto de la orden de producción que se maneja la empresa, para ello en la Tabla 17, se detalla la configuración en el software Excel para el control de producción del modelo BH 7021.

Tabla 17. Requerimiento de producto terminado - Control de producción.

		Requerimiento de producto terminado				
		Descripción:	SLIM CORTE EN MALLA EN COSTADOS			
Código	Mínimo	75%	Máximo	Bodega	Maquila	Programar
BH 7021-36	200	300	400	260	0	
BH 7021-38	300	450	600	140	0	150
BH 7021-40	300	450	600	170	0	150
BH 7021-42	300	450	600	80	50	150
BH 7021-44	200	300	400	155	0	
BH 7021-46	100	150	200	190	0	
Corte						
Estampar	Pendiente	Normal	N. stock	Orden Producción	Diferencia	
			260	No producir	40	
150			440	No producir	310	
120			440	No producir	280	
150			430	No producir	370	
30			185	Producir 215	145	
			190	No producir	-40	

En la Corporación Impactex Cía. Ltda., el departamento de planificación precisa la cantidad de docenas de productos requeridos, mientras que el área de corte, basándose en este informe, genera la orden de producción. Dicha orden detalla el código, tallas, descripción del producto y la cantidad total en docenas a manufacturar.

A partir de esta información, los códigos u órdenes de producción son esenciales para localizar y reportar fallos en la confección de ropa interior, ya que proporcionan una identificación única y específica para cada lote o producto fabricado. Esto sirve para varios propósitos [73]:

- **Rastreabilidad:** Los códigos de producción permiten rastrear cada artículo hasta su origen, identificando máquina, operador y materiales utilizados en la

fabricación. Si se detecta un fallo en un producto, se puede rastrear de inmediato su historial de producción para determinar dónde se produjo el problema.

- **Informe de calidad:** Cuando se encuentra un defecto, el código de producción asociado al producto defectuoso se utiliza en los informes de calidad. Esto proporciona información detallada sobre el problema y su ubicación en el proceso de producción, lo que facilita su corrección.
- **Control de calidad:** Los inspectores pueden verificar cada artículo en función de su código para garantizar que cumple con los estándares de calidad establecidos. Si se encuentran problemas, se pueden documentar y abordar de inmediato.
- **Mejora continua:** Al recopilar datos sobre los fallos y problemas de calidad asociados a códigos específicos, la empresa puede identificar patrones y tendencias que permite tomar medidas correctivas específicas y preventivas en las áreas donde más se necesitan.
- **Gestión de inventario:** Los códigos rastrean productos en la cadena de suministro, evitando acumulaciones innecesarias en ciertas etapas del proceso.

3.3.1 Descripción del proceso productivo

A continuación, en la Tabla 18, se detallan todas las actividades relacionadas con la confección del producto BH 7021, dividiéndolas en acciones de transporte y operativas.

Tabla 18. Actividades para la fabricación del bóxer con código BH 7021

Operación	Descripción	Código
Transporte 1:	Trasladar desde Marmeteo del refuerzo posterior, dos delanteros y malla hasta el proceso de flaximer.	T1
Operación 1:	Utilizar la máquina flaximer para coser el refuerzo posterior junto con los dos delanteros y la malla, formando así el cuerpo del bóxer.	O1
Transporte 2:	Trasladar el cuerpo del bóxer a la fundilladora.	T2

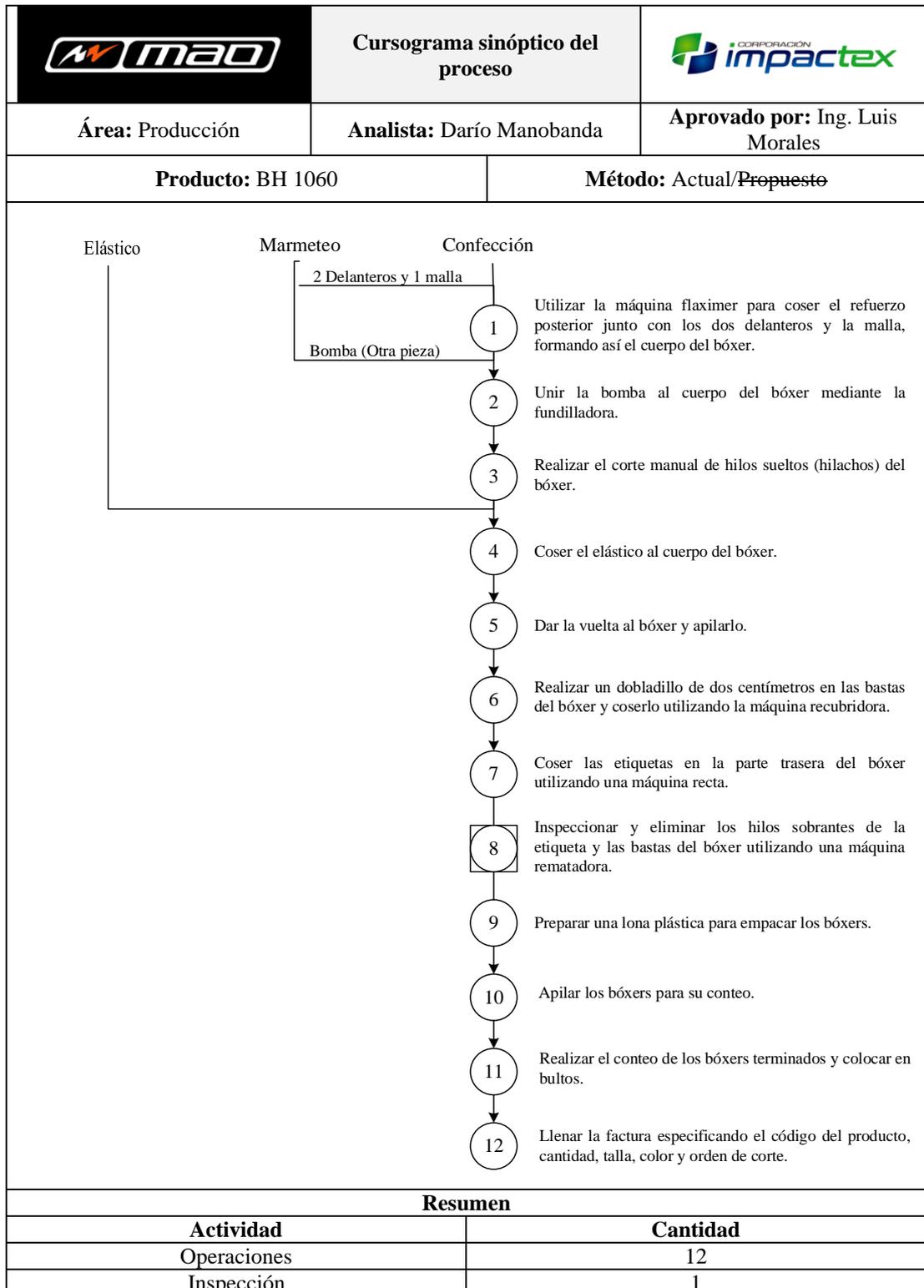
Operación	Descripción	Código
Transporte 3:	Trasladar desde Marmeteo la bomba al proceso de fundillo.	T3
Operación 2:	Unir la bomba al cuerpo del bóxer mediante la fundilladora.	O2
Transporte 4:	Trasladar a la sección de patinadores.	T4
Operación 3:	Realizar el corte manual de hilos sueltos (hilachos) del bóxer.	O3
Transporte 5:	Trasladar el bóxer a la elasticadora.	T5
Transporte 6:	Trasladar el elástico desde el puesto de conformado de elástico hasta la elasticadora.	T6
Operación 4:	Coser el elástico al cuerpo del bóxer.	O4
Transporte 7:	Trasladar a la sección de patinadores.	T7
Operación 5:	Dar la vuelta al bóxer y apilarlo.	O5
Transporte 8:	Trasladar el bóxer dado la vuelta al área de recubrimiento de las piernas.	T8
Operación 6:	Realizar un dobladillo de dos centímetros en las bastas del bóxer y coserlo utilizando la máquina recubridora.	O6
Transporte 9:	Trasladar a la máquina etiquetadora.	T9
Operación 7:	Coser las etiquetas en la parte trasera del bóxer utilizando una máquina recta.	O7
Transporte 10:	Trasladar al proceso de pulido.	T10
Operación 8:	Inspeccionar y eliminar los hilos sobrantes de la etiqueta y las bastas del bóxer utilizando una máquina rematadora.	O8
Transporte 11:	Trasladar al proceso de conteo.	T11
Operación 9:	Preparar una lona plástica para empaclar los bóxers.	O9
Operación 10:	Apilar los bóxers para su conteo.	O10
Operación 11:	Realizar el conteo de los bóxers terminados y colocar en bultos.	O11
Operación 12:	Llenar la factura especificando el código del producto, cantidad, talla, color y orden de corte.	O12

3.3.2 Diagrama de ensamble del proceso de confección del bóxer BH 7021

El ensamblaje de productos es un paso crucial en la producción de Corporación Impactex Cía. Ltda., por lo que es esencial describir en detalle las actividades involucradas en este proceso. La Tabla 19, presenta una secuencia organizada de actividades de operaciones e inspección que ocurren durante la fabricación del bóxer BH 7021. El propósito de este diagrama fue mejorar la comprensión del proceso, que

servirá como base para el estudio en curso, y también facilitar la identificación de lugares dentro del proceso productivo que permitan establecer puntos de control para la detección de posibles fallas potenciales.

Tabla 19. Cursograma analítico del modelo BH 7021



Análisis y discusión:

La Tabla 19, representa las actividades realizadas en el proceso de fabricación del BH 7021; a medida que las operaciones se llevan a cabo en la línea principal de confección, se integran componentes de otras líneas de trabajo, como el elástico y el marmeteo.

En estos puntos de ensamblaje, es crucial realizar al menos una inspección visual técnica basándose en el establecimiento de estándares de calidad, puntos de inspección, inspección continua, documentación de hallazgos, implementación de acciones correctivas y preventivas y la adaptación a regulaciones y normas específicas de la industria textil que deben cumplirse en el país, así como lo señala [74].

Por otro lado, como afirma la investigación [75], no es factible una inspección visual bajo la experiencia esto debido a que la mayoría de los problemas de calidad suelen surgir durante la unión de las piezas, provocando defectos como costuras mal hechas, ajustes incorrectos, defectos en el tejido de microfibra y otros defectos relacionados con la confección que pueden afectar negativamente la calidad de los bóxers y, en última instancia, la satisfacción del cliente.

Por lo tanto, es crucial identificar y abordar cualquier fallo en esta etapa apoyándose en documentos técnicos específicos como la Asociación de Industrias Textiles del Ecuador (AITE) y el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) para garantizar la consistencia en la calidad y mantener altos niveles de productividad en la empresa, así como lo menciona la publicación [76].

3.3.3 Cursograma analítico del proceso de producción del objeto de estudio

La Figura 17, muestra el cursograma analítico del proceso de confección del modelo BH 7021. Este diagrama representa gráficamente todas las operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos presentes en el proceso, con el objetivo de mejorar la comprensión de este.

El cursograma analítico muestra un conjunto de 12 operaciones críticas que contribuyen al valor del producto final. Algunas de estas operaciones se ejecutan mediante sistemas semiautomatizados, pero la mayoría dependen de la destreza

manual de los operarios. Esto resalta la importancia del entrenamiento y la concentración de los trabajadores para prevenir problemas de calidad que puedan afectar el producto terminado. En consecuencia, la calidad y productividad de una empresa se ven influenciadas por el factor humano. La mano de obra, con su conocimiento y experiencia, pueden rediseñar procesos, lo que conlleva mejoras en la calidad y repercute directamente en la productividad según lo afirma [77].

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE CONFECCIÓN				
H. Número:	01	Diagrama:	01	Resumen		
Objetivo:	Conocer el flujo de operaciones realizadas para la confección de ropa interior.			Símbolo	Actividad	Actual/Propuesto
Prod. analizado:	BH 7021	Método:	Actual	●	Operación	12
Departamento:	Producción	Elaborado por:	Dario Manobanda	➡	Transporte	11
Materia:	T. microfibra, hilos, malla	Aprobado por:	Ing. Luis Morales	■	Inspección	1
Lugar:	Corporación Impactex	Fecha:	26/09/2023	⬇	Espera	0
Observaciones Generales:	Las actividades se ejecutan de manera secuencial, de modo que solo involucran operaciones y desplazamientos.			▲	Almacenaje	0
					Tiempo (s)	302
					Tiempo (min)	5,03
					Distancia (m)	79,27
Identificación de Actividades		Código	Distancia (m)	Tiempo (s)	Símbolo	Observaciones
N.	Descripción				● ➡ ■ ⬇ ▲	
1	Trasladar desde Marmeteo del refuerzo posterior, dos delanteros y malla hasta el proceso de flaximer.	T1	14,00	14,00	●	
2	Utilizar la máquina flaximer para coser el refuerzo posterior junto con los dos delanteros y la malla, formando así el cuerpo del bóxer.	O1		71,00	●	
3	Trasladar el cuerpo del bóxer a la fundilladora.	T2	6,00	9,00	●	
4	Trasladar desde Marmeteo la bomba al proceso de fundillo.	T3	13,00	13,00	●	
5	Unir la bomba al cuerpo del bóxer mediante la fundilladora.	O2		10,00	●	
6	Trasladar a la sección de patinadores.	T4	4,35	7,00	●	
7	Realizar el corte manual de hilos sueltos (hilachos) del bóxer.	O3		17,00	●	
8	Trasladar el bóxer a la elasticadora.	T5	7,55	11,00	●	
9	Trasladar el elástico desde el puesto de conformado de elástico hasta la elasticadora.	T6	8,85	11,00	●	
10	Coser el elástico al cuerpo del bóxer.	O4		22,00	●	
11	Trasladar a la sección de patinadores.	T7	3,75	9,00	●	
12	Dar la vuelta al bóxer y apilarlo.	O5		2,00	●	
13	Trasladar el bóxer dado la vuelta al área de recubrimiento de las piernas.	T8	2,10	17,00	●	
14	Realizar un dobladillo de dos centímetros en las bastas del bóxer y coserlo utilizando la máquina recubridora.	O6		20,00	●	
15	Trasladar a la máquina etiquetadora.	T9	4,25	7,00	●	
16	Coser las etiquetas en la parte trasera del bóxer utilizando una máquina recta.	O7		9,00	●	
17	Trasladar al proceso de pulido.	T10	9,25	11,00	●	
18	Inspeccionar y eliminar los hilos sobrantes de la etiqueta y las bastas del bóxer utilizando una máquina rematadora.	O8		15,00	●	
19	Trasladar al proceso de conteo.	T11	6,17	13,00	●	
20	Preparar una lona plástica para empacar los bóxers.	O9		1,00	●	
21	Apilar los bóxers para su conteo.	O10		11,00	●	
22	Realizar el conteo de los bóxers terminados.	O11		0,75	●	
23	Llenar la hoja de control especificando el código del producto, cantidad, talla, color y orden de corte.	O12		1,25	●	
24	El producto terminado se almacena para ser enviado al área de control de calidad y empaque.	A1	-	-	●	

Figura 17. Cursograma analítico del modelo BH 7021

Análisis y discusión:

La falta de inspección en el cursograma analítico del proceso de confección de bóxeres de microfibra es una preocupación significativa. La inspección es un componente crucial para mantener un control de calidad efectivo a lo largo de la producción. Sin la incorporación de puntos de inspección en el proceso, se corre el riesgo de que los posibles defectos pasen desapercibidos hasta etapas posteriores, lo que puede resultar en productos defectuosos, reprocesos y costos significativos para corregir problemas tardíos.

Los estudios previamente citados [78], [79] enfatizan la importancia de un control detallado en todas las fases de producción y la integración de mecanismos de inspección en las operaciones para identificar defectos tempranamente.

En el contexto de la confección de ropa interior, específicamente para la fabricación de bóxeres de microfibra, la inspección es aún más crítica debido a la complejidad de los materiales y las costuras. La introducción de puntos de inspección en el proceso, como la revisión de costuras, la alineación de tejidos y la integridad de las elásticas, puede ayudar a identificar problemas de calidad en una etapa temprana, lo que resulta en una reducción de costos y un aumento en la satisfacción del cliente, la literatura actual [80] respalda esta perspectiva en la industria textil.

3.4 Aplicación de la metodología Six Sigma

3.4.1 Fase de definición

a. Recolección de los defectos de calidad del modelo objeto de estudio

- ***Entrevista y técnica de lluvia de ideas o brainstorming***

Para la identificación de los problemas de calidad que se presentan en el proceso productivo de confección del bóxer modelo BH 7021 de la Corporación Impactex Cía. Ltda. han sido definidas mediante la aplicación de entrevistas y lluvia de ideas o brainstorming. La entrevista ha sido aplicada a la jefa de producción en base a la guía de preguntas expuesta en el Anexo 2; el conjunto de preguntas se diseñó en base al

interés del investigador para recopilar información relevante acerca de los principales defectos de calidad.

Además, se implementó la técnica de lluvia de ideas en el área de producción, con la participación de los operarios en turno con el tema:

“Problemas de calidad que se presentan en su puesto de trabajo durante la confección del bóxer BH 7021”

El listado de las ideas obtenidas mediante la aplicación de esta herramienta de calidad al personal involucrado en el área de producción se encuentra en el Anexo C.

La Figura 18, ilustra las causas identificadas en cuanto a los problemas de calidad que se presentan en su puesto de trabajo. Estos factores que se exponen se encuentran presentes en el proceso productivo; la recopilación de estas ideas se logra a través de la técnica de lluvia de ideas y entrevista, donde participan los trabajadores en el proceso de confección y la jefa de producción.

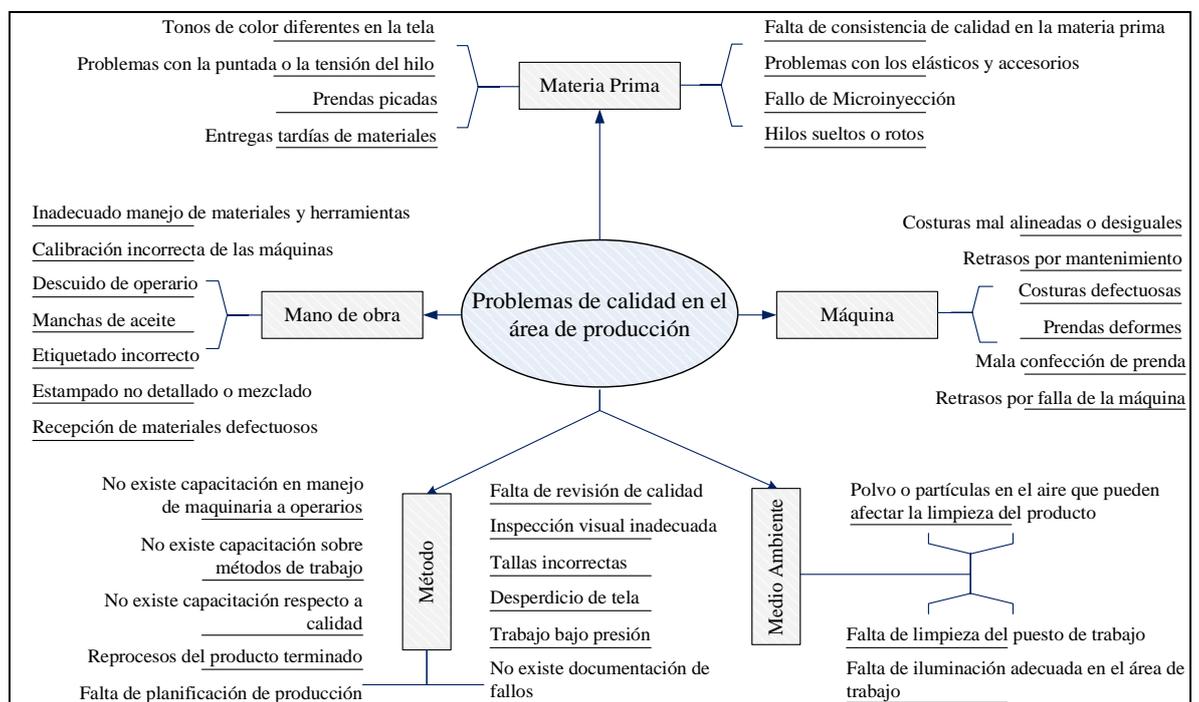


Figura 18. Lluvia de ideas de los principales problemas de calidad en el área de producción

Análisis y discusión:

Los problemas abordados anteriormente en la lluvia de ideas y la entrevista aplicada tienen similitudes con los identificados en otros estudios orientados a la industria de confección de ropa interior.

Según [81], factores como la "falta de digitalización de productos", la "falta de diseño ubicuo y la configuración de fabricación", la "resistencia al cambio", la "falta de sincronización de datos" y la "falta de soporte de infraestructura de alta tecnología" fueron las barreras importantes en la microindustria India, pequeñas y medianas empresas (Mipymes). Sin embargo, factores como: la selección de la materia prima adecuada y establecer el nivel de importancia de diversos requisitos técnicos son los efectos más significativos sobre la calidad de la ropa interior [82].

Además de los factores mencionados, algunos científicos, han llegado a sostener que existen "factores blandos" (como la planificación, cultura empresarial y otros aspectos relacionados con el equipo y la gestión) que se destacan como significativos en la mejora de la calidad y "factores duros" (como la gestión de procesos y la maquinaria) que no parecen tener un impacto estadísticamente significativo en la calidad del producto [83].

- ***Técnica 5W-2H***

La técnica 5W-2H se emplea para obtener una comprensión más profunda de la calidad actual en el proceso productivo de la confección del bóxer modelo BH 7021.

En la tabla 16, se muestra la herramienta 5W-2H aplicada a la jefa de producción, la misma que permitió una exploración detallada de los problemas de calidad en cada etapa de la fabricación de esta ropa interior.

Tabla 20. Técnica 5W-2H aplicada en el área de producción

ÁREA DE PRODUCCIÓN							
	PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
Who-Quién	¿Quién está involucrado en los problemas de calidad?	Jefe de programación y materia prima.	<p>Porque programa el pedido de telas.</p> <p>Porque recibe la materia prima.</p>	Porque es el encargado de revisar la materia prima.	Porque tiene el conocimiento de las fallas presentadas en la materia prima.	Porque muchas veces la materia prima tiene varias inconformidades a la hora de confeccionar el bóxer.	Porque permite confeccionar un producto a menor costo para el cliente, pero con un nivel de calidad bajo, debido a los defectos que existen en la tela.
		Técnico y jefa de área de producción.	Porque controla el correcto funcionamiento de la maquinaria.	Porque conoce como debe mantener o realizar el proceso.	Porque es el encargado de dar solución a cualquier inconveniente con la maquinaria.	Porque su responsabilidad es guiar y asesorar a todos los operarios.	Porque de esta forma el operario tiene mayor conocimiento y puede solucionar los diferentes problemas que se presenten en su puesto de trabajo.
		Operario.	Porque realiza el proceso.	Porque conoce el proceso y manipula los diferentes tipos de maquinaria.	Porque llevan mucho tiempo realizando los mismos procesos.	Porque debe solucionar cualquier problema que se presente.	Porque cada operario debe controlar que sus procesos tengan un buen acabado.

	PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
What-Qué	¿Qué es lo que causa los problemas?	No realizan un buen método de trabajo.	Porque puede llevar a variaciones en la forma en que se realizan las operaciones.	Porque puede dar lugar a errores humanos, como costuras mal colocadas o cortes incorrectos.	Porque puede llevar a una producción lenta o a la realización de pasos innecesarios.	Porque puede haber una falta de coordinación en el proceso de confección.	Porque dificulta la formación de nuevos operarios.
		Derrame de aceite en las piezas armadas.	Porque puede resultar en manchas de aceite en el producto final, lo que afecta negativamente su apariencia y calidad.	Porque puede ser difícil de limpiar, lo que puede llevar a la acumulación de suciedad en las máquinas y equipos.	Porque puede afectar la calidad de las costuras, ya que puede dificultar la adherencia adecuada de las fibras textiles.	Porque puede dañar los elásticos utilizados en la confección de bóxers.	Porque puede requerir reprocesos para eliminar las manchas.
		Desgaste de las piezas de la maquinaria o deficiente manipulación de la máquina.	Porque puede llevar a costuras irregulares o mal ejecutadas.	Porque puede resultar en roturas de agujas durante la costura.	Porque puede afectar la tensión del hilo durante la costura, lo que contribuye a problemas de calidad, como hilos sueltos o costuras desiguales.	Porque pueden generar piezas de tela de tamaños irregulares.	Porque puede resultar en tiempos de inactividad no planificados y retrasos en la producción.
		Descuido del operario.	Porque puede cometer errores al ensamblar las piezas del bóxer.	Porque es más probable que deje hilos sueltos o los cortes de manera inadecuada.	Porque puede llevar a costuras mal ejecutadas.	Porque pueden pasar por alto defectos si no están suficientemente atentos.	Porque debido al descuido de los operarios puede dañar la reputación de la marca.
		Cortado de piezas incorrectas.	Porque si se detectan piezas incorrectas durante etapas posteriores del proceso, se requerirán reprocesos para corregir el error.	Porque puede dar como resultado piezas asimétricas, lo que afecta la estética del producto final y su comodidad de uso.	Porque cuando las piezas se cortan en dimensiones incorrectas, no encajan adecuadamente durante la confección.	Porque el corte inexacto puede generar desperdicio de material.	Porque puede dañar la percepción de calidad del producto por parte de los clientes.
		La estandarización inadecuada de recepción de materia prima.	Porque aparentemente la tela, el hilo, el elástico y las microinyecciones cumple con las especificaciones necesitadas.	Porque existe la posibilidad de tener mayor variabilidad en el producto.	Porque puede haber inconsistencias y dificultad en la detección de defectos.	Porque se confían que el producto recibido es de buena calidad.	Porque produce retrasos en la producción.

	PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
When-Cuándo	¿Cuándo ocurren los problemas de calidad?	El operario realiza el proceso en otra máquina.	Porque existe descuido por parte del operario.	Porque el mecánico no revisa adecuadamente la maquinaria.	Porque el tipo de tela que se procesa es diferente.	Porque no está calibrado la máquina acorde al textil.	Porque en la maquinaria está puesto hilos de mala calidad.
		El operario no se da cuenta a tiempo de algún tipo de defecto.	Porque no existe un correcto control de defectos.	Porque el operario solo asume criterios de Calidad.	Porque muchas de las veces faltan una mejor iluminación en sus puestos de trabajo.	Porque las costureras realizan un trabajo muy monótono y no se dan cuenta.	Porque no existe una documentación del tipo de fallas y del porqué de los defectos.
Where-Dónde	¿Dónde ocurren los problemas de calidad?	En todos los procesos de producción.	Porque algunas veces el operario se confunde.	Porque no existe una inspección adecuada en cada puesto de trabajo.	Porque muchas de las veces existen desgaste en la maquinaria y no hay un correcto mantenimiento.	Porque algunos cortes de piezas están incorrectos o existe defectos en la tela.	Porque no realiza un buen método de trabajo en sus puestos de trabajo.
How-Cómo	¿Cómo ocurren los problemas de calidad?	La mayoría de los problemas ocurren al utilizar materia prima de mala calidad.	Porque no se realiza un control de calidad adecuado de la materia prima que se utiliza.	Porque ciertos defectos de la materia prima no se pueden observar a simple vista.	Porque se debe conocer la resistencia de la tela e hilo, así como la uniformidad del tono de tela y la presencia de picaduras en la tela antes de confeccionar la ropa interior.	Porque al ser una prenda difícil de confeccionar la tela debe ser adecuada para la manipulación del operario y la maquinaria.	Porque muchas veces envían la tela con fallas al siguiente proceso.

	PREGUNTA	RESPUESTA	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?
How-Cómo resolverlo	¿Como podrían resolver los problemas de calidad?	Capacitación de métodos de trabajo y mayor concentración por parte de los operarios.	Porque podrán establecer un sencillo y eficaz método de trabajo.	Porque de esta manera los operarios lograrán obtener una ropa interior de buena calidad.	Porque así los operarios realizarán un mejor proceso en la confección del bóxer BH 7021.	Porque de esta forma se reducirá los reclamos por parte de la jefa de producción y de los clientes.	Porque la empresa busca disminuir los problemas de calidad como fallas en la costura y retrasos de la producción.
		Mejorar la calidad de la tela y del hilo con nuevos proveedores.	Porque de esta manera podrán disminuir los problemas de calidad tanto en el hilo como en la tela.	Porque de esta manera se disminuiría las fallas ocasionadas por el hilo, la tela, el elástico y la microinyección.	Porque la Corporación Impactex Cia. Ltda. busca satisfacer las necesidades de los clientes.	Porque así se podrá controlar la temperatura de la máquina estampadora para cuidar encogimientos.	Porque busca ser una empresa más competitiva en el mercado y facilitar más su exportación.
		Realizar mantenimiento preventivo.	Porque ayudan a conocer cuando un equipo necesita mantenimiento.	Porque evitarán errores de calidad como las manchas de aceite y descalibración en el proceso productivo.	Porque permitirá prolongar la vida útil de las máquina.	Porque evitarán la interrupción de las actividades y retrasos para los siguientes subprocesos.	Porque se reduciría la existencia de fallas en la tela de microfibra.

Análisis y discusión:

Tras la aplicación de la técnica 5W-1H aplicada a la jefa de producción se establece que los problemas de calidad presentes en el proceso productivo de confección del modelo del bóxer BH 7021 son los reprocesos que se generan por realizar el producto con materia prima (tela, hilos y elásticos) de mala calidad, pues a la hora de llegar los cortes del bóxer al área de producción con un material defectuoso y utilizar insumos de mala calidad durante la confección afecta a todos los procesos de producción.

Las principales causas de los defectos encontrados en la ropa interior son: fallas en costuras, fallas en elásticos, fallas de estampado, prendas deformes, prendas picadas, manchas de aceite, falla de etiquetado, tonos de color diferentes en la tela y fallo de microinyección que son el resultado del descuido del operario, el cortado de piezas incorrectas, la estandarización inadecuada de recepción de materia prima, la no realización de un buen método de trabajo y el desgaste de las piezas de la maquinaria o la deficiente manipulación de las máquinas (Recta, Overlook, Flaximer, Recubridora, Elasticadora y Rematadora).

Las personas involucradas en los problemas de calidad son: el jefe de programación que es el encargado de programar el pedido de telas; el jefe de materia prima que es el encargado de recibir la materia prima y revisarla; la jefa de producción que es la encargada de programar las actividades del proceso y la persona encargada de controlarla con el fin de lograr una ejecución más efectiva, guiando a los operarios a cumplir con cierto nivel de calidad predeterminado por la empresa; el técnico que es quien controla el correcto funcionamiento de la maquinaria y da solución; el operario que es la persona encargada de realizar el proceso.

Por último, una manera de dar solución y disminuir la frecuencia de estos problemas sería que la adquisición de materia prima se lo haga a proveedores certificados, llevar un plan de mantenimiento preventivo en los equipos, así se logrará conocer cuando estos equipos están desgastados para rápidamente darle la atención correspondiente y dar capacitación respecto a métodos de trabajo y calidad a los operarios, ya que de esta forma se podría ahorrar la pérdida de tiempo y costos de dinero en la reconstrucción del producto terminado según lo afirma [84].

b. Determinación de los principales defectos

La empresa no cuenta con un registro de los tipos de defectos de calidad identificados en el área de control de calidad, por tal razón, se procedió a la recopilación de datos para determinar la frecuencia de ocurrencia de cada uno de estos defectos en un periodo de tiempo de un mes (octubre de 2023). Esta recopilación fue fundamental para identificar los fallos potenciales en los que se enfocará la mejora de la calidad del proceso. Es esencial que los defectos a considerar sean de naturaleza cuantificable y mensurable, lo que facilitará las etapas posteriores del estudio.

Con el propósito de elaborar el diagrama de Pareto para el área de producción en la Corporación Impactex Cia. Ltda., se emplearon los datos previamente recolectados en el área de control de calidad y haciendo referencia a la orden de producción con fecha 10/13/2023, N° 13647, que tenía como objetivo la fabricación de 153 docenas del bóxer modelo BH 7021 en talla 40 y 135 docenas en talla 38 respectivamente. Después de una revisión y conteo minucioso, se identificaron 11 docenas y 11 unidades con defectos. Estos hallazgos están detallados en el Anexo E.

La Tabla 21, presenta un desglose de los defectos identificados durante la revisión efectuada por el área de control de calidad, junto con la cantidad de prendas que presentaron fallos. También se exhibe el porcentaje correspondiente a estas prendas defectuosas en relación con el total de prendas con defectos. Esto con la finalidad de identificar los defectos pocos vitales presentes en el área de producción.

Tabla 21. Cuantificación de defectos en el área de recepción

No.	Área	Defectos	Frecuencia	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
1	Producción	Falla en costuras	71	49,65%	49,65%
2		Manchas de aceite	36	25,17%	74,83%
3		Prendas deformes	27	18,88%	93,71%
4		Falla en elástico	3	2,10%	95,80%
5		Falla de etiquetado	3	2,10%	97,90%
6		Prendas picadas	1	0,70%	98,60%
7		Fallas en telas	1	0,70%	99,30%
8		Fallo de microinyección	1	0,70%	100,00%
		Total de unidades	143	100,00%	-
		Total de docenas	11, 92 (11 docenas y 11 unidades)		

Los bóxers de microfibra del modelo BH 7021 que llegan al proceso de revisión en el área de Control de Calidad y presentan cualquier tipo de defecto son enviadas a un solo reproceso. Si la prenda no pasa la segunda revisión y aún presenta problemas, el costo de la prenda se descuenta a la costurera responsable del defecto.

La Figura 19, presenta un diagrama de Pareto que detalla la frecuencia de ocurrencia de los defectos de calidad en el área de producción. Este análisis ayudó a identificar los defectos que contribuyen significativamente al total de fallas y, que por lo tanto, causan inestabilidad en el proceso estudiado. Los resultados obtenidos a través del diagrama de Pareto fueron cruciales para definir con mayor precisión el alcance del proyecto Six Sigma.

Esta información garantizó para que los resultados finales de la investigación sean más confiables y que las decisiones de la organización estén respaldadas por las necesidades actuales del proceso y los desafíos que enfrenta.

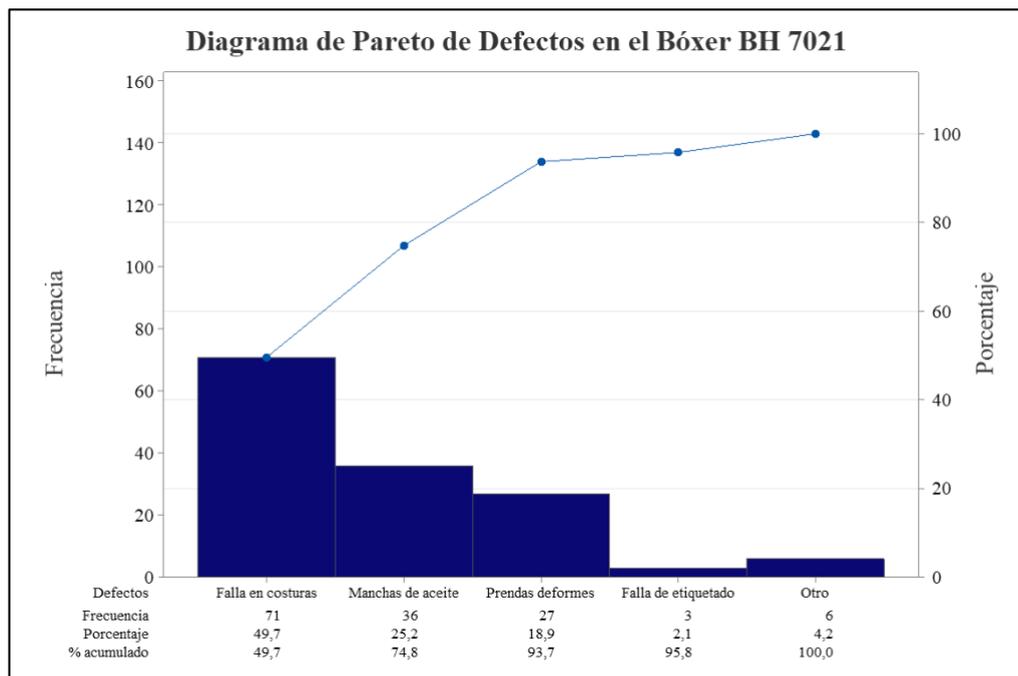


Figura 19. Diagrama de Pareto de los defectos que aparecen en el área de producción.

Análisis y discusión:

A través del análisis estadístico se evidencia que los causas poco vitales son: las fallas en costuras (49,7%), manchas de aceite (25,2%) y con un porcentaje de participación

del 5,6% las prendas deformes que acumulados los tres tipos de defectos representan el 80,4% de los problemas que deben ser atacados rápidamente para solucionar el problema que se presenta en la confección del bóxer de microfibra modelo BH 7021.

Por otro lado, las causas triviales son: prendas deformes, falla de etiquetado entre otras. De esta manera, la mayor mejora a todo el proceso se podría lograr resolviendo los problemas de falla en costura, manchas de aceite y prendas deformes, ya que son los que han aparecido con mayor frecuencia, con un total de 71, 36 y 8 de 27 veces respectivamente.

Para ello, la Norma ASTM D6193-16, hace hincapié en que la selección del tipo de puntada, la configuración de costura y el tipo de hilo más apropiados para un conjunto específico implica una comprensión profunda de diversas variables con el objetivo de resaltar las cualidades esenciales como resistencia, elasticidad, durabilidad, seguridad y aspecto visual. Estas características deben armonizarse con las propiedades del material que se use para lograr una costura óptima. Por lo tanto, una elección inapropiada de cualquier componente puede resultar en una falla en la unión cosida y, en última instancia, un fallo del producto fabricado [85].

Así mismo la Norma ISO 4915 menciona que es factible llevar a cabo la misma costura en diversas máquinas que ejecutan una variedad de puntadas distintas; no obstante, es esencial considerar la operación y la elección del tipo de costura en función del diseño y patronaje especificado [86].

Por último, la Norma ASTM D1683/D1683M-22, indica que para detectar defectos y determinar la combinación óptima de variables como el tipo de hilo de coser, la puntada, el tipo de costura y la densidad de puntada, se emplea una prueba de resistencia de costura.

Esta prueba compara una muestra de tela con costura con una pieza de tela sin costura. La muestra se somete a tensión, de manera similar a una prueba de resistencia, hasta que se rompe. Si la parte sin costura se rompe antes que la costura, se considera que la eficiencia de la costura es del 100%. Si la costura falla, por ejemplo, a la mitad de la resistencia a la rotura de la pieza de prueba sin costura, se dice que la eficiencia de la costura es del 50% [87].

c. *Descripción de fallos presentados en el proceso de confección*

La Tabla 22, presenta los defectos o modos de fallos en el proceso de confección del bóxer modelo BH 7021, identificados mediante inspección visual, en ella se detalla su descripción y fotografías correspondientes a estos defectos. Estos datos se recopilaban a través de técnicas como la lluvia de ideas y la técnica 5W+1H, además de aprovechar la experiencia de los trabajadores.

Tabla 22. Defectos o modos de fallos del bóxer modelo BH 7021

Área	Tipo de falla	Descripción	Fotografía
PRODUCCIÓN	Falla en costuras	Es un defecto en el cual se visualiza saltos de puntadas que puede resultar en un aspecto desigual y poco estético, además de afectar la durabilidad y calidad del producto final.	
		Es un defecto en el cual se visualiza costuras sin rematar, es decir, aquellas costuras que no han sido debidamente aseguradas o protegidas al final del proceso de confección.	
		Es un defecto en el cual se visualiza costuras abiertas, es decir, costuras que se separan o desprenden, creando aberturas no deseadas en la prenda.	
	Falla en elástico	Es un defecto en el cual se visualiza un problema en la banda elástica que se encuentra en la cintura de la prenda. Por lo general suele aparecer roturas, deformidades o desgaste prematuro del elástico.	
	Fallo de microinyección	Es un defecto en el cual se visualiza un problema en el proceso de microinyección, específicamente rotura de detalles decorativos o funcionales.	
	Fallas en telas	Es un defecto en el cual se visualiza rasgaduras, imperfecciones, desgaste, falta de uniformidad en el tejido o cualquier otra irregularidad que degrade la apariencia y durabilidad del bóxer	

Área	Tipo de falla	Descripción	Fotografía
PRODUCCIÓN	Prendas deformes	Es un defecto en el cual se visualiza costuras sobrepuestas que no mantienen la forma, tamaño o estructura adecuada que afectan la simetría, la alineación de las piezas o la elasticidad de la prenda.	
	Prendas picadas	Es un defecto en el cual se visualiza pequeñas raspaduras, cortes o daños superficiales en la tela. Estos problemas pueden surgir durante el proceso de confección debido a la fricción, manipulación incorrecta o mal estado de las herramientas.	
	Manchas de aceite	Es un defecto en el cual se visualiza marcas o áreas en la prenda que muestran la presencia de manchas de aceite. Estas manchas pueden ocurrir durante la fabricación o el procesamiento de las prendas y pueden afectar negativamente su apariencia y calidad.	
	Falla de etiquetado	Es un defecto en el cual se visualiza etiquetas mal ubicadas en la prenda. Por lo general, se cambian de tallas o las etiquetas son cosidas incorrectamente. El etiquetado incorrecto puede afectar la presentación y la información del producto.	

d. Definición del proyecto Six Sigma

A partir de la implementación de la entrevista y la técnica de lluvia de ideas, se establece que el proyecto de mejora Six Sigma se enfoca en una mayor rigurosidad en el control de calidad, con el propósito de reducir la variabilidad presente en el proceso de confección. Este enfoque es fundamental debido a la existencia de variables críticas que pueden originar defectos tales como fallas en costura, manchas de aceite, prendas deformes, fallas de etiquetado, fallas en elástico, fallo de microinyección entre otros.

- **Objetivo del proyecto**

El objetivo del proyecto Six Sigma es llevar a cabo un análisis exhaustivo de las fuentes de variabilidad en el proceso de confección del bóxer de microfibra del modelo BH 7021. Esto se realizó con el propósito de determinar el nivel sigma actual del proceso y, en base a esta evaluación, proponer mejoras continuas que reduzcan la incidencia de defectos de calidad. Estas mejoras se orientan hacia la entrega de productos de alta calidad, lo que en última instancia resulta en la satisfacción y fidelización de la clientela de la empresa.

- **Identificación de los clientes**

Conforme a la definición y los objetivos del proyecto, se ha limitado el alcance del estudio exclusivamente al proceso de confección. Por lo tanto, en este contexto, se distinguen dos categorías de clientes, como se especifica en la Tabla 23. Cuando se trata de un subproceso dentro de la confección del bóxer, los clientes se clasifican como internos, ya que en esta etapa son diferentes operarios quienes pasan a trabajar en el siguiente subproceso.

En contraste, al final del proceso productivo, una vez que el bóxer de microfibra ha sido empaquetado, el cliente se transforma en el consumidor final y se cataloga como un cliente externo.

Tabla 23. Identificación de clientes

Clientes Internos	
Subproceso	Cliente (Subproceso siguiente)
Marmeteo	Flaximeradora
Formado del cuerpo del bóxer	Fundilladora
Unión de la bomba al cuerpo del bóxer	Patinador
Corte manual de hilos sueltos	Elasticadora
Unión del elástico al cuerpo del bóxer	Patinador
Revirado y apilado	Recubridora
Recubrimiento de piernas	Etiquetadora
Etiquetado en parte trasera del bóxer	Pulidora
Pulido	Rematadora
Conteo	Terminado
Clientes Externos	
Cliente	Objetivo
Clientes minoristas y mayoristas	Satisfacción del cliente

- **Definición de las variables críticas de la calidad**

Mediante la herramienta VOC, se ha logrado compilar los requerimientos de los clientes con respecto al bóxer de microfibra modelo BH 7021 proporcionado por la Corporación Impactex Cia. Ltda. Estos requisitos recopilados se transformaron en variables críticas para la calidad (CTQs), como se ilustra en la Figura 20.

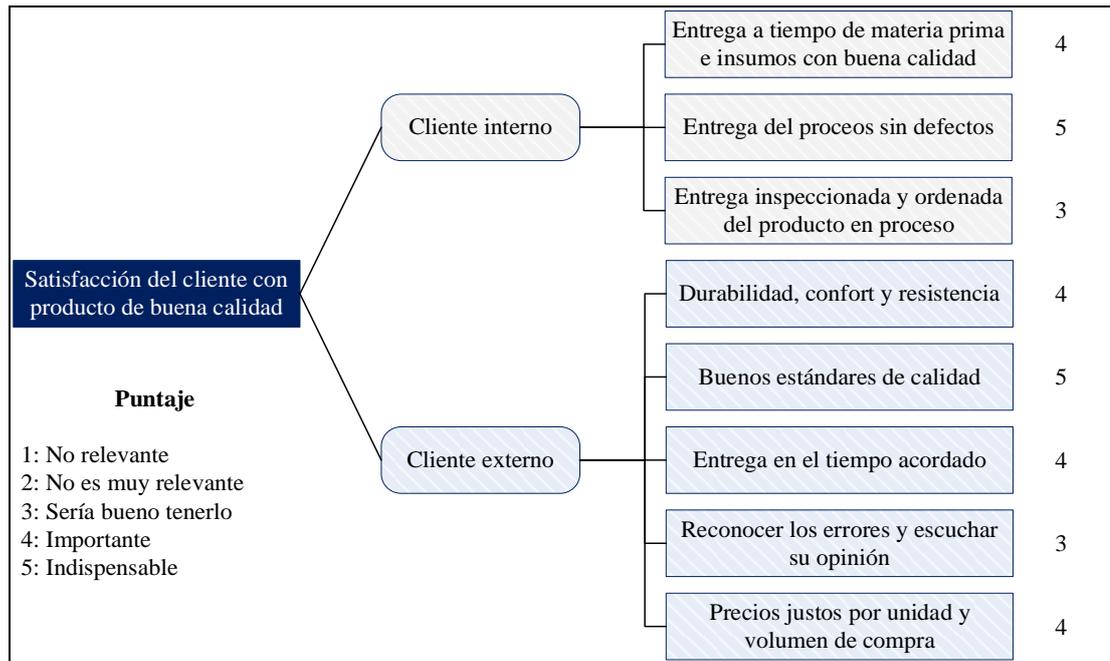


Figura 20. Mapa de necesidades de los clientes internos y externos

El mapa de necesidades del cliente jerarquiza y organiza los requisitos identificados según su nivel de importancia, asignando una puntuación específica a cada uno. En el caso de los clientes externos, el área de comercialización es responsable de asignar las puntuaciones para cada requisito, mientras que, para los clientes internos, es el propio personal de confección el encargado de calificar sus propios requerimientos. Este enfoque garantizó que cada requisito refleje su relevancia en la realidad actual de los involucrados.

De acuerdo con la información presentada en la Figura 20, se identificó aspectos de interés para los clientes que están directa o indirectamente relacionados con la calidad del producto final. Por lo tanto, los CTQs utilizados en la investigación se centran en la calidad del producto, la cual depende de tres variables (X_1 , X_2 y X_3), que influyen en la aparición del defecto de "falla en costuras" y "manchas de aceite". Además, la

modificación de estas variables determina la satisfacción calidad del producto para el cliente (Y), como se ilustra en la Figura 21 y Figura 22 respectivamente.

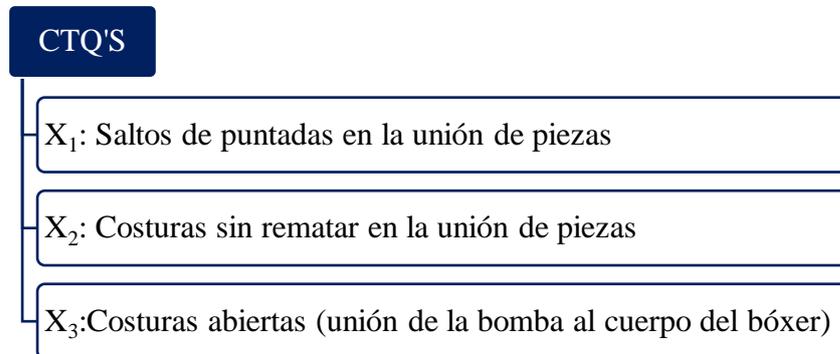


Figura 21. CTQ'S del proyecto con defectos en fallos de costura.

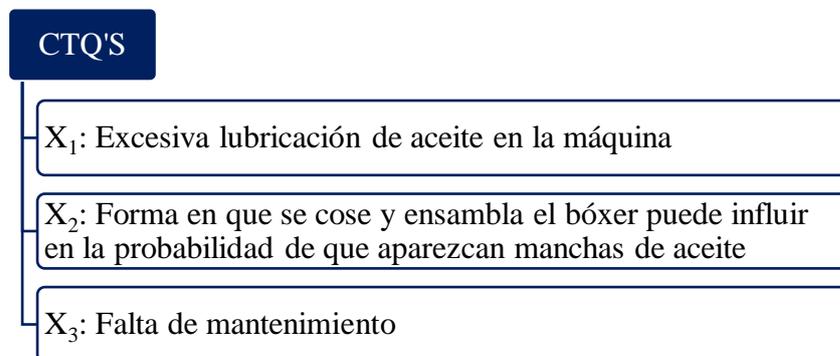


Figura 22. CTQ'S del proyecto con defectos de manchas de aceite.

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

Basándonos en la información y los parámetros previamente establecidos, se procedió a establecer el marco del proyecto Six Sigma, tal como se describe en la Tabla 20. Esta tabla proporciona un resumen detallado de varios aspectos, que incluyen la definición del proyecto, sus objetivos, alcance, las partes interesadas, los beneficios previstos, el plazo de ejecución y otros elementos relevantes.

Tabla 24. Marco del proyecto Six Sigma

PROYECTO SIX SIGMA		
	Marco del proyecto Six Sigma de Corporación Impactex Cía. Ltda. en el proceso de confección bóxer modelo BH 7021.	Fecha: 30-10-2023
		Versión: 1.2
Elaborado por: Darío Manobanda	Revisado por: Ing. Luis Morales	Aprobado por: Ing. Luis Morales
Descripción		
Título/Propósito: Reducción de la variabilidad del modelo de bóxer BH 7021 en la Corporación Impactex Cía. Ltda. a causa de fallas en el proceso de confección.		
Necesidades del negocio a ser atendidas: La insatisfacción de los clientes da como resultado reclamos debido a la demora de entrega del producto BH 7021, su primer factor es el incumplimiento de proveedores en, cuanto a tela e hilos (materia prima). Su segundo factor en el tema es el reproceso que sale del departamento de producción, por ser reproceso el producto regresa a la planta, por esta razón se demora y a su vez llega tarde a la bodega de producto terminado, para poder ser despachado a los clientes.		
Declaración del problema: Se registran altos fallos de “proporción de malas costuras” que al final son reprocesados por una sola vez.		
Objetivo: Llevar a un nivel de calidad Seis Sigma el proceso de confección del bóxer BH 7021, y reducir el reproceso y la inspección de número de bóxeres defectuosos mediante la identificación y eliminación de las causas principales que generan variabilidad.		
Alcance: El proyecto se limitará a abordar los problemas en el proceso de confección del modelo BH 7021 perteneciente a la línea de ropa interior/microfibra y, al estudio del defecto “fallos de costura y manchas de aceite”. Partiendo desde la identificación del problema de los defectos potenciales hasta establecer las propuestas de mejora y control.		
Roles y responsabilidades:		
Darío Manobanda-Investigador: Encargado de llevar a cabo el proyecto Six Sigma, siguiendo las fases del ciclo DMAIC. Además, proporcionará orientación al equipo de trabajo para asegurar la ejecución exitosa de todas las etapas planificadas del proyecto. Finalmente, desarrollará propuestas para la mejora continua.		
Silvana Torres-Jefa de producción: Responsable de la dirección y planificación de actividades que involucran la participación de los trabajadores en el proceso de confección. También será la fuente principal de información necesaria para implementar eficazmente todas las etapas del proyecto. Se encargará de verificar cualquier cambio de mejora en los procedimientos de trabajo.		
Cristian Segura-Encargada de control de calidad: Proporcionará los datos esenciales para su procesamiento, lo que permitirá determinar la variabilidad del proceso de confección y, en consecuencia, evaluar su nivel Sigma actual.		
Milton Altamirano-Gerente: Revisará el proyecto Six Sigma y aprobará las medidas a tomar en función de los resultados y propuestas presentadas.		
Operarios del proceso de confección: Colaborarán proporcionando la información necesaria para identificar las principales causas de los problemas de calidad en el producto final, lo que contribuirá al análisis y mejora del proceso.		
Recursos: Registros de efectos, hojas de control, registro de mantenimiento de máquinas entrevistas, encuestas, apoyo de los operarios del proceso de confección.		
Métricas: PPM, Índice de capacidad del proceso (Cp), Nivel sigma.		
Fecha de inicio del proyecto: Octubre del 2023		
Fecha de finalización del proyecto: Diciembre del 2023		
Entregable del proyecto: Proceso de confección de bóxer de microfibra estudiado y documentado, eliminación de reproceso e inspección del producto terminado y propuestas de control para reducir la variabilidad del proceso de confección del bóxer BH 7021.		

3.4.2 Fase de medición

a. Análisis de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos en el proceso de evaluación del bóxer BH 7021

En la investigación realizada para evaluar la idoneidad del sistema de medición utilizado para determinar la calidad del bóxer modelo BH 7021 en el proceso de confección de la Corporación Impactex Cía. Ltda., se optó por llevar a cabo un estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos. Este estudio se enfocó en discernir qué parte de la variabilidad total observada se atribuye a posibles errores en las mediciones [49].

La importancia del análisis del sistema de medición, señalando que esta área desempeña un papel crucial al determinar la cantidad de variación presente en las mediciones, cobra especial relevancia, ya que actividades estadísticas fundamentales para el control y la mejora de la calidad, como el muestreo de aceptación, dependen directamente de la medición o apreciación subjetiva de un operario para clasificar un producto como "bueno/malo" o "apto/no apto" [88]. En este contexto, el estudio R&R se convierte en una herramienta esencial para evaluar la confiabilidad del sistema de medición en el proceso de confección de bóxeres de microfibra.

- *Método de análisis de riesgo*

El estudio de R&R se llevó a cabo utilizando una muestra representativa de 30 bóxeres del modelo BH 7021. Dado que la investigación se centra en variables discretas y no continuas, el ensayo se desarrolló en el contexto de "atributos". En este enfoque, se consideró pertinente analizar el sistema de medición en términos de "aceptación" o "rechazo", ya que el objetivo es determinar si el bóxer de microfibra debe ser clasificado como defectuoso o no. El análisis específico de los diferentes fallos potenciales en el bóxer se llevó a cabo para evaluar la consistencia de los procesos de medición. Los resultados detallados de este análisis se presentan en el Anexo H.

Al trasladar el proceso de confección del bóxer de microfibra al área de control de calidad, es posible realizar clasificaciones subjetivas de las prendas. Esto facilitó la ejecución de un estudio focalizado en defectos relacionados con fallas en las costuras

y manchas de aceite. Este enfoque permitió evaluar la coherencia de los criterios aplicados por los operadores en el área de control de calidad, brindando una perspectiva valiosa sobre la identificación y manejo de los defectos específicos del producto.

- ***Número de desacuerdos posibles***

El cálculo del número de desacuerdos posibles se llevó a cabo mediante la aplicación de la Ecuación 9 y Ecuación 10, detalladas en el procedimiento.

Al emplear dichas formulas se obtiene:

$$a_p = \text{Número de posibles desacuerdos diferentes por pieza} = 6$$

$$a_t = \text{Oportunidades para estar de acuerdo o en desacuerdo en las evaluaciones del estudio} = 180$$

Los resultados de este cálculo se presentan en la Tabla 25, donde se especifica la distribución de desacuerdos en cada clase, así como el total acumulado de desacuerdos. Este análisis proporcionó una visión cuantitativa de las posibles discrepancias identificadas durante la evaluación, permitiendo una comprensión más detallada de la variabilidad en las percepciones de los operadores.

Tabla 25. Análisis de desacuerdos del estudio R&R

Nivel de acuerdo (Columna de suma)	Número de pares en desacuerdo	Número de bóxeres	Desacuerdos totales
0 o 4	0	17	0
1 o 3	3	5	15
2	4	8	32
	Total	30	47

Conforme se detalla en la Tabla 25, el cálculo del número total de desacuerdos se realizó multiplicando el número de piezas por la cantidad de pares en desacuerdo en cada nivel correspondiente. La suma acumulativa de estos desacuerdos proporcionó el total de desacuerdos en el estudio, representado como D_e y con un valor específico de

47. Este valor refleja la cantidad global de desacuerdos identificados durante el análisis del estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos.

- ***Nivel de desacuerdos***

Para calcular el nivel de desacuerdos, se utilizó la fórmula proporcionada en la Ecuación 11, dando como resultado:

$$ND_e = \text{Nivel de desacuerdo} = 26,11\%$$

Este análisis reveló que el nivel de desacuerdos es marginalmente aceptable aunque con oportunidad de mejora, ya que el valor obtenido es relativamente bajo, según las pautas establecidas por [49]. Aunque NDe no comparte el mismo significado que el porcentaje R&R aplicado a datos continuos, es esencial resaltar que este resultado ofrece una comprensión clara de la consistencia del sistema de medición por atributos, ya que los valores posibles de NDe oscilan entre 0 y 100. En este contexto, el valor de 100 indicaría el peor sistema de medición posible.

Además, al consultar la Tabla 25, derivada del análisis de desacuerdos, se observó que la clase 2 exhibe el mayor número de desacuerdos totales. Esta información adicional ofreció insights valiosos (conocimientos valiosos o perspicacias) sobre las áreas específicas del proceso de medición que pueden beneficiarse de mejoras o ajustes para fortalecer la consistencia y confiabilidad del sistema.

- ***Repetibilidad***

Tabla 26. Resultados de repetibilidad del estudio R&R

Operador	Desacuerdo	Oportunidades	Porcentaje
1	8	30	26,67%
2	9	30	30,00%
Total	17	60	28,33%

En la Tabla 26, se registraron estos resultados junto con el número de oportunidades en las que cada operador podría equivocarse, equivalente al total de bóxeres en el estudio. Para calcular el nivel de desacuerdos atribuibles a la repetibilidad, se aplicó la Ecuación 12, de tal manera que:

ND_{rep} = Nivel de desacuerdos atribuibles a repetibilidad = 28,33%

Los valores posibles de ND_{rep} oscilan entre 0 y 100, siendo un indicador donde valores más altos sugieren una repetibilidad menos deseable de los operadores [49]. En el análisis del ensayo, se obtuvo un resultado del 28,33 %, un valor marginalmente aceptable. Esto implica que existe consistencia y concordancia entre los juicios de los ensayos realizados por el mismo operador. Sin embargo, existe la oportunidad de mejorar el sistema de medición.

Aunque el 28,33% no parece ser excesivamente alto, la Tabla 26 revela que el operador 1 y 2 tienen pequeñas discrepancias entre ellos. Esto se debe a que, en el procedimiento de inspección llevado a cabo por estos operarios, al ser los únicos responsables de esta tarea, han acumulado una considerable experiencia.

- **Reproducibilidad**

Tabla 27. Resultados de reproducibilidad del estudio R&R

Operador	Número de bóxeres aceptados		Total aceptadas	Total evaluadas	Porcentaje de aceptación
	Semana 1	Semana 2			
1	15	15	30	60	50
2	11	10	21	60	35
		Total	51	120	42,5

En este aspecto, se realizó una evaluación general de las diferencias sistemáticas entre operadores, contrastando el total de piezas aceptadas por cada uno en los dos ensayos. Es crucial tener en cuenta que, en cuanto a los porcentajes de aceptación, las piezas utilizadas no constituyen una muestra aleatoria de la producción, sino que se trata de una muestra dirigida deliberadamente, incorporando bóxeres de todas las calidades.

Al analizar la Tabla 27, se destaca que el operador 2 exhibe un criterio más exigente, dado que su porcentaje de aceptación (35%) es significativamente más bajo en comparación con el operador 1, quien presenta un criterio ligeramente más permisivo, con un 50% de aceptación. Este contraste indicó que los operadores no evalúan los bóxeres de manera uniforme. En consecuencia, surge una oportunidad de mejora,

enfocada en el entrenamiento de los operadores y la revisión del método que están siguiendo [49].

Tabla 28. Número de desacuerdos entre parejas de operadores

Operador	2	
1	25 (20,83%)	-
Total de desacuerdos		25 (5,21%)

Para determinar el nivel de desacuerdos atribuibles a la reproducibilidad, se aplicó la fórmula establecida en la Ecuación 13, obteniendo un valor de ND_{repro} igual al 5,21%.

Al observar la Tabla 28, se destaca que entre el operador 1 y 2 se registraron 25 desacuerdos, lo que representa el 20,83% del total de evaluaciones. Este porcentaje, aunque marginal, reveló que aproximadamente una de cada dos veces estos operadores realizaron juicios diferentes. La elección de esta pareja específica es comprensible, ya que, según la Tabla 27, el operador 2 tiende a ser más exigente, mientras que el operador 1 adopta un enfoque menos estricto, explicando así la discrepancia en sus evaluaciones.

- **Tabla resumen**

Tabla 29. Resumen del estudio R&R para atributos

Fuente	Porcentaje de desacuerdos	
Repetibilidad	$ND_{rep} = \frac{17}{60} \times 100 = 28,33\%$	
Reproducibilidad	$ND_{repro} = \frac{25}{120} \times 100 = 20,83\%$	
Total	$ND_e = \frac{47}{180} \times 100 = 26,11\%$	
Operador	Repetibilidad %	Bóxeres aceptados %
1	26,67%	50
2	30,00%	35
Total	28,33%	42,5

Con el propósito de proporcionar una representación visual, se empleó la metáfora del semáforo, que implica utilizar el color verde cuando los índices del sistema de medición se sitúan por debajo del 10%, indicando un rendimiento que puede clasificarse como excelente proceso. En el rango del 10% al 30%, se utiliza el color amarillo o naranja, dividiéndose especialmente en el 20%; en esta zona, se describe el sistema de medición como bueno hasta marginal. Los índices que superan el 30% se colorearán de rojo, indicando que el sistema de medición es deficiente e inaceptable y debe ser corregido [49]. Esta representación se muestra de manera detallada en la Tabla 30.

Tabla 30. Metáfora del semáforo

Criterio de aceptación:	
	Abajo de 10% = Excelente proceso
	De 10 a 20% = Bueno, aceptable
	De 20 a 30% = Marginalmente aceptable
	Arriba de 30% = Inaceptable y debe ser corregido

Con base en la Tabla 30, la interpretación de la Tabla 29 es la siguiente:

Los resultados obtenidos revelan un índice total de R&R del 26,11%, lo que clasifica al sistema de medición como marginalmente aceptable. Este juicio se basa en los criterios establecidos por la 4ª edición del Grupo de Acción de la Industria del Automóvil (AIAG) en su manual de análisis de sistemas de medición. Según estas directrices, un sistema de medición se considera aceptable si la contribución total de R&R es inferior al 10%. En el rango del 10% al 30%, la aceptabilidad del sistema de medición depende de factores como la aplicación específica, el costo del equipo de medición, los gastos de mantenimiento y otros aspectos. Si la contribución supera el 30%, el sistema de medición se considera inaceptable y requiere mejoras sustanciales [89].

Esta evaluación proporcionó una perspectiva clara sobre la idoneidad del sistema de medición, permitiendo tomar decisiones informadas sobre posibles ajustes o mejoras necesarios para optimizar su rendimiento.

Basándonos en los resultados obtenidos, también se concluyó que la principal problemática se encuentra en la repetibilidad, que alcanza un 28,33%. Este aspecto refleja la consistencia entre los ensayos realizados por un mismo operario para evaluar el bóxer modelo BH 7021. A su vez, resulta apropiado considerar al operario 2 como estándar debido a su criterio más exigente (35%) en comparación con el operario 1 (50%). Además, el operario 2 exhibe una mayor destreza y técnica en la revisión, lo que le permite detectar defectos con mayor eficacia, independientemente de la variabilidad en la línea de producción de bóxeres masculinos y modelos.

Un factor significativo que contribuye a la inconsistencia en la evaluación entre los operarios es la falta de capacitación específica sobre la detección y estandarización de los tipos de defectos presentes en la prenda. Esto resulta evidente en la discordancia de criterios entre ambos operarios al catalogar el bóxer bajo el defecto de "fallas de costura y manchas de aceite". Sin embargo, el porcentaje de ND_{rep} puede ser reducido mediante programas de capacitación y adiestramiento dirigidos a los operarios, como sugiere [88].

La aplicación de un método de entrenamiento basado en el modelo del método de análisis de acuerdo de atributos ha demostrado ser efectiva en la reducción de errores y discrepancias entre los operadores. Esto no solo mejoró la puntuación de sus evaluaciones, sino que también proporcionó los conocimientos y habilidades necesarios para la detección precisa de defectos, contribuyendo así a la armonización de los criterios de evaluación.

b. Análisis de variabilidad y capacidad del proceso de confección

A través de la recopilación y organización de datos, se analizó el comportamiento del proceso a través del tiempo utilizando "cartas control". La evaluación de la capacidad del proceso se realizó mediante la "métrica Six Sigma e índices de capacidad". Estos enfoques combinados facilitaron el establecimiento de la línea base del proyecto. Posteriormente, se ha investigado causas comunes o especiales que originan variabilidad, con el objetivo de proponer alternativas de mejora y estrategias de control para mitigar estos problemas en la producción de bóxers de microfibra.

- **Carta de control Tipo P (Proporción de defectuosos) en fallas de costura**

En presencia de tener un proceso con datos distribuidos de manera binomial, se empleó una carta de control tipo P (proporción de defectuosos). Para ello, se registró la cantidad de bóxers del modelo BH 7021 que sean defectuosos o enviados a reproceso con problemas de fallas en costura, así como se detalla en el Anexo I. Por otro lado, los datos, específicamente los valores de la columna de proporción, se calcularon utilizando la fórmula indicada en la Ecuación 1.

Para la elaboración de la carta de control, se empleó el software Minitab, que utiliza el promedio de las proporciones como línea central (LC) y determina los límites de control superiores e inferiores. La Figura 23 ilustra, a través de la carta P generada por el software, el análisis de la variabilidad en el proceso de confección del bóxer de microfibra, específicamente en relación con problemas de fallas de costura en los 50 subgrupos definidos en el Anexo I.

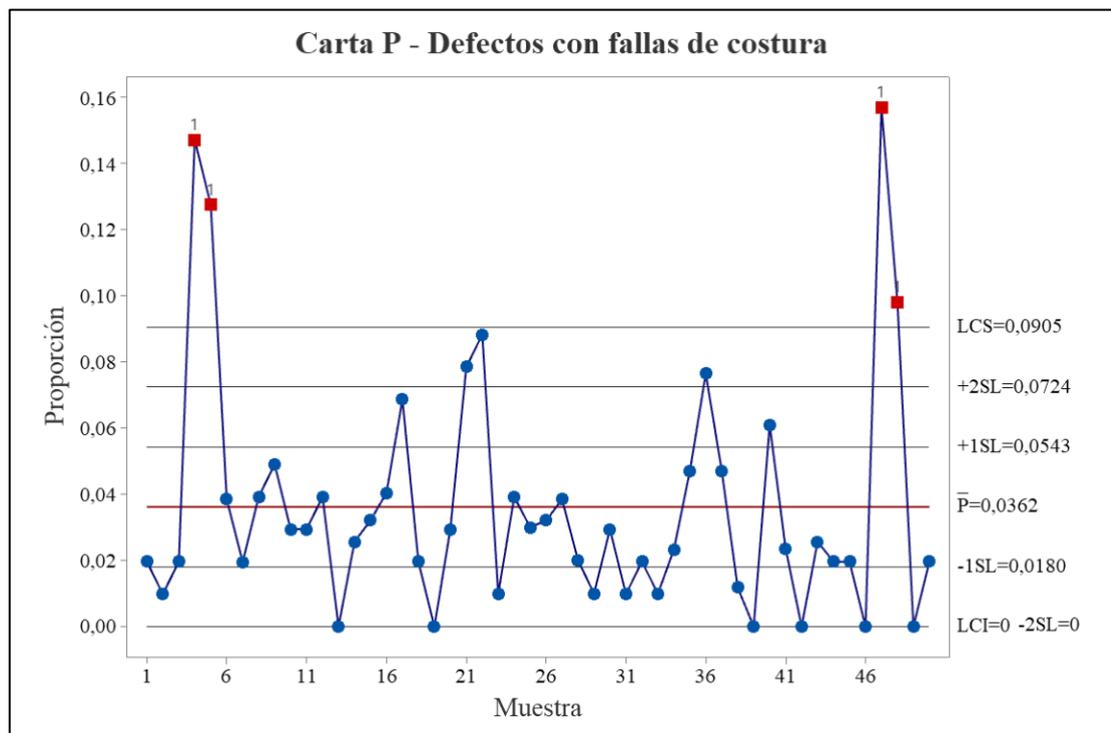


Figura 23. Carta de control “P” para problemas con fallos de costura

Interpretación y análisis:

Al examinar la carta de control con un número constante de grupos, se reveló que, en promedio, de cada lote de 106 bóxeres, se espera que la proporción de prendas defectuosas fluctúe entre 0 y 0,0905, con una media de 0,0362. En términos porcentuales, si a estos valores se los multiplica por 100, esto implica que se espera que el porcentaje de bóxeres defectuosos varíe entre 0% y 9.05%, con un promedio del 3,62%. En otras palabras, se estima que, de un lote de 106 bóxeres de microfibra sometidos al proceso de producción, en promedio, 4 unidades del modelo BH 7021 mostrarán los defectos identificados como “fallas en costura” y requerirán reproceso [49].

La Figura 23, exhibe 4 puntos fuera de los límites de control pertenecientes a los subgrupos 4, 5, 47 y 48. Al aplicar la Ecuación 5, se obtuvo un índice de inestabilidad del 8%, indicando un proceso inestable con variación sistemática. Esto señala que el proceso carece de estabilidad estadística y su variación se atribuye a causas especiales o características de cada lote identificado. Se evidenció un patrón especial en la carta de control, donde los puntos tienden a ascender, descender y luego mantenerse estable en el límite central, repitiéndose periódicamente a lo largo de la carta [49].

Además, se destaca un desequilibrio en los defectos mencionados en este lote, atribuible a errores en la costura por parte del operario. Estos fallos generan reprocesos y afectan la calidad percibida por el cliente, ya que las costuras mal ejecutadas tienden a romperse bajo tensión, resultando en pérdidas. Por tanto, es crucial que el proceso de costura, al concluir todas las etapas, se realice de manera precisa y con las herramientas adecuadas, como se detalla en el análisis de capacidad representado en la Figura 24.

Discusión de resultados:

La situación evidenciada en la carta de control indica una condición excepcional en el proceso de confección del bóxer BH 7021, generando una falta de variación aleatoria de los puntos en la carta. Teniendo en cuenta las directrices presentadas en la investigación [49], las razones asociadas a esta conducta específica se originan en:

- Alteraciones frecuentes en el procedimiento de fabricación.
- Regular rotación de maquinaria y personal operativo.
- Efecto sistemático generado por la intercambiabilidad entre dos máquinas, operarios o materiales.

Específicamente, la conducta manifestada en el gráfico de control se atribuye principalmente a los cambios bruscos en la línea y los modelos de ropa interior manufacturados por la Corporación Impactex Cia. Ltda. Dicha situación se deriva de la producción de ocho líneas distintas de ropa interior y deportiva, que abarcan numerosos modelos. En consecuencia, la producción se encuentra influenciada por diversos factores, como la variación en el suministro de materia prima, principalmente el tipo de tela, y las variadas órdenes de producción despachadas por el área comercial para cumplir con los requerimientos de los clientes.

Otro aspecto identificado es la rotación constante de operarios entre distintas funciones, motivada por la falta de personal, el método de trabajo, el tiempo debido a que trabajan por obra, la presión y, como resultado se refleja, la acumulación de material a lo largo del proceso de confección, generando cuellos de botella. Esta situación lleva a la jefa de producción a reorganizar el personal entre diversas secciones y roles para equilibrar la línea y evitar retrasos en la producción.

Según [90], para mejorar la estabilidad del proceso, se recomienda una revisión exhaustiva de las prácticas de costura, con especial atención a la capacitación y supervisión de los operarios involucrados. La implementación de un programa de formación que destaque las técnicas de costura precisas y la identificación temprana de posibles defectos puede contribuir a reducir la variabilidad. Además, se sugiere una revisión de las herramientas y equipos utilizados en el proceso de costura, asegurándose de que estén en condiciones óptimas y cumplan con los estándares requeridos.

La supervisión continua del proceso a través de inspecciones visuales y la retroalimentación constante entre los operarios y el equipo de control de calidad también son medidas clave para abordar las causas especiales de variación. La

implementación de estas mejoras debería llevarse a cabo de manera gradual y estar respaldada por un monitoreo continuo a través de cartas de control actualizadas para evaluar la efectividad de las intervenciones y garantizar la estabilidad a largo plazo del proceso de confección de bóxers de microfibra [91].

Se sugiere que tras la implementación y análisis de las cartas de control, la alta dirección supervise y evalúe los progresos alcanzados en el departamento de control de calidad. Esto con el propósito de establecer metas y objetivos a largo plazo que contribuyan a la mejora continua de la calidad del producto en la empresa [92].

- ***Cálculo del índice de capacidad del proceso (C_p)***

La determinación del índice C_p implicó realizar una interpolación mediante la Ecuación 14, utilizando la Tabla K1 del Anexo K. El valor obtenido, basado en el porcentaje promedio de defectuosos (3.62%), se obtuvo de la siguiente forma:

$X = p_i = 3.62$	
$X_1 = 3,5729$	$Y_1 = 0,7$
$X_2 = 7,1861$	$Y_2 = 0,6$

$$Y = 0,7 + \left[\left(\frac{3,62 - 3,5729}{7,1861 - 3,5729} \right) \times (0,6 - 0,7) \right]$$

$$Y = C_p = 0,6987$$

El valor de C_p indica que el proceso de montaje no cumple con las especificaciones establecidas por clientes internos y externos. Al ser inferior a uno, el índice clasifica el proceso como de categoría 3, señalando que el proceso no es adecuado para el trabajo, necesita de un análisis del proceso y requiere de modificaciones significativas para alcanzar una calidad satisfactoria. Se recomienda mejorar la centralización del proceso y reducir su variabilidad mediante la identificación y eliminación de causas comunes relevantes que contribuyan a los fallos de costura.

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

La estimación del nivel sigma actual del proceso de confección del bóxer BH 7021 se basa en la métrica PPM (partes por millón), evaluando la frecuencia de la "falla en

costura" en 50 órdenes de producción. El cálculo de PPM, se logró por medio de la Ecuación 7 y datos del Anexo I.

$$PMM = \frac{192}{5311} \times 1'000\ 000$$

$$PMM = 36151$$

Utilizando el software minitab, se calculó con precisión el nivel sigma correspondiente a la métrica PPM (36151), teniendo como resultado lo siguiente:

$$Z \text{ del proceso} = 1,79 \text{ sigmas}$$

El nivel sigma resultante es aproximadamente 1,79 sigmas, con un rendimiento igual a 0,964, es decir, la probabilidad de producir un bóxer de microfibra sin defectos es 96,4% . De esta manera se dice que el 96,4% de los bóxeres BH 7021 cumplen con las especificaciones, y tan solo el 3,6% no las cumple. Por otro lado, dado su valor inferior a 3 sigma, se destaca la necesidad de atención, ya que en el contexto específico de la industria textil, un nivel sigma de 4 podría considerarse adecuado para garantizar la calidad de la ropa interior. Sin embargo, la elección del nivel sigma óptimo dependerá de los estándares y requisitos específicos de calidad de la empresa y de la satisfacción del cliente [93].

- ***Informe de capacidad del proceso para fallas en costura***

Según el soporte de Minitab [94] y en relación con el análisis del informe de capacidad de la Figura 24, se presenta un resumen estadístico. Con un nivel de confianza del 95,0%, se estima que, de 1 millón de bóxeres que pasan por el área de confección, en promedio, 36151 serán defectuosos. Este valor de PPM corresponde a un % de defectuosos de aproximadamente 3,62%.

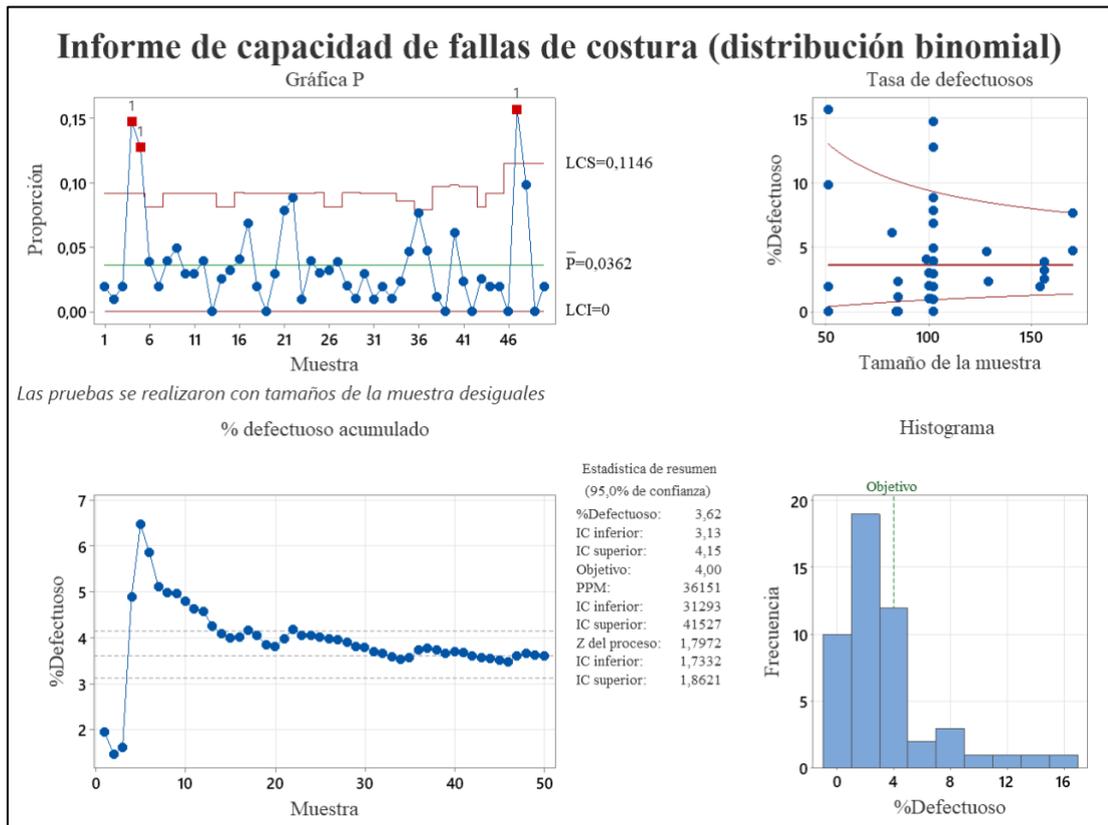


Figura 24. Resultado del informe de capacidad del defecto fallas de costura.

Los límites de confianza superior e inferior (IC) indican que el supervisor puede estar 95% seguro de que el %defectuoso del proceso se encuentra dentro del intervalo de 3,13% y 4,15%. La Corporación Impactex Cía. Ltda., no debe exceder el 4% de defectuosos.

En la tabla de estadísticos de resumen, el porcentaje de defectuosos es del 3,62%, lo cual está por debajo del objetivo establecido. No obstante, el intervalo de confianza superior para el porcentaje de defectuosos es del 4,15%, superando la meta deseada. Aunque la estimación del porcentaje de defectuosos de la muestra se encuentra por debajo del objetivo, se sugiere un tamaño de muestra más grande para obtener una evaluación más precisa y determinar con mayor certeza si el porcentaje de defectuosos del proceso cumple con los requisitos establecidos por los clientes internos y externos.

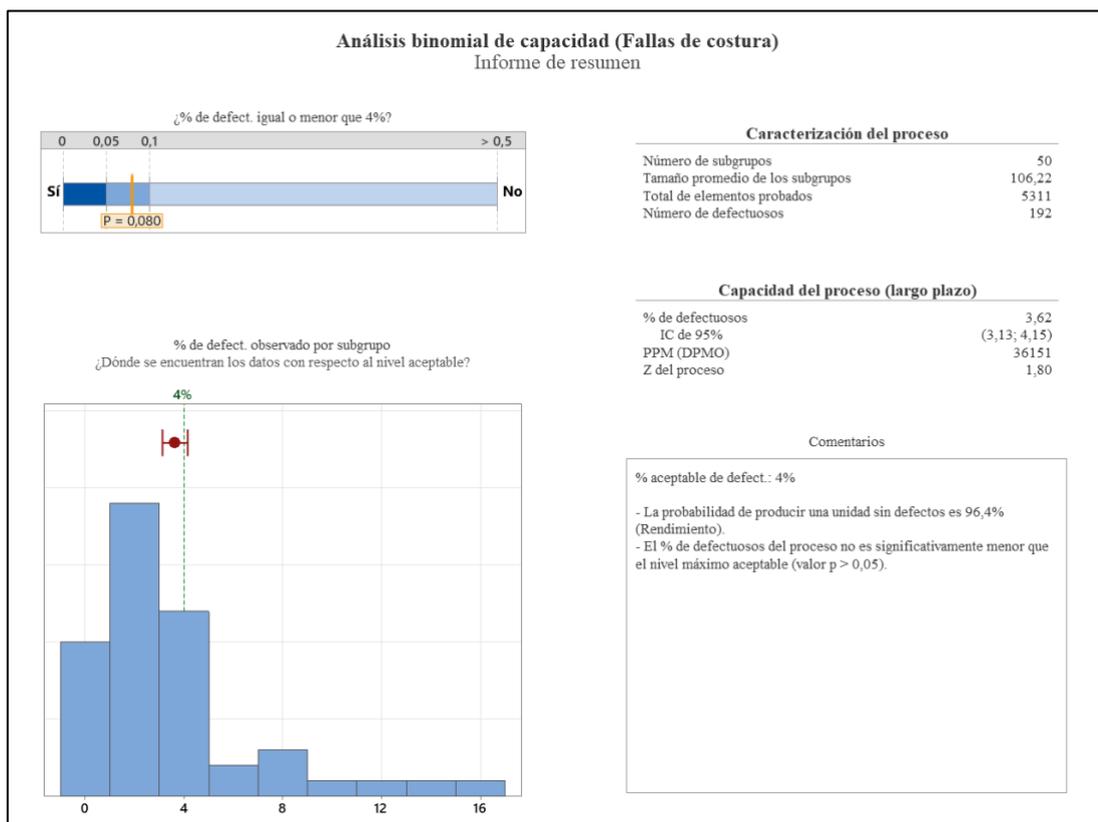


Figura 25. Resultados del análisis de capacidad para defectos por fallas de costura.

En la Figura 28, se observa el valor Z del proceso de confección respecto a fallas de costura igual a 1,8 sigmas lo cual es menor que 2, que suele considerarse el valor mínimo necesario para un proceso con capacidad, es decir, el valor indica un proceso incapaz de satisfacer las especificaciones necesarias para avanzar al siguiente paso del proceso de producción.

En conjunto, estos estadísticos de resumen indican que respecto a las fallas de costura en el área de confección no es capaz de cumplir con las especificaciones necesarias para el bóxer BH 7021. Un alto porcentaje de bóxeres siempre tienen problemas de fallas de costura. El supervisor necesita determinar por qué hay bóxeres con fallas de costura en cada orden de producción y cómo se puede mejorar el proceso.

- ***Carta de control Tipo P (Proporción de defectuosos) en manchas de aceite***

En presencia de tener un proceso con datos distribuidos de manera binomial, se empleó una carta de control tipo P (proporción de defectuosos). Para ello, se registró la cantidad de bóxeres del modelo BH 7021 que sean defectuosos o enviados a reproceso

con problemas de manchas de aceite, así como se detalla en el Anexo J. Por otro lado, los datos, específicamente los valores de la columna de proporción, se calcularon utilizando la fórmula indicada en la Ecuación 1.

Para la elaboración de la carta de control, se empleó el software Minitab, que utiliza el promedio de las proporciones como línea central (LC) y determina los límites de control superiores e inferiores. La Figura 26 ilustra, a través de la carta P generada por el software, el análisis de la variabilidad en el proceso de confección del bóxer de microfibra, específicamente en relación con problemas de manchas de aceite en los 50 subgrupos definidos en el Anexo J.

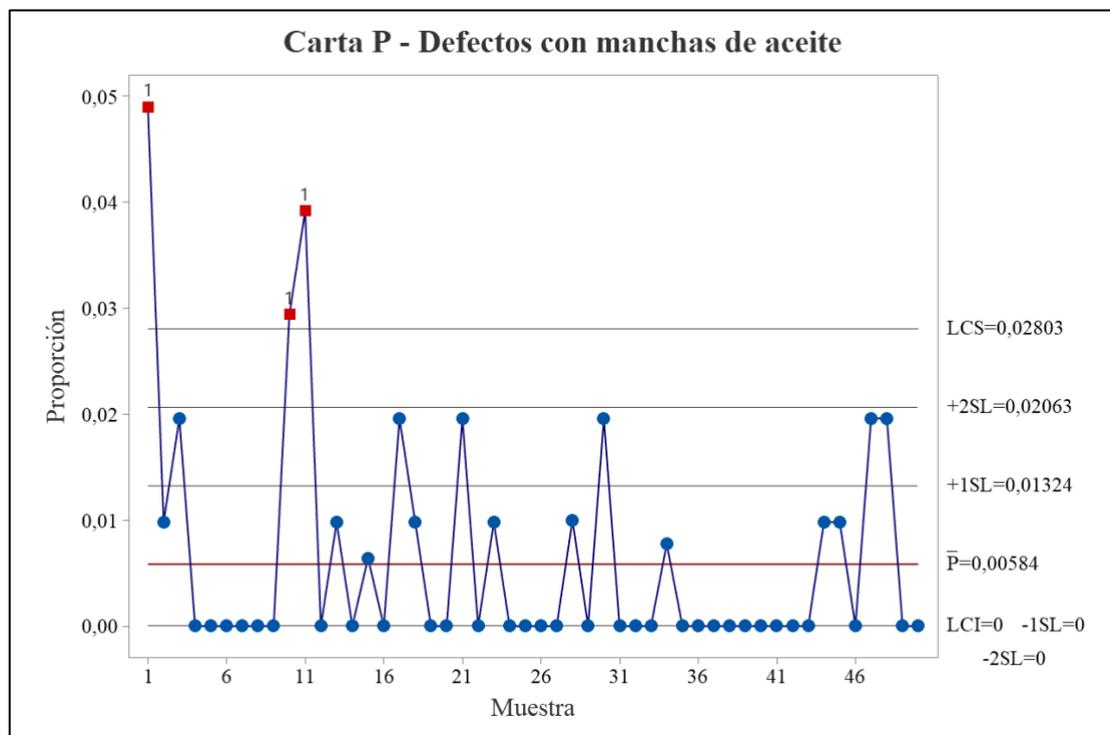


Figura 26. Carta de control “P” para problemas con manchas de aceite

Interpretación y análisis:

Al examinar la carta de control con un número constante de grupos, se reveló que, en promedio, de cada lote de 106 bóxeres, se espera que la proporción de prendas defectuosas fluctúe entre 0 y 0.0280, con una media de 0.0058. En términos porcentuales, si a estos valores se los multiplica por 100, esto implica que se espera que el porcentaje de bóxeres defectuosos varíe entre 0% y 2.8%, con un promedio del 0.58%. En otras palabras, se estima que, de un lote de 106 bóxeres de microfibra

sometidos al proceso de producción, en promedio, 3 unidades del modelo BH 7021 mostrarán los defectos identificados como “manchas de aceite” y requerirán reproceso [49].

La Figura 26, exhibe 3 puntos fuera de los límites de control pertenecientes a los subgrupos 1, 10, y 11. Al aplicar la Ecuación 5, se obtuvo un índice de inestabilidad del 6%, indicando un proceso inestable fuera de control, por consiguiente, la incidencia de imperfecciones relacionadas con manchas de aceite es elevada y presenta variabilidad inestable. Esto señala que el proceso carece de estabilidad estadística y su variación se atribuye a causas especiales o características de cada lote identificado. Se evidenció un patrón especial en la carta de control, donde los puntos tienden a ascender, descender y luego mantenerse estable en el límite central inferior, repitiéndose periódicamente a lo largo de la carta [49].

Discusión de resultados:

La situación evidenciada en la carta de control indica una condición excepcional en el proceso de confección del bóxer BH 7021, generando una falta de variación aleatoria de los puntos en la carta. Teniendo en cuenta las directrices presentadas en la investigación [49], las razones asociadas a esta conducta específica se originan en:

- Cambios en la calidad del material; variaciones en la calidad de la tela o en el tratamiento de las prendas podrían afectar la presencia de manchas de aceite.
- Problemas en las máquinas; desgaste, mal mantenimiento o cambios en las condiciones de las máquinas utilizadas en la confección pueden influir en la presencia de defectos.
- Variabilidad en las condiciones ambientales; cambios en las condiciones del entorno, como temperatura y humedad, podrían afectar la formación de manchas de aceite durante el proceso de confección.
- Falta de entrenamiento; la falta de capacitación adecuada para los operarios sobre cómo manejar y prevenir defectos específicos podría contribuir a la variabilidad en la proporción de productos defectuosos.

Una vez analizado se evidenció que necesita intervenciones para determinar el origen del problema y reducirlo. Un estudio relevante [17], señala que las manchas de aceite suelen originarse en la máquina de confección debido a una lubricación deficiente, una limpieza inapropiada y falta de mantenimiento. Por lo tanto, se requiere un control adecuado de las condiciones de la máquina.

Según investigaciones recientes sobre gestión de calidad en la industria textil [95], es crucial abordar este desafío mediante medidas correctivas efectivas. Se sugiere una evaluación exhaustiva de las materias primas, enfocándose en la calidad y el tratamiento de la microfibras, y revisar los procedimientos de manipulación. Además, se propone analizar las condiciones de las máquinas para identificar posibles fuentes de contaminación de aceite. La formación continua del personal en técnicas de prevención de manchas de aceite y la implementación de controles más estrictos durante la producción son esenciales.

La implementación de tecnologías avanzadas de monitoreo y control de procesos es esencial para la mejora continua y estabilidad. Estas tecnologías posibilitan la detección temprana de desviaciones, facilitando la toma de decisiones informadas para garantizar la calidad del producto final [79].

- ***Cálculo del índice de capacidad del proceso (C_p)***

La determinación del índice C_p implicó realizar una interpolación mediante la Ecuación 14, utilizando la Tabla K1 del Anexo K. El valor obtenido, basado en el porcentaje promedio de defectuosos (0.58%), se obtuvo de la siguiente forma:

$X = p_i = 0.58$	
$X_1 = 0.27$	$Y_1 = 1.0$
$X_2 = 0.6934$	$Y_2 = 0.9$

$$Y = 1 + \left[\left(\frac{0.58 - 0.27}{0.6934 - 0.27} \right) \times (0.9 - 1) \right]$$

$$Y = C_p = 0.9268$$

El valor de C_p indica que el proceso de montaje no cumple con las especificaciones establecidas por clientes internos y externos. Al ser inferior a uno, el índice clasifica

el proceso como de categoría 3, señalando que el proceso no es adecuado para el trabajo, necesita de un análisis del proceso y requiere de modificaciones significativas para alcanzar una calidad satisfactoria. Se recomienda mejorar la centralización del proceso y reducir su variabilidad mediante la identificación y eliminación de causas comunes relevantes que contribuyan a las manchas de aceite.

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

La estimación del nivel sigma actual del proceso de confección del bóxer BH 7021 se basa en la métrica PPM (partes por millón), evaluando la frecuencia de la "manchas de aceite" en 50 órdenes de producción. El cálculo de PPM, se logró por medio de la Ecuación 7 y datos del Anexo J.

$$PMM = \frac{31}{5311} \times 1'000\ 000$$

$$PMM = 5837$$

Utilizando el software minitab, se calculó con precisión el nivel sigma correspondiente a la métrica PPM (5837), teniendo como resultado lo siguiente:

$$Y = Z_c = 2,52 \text{ sigmas}$$

El nivel sigma resultante es aproximadamente 2,52 sigmas, con un rendimiento igual a 0,994, es decir, la probabilidad de producir un bóxer de microfibra sin defectos es 99,4% . De esta manera se dice que el 99,4% de los bóxeres BH 7021 cumplen con las especificaciones, y tan solo el 0,6% no las cumple. Por otro lado, dado su valor inferior a 3 sigma, se destaca la necesidad de atención, ya que en el contexto específico de la industria textil, un nivel sigma de 4 podría considerarse adecuado para garantizar la calidad de la ropa interior. Sin embargo, la elección del nivel sigma óptimo dependerá de los estándares y requisitos específicos de calidad de la empresa y de la satisfacción del cliente [93].

- ***Informe de capacidad del proceso para manchas de aceite***

Según el soporte de Minitab [94] y en relación con el análisis del informe de capacidad de la Figura 27, se presenta un resumen estadístico. Con un nivel de confianza del

95,0%, se estima que, de 1 millón de bóxeres que pasan por el área de confección, en promedio, 5837 serán defectuosos. Este valor de PPM corresponde a un porcentaje de defectuosos de aproximadamente 0,58%.

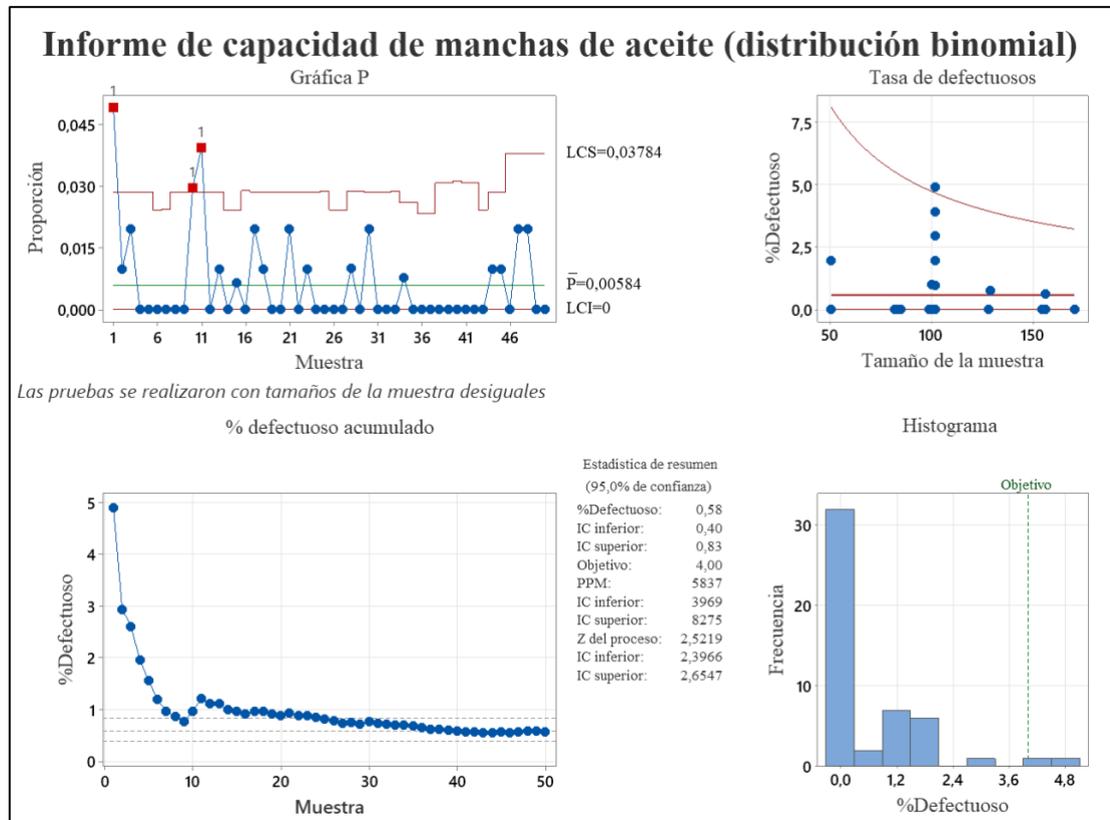


Figura 27. Resultado del informe de capacidad del defecto fallas de costura.

Los límites de confianza superior e inferior (IC) indican que el supervisor puede estar 95% seguro de que el %defectuoso del proceso se encuentra dentro del intervalo de 0,40% y 0,83%. La Corporación Impactex Cía. Ltda., no debe exceder el 4% de defectuosos.

En la tabla de estadísticos de resumen, el porcentaje de defectuosos es del 0,58%, lo cual está por debajo del objetivo establecido, de tal forma, el porcentaje de defectuosos del proceso está permitido para el proceso ya que el porcentaje es mínimo, sin embargo, existe la posibilidad de reducir ese porcentaje para tener el más mínimo defecto ya que de cierta forma, dentro del análisis del diagrama de Pareto las manchas de aceite es la segunda falla con más número defectuosos.

Finalmente en la Figura 28, se observa el valor Z del proceso de confección respecto a manchas de aceite igual a 2,52 sigmas lo cual es mayor que 2, indicando que el proceso es regular, pero necesita mejorar mucho más para llegar a tener el nivel sigma más alto posible o lo óptimo que es estar en un rango de 3 a 4 sigmas según lo recomienda [93] para la industria textil.

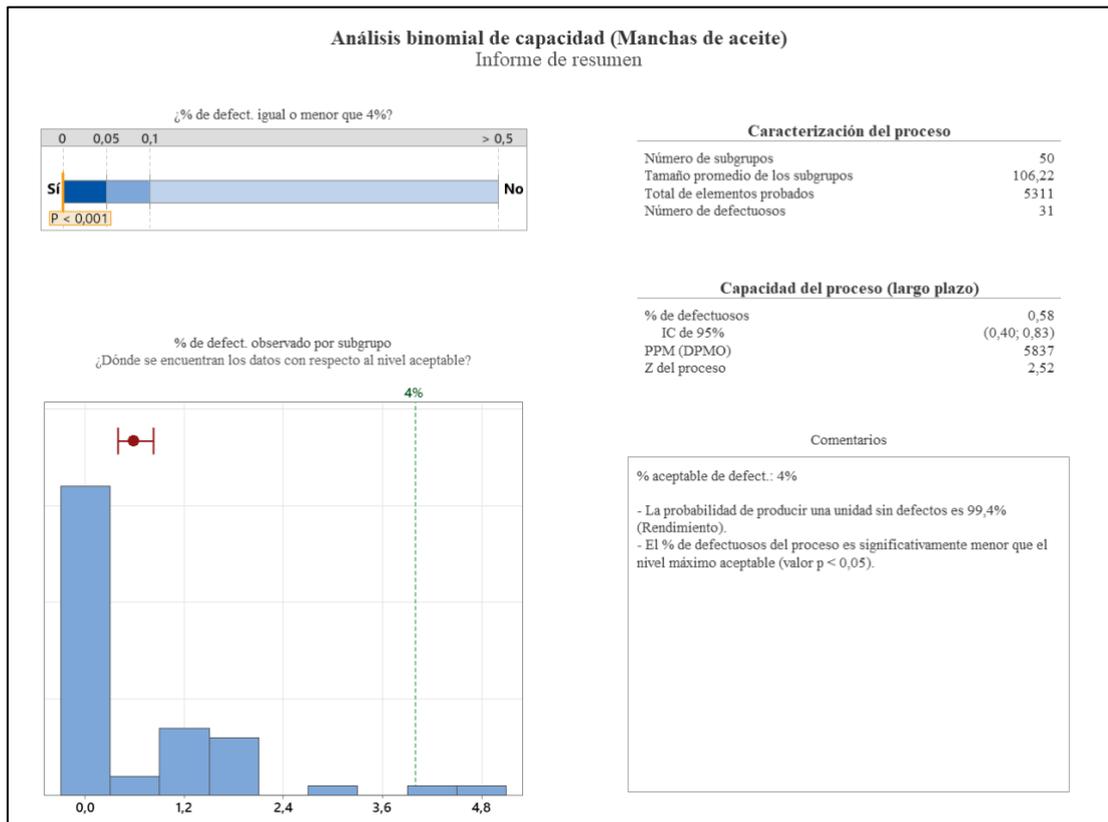


Figura 28. Resultados del análisis de capacidad para defectos por fallas de costura.

En conjunto, estos estadísticos de resumen indican que respecto a los términos de calidad referente a las manchas de aceite en el área de confección, se deben hacer modificaciones al proceso para mejorar la calidad de la misma, y en efecto cumplir de manera eficiente con las especificaciones necesarias para el bóxer BH 7021. Asimismo, el supervisor necesita determinar por qué hay bóxeres con manchas de aceite en cada orden de producción y cómo se puede mejorar el proceso.

- **Resumen de los resultados de la etapa de medición**

En la Tabla 31 y Figura 29, se presentan los resultados derivados del análisis de capacidad, evaluados mediante métricas Six Sigma para atributos.

Tabla 31. Metrcias Six Sigma para los defectos estudiados.

Fallas de costura		Manchas de aceite	
PPM	36151	PPM	5837
% Defectuosos	3,62	% Defectuosos	0,58
Valor Sigma	1,80	Valor Sigma	2,52
Rendimiento	96,4	Rendimiento	99,4

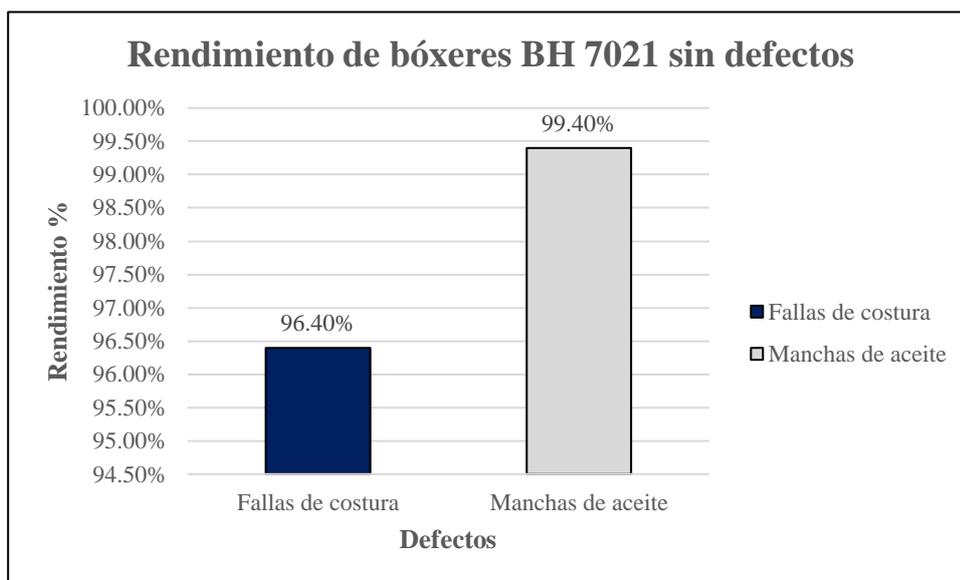


Figura 29. Resultados de bóxeres BH 7021 sin defectos.

Una vez analizada las métricas del Six Sigma se identifica que los dos defectos tienen buenos rendimientos, sin embargo, las “fallas de costura” y “manchas de aceite” presentan una tendencia de variación, presentan un control estadístico relativamente bajo, por tal razón, ambos necesitan mejorar su nivel de calidad en el proceso; en comparación con un estudio previo [96], se evidencia que la estandarización del trabajo y programas de mantenimiento de maquinaria han contribuido a la minimización de los defectos, permitiendo así controlar las deficiencias identificadas.

3.4.3 Fase de análisis

En esta fase de la metodología Six Sigma, se identificó la causa principal de los problemas que impactan en el bóxer de microfibra de la Corporación Impactex Cía. Ltda. Para abordar las “fallas de costura” y “manchas de aceite” que afectan la calidad de los bóxers BH 7021, se utilizó la metodología Ishikawa de 6M para identificar posibles causas subyacentes.

a. *Análisis de fallas de costura*

Para la recolección de las posibles causas responsables del defecto de la falla de costura, se empleó la técnica de lluvia de ideas que se detallan en el Anexo L. A través de un análisis en conjunto con los operarios del proceso de confección, se determinó que las causas que tienen un mayor impacto en el defecto estudiado son:

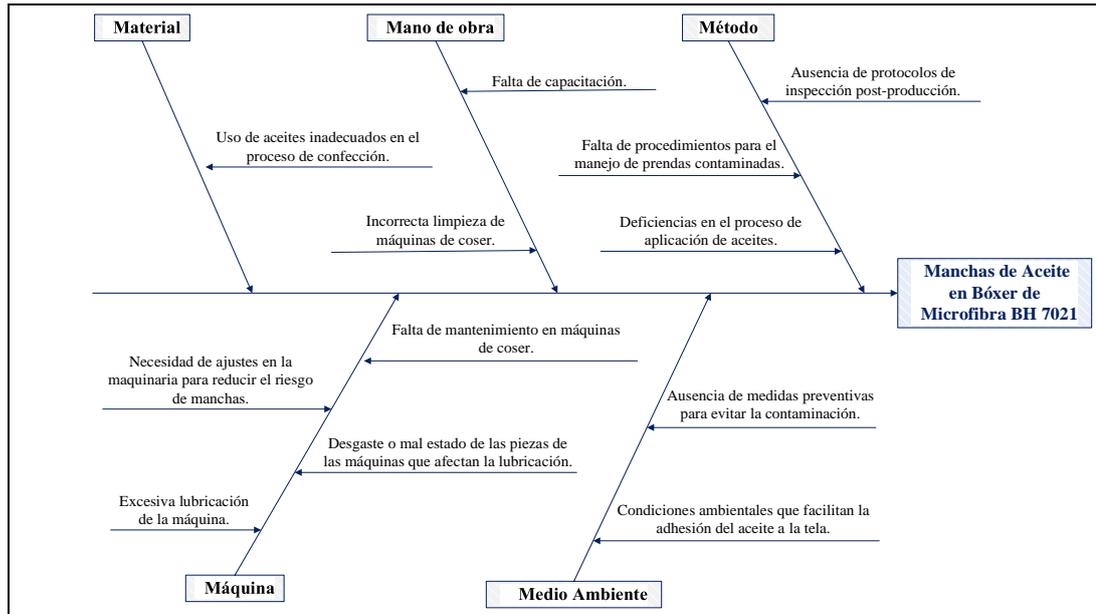


Figura 30. Diagrama de Ishikawa de fallas de costura en el bóxer BH 7021

La Figura 30, exhibe las potenciales causas subyacentes que generan la problemática de las fallas de costura. Este diagrama ha sido meticulosamente elaborado con la participación colaborativa de los trabajadores y bajo la consideración de los líderes de área que desempeñan un papel directo en la producción de los bóxeres BH 7021. A continuación, se procede con el análisis detallado de las posibles causas raíz, abordándolas conforme a las dimensiones de las 5M's de calidad delineadas en el previo diagrama de Ishikawa.

- **Material**

La calidad inconsistente del hilo, los defectos en la tela de microfibra y los problemas con las agujas de la máquina de coser son factores determinantes en los fallos de costura, especialmente en la zona donde se utiliza la máquina recubridora, flaximer y elasticadora. El hilo de baja calidad contribuye al salto de puntada, la tela defectuosa afecta la uniformidad de la costura, y las agujas problemáticas generan irregularidades.

Para solventar esto, se debe mejorar la calidad del hilo, realizar un control más estricto sobre la tela y asegurarse de que las agujas estén en óptimas condiciones. Un análisis más profundo podría revelar si ciertos lotes de hilo específicos o tipos de tela presentan problemas recurrentes, permitiendo una corrección más focalizada [1].

- ***Mano de obra***

La falta de capacitación en técnicas de costura, la presión excesiva debido al sistema de pago por obra, la rotación frecuente del personal y el uso inadecuado de la maquinaria contribuyen a los fallos de costura en la zona de la máquina recubridora, flaximer y elasticadora. La capacitación adecuada, la revisión del sistema de compensación para reducir la presión laboral, la retención del personal cualificado y el entrenamiento en el uso correcto de la maquinaria son esenciales para mejorar la calidad de la costura. Además, analizar detalladamente los registros de producción podría revelar patrones de error asociados a determinados operarios o turnos, señalando áreas específicas que requieren atención [7].

- ***Método***

La falta de procedimientos estandarizados y la producción de varias prendas simultáneamente impactan negativamente en la calidad de la costura en la zona de la máquina recubridora, flaximer y elasticadora. Establecer procedimientos claros para cada tipo de prenda y realizar controles más detallados durante la producción son cruciales para minimizar los fallos y mejorar la calidad general. Una revisión constante de los procedimientos, con la retroalimentación directa de los operarios, puede identificar oportunidades de mejora continua y optimización de la eficiencia sin comprometer la calidad [6].

- ***Medio ambiente***

Las condiciones de trabajo que generan fatiga y falta de atención afectan directamente a la calidad de la costura, especialmente en la zona de la máquina recubridora, flaximer y elasticadora. Mejorar las condiciones laborales, como la iluminación y la temperatura, es esencial para reducir la fatiga y mejorar la atención de los operarios, lo que conducirá a una disminución de los fallos de costura. Un análisis detallado de

la relación entre las condiciones ambientales y la productividad puede proporcionar insights adicionales sobre cómo optimizar el entorno de trabajo [80].

- **Maquinaria**

El mantenimiento insuficiente de las máquinas de coser, la falta de ajuste para el tipo de costura y la ausencia de monitoreo en tiempo real de la calidad de la costura son causas fundamentales de los fallos, especialmente en la zona de la máquina fundidora. Implementar programas regulares de mantenimiento preventivo, ajustar las máquinas para el tipo de costura específico y establecer sistemas de monitoreo en tiempo real son pasos esenciales para mejorar la calidad y prevenir fallos en la costura. Analizar las métricas de mantenimiento y monitoreo puede ayudar a identificar patrones de fallas específicas de las máquinas, permitiendo una intervención proactiva [12].

Mediante la Figura 30, se resaltan las causas originadas por la maquinaria, lo que conduce a la cuantificación de su contribución porcentual mediante un diagrama de Pareto. Este enfoque tuvo como objetivo identificar las M (Materiales, Mano de Obra, Método, Medio Ambiente y Maquinaria) potenciales del proceso. Los resultados de esta evaluación se presentan detalladamente en la Tabla 32 para un análisis exhaustivo.

Tabla 32. % Participación de causas de fallas de costura

Determinación de causas de fallas de costura				
No.	Causas del defecto	# de causas	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
1	Mano de obra	4	30,77%	30,77%
2	Materiales	3	23,08%	53,85%
3	Maquinaria	3	23,08%	76,92%
4	Método	2	15,38%	92,31%
5	Medio ambiente	1	7,69%	100,00%
	Total	13	100,00%	

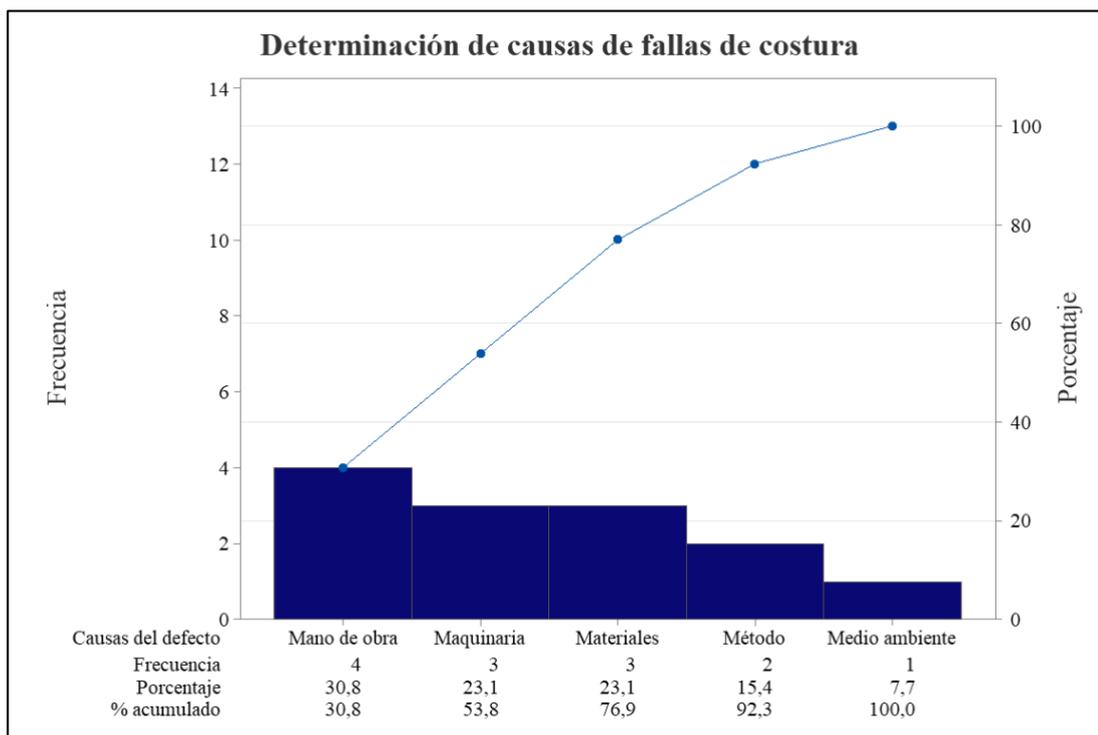


Figura 31. Diagrama de Pareto para fallas de costura

Con base en la representación gráfica proporcionada por la Figura 31, se evidencia que las causas potenciales en relación con las fallas de costura se vinculan directamente a la mano de obra, maquinaria y materiales. Estas relaciones surgen como consecuencia de deficiencias en los procesos de inspección y costura, siendo estas últimas directamente influenciadas por el personal de la empresa. Como respuesta a esta identificación, se requiere la implementación de acciones de mejora con el objetivo de establecer de manera eficiente el desarrollo de buenas costuras en el bóxer BH 7021. En consecuencia, los problemas estratificados se presentan detalladamente en la Tabla 33.

Tabla 33. Causas potenciales que existen en las fallas de costura

M	Causas potenciales
Mano de obra	Falta de capacitación en técnicas de costura. Presión excesiva debido al sistema de pago por obra. Rotación frecuente del personal. Uso inadecuado de la maquinaria.
Maquinaria	Mantenimiento insuficiente de las máquinas de coser. Falta de ajuste de la maquinaria para el tipo de costura. Ausencia de monitoreo en tiempo real de la calidad de la costura.
Materiales	Calidad inconsistente del hilo. Defectos en la tela de microfibra. Problemas con las agujas de la máquina de coser.

Con respecto a la información contenida en la Tabla 33, se evidenció que las causas potenciales de los defectos, en su mayoría, se originan en la mano de obra, maquinaria y materiales. En específico, los defectos asociados con las fallas de costuras se derivan principalmente de la falta de capacitación en técnicas de costura, la presión laboral excesiva, la rotación frecuente del personal y el uso inadecuado de la maquinaria.

Asimismo, factores como el mantenimiento insuficiente, la falta de ajuste en la maquinaria y la ausencia de monitoreo en tiempo real de la calidad de costura contribuyen a estos problemas. Finalmente, la calidad inconsistente del hilo, la tela y las agujas también se identificaron como causas fundamentales de los defectos observados.

b. Análisis de manchas de aceite

Para la recolección de las posibles causas responsables del defecto de manchas de aceite, se empleó la técnica de lluvia de ideas que se detallan en el Anexo M. A través de un análisis en conjunto con los operarios del proceso de confección, se logró determinar que las causas que tienen un mayor impacto en el defecto estudiado son:

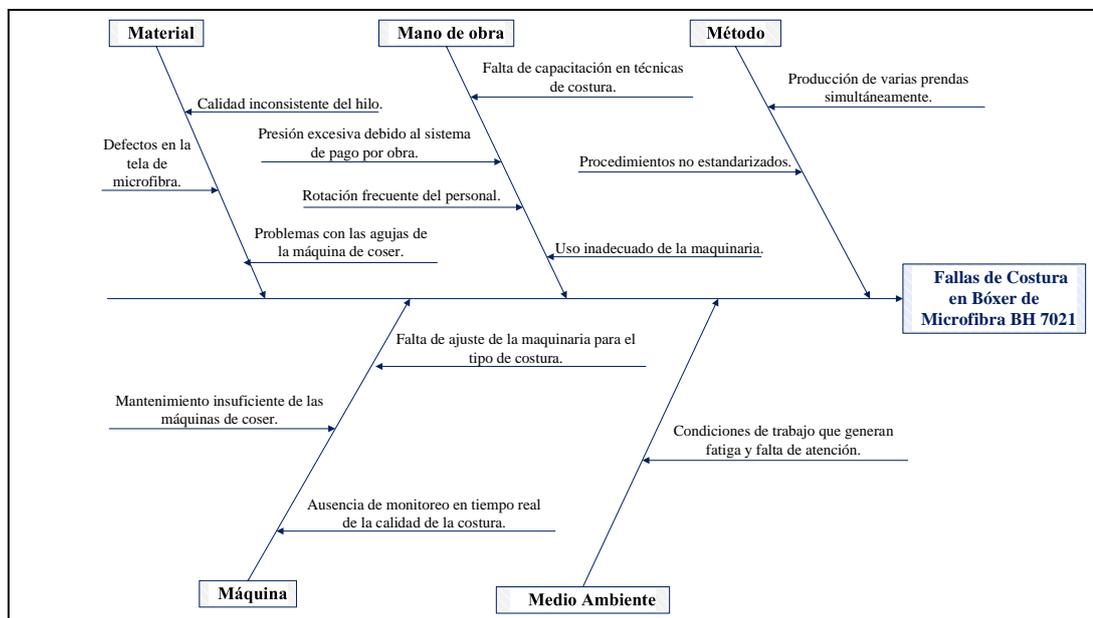


Figura 32. Diagrama de Ishikawa de manchas de aceite en el bóxer BH 7021

La Figura 32, exhibe las potenciales causas subyacentes que generan la problemática de las manchas de aceite. Este diagrama ha sido meticulosamente elaborado con la participación colaborativa de los trabajadores y bajo la consideración de los líderes de área que desempeñan un papel directo en la producción de los bóxeres BH 7021. A continuación, se procede con el análisis detallado de las posibles causas raíz, abordándolas conforme a las dimensiones de las 5M's de calidad delineadas en el previo diagrama de Ishikawa.

- ***Materiales***

El uso de aceites inadecuados en el proceso de confección es una causa directa de las manchas de aceite, especialmente en la zona donde se realiza el formado del cuerpo del bóxer utilizando la máquina Flaximer. La elección incorrecta de aceites puede resultar en una mayor viscosidad o propiedades de adhesión, provocando que estos se transfieran a la tela durante el proceso de formado. La solución radica en la identificación y selección de aceites específicos diseñados para el proceso de confección de microfibra, asegurando que no dejen residuos no deseados [1].

- ***Mano de obra***

La falta de capacitación y la incorrecta limpieza de las máquinas de coser son factores que contribuyen a las manchas de aceite, especialmente en la zona de la bomba del bóxer utilizando la máquina fundilladora. La falta de capacitación puede llevar a prácticas incorrectas, mientras que una limpieza inadecuada de las máquinas puede resultar en la transferencia de aceite residual a las prendas durante la fabricación. La solución implica proporcionar una capacitación adecuada sobre el manejo de aceites y establecer rutinas de limpieza efectivas para prevenir la contaminación [4].

- ***Método***

La ausencia de protocolos de inspección post-producción, la falta de procedimientos para el manejo de prendas contaminadas y deficiencias en el proceso de aplicación de aceites son causas clave de las manchas de aceite en ambas zonas afectadas. La falta de inspección permite que prendas contaminadas avancen en el proceso, mientras que los procedimientos inadecuados y deficiencias en la aplicación de aceites pueden

resultar en excesos no deseados. Establecer protocolos de inspección post-producción rigurosos y procedimientos claros para el manejo de prendas y aplicación de aceites, junto con una supervisión constante, son esenciales para prevenir estas manchas [3], [5].

- ***Medio ambiente***

Las condiciones ambientales que facilitan la adhesión del aceite a la tela y la ausencia de medidas preventivas para evitar la contaminación son factores que contribuyen significativamente a las manchas de aceite en ambas áreas. En la zona de formado del cuerpo del bóxer y la bomba, se debe implementar un control ambiental más estricto, regulando la temperatura y humedad para reducir la propensión del aceite a adherirse a la tela. Además, establecer medidas preventivas, como barreras físicas o dispositivos de contención, puede ayudar a evitar la contaminación no deseada [6].

- ***Maquinaria***

La falta de mantenimiento en las máquinas de coser, la excesiva lubricación de la máquina, la necesidad de ajustes en la maquinaria y el desgaste o mal estado de las piezas son causas específicas que contribuyen a las manchas de aceite. La falta de mantenimiento y la lubricación excesiva pueden provocar fugas de aceite, mientras que la necesidad de ajustes y el desgaste de las piezas pueden afectar la distribución uniforme del aceite durante la confección. La solución implica implementar programas de mantenimiento preventivo, ajustar adecuadamente la lubricación y las piezas, y monitorear continuamente el estado de la maquinaria para evitar problemas que conduzcan a la generación de manchas de aceite en los productos [23], [26].

Mediante la Figura 32, se resaltan las causas originadas por la maquinaria, lo que conduce a la cuantificación de su contribución porcentual mediante un diagrama de Pareto. Este enfoque tuvo como objetivo identificar las M (Materiales, Mano de Obra, Método, Medio Ambiente y Maquinaria) potenciales del proceso. Los resultados de esta evaluación se presentan detalladamente en la Tabla 34 para un análisis exhaustivo.

Tabla 34. % Participación de causas de manchas de aceite

Determinación de causas de manchas de aceite				
No.	Causas del defecto	# de causas	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
1	Maquinaria	4	33,33%	33,33%
2	Método	3	25,00%	58,33%
3	Medio ambiente	2	16,67%	75,00%
4	Mano de obra	2	16,67%	91,67%
5	Materiales	1	8,33%	100,00%
Total		12	100,00%	

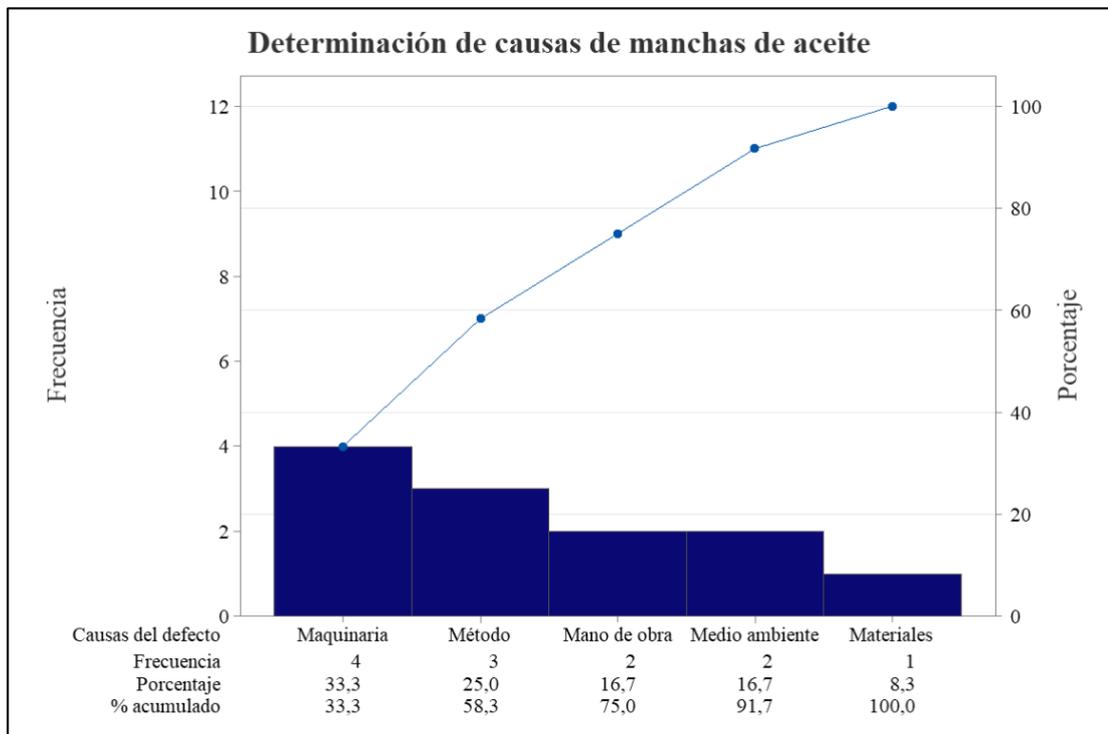


Figura 33. Diagrama de Pareto para manchas de aceite

Con base en la representación gráfica proporcionada por la Figura 33, se evidenció que las causas potenciales en relación con las manchas de aceite se vinculan directamente a la maquinaria, métodos y mano de obra. Estos factores, al ser analizados en conjunto, ofrecen una comprensión más integral de los desafíos asociados con las manchas de aceite en el proceso de confección. Asimismo, esta identificación precisa de las causas proporciona una base sólida para la formulación de estrategias específicas de mejora. En consecuencia, los problemas estratificados se presentan detalladamente en la Tabla 34.

Tabla 35. Causas potenciales que existen en las manchas de aceite

M	Causas potenciales
Maquinaria	Falta de mantenimiento en máquinas de coser. Excesiva lubricación de la máquina Necesidad de ajustes en la maquinaria para reducir el riesgo de manchas. Desgaste o mal estado de las piezas de las máquinas que afectan la lubricación.
Método	Ausencia de protocolos de inspección post-producción. Falta de procedimientos para el manejo de prendas contaminadas. Deficiencias en el proceso de aplicación de aceites.
Mano de obra	Falta de capacitación Incorrecta limpieza de máquinas de coser.

Con respecto a la información contenida en la Tabla 35, se evidenció que las causas potenciales de los defectos, en su mayoría, se originan por falta de mantenimiento, excesiva lubricación, también la necesidad de ajustes en la maquinaria, y el desgaste o mal estado de las piezas de las máquinas de coser.

Asimismo, factores como la ausencia de protocolos de inspección, falta de procedimientos para el manejo de prendas contaminadas, la deficiencia en el proceso de aplicación del aceite, la falta de capacitación y la incorrecta limpieza de las máquinas de coser son causas fundamentales de los defectos observados.

c. 5 porqué

Se empleó la metodología de los "5 Por qué" con la finalidad de contrastar sus resultados con los de la herramienta previamente utilizada, proporcionando así una perspectiva más detallada de las causas fundamentales que generan los defectos bajo investigación. Este enfoque se aplicó de manera específica para cada tipo de defecto.

- *Fallas de costura*

Los resultados obtenidos de los "5 Por qué" para encontrar la causa raíz de fallas de costura se presentan de manera detallada en la Tabla 36.

Tabla 36. Identificación de causa raíz bajo los 5 porqué: causas por falla de costura

Fallas de costura		
1	¿Por qué se produce las fallas de costura en el bóxer BH 7021?	Mantenimiento insuficiente, falta de ajuste y ausencia de monitoreo
2	¿Por qué?	Falta de capacitación en técnicas de costura
3	¿Por qué?	Uso inadecuado de maquinaria
4	¿Por qué?	Porque existe una incorrecta identificación de fallas de costura
5	¿Por qué?	Rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo

A través del conocimiento del personal operativo y la jefa de producción, se identifican que la causa raíz son:

- Falta de capacitación en técnicas de costura
- Rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo
- ***Manchas de aceite***

Los resultados obtenidos de los "5 Por qué" para encontrar la causa raíz de fallas de costura se presentan de manera detallada en la Tabla 37.

Tabla 37. Identificación de causa raíz bajo los 5 porqué: causas por manchas de aceite

Manchas de aceite		
1	¿Por qué se produce las manchas de aceite en el bóxer BH 7021?	Hay excesiva lubricación de la máquina
2	¿Por qué?	No existe mantenimiento preventivo en máquinas de coser
3	¿Por qué?	Existe desgaste o mal estado de piezas afecta lubricación
4	¿Por qué?	Ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo
5	¿Por qué?	Hace falta la necesidad de ajustes en la maquinaria para reducir riesgos.

A través del conocimiento del personal operativo y la jefa de producción, se identifican que la causa raíz son:

- No existe mantenimiento preventivo en máquinas de coser
- Ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo

A través de la herramienta aplicada destaca la necesidad de medidas correctivas, como el desarrollo de procedimientos que reduzcan defectos. Por otra parte, se efectuó un análisis de modo y efecto de falla para determinar el nivel de riesgo asociado con estos elementos que provocan defectos.

d. Identificación de causas raíz

Con base en el análisis de los diagramas de Ishikawa, la matriz de interrelación y la aplicación de la técnica de los 5 porqués, se han identificado causas raíz que la metodología Six Sigma utiliza como punto de partida para reducir la incidencia de bóxers defectuosos. En la Tabla 38, se detallan estas causas junto con sus características, para luego, establecer medidas de control y mejora.

Tabla 38. Descripción de causas raíz

Proceso	Defecto	Causa raíz	Descripción
Confección (Área de producción)	Fallas de costura	Falta de capacitación en técnicas de costura	La carencia de formación adecuada en técnicas de costura contribuye a la generación de defectos, como puntadas irregulares o mal ejecutadas. La falta de destreza afecta negativamente la calidad final del bóxer, aumentando los costos y disminuyendo la eficiencia del proceso.
		Rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo	La alta rotación de personal, con cambios frecuentes de máquinas por el hecho de hacer muchos modelos de ropa interior, resulta en la pérdida de especialización y experiencia en tareas específicas. Esta falta de consistencia da lugar a errores de ejecución durante la confección del bóxer para cumplir con los estándares de calidad.
	Manchas de aceite	Inexistencia de mantenimiento preventivo en máquinas de coser	La ausencia de prácticas regulares de mantenimiento preventivo en las máquinas de coser propicia manchas de aceite, el deterioro y mal funcionamiento de los equipos. Esto conduce a la producción de costuras defectuosas o manchas del producto terminado. El descuido en el mantenimiento afecta la confiabilidad y consistencia de las máquinas.
		Ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo	La carencia de protocolos y procedimientos para la limpieza de máquinas y puestos de trabajo ocasiona la acumulación de residuos y contaminantes. Esto, a su vez, afecta la calidad de la confección del bóxer y la integridad del producto final.

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

La Tabla 39, presenta el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) utilizada con el fin de detectar confiablemente posibles fallos durante el proceso de confección del bóxer BH 7021. Este método permitió jerarquizar estas fallas y sus causas, teniendo en cuenta factores como la probabilidad de ocurrencia, los métodos de detección y los efectos resultantes [97].

Tras identificar las principales problemáticas y sus causas fundamentales, se evaluó el riesgo con el AMEF. Este enfoque facilitó la identificación, definición y priorización de potenciales fallas en el proceso de confección del bóxer BH 7021, conduciendo a la obtención del actual número de prioridad de riesgo (NPR), detallado en la Tabla 39. La aplicación de este método proporciona una visión integral para abordar las áreas críticas y proponer mejoras efectivas.

- *Número de prioridad de riesgo (NPR)*

En cuanto al NPR, se aplicaron los criterios detallados en la Tabla 10 de la sección de metodología, basados en las recomendaciones de la Nota Técnica de Prevención de la legislación española (NTP 679). Este valor se calculó multiplicando la ocurrencia, la detección y la gravedad del potencial efecto de fallo [63]. A través de este índice, se logró clasificar jerárquicamente las causas identificadas que generan los defectos de "fallas de costura" y "manchas de aceite", permitiendo la priorización y dirección de esfuerzos para reducir o eliminar las causas más significativas.

Tabla 39. Matriz de análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

		ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS (PROCESO)
		AMEF Nro. 01
		Página 1 de 1
Artículo <u>Bóxer</u>	Responsable del proceso <u>Impactex</u>	Preparado por <u>Darío Manobanda</u>
Modelo <u>BH 7021</u>	Fecha clave <u>05/01/2024</u>	Fecha AMEF (Original) <u>02/01/2024</u>
Equipo principal <u>Cris Segura, Silvana Torres, Darío Manobanda</u>		

Etapa/función del proceso/Requerimientos	Modo potencial de falla	Efecto(s) potenciales de falla	Severidad	Causa(s) potenciales de falla	Proceso actual				NPR
					Controles preventivos	Ocurrencia	Controles de detección	Detección	
Confeccionado de bóxer de microfibra Requerimientos: Cuerpo Bomba Costuras Resistente Elástico Microinyección Talla Etiquetado Acabado Durabilidad Resistencia	Desalineación o mala unión de los tejidos durante la costura	Defecto 1: Fallas de costura	7	Falta de capacitación en técnicas de costura	Proporcionar entrenamiento regular y evaluar habilidades	8	Revisiones periódicas del desempeño del personal	5	280
			6	Rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo	Establecer programas de retención de empleados	9	Monitoreo continuo de la rotación de personal	4	216
	Contaminación no deseada del tejido con aceites durante la confección	Defecto 2: Manchas de aceite	8	Inexistencia de mantenimiento preventivo en máquinas de coser	Implementar un programa de mantenimiento regular	7	Inspecciones regulares de las condiciones de la maquinaria	6	336
			5	Ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo	Establecer procedimientos de limpieza regular	6	Auditorías periódicas de limpieza y mantenimiento	8	240

Tabla 40. Resumen de resultados de AMEF

Defectos o Efecto(s) potenciales de falla	Causa(s) potenciales de falla	NPR		Color
Manchas de aceite	Inexistencia de mantenimiento preventivo en máquinas de coser	336	Tomar acciones	
Fallas de costura	Falta de capacitación en técnicas de costura	280	Tomar acciones	
Manchas de aceite	Ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo	240	Tomar acciones	
Fallas de costura	Rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo	216	Tomar acciones	

Conforme a la Tabla 40, del resumen de los resultados del AMEF, se evidenció que todos los posibles efectos de falla presentan un nivel de riesgo medio, indicando la necesidad de considerar cada uno al proponer mejoras. La detección visual por parte del operador es predominante para la mayoría de estos efectos. Asimismo, el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) cuantifica esta evaluación, resaltando la falta de capacitación en técnicas de costura, la rotación frecuente del personal, la carencia de mantenimiento preventivo en las máquinas de coser y la ausencia de protocolos de limpieza como áreas críticas.

En este contexto, se destacó que estos defectos impactan negativamente en el producto final y, por ende, en el proceso de confección del bóxer BH 7021. Ante la identificación de estos errores significativos, se debe diseñar un plan de mejora orientado a prevenir o reducir los modos potenciales de falla, buscando mejorar la eficiencia en el área de producción [98]. En cuanto a esto, estudios anteriores respaldan la eficacia de esta estrategia, desde el punto de vista la investigación [99], su estudio ha logrado reducir 22 fallas potenciales en una empresa agroindustrial mediante la aplicación del análisis AMEF, resultando en una notable disminución de 892.17 horas de reparación de maquinaria.

3.4.4 Fase de mejora y control

El propósito fundamental de la fase de mejora es presentar estrategias de mejora destinadas a eliminar las 4 causas raíz identificadas en la fase de análisis. No obstante, es importante señalar que este estudio no abarca la fase de "Control", ya que no se implementan las alternativas de mejora propuestas, y por ende, no se establecen medidas de control para monitorear las mejoras propuestas.

En este contexto, se procede a elaborar cartas de mejora fundamentadas en la herramienta 5W-1H, las cuales detallan el propósito, las razones, el lugar, la secuencia, las personas involucradas y el método a emplear para las propuestas de mejora. Estas acciones están diseñadas para eliminar o mitigar las causas raíz identificadas en el análisis previo, con el objetivo de reducir la incidencia de defectos, específicamente las "fallas de costura" y "manchas de aceite" en el proceso de confección de los bóxeres de microfibra [100].

A continuación, se presenta las propuestas de acción de mejora que aborda las 4 causas raíz identificadas mediante la aplicación de la carta 5W-1H. Estas propuestas buscan implementar soluciones efectivas para reducir la variación de defectos en el proceso de confección y, consecuentemente, mejorar la calidad de los bóxeres de microfibra.

Tabla 41. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la inexistencia de mantenimiento preventivo en máquinas de coser

5W-1H	Tipo	Descripción
¿Qué?	Propósito	Implementar un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas de coser.
¿Por qué?	Razones	<ul style="list-style-type: none"> - Aumentar la vida útil de las máquinas. - Reducir el riesgo de fallos imprevistos. - Optimizar la eficiencia del proceso de confección
¿Dónde?	Lugar	Área de producción donde se ubican las máquinas de coser.
¿Cuándo?	Secuencia	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar inspecciones regulares. - Programar actividades de mantenimiento preventivo. - Registrar y dar seguimiento a las intervenciones.
¿Quién?	Personas involucradas	<ul style="list-style-type: none"> - Personal de mantenimiento. - Jefa de producción.
¿Cómo?	Método	<ul style="list-style-type: none"> - Establecer un calendario de mantenimiento. - Capacitar al personal en tareas de mantenimiento básico.

Tabla 42. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la falta de capacitación en técnicas de costura

5W-1H	Tipo	Descripción
¿Qué?	Propósito	Implementar un programa de capacitación continua en técnicas de costura.
¿Por qué?	Razones	<ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la calidad de la costura. - Reducir la incidencia de defectos por falta de habilidad. - Aumentar la eficiencia del personal de confección.
¿Dónde?	Lugar	Área de capacitación y estaciones de trabajo.
¿Cuándo?	Secuencia	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar las áreas de mejora. - Diseñar un programa de capacitación específico. - Impartir sesiones de capacitación de manera regular.
¿Quién?	Personas involucradas	<ul style="list-style-type: none"> - Especialistas en técnicas de costura. - Personal de recursos humanos.
¿Cómo?	Método	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluar regularmente la efectividad del programa. - Implementar retroalimentación para adaptar el programa.

Tabla 43. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo

5W-1H	Tipo	Descripción
¿Qué?	Propósito	Establecer protocolos y procedimientos para el plan de limpieza.
¿Por qué?	Razones	<ul style="list-style-type: none"> - Garantizar un entorno de trabajo limpio y ordenado. - Prevenir la contaminación de prendas durante la fabricación. - Mejorar la seguridad y la eficiencia operativa.
¿Dónde?	Lugar	Áreas de producción y estaciones de trabajo.
¿Cuándo?	Secuencia	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar protocolos detallados de limpieza. - Capacitar al personal en la implementación de los protocolos. - Supervisar y auditar regularmente la aplicación de los procedimientos.
¿Quién?	Personas involucradas	<ul style="list-style-type: none"> - Personal de limpieza. - Jefe de producción.
¿Cómo?	Método	<ul style="list-style-type: none"> - Implementar listas de verificación para la limpieza. - Realizar auditorías periódicas para asegurar el cumplimiento.

Tabla 44. Aplicación de la metodología 5W-1H en la formulación de la propuesta de mejora para la rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo

5W-1H	Tipo	Descripción
¿Qué?	Propósito	Establecer un programa de retención y desarrollo del personal.
¿Por qué?	Razones	<ul style="list-style-type: none"> - Reducir la curva de aprendizaje. - Mejorar la consistencia en la producción. - Fomentar el compromiso y la lealtad del personal.
¿Dónde?	Lugar	Áreas de recursos humanos y estaciones de trabajo.
¿Cuándo?	Secuencia	<ul style="list-style-type: none"> - Identificar las razones detrás de la rotación frecuente. - Desarrollar programas de retención y desarrollo. - Implementar sistemas de reconocimiento y recompensa.
¿Quién?	Personas involucradas	<ul style="list-style-type: none"> - Departamento de recursos humanos. - Jefa de producción - Gerentes de la empresa
¿Cómo?	Método	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar encuestas de satisfacción y retroalimentación. - Monitorear la efectividad del programa a lo largo del tiempo.

Las siguientes Tabla 45, Tabla 46 presentan las causas raíz identificadas (x vitales), acompañadas de sus respectivos efectos potenciales de falla, así como las soluciones propuestas y descripciones correspondientes.

Tabla 45. Acciones de mejora para el defecto fallas de costura

Fallas de costura		
Causas raíz	Solución	Descripción
Falta de capacitación en técnicas de costura.	Desarrollar programa continuo de capacitación en técnicas de costura.	Crear un programa estructurado de capacitación en técnicas de costura. Incluir sesiones prácticas y evaluaciones periódicas para garantizar la adquisición y retención de habilidades.
Rotación frecuente de personal a diferentes puestos de trabajo.	Implementar programa de retención y desarrollo del personal.	Diseñar e implementar un programa que promueva la retención y desarrollo del personal. Incluir oportunidades de crecimiento, capacitación adicional y reconocimiento por desempeño.

Tabla 46. Acciones de mejora para el defecto manchas de aceite

Fallas de manchas de aceite		
Causas raíz	Solución	Descripción
Inexistencia de mantenimiento preventivo en máquinas de coser	Implementar un programa de mantenimiento preventivo	Establecer un calendario regular para inspecciones y mantenimiento preventivo de las máquinas de coser. Incluir actividades como lubricación, ajustes y reemplazo de piezas desgastadas.
Ausencia de protocolos y procedimientos de plan de limpieza de máquinas y puestos de trabajo	Establecer protocolos de limpieza detallados	Desarrollar protocolos específicos para la limpieza de máquinas y estaciones de trabajo. Incluir instrucciones claras, frecuencia recomendada y listas de verificación.

Tabla 47. Consideraciones transversales de las propuestas de mejora

Consideraciones transversales	
Monitoreo y evaluación continua	Participación activa del personal
Establecer sistemas de monitoreo para evaluar la efectividad de cada propuesta de mejora. Realizar ajustes según la retroalimentación y los resultados obtenidos.	Involucrar al personal en la implementación de las propuestas. Fomentar la retroalimentación continua y la participación activa para asegurar el éxito de las mejoras.

Luego de elegir las soluciones de mejora destinadas a reducir la influencia de las diversas causas raíz, cada propuesta se desarrolló para su eventual implementación en caso de que la empresa lo considere beneficiario o necesario.

1. Plan de mantenimiento preventivo para máquinas de coser

El plan de mantenimiento preventivo delineado para las máquinas de costura se estructura en dos fases fundamentales: la fase inicial, que tiene como propósito difundir el plan de mantenimiento entre el personal afectado en caso de su eventual ejecución; y la segunda fase, de implementación, donde se lleva a cabo la ejecución práctica del plan de mantenimiento propuesto.

1.1 Fase inicial del plan de mantenimiento preventivo

Esta etapa se compone de dos fases, en las cuales se establece la metodología a usar en la implementación del plan de mantenimiento, así como el equipo de trabajo y sus funciones correspondientes. El propósito es garantizar resultados óptimos y evitar contratiempos durante el proceso de implementación.

1.1.1 Difusión de información sobre la metodología a utilizar en la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.

El propósito principal de esta fase consiste en informar de manera completa y detallada a todo el personal involucrado acerca de la metodología que se aplicará durante la implementación del plan de mantenimiento preventivo. Con el objetivo de garantizar una ejecución eficaz y exitosa, se llevarán a cabo las siguientes actividades:

1. **Sesiones de capacitación presenciales:** Se llevarán a cabo sesiones presenciales para capacitar a todo el personal operativo del proceso de confección en temas relacionados con planes de mantenimiento, abarcando tipos, beneficios, historia, entre otros aspectos clave. Se incluirán exposiciones de casos prácticos de éxito en grandes empresas que han logrado mejoras significativas mediante la implementación de planes de mantenimiento preventivos, con el propósito de motivar al personal.
2. **Difusión de información:** Se implementará una estrategia de difusión de información dirigida a todo el personal del área de producción. Utilizando medios adecuados, se proporcionará información esencial sobre el plan de mantenimiento, con el objetivo de dar a conocer los beneficios asociados con la aplicación de programas de mantenimiento en las máquinas y equipos de trabajo.
3. **Material informativo impreso y sesiones virtuales:** Complementando las sesiones presenciales, se desarrollará material informativo impreso, como folletos o manuales, que contendrá detalles cruciales sobre la metodología del plan de mantenimiento. Además, se organizarán sesiones virtuales para aquellos miembros

del equipo que no puedan asistir presencialmente, garantizando una participación completa y una comprensión integral.

4. **Foros de preguntas y respuestas y supervisión continua:** Se establecerán foros de preguntas y respuestas para abordar consultas específicas y se implementará un sistema de supervisión continua para evaluar la asimilación de la información, asegurando una comprensión completa y brindando apoyo adicional según sea necesario.
5. **Feedback y evaluación continua:** Se recopilará retroalimentación de los participantes para evaluar la efectividad de la campaña de socialización, permitiendo realizar ajustes y mejoras continuas.

1.1.2 Definición del grupo de trabajo y sus funciones

En este punto, se establece el equipo encargado de dirigir las acciones correspondientes al plan de mantenimiento de las máquinas de costura. Este grupo operativo estará liderado por el jefe de mantenimiento, quien estará acompañado por los operarios especializados y la jefa de producción. Esta elección se fundamenta en que el mencionado grupo no solo organiza y lleva a cabo las labores de producción a diario, sino que también asume la responsabilidad directa del área de producción. A continuación, se detalla la composición del equipo de trabajo junto con las funciones asignadas a cada integrante:

- **Jefa de producción**

1. Colaborar en la planificación de las actividades de mantenimiento preventivo.
2. Supervisar la programación de mantenimiento según el cronograma establecido para evitar impactos negativos en la producción diaria.
3. Asegurar la integración armoniosa de las labores de mantenimiento con la producción.
4. Participar en la identificación de necesidades y mejoras en las máquinas de costura.

- **Jefe de mantenimiento**

1. Capacitar al equipo de trabajo para la implementación eficiente del plan de mantenimiento.
2. Definir indicadores clave para evaluar el rendimiento y eficacia del mantenimiento de las máquinas de costura.
3. En algunas ocasiones, participar en las actividades de mantenimiento autónomo realizadas por los operarios en las máquinas de costura.
4. Elaborar y supervisar la ejecución del plan de mantenimiento preventivo.
5. Coordinar las labores del equipo de mantenimiento y operarios.
6. Garantizar la disponibilidad de recursos necesarios para llevar a cabo el plan.
7. Realizar análisis y evaluaciones periódicas para mejorar la eficiencia del plan.

- **Operarios**

1. Colaborar activamente en la ejecución de actividades de mantenimiento preventivo según lo establecido en el plan.
2. Completar los formatos de mantenimiento de las máquinas según lo establecido en el plan.
3. Ejecutar todas las actividades especificadas en el plan de mantenimiento de las máquinas de costura.
4. Comunicar al jefe de mantenimiento sobre el desempeño, comportamiento y las fallas detectadas en las máquinas de costura durante las operaciones diarias.
5. Participar en sesiones de capacitación relacionadas con el mantenimiento preventivo de las máquinas.

Esta estructura organizativa garantiza una ejecución eficaz del plan de mantenimiento, involucrando a cada miembro del equipo de manera estratégica.

1.2 Fase de implementación del plan de mantenimiento

La fase de implementación del plan de mantenimiento adopta una perspectiva centrada en el mantenimiento autónomo, la ejecución de actividades de limpieza general y la verificación del funcionamiento adecuado de las máquinas de costura. Estos elementos, integrados en un plan de mantenimiento preventivo, tienen como objetivo principal mantener las máquinas en condiciones óptimas para prevenir o minimizar posibles fallas. La implementación de estas prácticas no solo salvaguarda la seguridad de los operarios, sino que también contribuye al flujo regular de producción y preserva la integridad de las instalaciones físicas de la organización.

Objetivo

El objetivo del plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de costura se enfoca en preservar la integridad del proceso de confección del bóxer de microfibra, específicamente evitando la presencia de manchas de aceite u otros defectos. La meta principal es optimizar el rendimiento y la confiabilidad de las máquinas de costura y asegurar el funcionamiento óptimo de las máquinas, minimizando las interrupciones en la producción y aumentando el tiempo de vida útil. A través de actividades preventivas, control y supervisión adecuados, se busca mantener un entorno de trabajo eficiente y libre de inconvenientes, garantizando la calidad del bóxer de microfibra en cada etapa del proceso de confección.

1.2.1 Actividades del programa de mantenimiento

- 1. Mantenimiento autónomo:** Comprende un conjunto de acciones ejecutadas diariamente por los operarios. Estas acciones incluyen intervenciones menores, tareas de limpieza regular, el reemplazo de herramientas y piezas, así como el análisis de posibles mejoras y la resolución de problemas menores. Para llevar a cabo eficientemente estas tareas, se requiere que los operarios reciban entrenamiento específico para adquirir los conocimientos necesarios que les permitan dominar las máquinas que operan.

- 2. Inspección periódica programada:** Se refieren a revisiones sistemáticas de piezas y componentes de las máquinas de costura en intervalos planificados. Estas inspecciones periódicas tienen como objetivo obtener información relevante sobre el estado de las diversas partes de las máquinas, facilitando una evaluación precisa y proporcionando datos útiles para la detección temprana de posibles problemas o desgastes que podrían afectar la calidad y eficiencia del proceso de confección.

- 3. Ajustes:** Se centran en acciones destinadas a restaurar las características originales de montaje de las máquinas. Estas operaciones de ajuste son cruciales para asegurar que las máquinas de costura funcionen conforme a los estándares de calidad establecidos, contribuyendo así a mantener la consistencia en la producción de bóxeres de microfibra con altos niveles de calidad.

1.2.2 Proceso de mantenimiento

La Figura 34, indica el diagrama de flujo que representa la secuencia de operaciones a llevar a cabo para la implementación del programa de mantenimiento de las máquinas de costura.

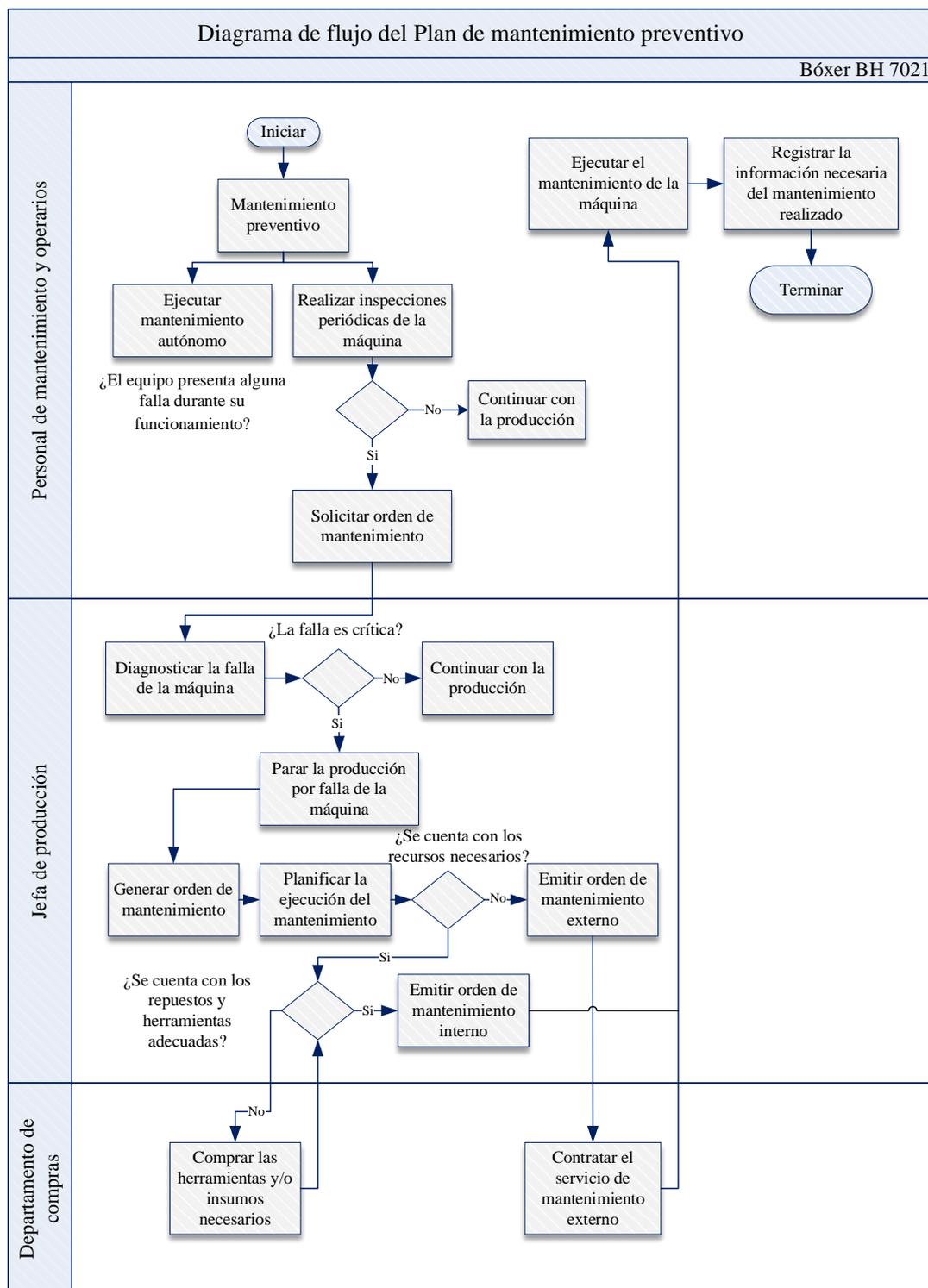


Figura 34. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el programa de mantenimiento de las máquinas de costura

La Figura 35, indica el flujograma que representa la secuencia de operaciones a llevar a cabo para la implementación del programa de mantenimiento de las máquinas de costura respecto a el área de personal y jefe de mantenimiento.

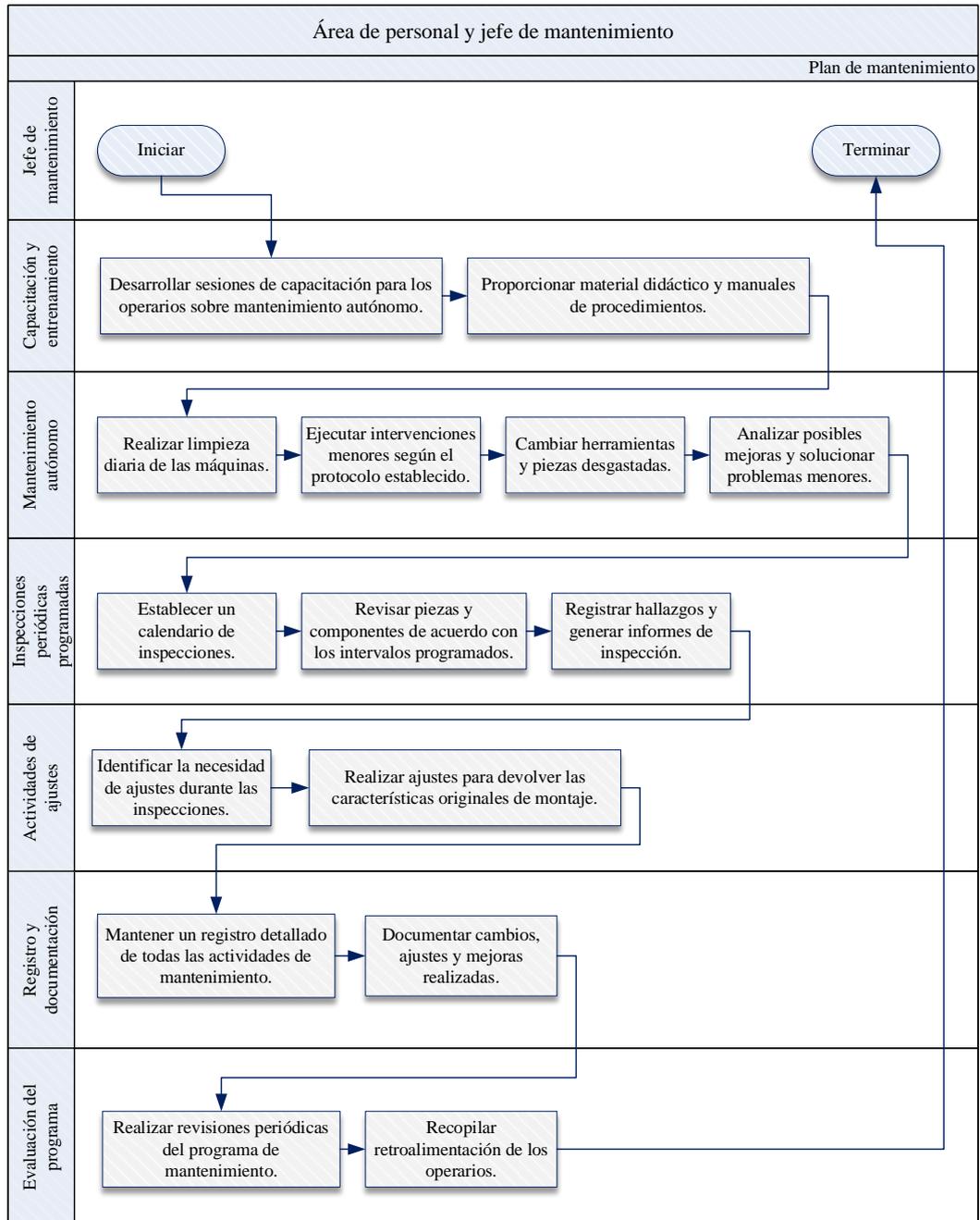


Figura 35. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el área de personal y jefe de mantenimiento

La Figura 36, indica el flujograma que representa la secuencia de operaciones a llevar a cabo para la implementación del programa de mantenimiento de las máquinas de costura respecto a el área de jefa de producción.

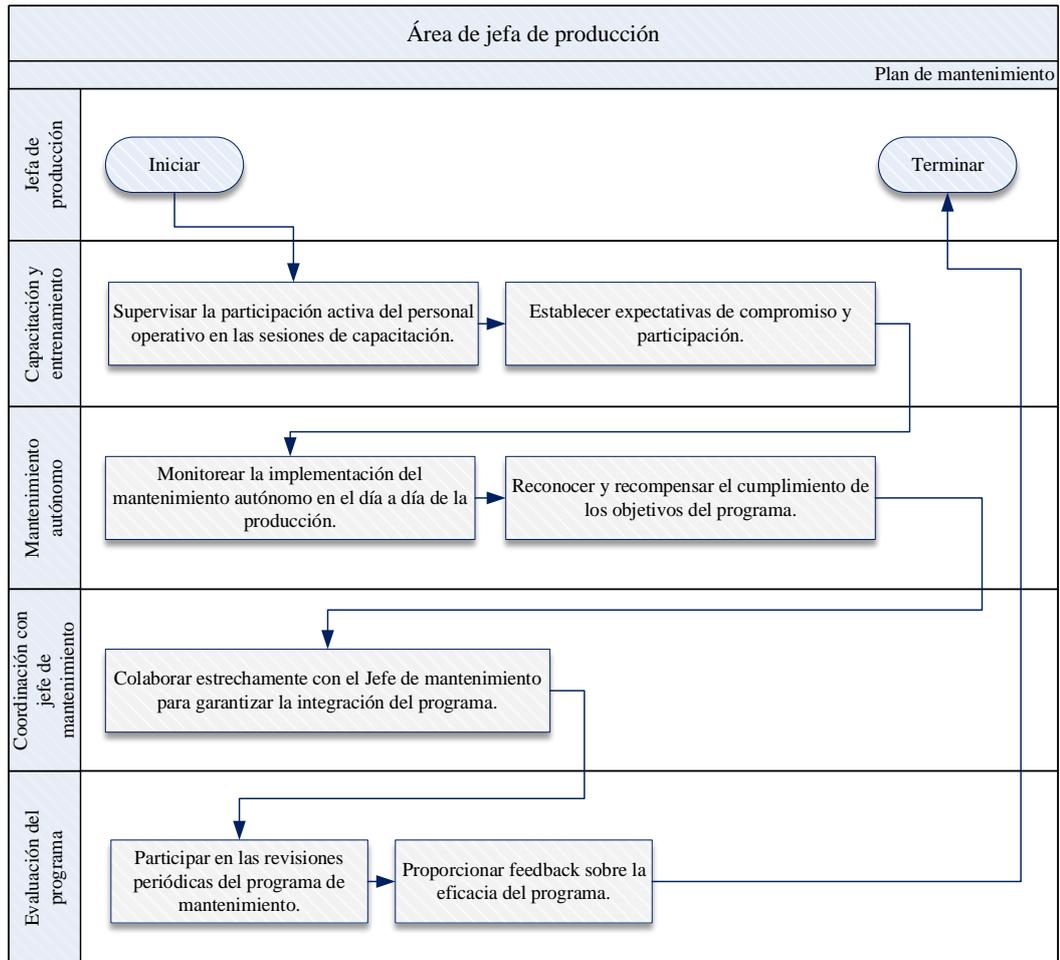


Figura 36. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el área de jefa de producción

La Figura 37, indica el flujograma que representa la secuencia de operaciones a llevar a cabo para la implementación del programa de mantenimiento de las máquinas de costura respecto a el área de departamento de compras.

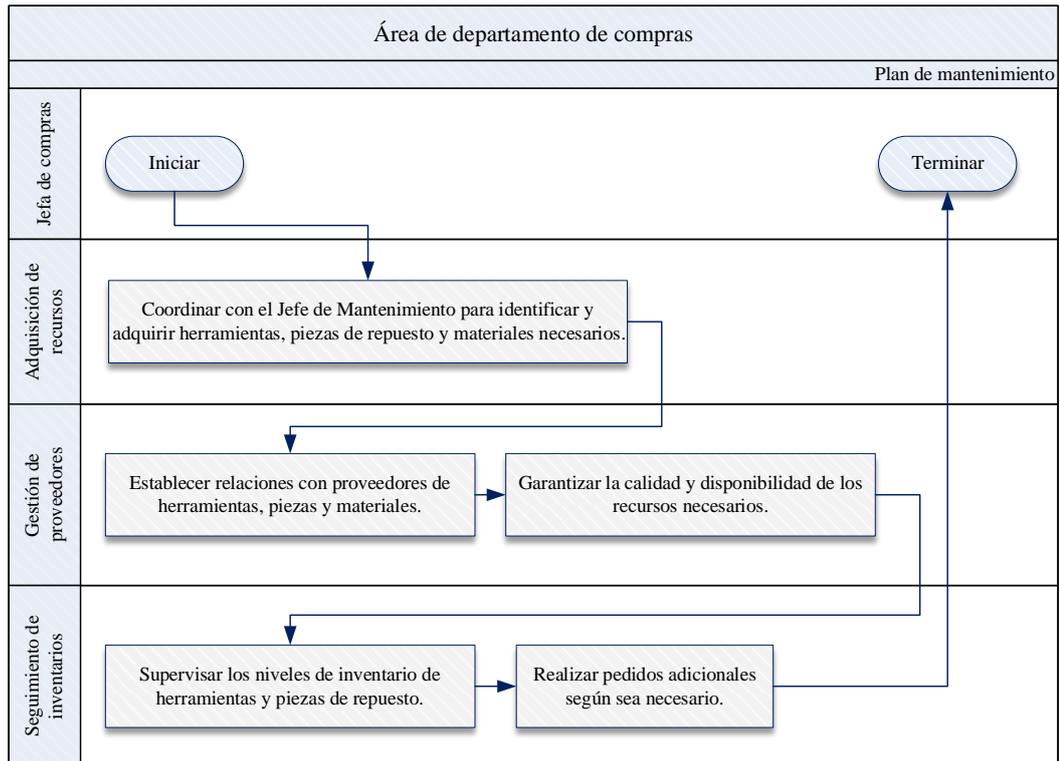


Figura 37. Secuencia de actividades a llevar a cabo en el área de departamento de compras

1.2.3 Actividades de mantenimiento de máquinas de coser

La ejecución del mantenimiento se basa en las actividades detalladas en la Tabla 48, combinadas con procesos de inspección. Es importante destacar que estas acciones se deben llevar a cabo trimestralmente, conforme a lo indicado en la investigación [30], con el propósito de asegurar la ausencia de fallos que puedan incidir en la calidad de los productos.

Tabla 48. Secuencia de actividades y lista de verificación para el mantenimiento de máquinas de coser

N°	Actividades	Verificación
1	Realizar el diagnóstico inicial de la máquina y ejecutar la operación de pespunte siguiendo la ficha técnica correspondiente.	Verificar que la máquina opere conforme a la operación asignada según la ficha técnica de la muestra física.
2	Realizar el desmonte, montaje y ajuste de los mecanismos de la barra de aguja y pie prensatelas.	Realizar una inspección visual para asegurar el correcto funcionamiento del mecanismo de barra de la aguja y pie prensatelas.
3	Desmontar, montar, sincronizar y ajustar los mecanismos del garfio y la aguja.	Observar visualmente la correcta colocación y montaje de las piezas de la máquina, así como del garfio y la aguja, en concordancia con la operación planificada.
4	Desmontar y montar, asegurando la correcta colocación de todas las piezas del mecanismo de transporte y aguja.	Verificar que el mecanismo de transporte y de aguja esté en óptimas condiciones.
5	Realizar el desmonte y montaje del sistema de lubricación automática, eliminando impurezas.	Verificar que el contenedor de aceite esté lleno y contenga el lubricante adecuado para dejar operativo el sistema de lubricación y la máquina activa.
6	Realizar el desmonte y montaje del mecanismo automático de corte de hilo.	Dejar operativo el mecanismo automático de corte de hilo de acuerdo con la operación y el tejido.
7	Programar los parámetros electrónicos básicos de los motores.	Revisar el funcionamiento de los motores en relación con la revolución de motores.
8	Diagnosticar y solucionar fallas identificadas durante el proceso.	Inspeccionar la limpieza y el estado sin problemas de las máquinas de coser.
9	Realizar pruebas de funcionamiento después del mantenimiento.	Evaluar la satisfacción del personal con la capacitación recibida.
10	Capacitar al personal operativo sobre el uso correcto de la máquina y las señales de posibles problemas.	Documentar las actividades realizadas y las medidas tomadas durante el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento de cada una de las máquinas, incluyendo la máquina recta, overlook, flaximer, elasticadora, recubridora, rematadora y cortadora de elástico, debe llevarse a cabo por el personal técnico de la empresa. Es crucial garantizar que estas actividades sean realizadas de acuerdo con las tareas planificadas, asegurando así el cumplimiento de los procedimientos específicos para cada tipo de máquina.

1.2.4 Procedimiento para el programa de mantenimiento preventivo

Frecuencia: Mensual

1. Identificación de máquinas:

- a. Enumerar todas las máquinas utilizadas en el proceso de confección del bóxer BH 7021.
- b. Asignar un código a cada máquina para facilitar el seguimiento.

2. Inspección visual inicial:

- a. Realizar una inspección visual detallada de cada máquina.
- b. Identificar posibles desgastes, acumulación de residuos o signos de deterioro.

3. Registro de estado actual:

- a. Documentar el estado actual de cada máquina en una ficha de mantenimiento.
- b. Incluir fotografías de áreas críticas.

4. Lubricación y ajustes:

- a. Aplicar lubricantes según las especificaciones del fabricante.
- b. Realizar ajustes necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo.

5. Pruebas funcionales:

- a. Realizar pruebas de funcionamiento para verificar la efectividad de los ajustes y lubricación.
- b. Registrar cualquier anomalía detectada.

6. Registros y documentación:

- a. Mantener un registro detallado de cada intervención.
- b. Documentar los insumos utilizados y tiempo dedicado a cada máquina.

1.2.5 Indicadores clave de rendimiento para evaluar el mantenimiento de máquinas de costura

La Tabla 49, muestra los indicadores clave para evaluar el mantenimiento de máquinas de costura.

Tabla 49. Indicadores clave de rendimiento para evaluar el mantenimiento de máquinas de costura

Tasa de Disponibilidad de la Máquina (TDM)		
Fórmula	Indicador	Meta
$(\text{Tiempo de operación efectiva} / \text{Tiempo total}) \times 100$	Porcentaje de tiempo en el cual la máquina está disponible y operativa.	$\text{TDM} \geq 95\%$
Tiempo Medio entre Fallas (MTBF)		
Fórmula	Indicador	Meta
$\text{Tiempo total de operación} / \text{Número de fallas}$	Período promedio de tiempo entre cada falla de la máquina.	$\text{MTBF} \geq 500 \text{ horas}$
Tiempo Medio de Reparación (MTTR)		
Fórmula	Indicador	Meta
$\text{Tiempo total de inactividad debido a reparaciones} / \text{Número de reparaciones}$	Duración promedio para reparar la máquina después de una falla.	$\text{MTTR} \leq 2 \text{ horas}$
Eficiencia de la Operación		
Fórmula	Indicador	Meta
$(\text{Producción real} / \text{Producción planificada}) \times 100$	Porcentaje de producción real con respecto a la planificada.	$\text{Eficiencia} \geq 90\%$
Costo de Mantenimiento por Hora de Operación		
Fórmula	Indicador	Meta
$\text{Costo total de mantenimiento} / \text{Tiempo total de operación}$	Costo promedio asociado al mantenimiento por cada hora de operación.	$\text{Costo} \leq \$10 \text{ por hora}$

1.2.6 Aplicación del plan de mantenimiento preventivo

La Tabla 50, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina recta, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 50. Cronograma de mantenimiento para máquina recta

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				
Máquina: Recta					
Marca: BROTHER					
Modelo: S-7200C-403					
*Importante:					
Los encargados de operar la máquina recta tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.					
Durante la operación de la máquina recta:					
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina recta. • Asegurarse de que las bolsas que capturan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina recta. • No remover las protecciones de seguridad de la máquina recta. 					
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta					
Actividades	Frecuencia				
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual	
Sistema mecánico					
Limpiar la superficie externa de la máquina recta, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	x				
Limpiar las ranuras de absorción de la máquina recta		x			
Evaluar el estado físico de la máquina recta.			x		
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x		
Verificar el arranque correcto de la máquina recta, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x		
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina recta.			x		
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina recta.			x		
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina recta.				x	
Revisar el sistema mecánico de la máquina recta, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x	
Sistema eléctrico					
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina recta.	x				
Garantizar la conexión adecuada de la máquina recta al suministro de energía eléctrica.	x				
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x		
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina recta.			x		
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina recta ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1 A$).				x	
Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor				x	

eléctrico de la máquina recta.				
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina recta.				x
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina recta.			x	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina recta.			x	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina recta del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 51, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina overlook 1, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 51. Cronograma de mantenimiento para máquina overlook 1

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO				
Máquina: Overlook					
Marca: SIRUBA					
Modelo: 514M2-24					
*Importante:					
Los encargados de operar la máquina overlook 1 tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.					
Durante la operación de la máquina recta:					
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina overlook. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina overlook. • No retirar las protecciones de seguridad de la máquina overlook. 					
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta					
Actividades	Frecuencia				
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual	
Sistema mecánico					
Limpiar la superficie externa de la máquina overlook, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	x				
Limpiar las ranuras de absorción de la máquina overlook.		x			
Evaluar el estado físico de la máquina overlook.			x		

Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina overlook, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina overlook.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina overlook.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina overlook.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina overlook, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina overlook.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina overlook al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina overlook.			x	
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina overlook ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1 A$).				x
Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina overlook.				x
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina overlook.				x
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina overlook.			x	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina overlook.			x	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina overlook del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 52, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina overlook 2, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 52. Cronograma de mantenimiento para máquina overlook 2

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina: Overlook				
Marca: PEGASUS				
Modelo: W662PVH-33A				
*Importante:				
Los encargados de operar la máquina overlook 2 tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.				
Durante la operación de la máquina recta:				
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina overlook 2. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina overlook 2. • No retirar las protecciones de seguridad de la máquina overlook 2. 				
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta				
Actividades	Frecuencia			
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico				
Limpiar la superficie externa de la máquina overlook 2, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	x			
Limpiar las ranuras de absorción de la máquina overlook 2.		x		
Evaluar el estado físico de la máquina overlook 2.			x	
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina overlook 2, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina overlook 2.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina overlook 2.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina overlook 2.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina overlook 2, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina overlook 2.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina overlook al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina overlook 2.			x	
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina overlook 2				x

(±10% V y ±0,1A).				
Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina overlook 2.				X
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina overlook 2.				X
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina overlook 2.			X	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina overlook 2.			X	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina overlook 2 del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 53, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina overlook 3, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 53. Cronograma de mantenimiento para máquina overlook 3

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina: Overlook				
Marca: SIRUBA				
Modelo: 737K-505F1-04				
*Importante:				
Los encargados de operar la máquina overlook 3 tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.				
Durante la operación de la máquina recta:				
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina overlook 3. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina overlook 3. • No retirar las protecciones de seguridad de la máquina overlook 3. 				
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta				
Actividades	Frecuencia			
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico				
Limpiar la superficie externa de la máquina overlook 3, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	X			

Limpiar las ranuras de absorción de la máquina overlook 3.		x		
Evaluar el estado físico de la máquina overlook 3.			x	
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina overlook 3, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina overlook 3.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina overlook 3.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina overlook 3.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina overlook 3, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina overlook 3.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina overlook 3 al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina overlook 3.			x	
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina overlook 3 ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1A$).				x
Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina overlook 3.				x
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina overlook.				x
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina overlook 3.			x	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina overlook 3.			x	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina overlook 3 del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 54, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina flaximer, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 54. Cronograma de mantenimiento para máquina flaximer

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina: Flaximer				
Marca: PEGASUS				
Modelo: W562PV-01D				
*Importante:				
Los encargados de operar la máquina flaximer tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.				
Durante la operación de la máquina recta:				
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina flaximer. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina flaximer. • No retirar las protecciones de seguridad de la máquina flaximer. 				
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta				
Actividades	Frecuencia			
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico				
Limpiar la superficie externa de la máquina flaximer, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	x			
Limpiar las ranuras de absorción de la máquina flaximer.		x		
Evaluar el estado físico de la máquina flaximer.			x	
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina flaximer, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina flaximer.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina flaximer.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina flaximer.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina flaximer, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina flaximer.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina flaximer al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina flaximer.			x	
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina flaximer ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1A$).				x

Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina flaximer.				X
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina flaximer.				X
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina flaximer.			X	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina flaximer.			X	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina flaximer del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 55, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina elasticadora, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 55. Cronograma de mantenimiento para máquina elasticadora

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina: Elasticadora				
Marca: PEGASUS				
Modelo: CW562N-05CB				
*Importante:				
Los encargados de operar la máquina elasticadora tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.				
Durante la operación de la máquina recta:				
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina elasticadora. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina elasticadora. • No retirar las protecciones de seguridad de la máquina elasticadora. 				
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta				
Actividades	Frecuencia			
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico				

Limpiar la superficie externa de la máquina elasticadora, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	x			
Limpiar las ranuras de absorción de la máquina elasticadora.		x		
Evaluar el estado físico de la máquina elasticadora.			x	
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina elasticadora, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina elasticadora.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina elasticadora.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina elasticadora.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina elasticadora, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina elasticadora.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina elasticadora al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina elasticadora.			x	
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina elasticadora ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1A$).				x
Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina elasticadora.				x
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina elasticadora.				x
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina elasticadora.			x	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina elasticadora.			x	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina elasticadora del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 56, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina recubridora, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 56. Cronograma de mantenimiento para máquina recubridora

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina: Recubridora				
Marca: PEGASUS				
Modelo: W1662-01G				
*Importante:				
Los encargados de operar la máquina recubridora tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.				
Durante la operación de la máquina recta:				
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina recubridora. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina recubridora. • No retirar las protecciones de seguridad de la máquina recubridora. 				
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta				
Actividades	Frecuencia			
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico				
Limpiar la superficie externa de la máquina recubridora, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	x			
Limpiar las ranuras de absorción de la máquina recubridora.		x		
Evaluar el estado físico de la máquina recubridora.			x	
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina recubridora, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina recubridora.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina recubridora.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina recubridora.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina recubridora, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina recubridora.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina recubridora al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina recubridora.			x	
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina recubridora ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1A$).				x

Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina recubridora.				X
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina recubridora.				X
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina recubridora.			X	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina recubridora.			X	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina recubridora del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 57, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina rematadora, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 57. Cronograma de mantenimiento para máquina rematadora

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina: Rematadora				
Marca: UNISUN				
Modelo: US-520				
*Importante:				
Los encargados de operar la máquina rematadora tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.				
Durante la operación de la máquina recta:				
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina rematadora. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la máquina rematadora. • No retirar las protecciones de seguridad de la máquina rematadora. 				
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta				
Actividades	Frecuencia			
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico				
Limpiar la superficie externa de la máquina rematadora, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	X			

Limpiar las ranuras de absorción de la máquina rematadora.		x		
Evaluar el estado físico de la máquina rematadora.			x	
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina rematadora, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina rematadora.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina rematadora.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina rematadora.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina rematadora, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina rematadora.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina rematadora al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina rematadora.			x	
Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina rematadora ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1 A$).				x
Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina rematadora.				x
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina rematadora.				x
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina rematadora.			x	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina rematadora.			x	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina rematadora del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

La Tabla 58, presenta las operaciones requeridas para el mantenimiento periódico de la máquina cortadora de elástico, abarcando tareas tales como limpieza, lubricación, sustitución y ajuste de componentes, así como inspecciones de la condición física, eléctrica y mecánica de los sistemas fundamentales de la máquina.

Tabla 58. Cronograma de mantenimiento para máquina cortadora de elástico

	MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Máquina: Cortadora de elástico JEMA JM – 120H				
Marca: UNISUN				
Modelo: JM – 120H				
*Importante:				
Los encargados de operar la máquina cortadora de elástico tienen la obligación de reportar a la jefa de producción cualquier irregularidad que surja tanto durante como antes de la operación de la máquina.				
Durante la operación de la máquina recta:				
<ul style="list-style-type: none"> • Verificar la conexión eléctrica de la máquina cortadora de elástico. • Asegurarse de que las bolsas que atrapan el polvo estén correctamente sujetas a los tubos de absorción de la cortadora de elástico. • No retirar las protecciones de seguridad de la cortadora de elástico. 				
Actividades de mantenimiento autónomo para la máquina recta				
Actividades	Frecuencia			
	Diario	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema mecánico				
Limpiar la superficie externa de la máquina cortadora de elástico, incluyendo la estructura, las protecciones y la cabina.	x			
Limpiar las ranuras de absorción de la máquina cortadora de elástico.		x		
Evaluar el estado físico de la máquina cortadora de elástico.			x	
Ajustar cualquier pieza, tuerca, tornillo o sujeción floja.			x	
Verificar el arranque correcto de la máquina cortadora de elástico, identificando posibles trabas, vibraciones o ruidos anormales.			x	
Realizar limpieza y lubricación de ejes, bujes y rodamientos de la máquina cortadora de elástico.			x	
Inspeccionar las lonas de almacenamiento de polvo de la máquina cortadora de elástico.			x	
Realizar análisis de ruido y vibraciones del motor eléctrico de la máquina cortadora de elástico.				x
Revisar el sistema mecánico de la máquina cortadora de elástico, incluyendo ruedas dentadas, correas y sistemas de transmisión de potencia.				x
Sistema eléctrico				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de encendido/apagado de la máquina cortadora de elástico.	x			
Garantizar la conexión adecuada de la máquina cortadora de elástico al suministro de energía eléctrica.	x			
Inspeccionar el estado de los cables, identificando alambres de cobre expuestos, cables flojos o sueltos, y adaptadores de conexión en mal estado.			x	
Evaluar las condiciones operativas del motor eléctrico de la máquina cortadora de elástico.			x	

Medir el consumo de voltaje y amperaje de la máquina cortadora de elástico ($\pm 10\% V$ y $\pm 0,1A$).				X
Desmontar, limpiar y verificar el correcto funcionamiento del motor eléctrico de la máquina cortadora de elástico.				X
Sustituir fusibles, contactores y cables eléctricos de la máquina cortadora de elástico.				X
Sistema de seguridad				
Verificar el correcto funcionamiento del pulsador de paro de emergencia de la máquina cortadora de elástico.			X	
Revisar los circuitos de seguridad en la caja de conexiones eléctricas de la máquina cortadora de elástico.			X	
Recomendaciones de seguridad para la máquina recta				
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar los elementos de protección personal proporcionados por la jefa de producción. • Colocar un letrero de "NO OPERAR" en la máquina recta antes de realizar cualquier actividad de mantenimiento. • Desconectar la máquina cortadora de elástico del suministro de energía eléctrica antes de llevar a cabo tareas de mantenimiento. 				

2. Instructivo para identificar máquinas de coser con fugas de aceite

A través de la detección de defectos, se formuló el procedimiento para identificar las máquinas de coser que presentan fugas de aceite, impactando en la fabricación del bóxer BH 7021, como se detalla en la Tabla 59.

Tabla 59. Procedimiento para la detección de fugas de aceite en máquinas de coser

	Instructivo de identificación de máquinas de coser con fugas de aceite	Código: SG-IM-IIMCFA-01
		Versión: 01
		Fecha: 03/01/2024
Elaborado por: Darío Manobanda	Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Objetivo:		
<p>Establecer un conjunto de actividades y procedimientos específicos que permitan detectar de manera temprana cualquier anomalía relacionada con fugas de aceite en las máquinas de coser utilizadas en la producción de bóxeres de microfibra BH 7021. El propósito principal es asegurar la calidad del proceso de confección y, por ende, la calidad del producto final. Al identificar y abordar rápidamente las fugas de aceite, se busca prevenir posibles defectos en los productos, optimizar la eficiencia operativa y mantener un ambiente de trabajo seguro y eficiente en la planta de producción.</p>		
Alcance:		
<p>Este procedimiento aplica a todas las máquinas de costura de la Corporación Impactex Cía. Ltda. involucradas en la confección del bóxer de microfibra BH 7021.</p>		
Definiciones:		
<p>Fuga de Aceite: Goteo inusual de aceite desde la máquina de coser. Papel Testigo: Papel designado para evidenciar manchas de aceite.</p>		
Responsabilidades:		

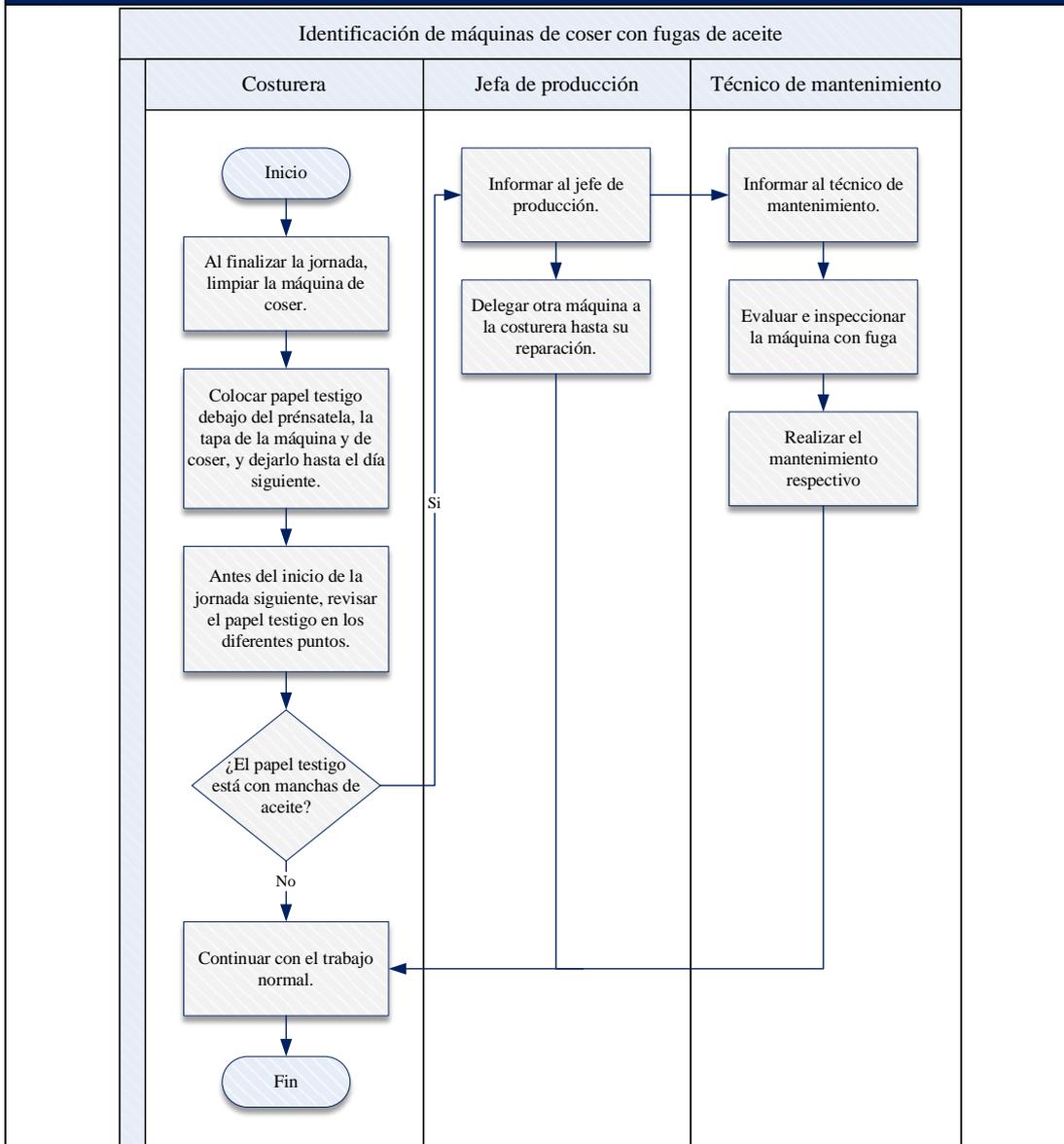
Costurera: Encargada de la operación diaria de la máquina de coser, responsable de identificar posibles fugas de aceite antes de iniciar la costura, e informar a la jefa de producción o al personal de mantenimiento.

Técnico de Mantenimiento: Responsable de ejecutar el mantenimiento correctivo y llevar el indicador del estado de las máquinas de coser con fugas de aceite.

Desarrollo:

1. La costurera realiza la limpieza diaria de la máquina de coser al finalizar cada jornada.
2. La costurera coloca el papel testigo debajo del prénsatela, anotando su nombre, fecha y número de máquina, para evidenciar posibles fugas de aceite.
3. El papel testigo se posiciona debajo del prénsatela, se cierra la máquina de coser, y se deja en reposo hasta el día siguiente.
4. Antes de iniciar la jornada siguiente, la costurera examina el papel testigo en diversos puntos de la máquina. En caso de detectar manchas de aceite, notifica de inmediato a la jefa de producción y al técnico de mantenimiento para reemplazar la máquina temporalmente hasta que se realicen las correcciones necesarias.
5. El técnico de mantenimiento, al revisar el papel testigo, retira la máquina de la línea de producción, evalúa la magnitud de la fuga de aceite, documenta la incidencia en un informe de máquinas con fuga de aceite y lleva a cabo el mantenimiento correctivo correspondiente.

Diagrama de flujo:



Mejoras Adicionales:

- Implementar un registro digital que centralice la información sobre las máquinas con fugas de aceite para un seguimiento más eficiente.
- Realizar inspecciones visuales periódicas durante la jornada laboral para identificar problemas potenciales antes de la etapa de limpieza.

3. Programa continuo de capacitación en técnicas de costura

A partir de los desafíos asociados con las fallas en las costuras, se ha diseñado el programa integral de capacitación en técnicas de costura, cuyos detalles se presentan de manera detallada en la Tabla 60. Este programa introductorio tiene como propósito abordar de manera efectiva las problemáticas identificadas, proporcionando a los operarios las habilidades necesarias para mejorar la calidad y la consistencia en la confección de prendas.

Tabla 60. Programa continuo de capacitación en técnicas de costura

	Programa de capacitación en técnicas de costura	Código: SG-IM-PCTC-01
		Versión: 01
		Fecha: 03/01/2024
Elaborado por: Darío Manobanda	Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Objetivo:		
Capacitar al personal en técnicas de costura específicas para la confección del bóxer de microfibra (modelo BH 7021) con el fin de evitar fallos de costura y mejorar la calidad del producto final.		
Alcance:		
El programa abarca a todos los operarios y personal involucrado en el proceso de costura de la empresa, con el objetivo de mejorar las habilidades técnicas y garantizar la calidad en la producción de prendas de ropa interior, específicamente en la confección de bóxeres de microfibra.		
Responsabilidades:		
Gerente:		
<ul style="list-style-type: none">• Supervisar la implementación del programa.• Aprobar la asignación de recursos y facilitar el acceso a la formación.		
Instructores de Técnicas de Costura:		
<ul style="list-style-type: none">• Diseñar y llevar a cabo sesiones de capacitación.• Evaluar el progreso de los participantes.		
Jefa de Producción:		
<ul style="list-style-type: none">• Identificar necesidades específicas de capacitación para el personal a su cargo.• Brindar retroalimentación sobre el rendimiento después de la capacitación.		
Costurera:		
<ul style="list-style-type: none">• Participar activamente en las sesiones de capacitación.• Aplicar las técnicas aprendidas en su trabajo diario.		
Identificación de Necesidades:		

- a. Evaluar regularmente las habilidades del personal en técnicas de costura.
- b. Identificar áreas de mejora y nuevas normativas.

Diseño del programa de capacitación:

- a. Desarrollar un programa estructurado para mejorar la eficiencia y reducir fallos de costura en la confección de bóxers BH 7021 de microfibra.
- b. Incluir sesiones teóricas y prácticas.

Módulos Específicos:

- a. Posicionamiento de la Tela:**
 - Enseñar a los operarios cómo posicionar correctamente la tela en la máquina de coser para maximizar la eficiencia y prevenir arrugas.
 - Proporcionar ejemplos visuales y prácticos de técnicas de alineación adecuadas.
- b. Uso del Pedal y Control de Velocidad:**
 - Instruir sobre el uso adecuado del pedal para controlar la velocidad durante la costura.
 - Realizar prácticas para mejorar la coordinación entre el pedal y las manos.
- c. Técnica de Costura:**
 - Detallar la técnica correcta para aplicar puntadas uniformes en microfibra.
 - Proporcionar ejercicios prácticos con diferentes velocidades y longitudes de puntada.
- d. Manejo de Tensión del Hilo:**
 - Explicar la importancia de ajustar la tensión del hilo según el tipo de microfibra.
 - Demostrar cómo corregir problemas de tensión durante la costura.
- e. Selección de Agujas y Tipos de Hilo:**
 - Educar sobre la selección apropiada de agujas y tipos de hilo para microfibra.
 - Proporcionar muestras de diferentes combinaciones para prácticas.

Prácticas supervisadas:

- a. Facilitar sesiones prácticas bajo supervisión para aplicar las técnicas aprendidas.
- b. Proporcionar retroalimentación inmediata para corregir errores.

Demonstraciones prácticas:

- a. Realizar demostraciones prácticas de cómo coser microfibra utilizando diferentes tipos de hilo y agujas.
- b. Destacar las mejores prácticas para evitar fallas de costura.

Material educativo:

- a. Proporcionar manuales y material educativo con instrucciones detalladas.
- b. Incluir gráficos y ejemplos visuales para una comprensión completa.

Sesiones de preguntas y respuestas:

- a. Reservar tiempo para sesiones interactivas de preguntas y respuestas.
- b. b. Aclarar dudas y proporcionar orientación personalizada.

Evaluaciones prácticas:

- a. Realizar evaluaciones prácticas al final de cada módulo.
- b. b. Evaluar la capacidad de los trabajadores para aplicar las técnicas aprendidas en la práctica.

Seguimiento post-capacitación:

- a. Observar y evaluar la aplicación de las técnicas aprendidas en el entorno laboral.
- b. Proporcionar retroalimentación y apoyo adicional según sea necesario.

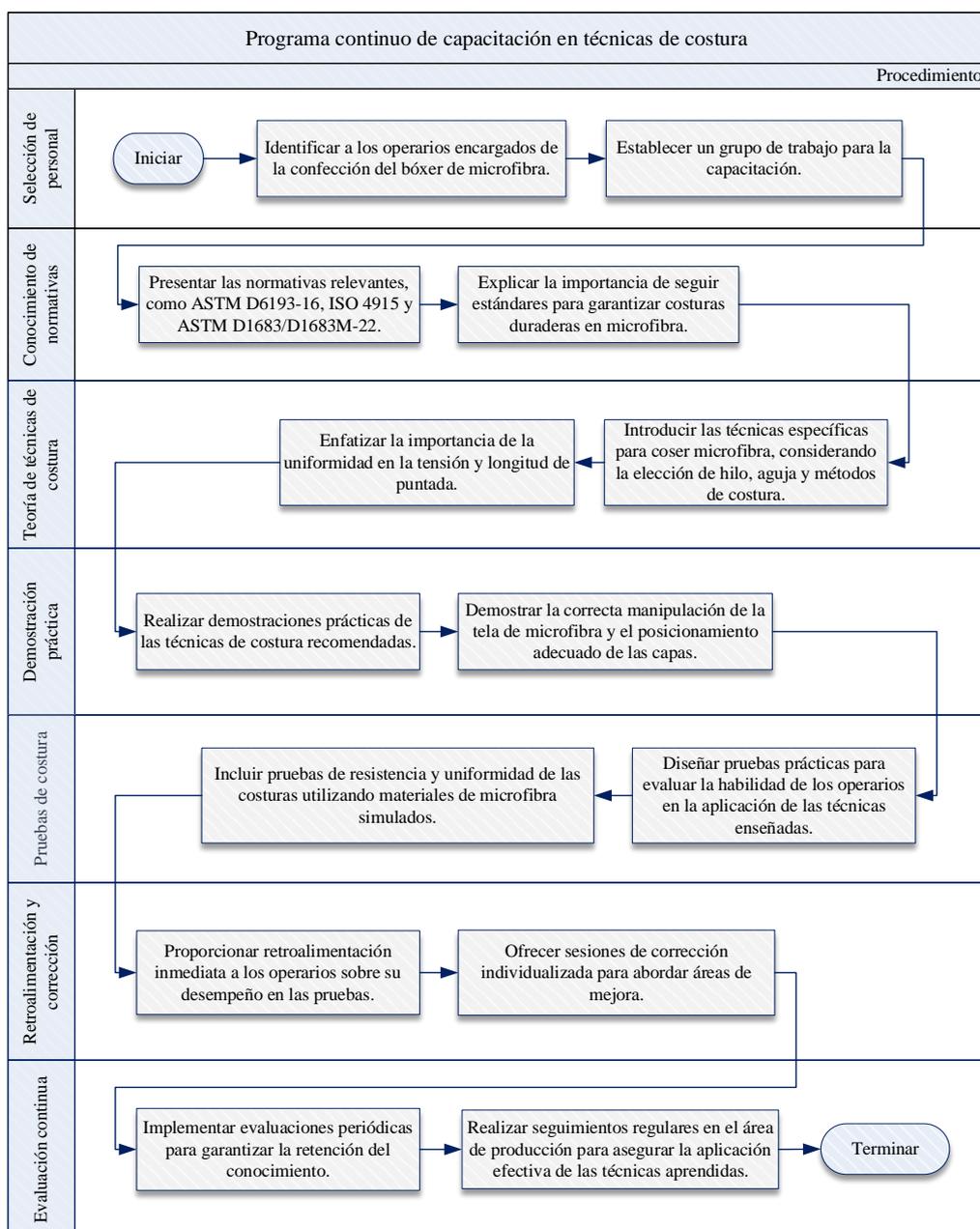
Certificación específica:

- a. Emitir certificados específicos para la capacitación en técnicas de costura de microfibrá.
- b. Reconocer y premiar a aquellos que demuestren habilidades destacadas.

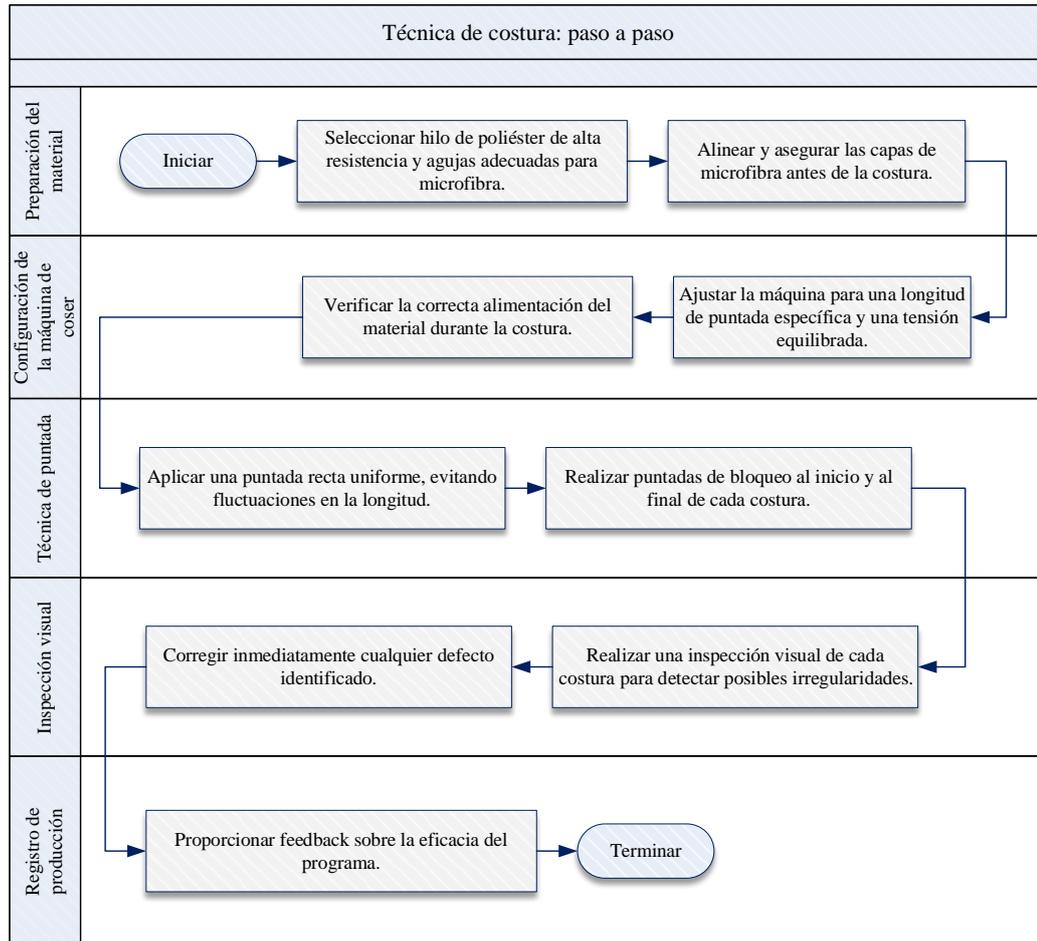
Registro y Documentación:

- a. Mantener un registro de la participación en las sesiones de capacitación.
- b. Documentar los avances individuales y colectivos.

Procedimiento



Técnica de costura: paso a paso:



Detalle:

- **Longitud de puntada:**

Se sugiere una longitud de puntada entre 2.0 y 2.5 mm para garantizar una costura firme y duradera en microfibra. La elección específica dependerá de la densidad y tipo de microfibra utilizada.

- **Aguja recomendada para microfibra:**

Recomendamos el uso de agujas de calidad especializada para microfibra, como las agujas Schmetz Microtex o Groz-Beckert San® 5.2. Seleccionar el calibre apropiado según el grosor de la microfibra.

- **Calibre adecuado:**

Para microfibras de peso estándar, se recomienda un calibre de aguja entre 70 y 90. Para microfibras más gruesas, puede ser necesario utilizar un calibre superior.

Agujas Schmetz



Groz-Beckert San® 5.2.



Frecuencia para realizar las capacitaciones
Trimestral

4. Protocolos de limpieza para máquinas y estaciones de trabajo

Basándose en el hecho de que las manchas de aceite pueden originarse a partir de partículas contaminadas de aceite presentes en el entorno laboral, se implementó un manual que detalla la manera en que los lugares de trabajo deben mantenerse limpios y organizados. Este procedimiento debe ser llevado a cabo por cada colaborador, y las prácticas recomendadas se describen en el manual detallado en la Tabla 61.

Tabla 61. Protocolos de limpieza para máquinas y estaciones de trabajo

	Protocolos de limpieza para máquinas y estaciones de trabajo	Código: SG-PLMETA-01
		Versión: 01
		Fecha: 03/01/2024
Elaborado por: Darío Manobanda	Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Objetivo:		
Garantizar la higiene y mantenimiento adecuado de las máquinas y estaciones de trabajo, asegurando un entorno laboral seguro y eficiente.		
Alcance:		
Aplicable a todas las máquinas (recta, overlook, flaximer, elasticadora, recubridora, rematadora, cortadora de elástico, entre otras) y estaciones de trabajo en la Corporación Impactex Cía. Ltda.		
Definiciones:		
Buenas Prácticas: Adoptar conductas que aseguren la organización y la limpieza de los puestos de trabajo de manera autónoma.		
Responsabilidades:		
Personal de Confección: Encargados de mantener las condiciones de trabajo establecidas, así como la limpieza y orden de cada puesto de trabajo.		
Desarrollo:		
Antes de Iniciar la Jornada de Trabajo:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar la limpieza de la máquina de coser en la parte externa con un trapo de tela hasta que quede completamente limpio. 2. Colocar adecuadamente la bolsa para desechos y residuos de hilos y tela. 3. Mantener la mesa de trabajo libre de objetos, evitando alimentos, celulares u otros artefactos. 		
Previo al Almuerzo:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cubrir las prendas con una manta de tela. 		

2. Limpiar minuciosamente la parte externa de la máquina de coser.
3. Proteger la máquina de coser con su funda correspondiente.

Al Finalizar la Jornada de Trabajo:

1. Cubrir las prendas con una manta de tela.
2. Limpiar la parte externa de la máquina de coser con un trapo hasta que quede impecable.
3. Limpiar la parte interna de la máquina, especialmente en los casos de recta, overlook, flaximer, elasticadora, recubridora, rematadora y cortadora de elástico.
4. Guardar las herramientas de trabajo en el cajón correspondiente.
5. Colocar el papel testigo debajo de la prénsatela para controlar las fugas de aceite.
6. Cubrir la máquina de coser con su funda protectora.
7. Retirarse del puesto de trabajo.

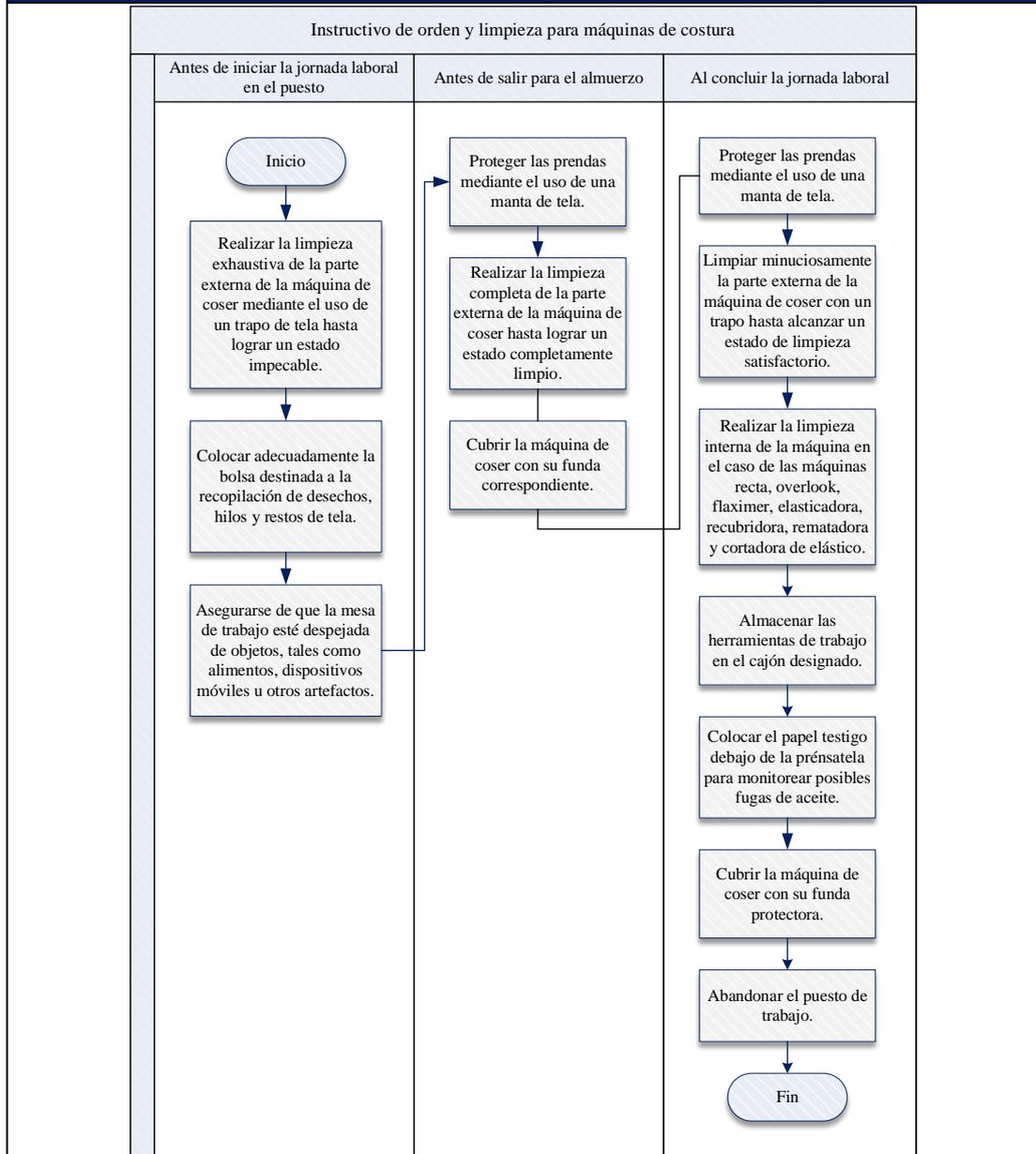
Vestimenta del Puesto:

- Utilizar el mandil correspondiente durante toda la jornada laboral.

Presentación Personal:

1. Mantener las manos limpias durante toda la jornada laboral.
2. Mantener uñas cortas y limpias.
3. Evitar el uso de cualquier accesorio de bisutería metálica que pueda causar daños a las prendas.

Diagrama de flujo:



Frecuencia:
<p>Diaria: Antes y después de cada jornada laboral. Semanal: Verificación más detallada.</p>
Actividades y Procedimientos:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Limpieza Diaria: <ol style="list-style-type: none"> a. Utilizar un trapo limpio y seco para retirar el polvo y residuos de las superficies externas de la máquina. b. Verificar que no haya acumulación de hilos, telas u otros materiales en las partes móviles. c. Limpiar las mesas de trabajo y áreas circundantes con desinfectante adecuado. 2. Verificación Semanal: <ol style="list-style-type: none"> a. Inspeccionar a fondo cada máquina en busca de posibles fugas de aceite, desgaste de piezas o cualquier signo de deterioro. b. Desmontar las partes móviles según sea necesario para limpiar y lubricar. c. Verificar la correcta conexión eléctrica y estado de cables.
Indicadores:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Registro de Limpieza: <ul style="list-style-type: none"> • Mantener un registro diario de las actividades de limpieza. • Registrar cualquier anomalía detectada durante la limpieza. 2. Informe de Mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Mantener un informe semanal de las verificaciones detalladas. • Registrar las acciones correctivas realizadas.
Recomendaciones de Seguridad:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar equipos de protección personal, como guantes y gafas de seguridad. 2. Desconectar la máquina de la corriente eléctrica antes de cualquier actividad de limpieza o mantenimiento. 3. Seguir las instrucciones del manual del fabricante para el mantenimiento específico de cada máquina.

4.1 Programa diario de limpieza de máquinas de coser

Con base en la información contenida en la Tabla 61, que detalla el procedimiento de limpieza de los lugares de trabajo, se sugiere llevar a cabo este proceso en un horario específico como medida de control de su implementación. A este respecto, se presenta el programa detallado de limpieza para las máquinas de coser, el cual se encuentra detallado en la Tabla 62.

Tabla 62. Programa diario de limpieza

		PROGRAMA DIARIO DE LIMPIEZA DE MÁQUINAS DE COSTURA				001
Costurera:			Jefa de producción:			
Fecha:			Máquina:			
Etapa	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Antes de iniciar actividades	7:30 am – 7:40 am	7:30 am – 7:40 am	7:30 am – 7:40 am	7:30 am – 7:40 am	7:30 am – 7:40 am	7:30 am – 7:40 am
Antes de salir al almuerzo	12:30 pm – 12:40 pm	12:30 pm – 12:40 pm	12:50 pm – 12:40 pm	12:30 pm – 12:40 pm	12:30 pm – 12:40 pm	12:30 pm – 12:40 pm
Al finalizar la jornada de trabajo	17:00 pm – 17:10 pm	17:00 pm – 17:10 pm	17:00 pm – 17:10 pm	17:00 pm – 17:10 pm	17:50 pm – 17:10 pm	17:00 pm – 17:10 pm

La ejecución de la limpieza de las máquinas de coser debe llevarse a cabo en los horarios predefinidos, destacando la importancia de este proceso como un factor crítico para minimizar y erradicar los defectos asociados a manchas de aceite. El tiempo establecido para estas operaciones ha sido meticulosamente determinado por la organización, basándose en la premisa de que contribuye significativamente a la mejora de la calidad del producto, reduciendo pérdidas. Para supervisar este proceso, se asigna la responsabilidad a la jefa de producción, quien debe realizar inspecciones visuales al inicio de las actividades, antes del almuerzo y al finalizar la jornada laboral.

La falta de control en el proceso de limpieza podría desencadenar medidas correctivas implementadas por la empresa, bajo la supervisión de la jefa de producción. En caso de incumplimiento, la organización se encuentra obligada a tomar las medidas necesarias con el personal involucrado. Estas acciones se llevan a cabo con el propósito de fomentar un entorno de orden y limpieza dentro de la organización, contribuyendo así a la eficiencia y calidad del proceso productivo.

5. Programa de retención y desarrollo del personal

Ante la necesidad de preservar y potenciar el conocimiento especializado de cada costurera en los distintos procesos de confección, se ha diseñado un enfoque estratégico que promueve la permanencia de cada operador en su puesto específico. Este programa busca no solo evitar la rotación frecuente de personal entre diferentes estaciones de trabajo, sino también fomentar el desarrollo continuo de habilidades, asegurando la coherencia y calidad en la producción de productos como el Bóxer BH 7021 y otros modelos de ropa interior y deportiva. La iniciativa se erige como un pilar esencial para mantener la excelencia operativa, la eficiencia y la satisfacción laboral en la organización.

En la Tabla 63, se detalla el programa de retención y desarrollo del personal, además de las actividades y responsabilidades asignados a las costureras con el propósito de asegurar la ejecución eficiente de las operaciones de confección.

Tabla 63. Programa de retención y desarrollo del personal

	Programa de retención y desarrollo del personal	Código: SG-PRDP-01
		Versión: 01
		Fecha: 03/01/2024
Elaborado por: Darío Manobanda	Aprobado por: Ing. Luis Morales	
Objetivo:		
Establecer un programa integral de retención y desarrollo del personal para mitigar la rotación frecuente en diferentes puestos de trabajo, específicamente en el proceso de confección del bóxer de microfibra.		
Alcance:		
Este programa abarca a todo el personal involucrado en el proceso de confección del bóxer de microfibra en la Corporación Impactex Cía. Ltda.		
Estrategias:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de necesidades de desarrollo: <ul style="list-style-type: none"> • Realizar evaluaciones periódicas para identificar las habilidades y competencias actuales y futuras requeridas en cada puesto de trabajo. 2. Plan de desarrollo individual: <ul style="list-style-type: none"> • Diseñar planes de desarrollo personalizados para cada empleado, alineados con sus habilidades actuales y las exigencias del puesto. 3. Programas de capacitación continua: <ul style="list-style-type: none"> • Implementar programas regulares de capacitación técnica y de habilidades blandas, manteniendo a los empleados actualizados con las últimas tendencias y tecnologías en confección. 		

4. **Rotación programada:**
 - Establecer un sistema de rotación planificada que permita a los empleados adquirir experiencia en diferentes roles, promoviendo el desarrollo multifuncional.
5. **Mentoría y coaching:**
 - Instaurar programas de mentoría y coaching para brindar apoyo individualizado, fomentando el crecimiento profesional y personal.
6. **Reconocimiento y recompensas:**
 - Implementar un sistema de reconocimiento y recompensas basado en el desempeño, destacando y premiando los logros individuales y de equipo.
7. **Ambiente laboral positivo:**
 - Promover un ambiente laboral positivo mediante actividades recreativas, eventos sociales y espacios de retroalimentación para fortalecer la conexión entre los empleados.
8. **Políticas de retención:**
 - Desarrollar políticas que incentiven la permanencia a largo plazo, como programas de beneficios, oportunidades de crecimiento y flexibilidad laboral.
9. **Evaluación de satisfacción del empleado:**
 - Realizar encuestas periódicas para evaluar la satisfacción y el compromiso de los empleados, utilizando los resultados para ajustar y mejorar el programa.

Indicadores de éxito:

1. **Tasa de rotación reducida:** Mantener una tasa de rotación que refleje la efectividad del programa en retener al personal.

Fórmula:	$\frac{\text{Número de empleados que permanecen en la empresa}}{\text{Número total de empleados al inicio del período}} \times 100$
-----------------	---

2. **Incremento en la satisfacción del empleado:** Medir el aumento en la satisfacción y compromiso a través de encuestas regulares.

Fórmula:	$\frac{\text{Puntuación de satisfacción actual} - \text{Puntuación de satisfacción inicial}}{\text{Puntuación de satisfacción inicial}} \times 100$
-----------------	---

3. **Desarrollo de habilidades:** Evaluar el progreso en el desarrollo de habilidades mediante seguimientos periódicos y evaluaciones de desempeño.

Fórmula:	$\frac{\text{Número de habilidades mejoradas o adquiridas}}{\text{Número total de habilidades objetivas}} \times 100$
-----------------	---

Descripción de funciones para el proceso de confección:

Objetivo:

Desempeñar las funciones correspondientes al proceso de confección de manera responsable, buscando optimizar eficientemente los recursos asignados con el objetivo de cumplir con la planificación de producción establecida.

Actividades:

1. **Flaximer (Cuerpo del bóxer):**
 - Utilizar la máquina flaximer para coser el refuerzo posterior junto con los dos delanteros y la malla, formando así el cuerpo del bóxer.
2. **Fundilladora:**
 - Unir la bomba al cuerpo del bóxer mediante la fundilladora.
3. **Corte manual de hilos sueltos:**
 - Realizar el corte manual de hilos sueltos (hilachos) del bóxer.
4. **Elasticadora:**
 - Coser el elástico al cuerpo del bóxer.
5. **Doblado y cosido con recubridora:**
 - Dar la vuelta al bóxer y apilarlo.
 - Realizar un dobladillo de dos centímetros en las bastas del bóxer y coserlo utilizando la máquina recubridora.
6. **Etiquetado con máquina recta:**
 - Coser las etiquetas en la parte trasera del bóxer utilizando una máquina recta.
7. **Rematadora:**
 - Inspeccionar y eliminar los hilos sobrantes de la etiqueta y las bastas del bóxer utilizando una máquina rematadora.
8. **Empaque y conteo:**
 - Preparar una lona plástica para empaclar los bóxers.
 - Apilar los bóxers para su conteo.
 - Realizar el conteo de los bóxers terminados y colocar en bultos.
9. **Llenado de hoja de control:**
 - Llenar la hoja de control especificando el código del producto, cantidad, talla, color y orden de corte.

Responsable:

1. Costurera especializada en flaximer.
2. Costurera con experiencia en la fundilladora.
3. Costurera encargada del acabado.
4. Costurera especialista en elasticado.
5. Costurera experta en recubrimiento.
6. Costurera de la máquina recta.
7. Costurera especialista en remate.
8. Encargado del empaque y conteo (Patinador)
9. Jefa de producción

Relación con otros procesos:

- Cada costurera se especializa en un proceso específico, evitando la rotación constante.
- Las habilidades desarrolladas en la confección del Bóxer BH 7021 son aplicables a otros modelos de bóxers, ropa interior de mujer y ropa deportiva.
- La permanencia en un proceso específico garantiza la consistencia y calidad en la producción, minimizando descalibraciones y fallas.

Estructura jerárquica



- ***Beneficios de la propuesta de mejora:***

La inclusión de prácticas de mantenimiento y supervisión de la limpieza conllevará una notable disminución de los problemas relacionados con la contaminación de aceite, particularmente perjudiciales para los bóxer de tonos claros. Además, al llevar a cabo un mantenimiento adecuado de la maquinaria, se previenen inconvenientes y se elimina la necesidad de contratar personal externo para realizar reparaciones en las máquinas. Vale la pena destacar que las actividades propuestas pueden ser realizadas por los propios trabajadores de la empresa, lo que no implica costos adicionales.

Otro aspecto relevante es la capacitación continua del personal para fomentar buenas prácticas laborales, responsabilidad que recae en la jefa de producción y no genera gastos adicionales. En consecuencia, la implementación de estas mejoras propuestas puede resultar en una mejora sustancial de la calidad de los productos, la reducción de errores humanos, la minimización de productos de segunda calidad y un aumento en los beneficios económicos de la organización.

CAPÍTULO IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El bóxer BH 7021, es el producto que presenta mayor dificultad al momento de confeccionar por lo cual fue seleccionado para su estudio, el gerente y los líderes de los departamentos de producción, comercialización y contabilidad sustentan la selección del producto, y este cuenta con 12 operaciones.
- A través de la recopilación de datos de defectos, el estudio revela que las fallas en costuras (49,7%) y manchas de aceite (25,2%) son las principales causas de variabilidad que más afectan en el área de producción para el proceso de confección del bóxer BH 7021.
- Mediante el análisis (R&R) en el proceso de confección los resultados obtenidos revelaron un índice total de R&R del 26,11%, donde se concluye que su método de inspección visual no está estandarizado y se basan más en la experiencia de su trabajo.
- El proceso presenta inestabilidad estadística debido a que no puede cumplir con su variación natural y que se demuestra por los puntos fuera de los límites de control de las cartas utilizadas para el estudio, las fallas de costura poseen un índice de inestabilidad del 8% y un índice de inestabilidad del 6% en manchas de aceite.
- En base al estudio estadístico se determinó que el proceso de confección del bóxer actualmente denota un nivel sigma de 1,8 en fallas de costura y 2,52 en manchas de aceite, valor que significa un proceso con bajo control estadístico.
- El AMEF evidenció que el estudio presenta un nivel de riesgo medio, resaltando la falta de capacitación en técnicas de costura, la rotación frecuente del personal, la carencia de mantenimiento preventivo en las máquinas de coser y la ausencia de protocolos de limpieza como áreas críticas.

- Las alternativas de mejora para mitigar o eliminar las 4 causas raíz encontradas son: (a) desarrollar programa de capacitación en técnicas de costura, (b) implementar programa de retención y desarrollo del personal, (c) implementar un programa de mantenimiento preventivo y (d) establecer protocolos de limpieza de máquinas y estaciones de trabajo.
- En general se concluye que el proceso de confección de ropa interior presenta un bajo control estadístico de calidad en su confección, debido a que el nivel sigma actual de la empresa está por debajo de lo recomendado para la industria textil que deberían estar de 3 a 4 sigmas.

4.2 Recomendaciones

- Instaurar un protocolo que exija a los operarios completar de manera precisa las hojas de control y verificación, así como seguir diligentemente los programas propuestos por el investigador. Esta práctica asegurará la disponibilidad de datos precisos para realizar un análisis de calidad adecuado, permitiendo la implementación oportuna de acciones de mejora en el proceso.
- Implementar un sistema de monitoreo continuo mediante cartas de control y análisis estadístico. Este enfoque permitirá identificar y abordar oportunamente cualquier variabilidad en el proceso, asegurando una producción consistente y de alta calidad.
- A raíz de las mejoras implementadas, llevar a cabo estudios más detallados, especialmente en áreas como el análisis de costos por reproceso. Estos estudios proporcionarán bases más sólidas para futuras evaluaciones de control de calidad, permitiendo una comprensión más profunda del impacto financiero y orientando decisiones estratégicas.
- Proponer la realización de un estudio adicional con el fin de profundizar en la evaluación y optimización de la cadena de suministro, con el propósito de asegurar la disponibilidad puntual de materias primas de óptima calidad para el área de producción.

- Que se analice la factibilidad económica para la implementación de tecnología que remplace el método de inspección visual para la determinación de fallos y errores en la producción.
- Poner en práctica de manera inmediata las mejoras propuestas con el objetivo de potenciar la capacidad del proceso productivo y alcanzar una mejora continua. La implementación oportuna garantizará beneficios rápidos y contribuirá a la eficacia general del sistema de producción.
- Desarrollar y aplicar procedimientos estandarizados en cada etapa del proceso de confección. Estos procedimientos garantizarán la uniformidad y consistencia en la producción, minimizando la variabilidad y mejorando la calidad.
- Fortalecer los procesos de selección y retención de personal, enfocándose en la idoneidad y compromiso de los trabajadores. Un equipo sólido y comprometido contribuirá significativamente a la estabilidad del proceso.
- Establecer un control diario del orden y la limpieza en los puestos de trabajo mediante herramientas sugeridas en el proyecto, como checklists. Este enfoque proactivo asegurará un entorno de trabajo organizado, contribuyendo a la eficiencia operativa y facilitando la identificación temprana de posibles problemas.
- En un estudio a futuro, evaluar el desempeño de control de calidad en los procesos de confección para la colección de ropa interior masculina de tipo algodón y jacquard, colección de ropa interior femenina, colección de ropa interior junior, colección de ropa interior kids y la colección de ropa deportiva masculina y femenina con la finalidad de saber cuál es la variabilidad total y el costo total de reprocesamiento para todo el área de producción en la empresa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] N. Paredes , Plan de mejora de los procesos productivos de la elaboración de telas en la empresa Produtexti Cía. Ltda, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [2] Pro QC International , «Servicios de Control y Aseguramiento de la Calidad para la Industria Textil,» proqc.com.mx, 2023. [En línea]. Available: <https://proqc.com.mx/industrias/textiles/>. [Último acceso: 26 Abril 2023].
- [3] H. Mann, «Quality Control in the Garment Industry,» *Journal of Textile Engineering & Fashion Technology*, vol. II, n° 1, p. 00028, 2017.
- [4] A. González y J. Vargas, «Importance of Documentation and Records for Continuous Improvement in Manufacturing Processes,» *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. VIII, n° 1, pp. 94-99, 2021.
- [5] J. Smith y A. Johnson, «Factors Affecting Product Quality in Manufacturing: A Review.,» *International Journal of Industrial Engineering and Production Research*, vol. XXXII, n° 3, pp. 245-258, 2021.
- [6] C. Cacuango, 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 IDEEC Cía. Ltda., Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [7] N. Sablón, E. Orozco, A. Pulido, A. Acevedo y S. Ruiz, «Analysis of the integration of the supply chain in the textile industry in Ecuador. A case study,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. XXIX, n° 1, pp. 94-108, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100094>.
- [8] M. García, J. Teodoro y J. Rojas, «Análisis de los factores que intervienen en la competitividad de las empresas textiles,» *Boletín Científico Tepexic*, vol. IV, n° 7, 2017, doi: <https://doi.org/10.29057/estr.v4i7.2029>.
- [9] A. Rodríguez Vital y A. Rodríguez Urbina, «Estrategias gerenciales para promover la gestión empresarial en PyMes de confección del Departamento del Atlántico,» *Revista Espacios*, vol. XL, n° 6, pp. 1-12, 2019.

- [10] E. Bendezú y M. Yenny, Control de calidad en la fase de elaboración de las prendas de vestir: damas y varones, Tesis de grado, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, Lima, 2017.
- [11] M. Ormaza, La calidad del proceso productivo y la aplicación del control estadístico en el sector de la confección textil, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [12] A. Kumar y R. Thakur , «Analysis of defects in textile fabrics and their impact on quality: A case study,» *International Journal of Engineering Technology Science and Research*, vol. V, n° 10, pp. 422-427, 2018.
- [13] T. Benavides, «La industria textil necesita un cambio de cara al consumidor,» criteriosdigital, 20 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://criteriosdigital.com/empresa/tbenavides/la-industria-textil-necesita-un-cambio-de-cara-al-consumidor/>. [Último acceso: 26 Abril 2023].
- [14] GK Studio, «3 íconos de la producción nacional afinan su llegada al 2023,» gk.city, 22 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://gk.city/2022/12/27/industrias-ecuatorianas-afinan-objetivos-desarrollo-produccion-nacional/>. [Último acceso: 26 Abril 2023].
- [15] S. Amaluisa Peñaranda, «Bajo nivel de crecimiento de la industria textil ecuatoriana:¿Elevada concentración industrial o problemas productivos estructurales?,» *Boletín de Coyuntura*, n° 21, pp. 13-16, 2019, doi: <https://doi.org/10.31243/bcoyu.21.2019.691>.
- [16] La Hora, «Tungurahua, industria textil de las más grandes del país,» 28 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.lahora.com.ec/noticias/tungurahua-industria-textil-de-las-mas-grandes-del-pais/>. [Último acceso: 26 Abril 2023].
- [17] J. Guerrero, Análisis de defectos en el proceso de confección de bividis en la empresa M&B Textiles bajo la metodología Six Sigma, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2022.
- [18] K. Vera, Metodología Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de los procesos productivos de la empresa "Corporacion Textil Mishell", Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2018.

- [19] R. Zarza, T. Martínez y . L. Cruz, «Visual controls into a textile company, to meet quality requirements for the costumers,» *Ciencia Administrativa*, n° 1, 6 Marzo 2021.
- [20] A. Benalcázar, Propuesta de aplicación de la metodología Lean Six Sigma para mejorar la eficiencia de los procesos productivos en la empresa "Tejidos Parwall" ubicada en Atuntaqui, Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2021.
- [21] H. Dhote y S. Dhote, «Analysis of Variability and Defects in Sewing Process of Apparel Industry,» *Journal of Textile Science and Engineering*, vol. VIII, n° 6, pp. 1-6, 2018.
- [22] R. Agrawal, S. Kumar y V. Sharma, «Analysis of Material Variability in Garment Manufacturing Using Six Sigma Approach,» *International Journal of Clothing Science and Technology*, vol. XXXI, n° 3, pp. 433-448, 2019.
- [23] R. Yang, «Evaluating the Impact of Workforce Skills on Sewing Quality in Apparel Manufacturing,» *Journal of Fashion Marketing and Management*, vol. XXIV, n° 2, pp. 228-244, 2020.
- [24] S. Bakar y S. Balamuralithara, «Effect of Machine Performance on Apparel Sewing Quality,» *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, vol. XI, n° 2, pp. 1-16, 2019.
- [25] K. Adhikari, S. Khan y M. Rahman, «Implementation of Lean Manufacturing Tools to Reduce Defects in Garment Manufacturing,» *Journal of the Textile Institute*, vol. CX, n° 7, pp. 1044-1055, 2019.
- [26] S. Reddy , Y. Sunil y M. Reddy, «Study on Application of Six Sigma in Shoe Manufacturing Industry,» *International Journal of Research in Engineering and Science*, vol. IX, n° 4, pp. 15-23, 2020.
- [27] A. Rahman, S. Chowdhury, S. Kumar , M. Zahed, S. Kamrul , R. Mandal y U. Islam, «A case study of Six Sigma define-measure-analyze-improvecontrol (DMAIC) methodology in garmet sector,» *Independent Journal of Management & Production*, vol. VIII, n° 4, pp. 1309-1323, 2017.
- [28] E. Sánchez, L. Banda, K. Guerra y P. Moposita, «Application of the Six Sigma Methodology to reduce the variability of quality in the production of yarn for

- Flat Weaving,» *Ecuadorian Science Journal*, vol. V, n° 3, pp. 125-137, 2021, doi: <https://doi.org/10.46480/esj.5.3.149>.
- [29] A. Sayid, N. Alam, F. Ahmad y K. Uddin, «Footwear Industry in Bangladesh: Implementation of Six Sigma Methodology,» *Industrial Engineering & Management*, vol. VI, n° 2, pp. 2-8, 2017, doi: 10.4172/2169-0316.1000211.
- [30] J. Barrios y J. Reyes, Propuesta de mejora de la calidad del sistema productivo en la empresa Moda Atlántico, Tesis de grado, Corporación Universidad de la Costa, Baranquilla, 2020.
- [31] J. Malpartida, D. Olmos , S. Quiñones, M. Ledesma, G. García y J. Díaz , «Estrategia de mejora de procesos Six Sigma aplicado a la industria textil,» *Alpha Centauri*, vol. 2, n° 3, pp. 72-90, 2021, doi: <https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.45>.
- [32] A. Gómez, M. Rodríguez y S. Fernández, «Evaluating Quality Levels in the Manufacturing of Underwear: A Case Study in a Textile Company in Spain,» *International Journal of Textile Science*, vol. X, n° 2, pp. 85-94, 2018.
- [33] N. Li, J. Zhang y H. Wang, «Efficiency Evaluation of Quality Control in Underwear Production Based on Fuzzy Analytic Hierarchy Process,» *Journal of Textile Engineering*, vol. XLI, n° 1, pp. 72-76, 2019.
- [34] A. Smith, B. Johnson y C. Anderson, «Assessing the Efficiency of Quality Control in Underwear Manufacturing: A Case Study in a Textile Factory,» *Journal of Garment Engineering*, vol. XV, n° 3, pp. 127-142, 2018.
- [35] J. Silva, L. Santos y E. Gómez, «Assessment of Quality Levels in Textile Underwear Production: Case Study in a Latin American Garment Factory,» *Latin American Journal of Industrial Engineering*, vol. XV, n° 2, pp. 98-115, 2019.
- [36] C. Băltescu y M. Epure, «Production process selection by using a fuzzy multicriteria decision-making approach,» *Symmetry*, vol. XII, n° 2, p. 244, 2020.
- [37] J. Viteri, Gestion de la produccion con enfoque sistematico, Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, 2014.

- [38] F. Stacey, Mejora de la seguridad y salud en el trabajo en la industria textil y de la confección: incentivos y limitaciones, Organización Internacional del Trabajo, Ginebra, 2021.
- [39] L. Chasiluisa, Estudio de tiempos y movimientos en el área de confección para mejoramiento de los procesos productivos de la empresa Impactex, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [40] M. Márquez, C. Rivera y A. Rodríguez, «Levantamiento y análisis de procesos para la mejora continua de la productividad,» *Revista Venezolana de Gerencia*, vol. XXIII, n° 81, pp. 201-217, 2018.
- [41] J. Garza, G. Maldonado y V. Kumar , Gestión de la Calidad: Una perspectiva global, Editorial Médica Panamericana, 2018.
- [42] Organización Internacional de Normalización, Norma Internacional ISO 9000:2015, ISO, Ginebra, 2015.
- [43] D. Montgomery, Introduction to statistical quality control, John Wiley & Sons, 2017.
- [44] N. Florez , A. Florez y J. Cogollo , Notas de control estadístico de la calidad, Editorial Universitaria, Cuba, 2020.
- [45] D. Montgomery, Statistical Quality Control, John Wiley & Sons, USA, 2018.
- [46] J. Doe, Quality Control Defects Analysis in Manufacturing Processes, XYZ Publishing, 2019.
- [47] J. Smith, Variation and its management in quality control, ABC Publishers, 2019.
- [48] E. Garro, 7 herramientas de la calidad, PXS School of Excellence, San José, 2017.
- [49] H. Gutiérrez Pulido y R. Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, McGraw-Hill, México, 2013.
- [50] D. Besterfield, Control de calidad, Pearson Educación, México, 2009.
- [51] H. Gutiérrez Pulido, Calidad total y productividad, McGraw-Hill, México, 2010.

- [52] A. Barrera, A. Cambra y J. González, «Implementación de la metodología Seis Sigma en la gestión de las mediciones,» *Revista Universidad y Sociedad*, vol. IX, n° 2, pp. 8-17, 2017.
- [53] P. Kumar, M. Ali Khan, U. Mughal y S. Kumar , «Exploring the Potential of Six Sigma (DMAIC) in Minimizing the Production Defects,» *Proceedings of the International Conference on Industrial & Mechanical Engineering and Operations Management Dhaka, Bangladesh*, vol. II, pp. 26-27, 2021, doi: 10.1108/IJQRM-05-2015-0086.
- [54] J. Ramírez, V. López, S. Hernández y M. Morejón, «Lean Six Sigma e industria 4.0 en la administración de operaciones,» *Revista Científica Multidisciplinaria*, vol. V, n° 4, pp. 151-168, 2 Abril 2021, doi: <https://doi.org/10.47230/unesciencias.v5.n4.2021.584>.
- [55] C. Rivera , Análisis de variabilidad en la elaboración de helados utilizando herramientas de la metodología Six Sigma en la empresa Productora y Comercializadora de los Helados de Salcedo CORPICECREAM S. A., Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2020.
- [56] F. Patiño , C. Torres y P. Chica, Elaboración de diagramas de flujo básicos (Generación de contenidos impresos N.º 17), Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia, Bogotá, 2023.
- [57] F. Guamán , Control estadístico de calidad en el ensamble de carrocerías en Pico Sánchez Cía. Ltda, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [58] L. Socconini, Lean Six Sigma Green Belt. Manual de certificación, Marge Books, Valencia, 2020.
- [59] A. Mayoral y J. Morales, Lean Seis Sigma para la mejora de procesos, Instituto Universitario de Investigación CIO-UMH, 2022.
- [60] J. Gavilanez , Análisis Six Sigma en el proceso de montaje de la empresa calzado GAMOS, Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.

- [61] E. Orgilés, UNE-EN IEC 60812:2018 (Ratificada). Análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMFE y AMFEC), Asociación Española de Normalización, Madrid, 2018.
- [62] American National Standard, Sampling procedures and tables for inspection by variables for percent nonconforming, ANSI/ASQ Z1.9 , 2003.
- [63] LeanSolutions, «AMEF Análisis de Modo y Efecto de Falla,» [En línea]. Available: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>. [Último acceso: 02 Enero 2024].
- [64] J. Mendoza Mieles, G. Macías Macías y M. Parrales Poveda, «Desarrollo empresarial de las mipymes ecuatorianas: su evolución 2015-2020,» *Revista Publicando*, vol. VIII, nº 31, pp. 320-337, 2021, doi: <https://doi.org/10.51528/rp.vol8.id2253>.
- [65] H. Ferreira, R. Melo y A. Oliveira, «Organigramas: la importancia de la sectorización y la definición de cargos y funciones en las empresas,» *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, vol. VII, nº 6, pp. 124-138, 2021.
- [66] J. Cuenca y L. Verazzi, Guía fundamental de la comunicación interna, Editorial UOC, 2019.
- [67] P. De Silva y C. Seneviratne, «Lean Manufacturing and Operational Performance: An Empirical Study on an Apparel Manufacturing Company,» *Journal of Accounting Research, Organization and Economics*, vol. XV, nº 1, pp. 1-15, 2022, doi: <https://doi.org/10.24815/jaroe.v5i1.21660>.
- [68] Z. Shahbazi y Y.-C. Byun, «Integration of Blockchain, IoT and Machine Learning for Multistage Quality Control and Enhancing Security in Smart Manufacturing,» *Sensores*, vol. XXI, nº 4, p. 1467, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/s21041467>.
- [69] P. Moreno y M. Santos , «Optimization of production processes in medium-sized companies in the textile sector,» *Reciamuc*, vol. VI, nº 1, pp. 226-234, 2022, doi: [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(1\).enero.2022.226-234](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(1).enero.2022.226-234).
- [70] E. Campo, J. Cano y R. Gómez, «Optimization of aggregate production costs in textile companies,» *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. XXVIII,

- n° 3, pp. 461-475, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052020000300461>.
- [71] M. Gómez, «Aplicación de las 5S de calidad como propuesta de mejora en el área de producción de industrias textiles,» *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, vol. VII, n° 4, pp. 3808-3821, 2023, doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7229.
- [72] A. Palange y P. Dhattrak, «Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing,» *Materials Today: Proceedings*, vol. XLVI, pp. 729-736, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193>.
- [73] L. Mak, W. Wong y Y. Leung, «Analysis of Impacts of Production Order Complexity and Lot Size on Apparel Production Systems Using Simulation Technique,» *Research Journal of Textile and Apparel*, vol. XIX, n° 4, pp. 70-84, 2015, doi: <https://doi.org/10.1108/RJTA-19-04-2015-B008>.
- [74] S. Frederick, A. Ramírez, B. Andegue, O. Dupper, E. Lwanga, M. Munaretto, M. Thakur, M. Villarroel, C. Andrew , J. Eisenbraun, A. Greene, M. Bober y Y. Kamakura, Mejora de la seguridad y salud en el trabajo en la industria textil y de la confección. Incentivos y limitaciones: Revisión temática, Organización Internacional del Trabajo, Ginebra, 2021.
- [75] J. Hu, «Introduction to fabric testing,» de *Fabric testing*, Woodhead Publishing, 2008, pp. 1-26.
- [76] E. Yıldız y O. Pamuk, «The parameters affecting seam quality: a comprehensive review,» *Research Journal of Textile and Apparel*, vol. XXV, n° 4, pp. 309-329, 2021, doi: <https://doi.org/10.1108/RJTA-05-2020-0044>.
- [77] T. Fontalvo, E. De La Hoz y J. Morelos , «Productivity and its factors: impact on organizational improvement,» *Dimensión Empresarial*, vol. XV, n° 2, pp. 47-60, 2018, doi: <https://doi.org/10.15665/dem.v16i1.1897>.
- [78] R. Zarza , T. Martínez y . L. Cruz, «Control visual en una empresa textil para cumplir con los requisitos de calidad del cliente,» *Revista Ciencia Administrativa*, n° 1, pp. 1-8, 2021.

- [79] A. Zonnenshain y R. Kenett, «Quality 4.0—the challenging future of quality engineering,» *Quality Engineering*, vol. XXXII, n° 4, pp. 614-626, 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/08982112.2019.1706744>.
- [80] C. Li , J. Li, Y. Li, L. He, X. Fu y J. Chen, «Fabric defect detection in textile manufacturing: a survey of the state of the art,» *Security and Communication Networks*, vol. 2021, pp. 1-13, 2021, doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9948808>.
- [81] V. Narwane, R. Raut, B. Gardas, B. Narkhede y A. Awasthi, «Examining smart manufacturing challenges in the context of micro, small and medium enterprises,» *International Journal of Computer Integrated Manufacturing* , vol. XXXV, n° 12, pp. 1395-1412, 2020, doi: <https://doi.org/10.1080/0951192X.2022.2078508>.
- [82] H. Atasagun, . E. Öner, B. Boyaci y A. Okur, «Underwear purchasing behavior of Turkish consumers and a quality function deployment application,» *Tekstil ve Mühendis*, vol. XXVI, n° 114, pp. 168-175, 2019, doi: [10.7216/1300759920192611406](https://doi.org/10.7216/1300759920192611406).
- [83] R. Lombard, C. van Waveren y K. Chan , «Factors affecting quality in a manufacturing environment for a non-repairable product,» de *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Selangor, 2015.
- [84] T. Cooper y S. Claxton, «Garment failure causes and solutions: Slowing the cycles for circular fashion,» *Journal of Cleaner Production*, vol. CCCLI, n° 1, p. 131394, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131394>.
- [85] American Society for Testing and Materials, *ASTM D6193-16(2020): Standard Practice for Stitches and Seams*, vol. VII, United States: ASTM International, 2020.
- [86] ISO 4916, *Seam types*, American & Efid, Inc , 2006.
- [87] American Society for Testing and Materials, *ASTM D1683/D1683M-22: Standard Test Method for Failure in Sewn Seams of Woven Fabrics*, United States: ASTM International, 2022.

- [88] C. Marques, N. Lopes, G. Santos, I. Delgado y P. Delgado, «Improving operator evaluation skills for defect classification using training strategy supported by attribute agreement analysis,» *Measurement*, vol. CXIX, pp. 129-141, 2018, doi <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.01.034>.
- [89] S. Reddy, Y. Sunil y G. Madhavi , «Study on Application of Six Sigma in Shoe Manufacturing Industry,» *International Journal of Research in Engineering and Science (IJRES)*, vol. IX, n° 4, pp. 15-23, 2021.
- [90] X. Zhang, L. Wang y Y. Chen, «Multi-Objective Optimization for Multi-Line and U-Shape Layout of Sewing Assembly Line in Apparel Industry,» *IEEE Access*, vol. VII, pp. 107188-107200, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2932720.
- [91] Y. Xu, S. Thomassey y X. Zeng , «Optimization of garment sizing and cutting order planning in the context of mass customization,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. CVI, n° 7, pp. 3485-3503, 2020, doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04866-w>.
- [92] M. Denos y E. Fernandez , El control interno en el sistema de gestión para la mejora de la calidad de la auditoría de desempeño en la municipalidad provincial de Abancay, periodo 2019, Tesis de grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Cusco, 2023.
- [93] T. Pyzdek y P. Keller, *The Six Sigma Handbook*, McGraw-Hill, United States, 2010.
- [94] Minitab, «Soporte de Minitab® 21,» support.minitab.com, 2020. [En línea]. Available: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/21/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/capability-analysis/how-to/capability-analysis/binomial-capability-analysis/before-you-start/example/>. [Último acceso: 17 Diciembre 2023].
- [95] R. Araujo, G. Santos, J. Batista y J. Sá, «The Quality Management System as a Driver of Organizational Culture: An Empirical Study in the Portuguese Textile Industry,» *Quality Innovation Prosperity*, vol. XXIII, n° 1, pp. 1-24, 2019, doi: <https://doi.org/10.12776/qip.v23i1.1132>.

- [96] R. Carrasco , E. Ludeña y S. Saavedra, Propuesta para reducir los defectos en la línea de costura, aplicando ciclo de mejora continua PHVA en la confección de prendas de una empresa textil-Lima, Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Piura, 2021.
- [97] J. Blanco y O. Duque , «Ingeniería de mantenimiento basada en confiabilidad a los equipos altamente críticos de la Empresa Comercializadora LICRATEX C.A.» *Mundo Fesc*, vol. VIII, nº 15, pp. 41-48, 2018.
- [98] A. Moreno y A. Cruz, «Control estadístico de la calidad para mejorar la productividad del proceso de producción textil en la empresa Fertex,» *Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas*, vol. I, nº 7, pp. 1-10, 2018.
- [99] J. Fernandez , Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), Tesis de grado, Universidad Privada del Norte, Lima, 2019.
- [100] K. Knop y K. Mielczarek, «Using 5W-1H and 4M Methods to Analyse and Solve the Problem with the Visual Inspection Process-case study,» *MATEC Web of Conferences*, vol. CLXXXIII, p. 03006, 2018, doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201818303006>.

ANEXOS

Anexo A. Formato del cursograma analítico

En la Figura A1, se muestra el formato para registrar y documentar las actividades realizadas por el operario durante el proceso de confección.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CURSOGRAMA ANALÍTICO				
H. Número:	Diagrama:	Resumen				
Objetivo:		●	Operación			
Prod. analizado:		→	Transporte			
Departamento:		■	Inspección			
Material:		○	Espera			
Lugar:		▼	Almacenaje			
Observaciones Generales:				Tiempo (seg)		
				Tiempo (min)		
				Distancia (m)		
Identificación de Actividades		Código	Distancia (m)	Tiempo (s)	Símbolo	Observaciones
N.-	Descripción				● → ■ ○ ▼	
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						

Figura A1. Formato diseñado para documentar y registrar las actividades realizadas por el operario

Anexo B. Guía de entrevista orientada a la jefa de producción de la Corporación Impactex Cia. Ltda.

En la Tabla B1, se muestra la guía de entrevista orientada a la jefa de producción de la Corporación Impactex Cia. Ltda. para recolectar los defectos de calidad en la etapa de definición de la metodología Six Sigma.

Tabla B1. Guía de entrevista a la jefa de producción para encontrar los defectos de calidad en el área de producción.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	
		GUÍA DE ENTREVISTA	
FECHA:			
PARTICIPANTE:			
Pregunta		Respuesta	
¿Cuáles son los principales inconvenientes relacionados con la calidad del producto terminado?			
¿Cuál es el procedimiento para tratar los productos que presentan defectos?			
¿Porque cree que se originan problemas de calidad en el producto terminado?			
¿Qué problemas presenta el proceso productivo actual?			
¿Cree que las máquinas y herramientas son causantes de los problemas de calidad en el producto terminado?			
¿Quién tiene la responsabilidad de llevar a cabo el control de calidad?			
¿Existe documentación de trabajo, como procedimientos, para guiar las actividades diarias?			

Anexo C. Lluvia de ideas para la recolección de fallos en el área de producción

En la Tabla C1, se muestra el formato de lluvia de ideas para recolectar los fallos que se producen durante el proceso de confección en el área de producción.

Tabla B1. Formato de lluvia de ideas para la recolección de los dallos en el área de producción

 		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
LLUVIA DE IDEAS		
PROCESO:		
FECHA:		
Interrogante: ¿Cuál es su opinión sobre las razones detrás de la presencia de problemas de calidad en su lugar de trabajo?		
Nro.	Idea	
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
.		
n		
Observaciones:		

En la Tabla C2, se muestra una lista de lluvia de sobre los fallos que se producen en el BH 7021 durante el proceso de confección en el área de producción

Tabla C2. Lluvia de ideas de los fallos existentes en el proceso de confección del bóxer BH 7021.

	Área	Defectos
1	PRODUCCIÓN	Costuras mal alineadas o desiguales
2		Manchas de aceite
3		Falta de limpieza del puesto de trabajo
4		Problemas con la puntada o la tensión del hilo
5		Estampado no detallado o mezclado
6		Trabajo bajo presión
7		Falta de revisión de calidad
8		Etiquetado incorrecto
9		Hilos sueltos o rotos
10		Reprocesos del producto terminado
12		Tallas incorrectas
13		Costuras defectuosas
14		Prendas deformes
15		Prendas picadas
16		Fallo de Microinyección
17		Tonos de color diferentes en la tela
18		Mala confección de prenda
19		No existe capacitación en manejo de maquinaria a operarios
20		No existe capacitación sobre métodos de trabajo
21		No existe capacitación respecto a calidad
22		No existe documentación de fallos
23		Calibración incorrecta de las máquinas
24		Descuido de operario
25		Inspección visual inadecuada
26		Retrasos por falla de la máquina
27		Desperdicio de tela
28		Inadecuado manejo de materiales y herramientas
29		Falta de planificación de producción
30		Recepción de materiales defectuosos
31		Problemas con los elásticos y accesorios
32		Entregas tardías de materiales
33		Falta de consistencia en la calidad de la materia prima
34		Falta de iluminación adecuada en el área de trabajo
35		Falta de motivación de los operarios que puede llevar a errores
36		Polvo o partículas en el aire que pueden afectar la limpieza del producto

Anexo D. Técnica de las 5W-2H

En la Tabla D1, se muestra la técnica de las 5W-2H aplicada a la jefa de producción, cuyo objetivo es explorar detalladamente los problemas de calidad en cada etapa de la confección del BH 7021.

Tabla D1. Técnica de las 5W-2H aplicada a la jefa de producción.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
FORMATO DE 5W - 1H	
PROCESO:	
FECHA:	
PARTICIPANTE:	
PREGUNTA: (Who-Quién, What- Qué, When-Cuándo, Where-Dónde, How-Cómo ocurre, How-Cómo resolverlo)	
RESPUESTA:	
¿Por qué? (1)	
¿Por qué? (2)	
¿Por qué? (3)	
¿Por qué? (4)	
¿Por qué? (5)	
Observaciones:	

Anexo E. Orden de producción N° 13647

En la Figura E1, se muestra la orden de producción N° 13647 del bóxer modelo BH 7021 en talla 40.

CORPORACION IMPACTEX
CONTROL DE PRODUCCION

Reg.: R3-PPR-2

N° Orden: 13.647 Centro de Trabajo: PLANTA IMPACTEX

Producto: BH 7021-36 Talla: 40

Fecha: 10/13/2023 SLIM CORTE EN MALLA EN COSTADO Cantidad: 1.836,00

Color	Cant.	REVISION				EMPAQUE			
		Ingreso	Fallas	Respon	Fecha	Ingreso	Fallas	Respon	Fecha
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO VERDE 800 TALLA	153,00	153	5	DSR		153		DSN	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO TORQUEZA	153,00	152	4	DSN		152		DSN	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO VERDE MALLA	153,00	151	4	DSN		151		DSN	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO VERDE	153,00	152	4	DSN		153		DSN	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO VERDE	153,00	153	9	DSN		153		DSN	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO VERDE	306,00	305	13	DSN		305		DSN	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO VERDE	306,00	306	16	DSN		306		DSN	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRIMO VERDE	459,00	459	9	DSN		459		DSN	

Figura E1. Orden de producción N° 13647 talla 40.

En la Figura E2, se muestra la orden de producción N° 13647 del bóxer modelo BH 7021 en talla 38.

CORPORACION IMPACTEX											
CONTROL DE PRODUCCION											
Reg.: R3-PPR-2											
N° Orden:		13.647		Centro de Trabajo:		PLANTA IMPACTEX					
Producto:		BH 7021-36		Talla:		38					
Fecha:		10/13/2023		Cantidad:		1.620,00					
REVISION											
Color	Cant.	Ingreso	Fallas	Respon	Fecha	Ingreso	Fallas	Respon	Fecha	EMPAQUE	
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO NEGRO	405,00	405	2	R352		405		2021			
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO MARRON	270,00	270	9	2021		270		2021			
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO GRIS	270,00	269	15	2021		269		2021			
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO VINO	135,00	135	1	2021		135		2021			
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO VERDE	135,00	135	1	2021		135		2021			
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO VERDE MALLA	135,00	135	2	2021		135		2021			
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO VERDE MALLA	135,00	133	4	2021		133		2021			
LINEA LANA PACIFICUS PAT PRINDO VERDE MALLA	135,00	135	2	2021		135		2021			

Figura E1. Orden de producción N° 13647 talla 38.

Anexo F. Hoja de verificación para la recolección de defectos en la ropa interior del modelo de bóxer BH 7021 en el área de producción

En la Tabla F1, se muestra el formato de la hoja de verificación para la recolección de defectos en la ropa interior del modelo de bóxer BH 7021 en el área de producción.

Tabla F1. Formato de la hoja de verificación de defectos para el modelo de bóxer BH 7021 en el área de producción

		ÁREA DE PRODUCCIÓN Hoja de verificación de fallas	
		N° Orden: _____ Fecha: _____	
		Inspector: _____	
		Producto: _____	
Unidades inspeccionadas: _____			
Centro de trabajo: _____			
Tipo de falla	Motivo	Frecuencia	Subtotal

Anexo G. Hoja de control de calidad utilizadas en el área de control de calidad para el bóxer de microfibra modelo BH 7021

En la Tabla G1, se muestra el formato de la hoja de control de calidad utilizadas en el área de control de calidad para el bóxer de microfibra modelo BH 7021.

Tabla G1. Formato de la hoja de control de calidad utilizadas en el área de control de calidad para el bóxer BH 7021

	ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD Hoja de control de calidad	
		N° Orden:
	Talla:	Día N°:
Producto:		Hora:
Unidades inspeccionadas:		
Centro de trabajo:		
Responsable de confeccionar:		
Inspector/Revisor:		
Número de Máquina:		
Indicaciones: Indique mediante una línea (/) cada ocasión en la que detecte un defecto en la unidad sometida a inspección		
Defectuosa por	Frecuencia	Subtotal
Falla en costuras		
Falla en elástico		
Fallas en telas		
Fallo de microinyección		
Prendas deformes		
Prendas picadas		
Manchas de aceite		
Falla de etiquetado		
	Total	

Anexo H. Estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para el BH 7021

En la Tabla H1, se muestra los datos recolectados para el estudio de repetibilidad y reproducibilidad (R&R) para atributos en el bóxer de microfibra modelo BH 7021.

Tabla H1. Datos recolectados para el estudio (R&R) para atributos.

Número de prenda	0=rechazo		1=aceptacion		Suma	Repetibilidad	
	Semana 1		Semana 2			Operator 1	Operator 2
	Operator 1	Operator 2	Operator 1	Operator 2			
1	0	0	1	1	2	1	1
2	1	1	1	1	4	0	0
3	0	0	1	1	2	1	1
4	1	1	0	0	2	1	1
5	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	1	4	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0
10	1	1	0	0	2	1	1
11	1	1	1	0	3	0	1
12	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	1	1	4	0	0
14	1	1	0	0	2	1	1
15	0	0	1	0	1	1	0
16	1	0	1	1	3	0	1
17	1	1	1	1	4	0	0
18	1	1	0	0	2	1	1
19	1	0	1	0	2	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0
21	1	1	1	1	4	0	0
22	1	1	1	1	4	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0
27	1	0	1	0	2	0	0
28	0	0	1	0	1	1	0
29	1	0	1	1	3	0	1
30	0	0	0	0	0	0	0
Total	15	11	15	10	51	8	9

En la Tabla H2, se muestra el número total de desacuerdos posibles para encontrar los resultados en la reproducibilidad del bóxer de microfibra modelo BH 7021.

Tabla H2. Reproducibilidad entre operadores

REPRODUCIBILIDAD OPERADOR 1 Y 2					
Operador 1 (Día 1)	Operador 2 (Día 1)	Operador 1 (Día 1)	Operador 2 (Día 2)	Operador 2 (Día 1)	Operador 1 (Día 2)
0	0	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	1
1	1	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0
1	1	1	0	1	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0
0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	1
0	0	0	0	0	0
4		9		12	
25					

Anexo I. Datos recolectados para elaborar la carta de control tipo “P” para fallas de costura

En la Tabla II, se muestra los datos recolectados para elaborar la carta de control tipo “P” en el bóxer de microfibra modelo BH 7021 con defectos de fallas de costura.

Tabla II. Datos para la carta de control por fallas de costura

Subgrupo	Unidad de bóxeres fabricados (Tamaño de lotes)	Defectos por fallas de costura	Proporción (Pi)
1	102	2	0,020
2	102	1	0,010
3	102	2	0,020
4	102	15	0,147
5	102	13	0,127
6	156	6	0,038
7	154	3	0,019
8	102	4	0,039
9	102	5	0,049
10	102	3	0,029
11	102	3	0,029
12	102	4	0,039
13	102	0	0,000
14	156	4	0,026
15	156	5	0,032
16	99	4	0,040
17	102	7	0,069
18	102	2	0,020
19	102	0	0,000
20	102	3	0,029
21	102	8	0,078
22	102	9	0,088
23	102	1	0,010
24	102	4	0,039
25	100	3	0,030
26	156	5	0,032
27	156	6	0,038
28	100	2	0,020
29	100	1	0,010
30	102	3	0,029
31	102	1	0,010
32	102	2	0,020
33	101	1	0,010
34	129	3	0,023

35	128	6	0,047
36	170	13	0,076
37	170	8	0,047
38	85	1	0,012
39	85	0	0,000
40	82	5	0,061
41	85	2	0,024
42	84	0	0,000
43	156	4	0,026
44	102	2	0,020
45	102	2	0,020
46	51	0	0,000
47	51	8	0,157
48	51	5	0,098
49	51	0	0,000
50	51	1	0,020
SUMA	5311	192	-

Anexo J. Datos recolectados para elaborar la carta de control tipo “P” para manchas de aceite

En la Tabla J1, se muestra los datos recolectados para elaborar la carta de control tipo “P” en el bóxer de microfibra modelo BH 7021 con defectos de manchas de aceite.

Tabla J1. Datos para la carta de control por manchas de aceite

Subgrupo	Unidad de bóxeres fabricados (Tamaño de lotes)	Defectos por manchas de aceite	Proporción (Pi)
1	102	5	0,049
2	102	1	0,010
3	102	2	0,020
4	102	0	0,000
5	102	0	0,000
6	156	0	0,000
7	154	0	0,000
8	102	0	0,000
9	102	0	0,000
10	102	3	0,029
11	102	4	0,039
12	102	0	0,000
13	102	1	0,010

14	156	0	0,000
15	156	1	0,006
16	99	0	0,000
17	102	2	0,020
18	102	1	0,010
19	102	0	0,000
20	102	0	0,000
21	102	2	0,020
22	102	0	0,000
23	102	1	0,010
24	102	0	0,000
25	100	0	0,000
26	156	0	0,000
27	156	0	0,000
28	100	1	0,010
29	100	0	0,000
30	102	2	0,020
31	102	0	0,000
32	102	0	0,000
33	101	0	0,000
34	129	1	0,008
35	128	0	0,000
36	170	0	0,000
37	170	0	0,000
38	85	0	0,000
39	85	0	0,000
40	82	0	0,000
41	85	0	0,000
42	84	0	0,000
43	156	0	0,000
44	102	1	0,010
45	102	1	0,010
46	51	0	0,000
47	51	1	0,020
48	51	1	0,020
49	51	0	0,000
50	51	0	0,000
SUMA	5311	31	-

Anexo K. Índice Cp en términos de la cantidad de piezas malas y PPM

En la Tabla K1, se muestra información relevante para poder calcular el índice Cp en el proceso de confección para el bóxer de microfibra modelo BH 7021.

Tablo K1. Índice Cp en función de productos con defectos.

Valor del índice (corto plazo)	Proceso con doble especificación (índice C_p)		Con referencia a una sola especificación (C_{pi} , C_{pp} , C_{pk})	
	% fuera de las dos especificaciones	Partes por millón fuera (PPM)	% fuera de una especificación	Partes por millón fuera (PPM)
0.2	54.8506%	548 506.130	27.4253%	274 253.065
0.3	36.8120%	368 120.183	18.4060%	184 060.092
0.4	23.0139%	230 139.463	11.5070%	115 069.732
0.5	13.3614%	133 614.458	6.6807%	66 807.229
0.6	7.1861%	71 860.531	3.5930%	35 930.266
0.7	3.5729%	35 728.715	1.7864%	17 864.357
0.8	1.6395%	16 395.058	0.8198%	8 197.529
0.9	0.6934%	6 934.046	0.3467%	3 467.023
1.0	0.2700%	2 699.934	0.1350%	1 349.967
1.1	0.0967%	966.965	0.0483%	483.483
1.2	0.0318%	318.291	0.0159%	159.146
1.3	0.0096%	96.231	0.0048%	48.116
1.4	0.0027%	26.708	0.0013%	13.354
1.5	0.0007%	6.802	0.0003%	3.401
1.6	0.0002%	1.589	0.0001%	0.794
1.7	0.0000%	0.340	0.0000%	0.170
1.8	0.0000%	0.067	0.0000%	0.033
1.9	0.0000%	0.012	0.0000%	0.006
2.0	0.0000%	0.002	0.0000%	0.001

Anexo L. Implementación de la metodología de lluvia de ideas con el fin de identificar las causas que generan el defecto de las fallas de costura.

En la Tabla L1, se muestra un listado de lluvia de ideas con las principales causas que provocan los fallos de costura en el bóxer de microfibra modelo BH 7021.

Tabla L1. Lista de causas que provocan fallas de costura.

	Área	Causas que provocan fallas de costura
1	PRODUCCIÓN	Calidad inconsistente del hilo.
2		Defectos en la tela de microfibra.
3		Problemas con las agujas de la máquina de coser.
4		Inadecuada lubricación de las partes móviles de la máquina de coser.
5		Falta de capacitación en técnicas de costura.
6		Presión excesiva debido al sistema de pago por obra.
7		Rotación frecuente del personal.
8		Procedimientos no estandarizados.
9		Producción de varias prendas simultáneamente.
10		Uso inadecuado de la maquinaria.
11		Ausencia de verificación de calidad durante el proceso.
12		Falta de documentación clara de los pasos de costura.
13		Condiciones de trabajo que generan fatiga y falta de atención.
14		Condiciones de iluminación inadecuadas.
15		Temperatura y humedad no controladas en el área de trabajo.
16		Mantenimiento insuficiente de las máquinas de coser.
17		Falta de ajuste de la maquinaria para el tipo de costura.
18		Ausencia de monitoreo en tiempo real de la calidad de la costura.

Anexo M. Implementación de la metodología de lluvia de ideas con el fin de identificar las causas que generan el defecto de manchas de aceite.

En la Tabla M1, se muestra un listado de lluvia de ideas con las principales causas que provocan las manchas de aceite en el bóxer de microfibra modelo BH 7021.

Tablo M1. Lista de causas que provocan mancahs de aceite.

	Área	Causas que provocan manchas de aceite
1	PRODUCCIÓN	Falta de control de calidad en la tela propensa a absorber aceite.
2		Uso de aceites inadecuados en el proceso de fabricación.
3		Falta de inspección detallada de la prenda antes de la entrega.
4		Falta de capacitación sobre cómo manejar materiales propensos a manchas.
5		Falta de conciencia sobre la importancia de la limpieza.
6		Ausencia de protocolos de inspección post-producción.
7		Falta de procedimientos para el manejo de prendas contaminadas.
8		Deficiencias en el proceso de aplicación de aceites.
9		Falta de registros y seguimiento del uso de lubricantes.
10		Condiciones ambientales que facilitan la adhesión del aceite a la tela.
11		Ausencia de medidas preventivas para evitar la contaminación.
12		Falta de mantenimiento en equipos relacionados con el manejo de aceites.
13		Necesidad de ajustes en la maquinaria para reducir el riesgo de manchas.
14		Falta de capacitación en el uso adecuado de maquinaria relacionada con aceites.
15		Desgaste o mal estado de las piezas de las máquinas que afectan la lubricación.

Anexo N. Criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla.

En la Tabla N1, se muestra un listado de criterios y puntuaciones para la severidad del efecto de la falla sobre el cliente final y/o sobre el proceso de manufactura siguiente.

Tabla N1. 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 O. Criterios para la evaluación de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMEF

En la Tabla N1, se muestra un listado de criterios y puntuaciones para la evaluación de la ocurrencia de las causas potenciales de falla en el AMEF.

Tabla O1. 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 2000	5
	0.1 por cada mil piezas 1 en cada 10000	4
Baja	0.01 por cada mil piezas 1 en cada 100000	3
	≤ 0.001 por cada mil piezas 1 en cada 1000000	2
Muy baja	Las fallas son eliminadas por medio de control preventivo	1

Anexo P. Criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla en el bóxer BH 7021

En la Tabla P1, se muestra un listado de criterios y puntuaciones para la evaluar los criterios para estimar la posibilidad de detección de los modos de falla.

Tabla P1. 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 cusas 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