

**UNIVERSIDAD CENTRAL  
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN MEDIANTE LA  
METODOLOGÍA DMAIC Y CONTROL ESTADÍSTICO DE LA  
CALIDAD, PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL  
PROCESO FILL EN EL ÁREA MICRO DE LA EMPRESA  
SAMTEC**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO  
ACADÉMICO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIANTE: JORGE ANDRÉS JIMÉNEZ JIMÉNEZ**

**TUTORA: ING. KATHERINE CARVAJAL ÁVILA**

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA  
MARZO, 2025**

# CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA .....	I
CÉDULA DE IDENTIDAD.....	II
SOLICITUD DE DEFENSA.....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR .....	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR .....	V
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO .....	VI
CARTA DE ENTENDIMIENTO.....	VII
CONTENIDO .....	VIII
TABLAS.....	XIV
FIGURAS.....	XVII
DEDICATORIA .....	XXIV
AGRADECIMIENTOS .....	XXV
EPÍGRAFE .....	XXVI
RESUMEN.....	XXVII
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS .....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	3
1.4 ANTECEDENTES .....	4
1.4.1 Antecedentes internacionales .....	5
1.4.2 Antecedentes nacionales .....	6
1.5 PROYECCIONES.....	9
1.5.1 Alcances .....	9
1.5.2 Limitaciones .....	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES .....	11
2.1.1 DMAIC .....	11

2.1.2 Focus group .....	12
2.1.3 FODA .....	13
2.1.4 Matriz de estrategias FODA .....	13
2.1.5 Análisis de stakeholders .....	14
2.1.6 Diagrama SIPOC .....	15
2.1.7 Árbol de CTQ .....	16
2.1.8 Diagrama de flujo del proceso.....	17
2.1.9 Análisis de datos .....	18
2.1.10 Gráficos de barras.....	19
2.1.11 Matriz de criticidad .....	20
2.1.12 Gráficos de control por atributos p de Laney .....	20
2.1.13 Índice de inestabilidad.....	21
2.1.14 Estudio de trabajo .....	21
2.1.15 Estudio de tiempos.....	22
2.1.16 Estudio del método de trabajo.....	22
2.1.17 Encuesta .....	23
2.1.18 Análisis de modos de fallas y efectos (AMEF) .....	23
2.1.19 Lluvia de ideas .....	24
2.1.20 Diagrama de Ishikawa.....	25
2.1.21 Multivoto.....	25
2.1.22 Diagrama de Pareto .....	26
2.1.23 Diagrama de relaciones .....	27
2.1.24 Diseño de experimentos (DOE) .....	28
2.1.25 Manual de procedimientos .....	29
2.1.26 Estandarización de la metodología de actual.....	29
2.1.27 Capacitación OJT.....	29
2.1.28 Método ADDIE .....	30
2.1.29 Método ABC.....	30
2.1.30 Diagrama de Gantt.....	30
2.1.31 Indicador OEE .....	31
2.1.32 Gemba walk .....	32

2.1.33 Modelo ADKAR .....	33
2.1.34 Retorno de la inversión (ROI) .....	34
2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA .....	34
2.2.1 Visión/misión .....	34
2.2.2 Antecedentes históricos .....	35
2.2.3 Ubicación geográfica.....	35
2.2.4 Estructura organizacional.....	36
2.2.5 Cantidad de empleados .....	38
2.2.6 Tipos de productos.....	38
2.2.7 Mercado de exportación.....	39
2.2.8 Descripción general del proceso productivo .....	40
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	42
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN .....	43
3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN .....	44
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	46
3.3.1 Fuentes primarias .....	46
3.3.2 Fuentes secundarias.....	46
3.3.3 Sujetos de información.....	47
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS .....	48
3.5 INSTRUMENTOS.....	50
3.5.1 Observación natural.....	50
3.5.2 Grupos focales (focus group).....	50
3.5.3 Registros históricos.....	50
3.5.4 Muestra .....	51
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS .....	52
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	53
4.1 DEFINIR .....	54
4.1.1 Focus group .....	54
4.1.2 FODA .....	57
4.1.3 Matriz de estrategias FODA.....	60
4.1.4 Análisis de stakeholders .....	63

4.1.5 Diagrama SIPOC .....	70
4.1.6 Árbol de CTQ .....	76
4.1.7 Diagrama de flujo del proceso.....	80
4.2 MEDIR .....	83
4.2.1 Análisis de datos .....	83
4.2.2 Gráficos de barras.....	89
4.2.3 Matriz de criticidad .....	96
4.2.4 Gráficos de control por atributos p de Laney .....	100
4.2.5 Índice de inestabilidad.....	128
4.2.6 Estudio de trabajo .....	130
4.2.6.1 Estudios preliminares de los procesos en estudio .....	131
4.2.6.2 Estudio de tiempos.....	146
4.2.6.3 Estudio del método .....	164
4.2.7 Encuesta.....	176
4.2.8 Análisis de modos de fallas y efectos (AMEF) .....	190
4.3 ANALIZAR .....	193
4.3.1 Lluvia de ideas .....	193
4.3.2 Diagrama de Ishikawa.....	196
4.3.3 Multivoto.....	200
4.3.4 Diagrama de Pareto .....	204
4.3.5 Diagrama de relaciones .....	207
4.3.6 Diseño de experimentos .....	210
4.3.6.1 Definir y delimitar el problema en estudio .....	211
4.3.6.2 Elegir las variables de respuesta por medir de manera confiable.....	212
4.3.6.3 Definir los factores de estudio de acuerdo con la influencia que generan ante la respuesta .....	212
4.3.6.4 Seleccionar los niveles de cada factor .....	212
4.3.6.5 Elegir el diseño experimental adecuado según los factores y el objetivo del estudio.....	214
4.3.6.6 Planear y organizar las pruebas por llevar a cabo .....	214
4.3.6.7 Realizar el experimento .....	216

4.3.6.8 Analizar e interpretar el experimento .....	217
CAPÍTULO V. PROPUESTA .....	229
5.1 MEJORAR .....	230
5.1.1 Propuesta 1: Crear un manual de procedimientos para la preparación del proceso Fill.....	230
5.1.2 Propuesta 2: Estandarización del tiempo y el método estándar .....	232
5.1.3 Propuesta 3: Capacitación del personal operativo mediante los modelos OJT (en el puesto de trabajo) y ADDIE .....	241
5.1.4 Propuesta 4: Aplicación de la técnica ABC para planificar el mantenimiento preventivo de las máquinas en el Área Micro .....	249
5.2 CONTROLAR .....	256
5.2.1 Diagrama de Gantt de toda la propuesta .....	256
5.2.2 Diagrama de flujo del manual de preparación para controlar la propuesta 1 .....	259
5.2.3 OEE para controlar las propuestas 2 y 3 .....	261
5.2.4 Gemba walks periódicas para control de la propuesta 4.....	266
5.2.5 FMEA luego de las propuestas .....	269
5.2.6 Modelo de ADKAR para el control y gestión del cambio organizacional .....	273
5.2.7 Análisis del retorno de inversión ROI .....	275
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	283
CONCLUSIONES .....	284
RECOMENDACIONES .....	289
REFERENCIAS .....	291
APÉNDICES Y ANEXOS.....	303
APÉNDICE 1: FORMATO DE LA ENCUESTA APLICADA.....	304
APÉNDICE 2: DATOS TOMADOS PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS .....	308
APÉNDICE 3: MANUAL DEL OPERARIO PARA LA PREPARACIÓN DEL PROCESO FILL .....	310
APÉNDICE 4: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MÉTODOS DE LA PROPUESTA 2 .....	329
ANEXO 1: COTIZACIÓN DEL TUBE HOLDER .....	334

ANEXO 2: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS

XOLC ..... 335

## TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área.....	38
Tabla 3.1: Project charter para la investigación.....	47
Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico.....	48
Tabla 4.1: Minuta del focus group para el inicio del estudio .....	56
Tabla 4.2: Matriz de estrategias FODA .....	61
Tabla 4.3: Matriz de stakeholders.....	66
Tabla 4.4: Partes principales de la máquina XOLC/CSD .....	85
Tabla 4.5: Tabla resumen de los tiempos de ajuste más elevados por tipo de conector.....	90
Tabla 4.6: Tabla resumen del <i>scrap</i> más elevado por tipo de conector .....	92
Tabla 4.7: Tabla resumen de las horas en la máquina por tipo de conector .....	93
Tabla 4.8: Registros de horas por tipo de ticket .....	95
Tabla 4.9: Matriz de criticidad según el tiempo de ajuste, scrap y horas en máquina durante el periodo en estudio .....	98
Tabla 4.10: Datos de las órdenes producidas para ASP-110859-03-SUB en el período de un año desde 30/09/2023 al 30/09/2024 .....	103
Tabla 4.11: Datos de la cantidad de defectuosos por orden producida para ASP-110859-03-SUB.....	105
Tabla 4.12: Datos de las órdenes producidas para BTH-060-01-F-D-RA-WT-K en el período de un año desde 30/09/2023 al 30/09/2024 .....	113
Tabla 4.13: Datos de la cantidad de defectuosos por orden producida para BTH-060-01-F-D-RA-WT-K .....	115
Tabla 4.14: Datos de las órdenes producidas para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR en el período de un año desde 30/09/2023 al 30/09/2024 .....	123
Tabla 4.15: Datos de la cantidad de defectuosos por orden producida para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR .....	125
Tabla 4.16: Observaciones preliminares de Fill 1 de la parte BTH en estudio .....	139
Tabla 4.17: Cálculo de las sumatorias de la fórmula .....	139
Tabla 4.18: Observaciones preliminares de Fill 2 de la parte BTH en estudio .....	140

Tabla 4.19: Cálculo de sumatorias de la fórmula.....	140
Tabla 4.20: Observaciones preliminares de Fill 1 de la parte MEC8 en estudio.....	141
Tabla 4.21: Cálculo de las sumatorias de la fórmula .....	141
Tabla 4.22: Observaciones preliminares de Fill 2 de la parte MEC8 en estudio.....	142
Tabla 4.23: Cálculo de las sumatorias de la fórmula .....	143
Tabla 4.24: Observaciones preliminares de Fill 1 de la parte SFMH en estudio .....	143
Tabla 4.25: Cálculo de las sumatorias de la fórmula .....	144
Tabla 4.26: Observaciones preliminares de Fill 2 de la parte SFMH en estudio .....	145
Tabla 4.27: Cálculo de las sumatorias de la fórmula .....	145
Tabla 4.28: Calificación de la actuación .....	150
Tabla 4.29: Suplementos de descanso .....	151
Tabla 4.30: Estudio de tiempos de la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K .....	152
Tabla 4.31: Cuadro comparativo de los tiempos estándar para la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K.....	153
Tabla 4.32: Calificación de la actuación .....	155
Tabla 4.33: Suplementos de descanso .....	155
Tabla 4.34: Estudio de tiempos de la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR .....	156
Tabla 4.35: Cuadro comparativo de los tiempos estándar para la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR .....	157
Tabla 4.36: Calificación de la actuación .....	159
Tabla 4.37: Suplementos de descanso .....	160
Tabla 4.38: Estudio de tiempos de la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR.....	161
Tabla 4.39: Cuadro comparativo de los tiempos estándar para la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR .....	162
Tabla 4.40: Escala FMEA .....	191
Tabla 4.41: Modo de falla potencial y análisis de efectos (FMEA) .....	192
Tabla 4.42: Modos de falla con mayor RPN .....	193
Tabla 4.43: Multivoto de las causas identificadas.....	202
Tabla 4.44: Causas clasificadas para generar el diagrama de Pareto .....	205

Tabla 4.45: Factores y niveles para DOE .....	213
Tabla 4.46: Valores de la velocidad alta y baja para DOE según serie .....	213
Tabla 4.47: Matriz para el diseño de experimentos .....	215
Tabla 4.48: Respuestas del DOE .....	216
Tabla 5.1: Tiempos actuales vs. los calculados y propuestos .....	234
Tabla 5.2: Parámetros rpm y tiempos para las partes ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR .....	235
Tabla 5.3: Razón de producción de la propuesta vs. la demandada actualmente.....	235
Tabla 5.4: Parámetros rpm y tiempos para la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K.....	237
Tabla 5.5: Razón de producción de la propuesta vs. la demandada actualmente.....	238
Tabla 5.6: Tiempo por ciclo de la operación fill spacers by hand .....	238
Tabla 5.7: Incremento de la productividad.....	239
Tabla 5.8: Parámetros rpm y tiempos para las partes ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR .....	239
Tabla 5.9: Razón de producción de la propuesta vs. la demandada actualmente.....	240
Tabla 5.10: Presupuesto de la capacitación .....	247
Tabla 5.11: Máquinas del Área Micro .....	250
Tabla 5.12: Run hours por máquina .....	251
Tabla 5.13: Run hours por máquina .....	252
Tabla 5.14: Resumen ABC .....	253
Tabla 5.15: Inversión inicial para la reparación de máquinas .....	256
Tabla 5.16: Tabla para el cálculo del OEE .....	263
Tabla 5.17: Escala de evaluación del FMEA .....	269
Tabla 5.18: FMEA después de las propuestas .....	270
Tabla 5.19: Análisis de los costos de las propuestas .....	278
Tabla 5.20: Cálculo del ahorro total con las propuestas .....	281

## FIGURAS

Figura 2.1: Representación de la metodología DMAIC .....	12
Figura 2.2: Ejemplo de un FODA.....	13
Figura 2.3: Ejemplo de una matriz FODA.....	14
Figura 2.4: Ejemplo de un análisis de stakeholders .....	15
Figura 2.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC.....	16
Figura 2.6: Ejemplo de un árbol de CTQ .....	17
Figura 2.7: Ejemplo de un diagrama de flujo .....	18
Figura 2.8: Ejemplo de un análisis de datos.....	19
Figura 2.9: Ejemplo de un gráfico de barras.....	19
Figura 2.10: Ejemplo de una matriz de criticidad.....	20
Figura 2.11: Ejemplo de gráficos de control por atributos p de Laney.....	21
Figura 2.12: Ejemplo de un estudio de trabajo .....	22
Figura 2.13: Ejemplo de un estudio del método de trabajo .....	23
Figura 2.14: Ejemplo de un FMEA.....	24
Figura 2.15: Ejemplo de una lluvia de ideas.....	24
Figura 2.16: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa.....	25
Figura 2.17: Ejemplo de una tabla de multivoto.....	26
Figura 2.18: Ejemplo de un diagrama de Pareto .....	27
Figura 2.19: Ejemplo de un diagrama de relaciones .....	28
Figura 2.20: Representación gráfica de un DOE .....	29
Figura 2.21: Ejemplo de un método ADDIE.....	30
Figura 2.22: Ejemplo de un diagrama de Gantt.....	31
Figura 2.23: Ejemplo de un indicador OEE.....	32
Figura 2.24: Ejemplo de un gemba walk .....	33
Figura 2.25: Modelo ADKAR, 5 fases.....	33
Figura 2.26: Fórmula para cálculo del ROI.....	34
Figura 2.27: Mapa satelital de Samtec Interconnect.....	36
Figura 2.28: Organigrama de Samtec Interconnect.....	37
Figura 2.29: Tipos de productos .....	39

Figura 2.30: Diagrama de flujo general .....	40
Figura 3.1: Esquema DMAIC del proyecto .....	45
Figura 3.2: Diagrama de flujo para la recolección de datos.....	52
Figura 4.1: Análisis FODA .....	58
Figura 4.2: Análisis de stakeholders.....	64
Figura 4.3: Análisis de stakeholders.....	69
Figura 4.4: Diagrama SIPOC.....	71
Figura 4.5: Árbol de CTQ.....	78
Figura 4.6: Diagrama de flujo del proceso.....	81
Figura 4.7: Máquina XOLC/CSB.....	84
Figura 4.8: Tipos de defectos presentados en el Área Micro durante el proceso Fill en el año 2024 .....	86
Figura 4.9: Defectos comunes durante el proceso Fill.....	87
Figura 4.10: Gráfico de barras del tiempo de ajuste por número de parte desde el 30 de setiembre de 2023 al 30 de setiembre de 2024.....	91
Figura 4.11: Gráfico de barras del scrap por número de parte desde el 30 de setiembre de 2023 al 30 de setiembre de 2024.....	92
Figura 4.12: Gráfico de barras de más horas en la máquina por número de parte desde el 30 de setiembre de 2023 al 30 de setiembre de 2024 .....	94
Figura 4.13: Gráfico de barras para los tipos de tickets .....	95
Figura 4.14: Fórmula para el cálculo de la media $\bar{x}$ .....	100
Figura 4.15: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar S .....	101
Figura 4.16: Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra con un 95 % del nivel de confianza.....	101
Figura 4.17: Sustitución de la fórmula para obtener la media de la población .....	102
Figura 4.18: Sustitución de la fórmula para obtener la desviación estándar de la población .....	102
Figura 4.19: Cálculo de la muestra para ASP-110859-03-SUB.....	104
Figura 4.20: Gráfico de control por atributos p de Laney sin especificación para una cantidad de conectores ASP-110859-03-SUB defectuosos .....	109

Figura 4.21: Gráfico de control por atributos p de Laney con la especificación aplicada para la cantidad de conectores ASP-110859-03-SUB defectuosos .....	111
Figura 4.22: Sustitución de la fórmula para obtener la media de la población .....	112
Figura 4.23: Sustitución de la fórmula para obtener la desviación estándar de la población .....	113
Figura 4.24: Cálculo de la muestra para BTH-060-01-F-D-RA-WT-K.....	114
Figura 4.25: Gráfico de control por atributos p de Laney sin especificación para la cantidad de conectores BTH-060-01-F-D-RA-WT-K defectuosos .....	119
Figura 4.26: Gráfico de control por atributos p de Laney con la especificación aplicada para la cantidad de conectores BTH-060-01-F-D-RA-WT-K defectuosos .....	121
Figura 4.27: Sustitución de la fórmula para obtener la media de la población .....	122
Figura 4.28: Sustitución de la fórmula para obtener la desviación estándar de la población .....	123
Figura 4.29: Cálculo de la muestra para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR.....	124
Figura 4.30: Gráfico de control por atributos p de Laney sin especificación para la cantidad de conectores ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR defectuosos .....	126
Figura 4.31: Gráfico de control por atributos p de Laney con la especificación aplicada para la cantidad de conectores ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR defectuosos .....	127
Figura 4.32: Fórmula para el cálculo del índice de inestabilidad .....	128
Figura 4.33: Índice de inestabilidad para el proceso de ASP-110859-03-SUB durante el año en estudio .....	129
Figura 4.34: Índice de inestabilidad para el proceso de BTH-060-01-F-D-RA-WT-K durante el año en estudio .....	129
Figura 4.35: Índice de inestabilidad para el proceso de ASP-191063-01 durante el año en estudio .....	130
Figura 4.36: Diagrama sinóptico del proceso Fill.....	132
Figura 4.37: Carga del nido .....	133
Figura 4.38: Colocar el end cap.....	133
Figura 4.39: Presionar botones de palma.....	134

Figura 4.40: Limpieza de conectores.....	135
Figura 4.41: Empaque en layer .....	135
Figura 4.42: Empaque en tube .....	136
Figura 4.43: Empaque en tray .....	137
Figura 4.44: Retiro del carrier .....	137
Figura 4.45: Fórmula de muestreo simple .....	138
Figura 4.46: Sustitución para el cálculo del número de observaciones .....	139
Figura 4.47: Sustitución para el cálculo del número de observaciones .....	141
Figura 4.48: Sustitución para el cálculo del número de observaciones .....	142
Figura 4.49: Sustitución para el cálculo del número de observaciones .....	143
Figura 4.50: Sustitución para el cálculo del número de observaciones .....	144
Figura 4.51: Sustitución para el cálculo del número de observaciones .....	145
Figura 4.52: Fórmula para calcular el tiempo observado.....	146
Figura 4.53: Factor de calificación Westinghouse .....	147
Figura 4.54: Tabla del sistema Westinghouse.....	147
Figura 4.55: Fórmula para el cálculo del tiempo normal.....	148
Figura 4.56: Sistema de suplementos por descanso .....	149
Figura 4.57: Fórmula para el cálculo del tiempo estándar .....	150
Figura 4.58: Fórmula para el cálculo de la razón de producción .....	153
Figura 4.59: Razón de producción actual de Fill 1 .....	153
Figura 4.60: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 1 .....	154
Figura 4.61: Razón de producción actual de Fill 2.....	154
Figura 4.62: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 2.....	154
Figura 4.63: Fórmula para el cálculo de la razón de producción .....	157
Figura 4.64: Razón de producción actual de Fill 1 .....	158
Figura 4.65: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 1 .....	158
Figura 4.66: Razón de producción actual de Fill 2.....	158
Figura 4.67: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 2.....	159
Figura 4.68: Fórmula para el cálculo de la razón de producción .....	162
Figura 4.69: Razón de producción actual de Fill 1 .....	163
Figura 4.70: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 1 .....	163

Figura 4.71: Razón de producción actual de Fill 2.....	163
Figura 4.72: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 2.....	164
Figura 4.73: Cursograma analítico de BTH-060-01-F-D-RA-WT-K de Fill 1.....	165
Figura 4.74: Cursograma analítico de BTH-060-01-F-D-RA-WT-K de Fill 2.....	167
Figura 4.75: Cursograma analítico de ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR de Fill 1.....	169
Figura 4.76: Cursograma analítico de ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR de Fill 2.....	171
Figura 4.77: Cursograma analítico de ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR de Fill 1.....	173
Figura 4.78: Cursograma analítico de ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR de Fill 2.....	175
Figura 4.79: Fallos actuales durante el proceso Fill.....	178
Figura 4.80: Posibles causas de los fallos mencionados.....	179
Figura 4.81: Ejemplo del ajuste del pin feed.....	180
Figura 4.82: Consecuencias de los fallos.....	180
Figura 4.83: ¿Se conocen controles actuales ante los fallos detectados?.....	181
Figura 4.84: Controles que se aplican actualmente.....	182
Figura 4.85: Causas asociadas al factor humano.....	183
Figura 4.86: Causas asociadas al factor máquina.....	184
Figura 4.87: Causas asociadas al factor método.....	185
Figura 4.88: Causas asociadas al factor medio ambiente.....	186
Figura 4.89: Causas asociadas al factor medición.....	187
Figura 4.90: Causas asociadas al factor materia prima.....	188
Figura 4.91: Características que influyen significativamente para que el proceso presente problemas.....	189
Figura 4.92: Lluvia de ideas del problema en estudio.....	195
Figura 4.93: Diagrama de Ishikawa del problema en estudio.....	197
Figura 4.94: Diagrama de Pareto del problema en estudio.....	206
Figura 4.95: Diagrama de relaciones del problema en estudio.....	209
Figura 4.96: Gráfica de Pareto para los efectos de la respuesta “tiempo”.....	217

Figura 4.97: Análisis de la varianza para la respuesta “tiempo” .....	218
Figura 4.98: Gráfica de normalidad para los residuos de “tiempo” .....	219
Figura 4.99: Gráfica de Pareto para los efectos de la respuesta “scrap” .....	220
Figura 4.100: Análisis de varianza para la respuesta de scrap .....	221
Figura 4.101: Gráfica de normalidad para los residuos de “scrap” .....	222
Figura 4.102: Gráfica de los efectos principales para la respuesta “tiempo” .....	223
Figura 4.103: Gráfica de los efectos principales para la respuesta “scrap” .....	224
Figura 4.104: Gráfica de las interacciones para la respuesta “tiempo” .....	226
Figura 4.105: Gráfica de interacciones para la respuesta “scrap” .....	227
Figura 5.1: Fórmula para el cálculo de la razón de producción .....	235
Figura 5.2: Tube holder .....	236
Figura 5.3: Fórmula para el cálculo de la razón de producción .....	237
Figura 5.4: Fórmula para el cálculo de la razón de producción .....	239
Figura 5.5: Ciclo del método OJT + ADDIE .....	243
Figura 5.6: Diagrama de Gantt de la capacitación OJT + ADDIE .....	248
Figura 5.7: Diagrama de Gantt de la capacitación OJT + ADDIE .....	254
Figura 5.8: Cálculo de la inversión en mantenimiento preventivo por cada 6 meses ..	255
Figura 5.9: Diagrama de Gantt de la propuesta.....	258
Figura 5.10: Diagrama de flujo para el Manual del Operario .....	260
Figura 5.11: Fórmula para el cálculo de OEE.....	261
Figura 5.12: ¿Cómo obtener disponibilidad, eficiencia y calidad? .....	261
Figura 5.13: Gráfico del porcentaje OEE .....	264
Figura 5.14: Gráfico del porcentaje de disponibilidad, rendimiento y calidad .....	264
Figura 5.15: Ficha técnica del OEE .....	266
Figura 5.16: Ficha para el control del mantenimiento preventivo .....	268
Figura 5.17: Gráfico comparativo del número de prioridad de riesgo antes vs. después.....	272
Figura 5.18: Arte de las fases de la gestión y control del cambio según el método ADKAR .....	275
Figura 5.19: Fórmula para el cálculo del ROI .....	282
Figura 5.20: Fórmula ROI para el escenario 1.....	282

Figura 5.21: Fórmula ROI para el escenario 2..... 282

## DEDICATORIA

Quiero dedicar la elaboración de este proyecto a todas las personas que alguna vez han pensado en renunciar a alcanzar un sueño, para que por más lejos que parezca estar la meta, sigan luchando con todas sus fuerzas. Puede ser que por alguna situación se haya debido posponer o exista miedo o dudas; pero vencer todo eso es parte del camino al éxito.

A mis padres, por siempre darme su apoyo e inculcarme el valor de la humildad, el cual es la clave para tener éxito en la vida.

A mi esposa, por ser mi compañera en este viaje y apoyarnos mutuamente.

A los profesores, que enseñan con verdadera vocación para formar profesionales preparados.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios, por darme la salud, así como la capacidad para culminar este proceso y, de este modo, obtener un logro más en mi vida.

A mi esposa, por el apoyo incondicional que he recibido de su parte para llegar a la meta.

A mis padres, por la educación y el cariño que me han dado y por alentarme a tener perseverancia.

A todos los profesores y funcionarios de la Universidad Central que hacen su trabajo con amor y vocación.

A mi tutora Katherine Carvajal Ávila, por su exigencia y compromiso para lograr un trabajo con excelencia.

A todas las personas, amigos y familiares que de alguna u otra manera han marcado mis pasos y decisiones para hoy ser la persona que soy.

## EPÍGRAFE

*Pregúntate si lo que estás haciendo hoy te acerca al lugar en el que quieres estar mañana.*

Walt Disney

## RESUMEN

El estudio se realizó en la empresa Samtec, Costa Rica, en una de sus áreas de producción donde se ensamblan los conectores eléctricos, pues se presenta un problema de ineficiencia en el proceso llamado Fill, por lo que este proyecto buscó identificar las causas raíz y brindar una propuesta de solución.

Durante el desarrollo de la investigación, se emplearon herramientas ingenieriles enfocadas en representar cómo se lleva a cabo el proceso, tiempos muertos, *scrap* y frecuencia de la producción durante el año de estudio, para seleccionar 3 números de parte a los que se les aplicó un enfoque de análisis estadístico mediante gráficos de control estadístico p de Laney, lo que dio como resultado índices de inestabilidad entre el 6 % y 11 % de los procesos Fill 1 y Fill 2. Se continuó con un estudio de trabajo en el que los tiempos estándar establecidos no se cumplieron en la mayoría de los procesos estudiados y se midió el método actual de cada proceso automatizado.

Para el análisis, se tomó como insumo una encuesta aplicada al Área Técnica en la que surgieron 11 causas críticas. Luego de utilizar herramientas como la lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa, multivoto y Pareto, fue necesario desarrollar un diagrama de relaciones en el cual las causas se redujeron a tres: falta de control, falta de planificación y metodología incompleta y desactualizada. Seguidamente, se efectuó un DOE factorial completo que ayudó a identificar valores de rpm adecuados para cada tipo de pieza en estudio y a definir mejoras de tiempos con fundamentos estadísticos.

Las mejoras aplicadas fueron: crear un manual de procedimientos para agilizar el flujo del trabajo, estandarizar la metodología actual, capacitar al personal de producción para realizar ajustes mínimos en las máquinas y no depender del Área Técnica al 100 %, y crear un plan de mantenimiento preventivo por medio de un ABC para determinar prioridades por tiempo de utilización de las máquinas. Asimismo, se establecieron controles de indicadores de eficiencia y *gemba walks*, para finalmente considerar que se cumplió el objetivo del estudio al crear propuestas que estandarizan el cálculo de la eficiencia del proceso Fill y mejoran la productividad.

Palabras clave: DMAIC, gráficos de control, proceso Fill, estandarización, cálculo de la eficiencia, experimentos, manual de procedimientos, mantenimiento, operarios, estructura.

## **CAPÍTULO I. PROBLEMA**

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este proyecto se desarrolla en el Área Micro de la empresa Samtec, dedicada especialmente a la producción de componentes eléctricos y localizada en la provincia de Alajuela, Costa Rica.

El problema actual se centra en las máquinas automatizadas XOLC al presentarse una ineficiencia en el proceso de ensamblado de pines para conectores eléctricos (Fill), porque los tiempos son más elevados que el estándar actual registrado, pues se reduce la velocidad hasta un 40 % de manera empírica sin ningún dato que sustente esa variación y esto afecta la razón de producción por hora. Según documentos de la empresa, para las máquinas XOLC el CAM debe trabajar a un máximo de velocidad de 170 rpm. Al respecto, el CAM es un conjunto de poleas que permite el avance del *reel* desde donde se encuentran los pines hacia el nido, que es un *fixture* en el cual se ubican los *bodies* o cuerpos plásticos de los conectores.

Entre las posibles causas, se cree que está la falta de un estudio que defina los parámetros idóneos para operar la máquina dependiendo de cada tipo de conector, lo que obliga a los técnicos a brindar una solución empírica al variar los parámetros según su experiencia y, así, se generan problemas en el cálculo de la eficiencia.

Si se continúa con el proceso de esta forma, la empresa no estaría alineada a la mejora continua de los procesos, lo que provocaría altos números de *scrap*; incluso, en el último año se generó la cantidad de 1 513 687 partes fuera de especificación y 559 reprogramaciones de órdenes de producción, por lo que la gerencia hace cuestionamientos al incumplirse al cliente con las fechas de entrega.

Por lo tanto, se efectúa un estudio DMAIC en el que se aplica el control estadístico de la calidad para identificar los parámetros adecuados que se deben utilizar de acuerdo con las características de los conectores por trabajar y, de este modo, incrementar la eficiencia de las máquinas en el proceso Fill. Lo anterior conlleva al planteamiento de la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las propuestas que van a generar un estándar del cálculo de la eficiencia del proceso Fill para definir tiempos exactos que contribuyan al mejoramiento de la productividad?

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo general

Proponer, mediante DMAIC y el control estadístico de la calidad, un estándar del cálculo de la eficiencia para el proceso Fill en el Área Micro de la empresa Samtec, que establezca tiempos exactos con relación a las órdenes de producción, con el fin de mejorar la productividad.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Definir el estado del proceso actual por medio del procesamiento de datos históricos y herramientas estadísticas, para identificar las variables objeto de estudio.
- Medir el impacto que provoca la falta de un cálculo estándar de la eficiencia de las máquinas en la productividad del proceso Fill, mediante la aplicación de gráficas de control estadístico de la calidad.
- Analizar las variables que influyen durante el proceso Fill, con el propósito de establecer los estándares adecuados para la mejora de la razón de producción de los procesos en estudio.
- Proponer estrategias que minimicen el impacto de las causas raíz identificadas y, así, incrementar la eficiencia de las máquinas.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

El problema identificado en el proceso Fill en Samtec radica en la falta de una parametrización adecuada para trabajar en las máquinas XOLC del Área Micro. Esta situación genera una serie de consecuencias negativas para la empresa, tales como:

- Ineficiencia: altos tiempos de ciclo, paros frecuentes para ajustes y un elevado porcentaje de *scrap*.
- Pérdidas económicas: desperdicio de materia prima, tiempo improductivo y falta de cumplimiento de los objetivos.
- Falta de alineación con la mejora continua: la ausencia de una solución definitiva al problema impide avanzar hacia una optimización sostenida de los procesos.

La presente investigación se justifica por la necesidad de:

- **Optimizar el proceso:** al identificar los parámetros óptimos para trabajar en las máquinas durante el proceso Fill, se reducen los tiempos de ciclo, se disminuye el *scrap* y, como resultado, se aumenta la eficiencia del proceso al eliminar esos cuellos de botella.
- **Reducir costos:** la disminución del *scrap* y los tiempos improductivos genera un ahorro significativo en los costos de producción.
- **Mejorar la calidad:** al establecer parámetros de velocidad precisos, se reduce la variabilidad en el producto final y se garantiza una mayor calidad y eficiencia del proceso.
- **Alinear la empresa con la mejora continua:** la implementación de una solución basada en datos y análisis estadístico contribuye a la cultura de mejora continua en Samtec.

Este tipo de estudios aporta una opción más de cómo aplicar la estadística y el procesamiento de datos históricos para mejorar el rendimiento de los procesos en empresas como Samtec.

Entre las contribuciones de este proyecto para la empresa, se pueden destacar:

- Mejores métodos y tiempos de trabajo al emplear herramientas ingenieriles que ayuden a identificar las causas raíz del problema.
- Un incremento en la capacidad productiva al mejorar la razón de producción por hora.
- Detectar otro tipo de fallos o causas que pueden estar provocando un impacto significativo en la calidad.
- Establecer un punto de partida hacia la estabilidad y robustez del proceso Fill, lo que se puede desarrollar en futuras investigaciones.
- Eliminar cuellos de botella y desperdicios que afectan la eficiencia del proceso.

#### 1.4 ANTECEDENTES

A continuación, se presentan los siguientes estudios considerados como referencias semejantes, debido a que buscan la mejora continua de los procesos.

### 1.4.1 Antecedentes internacionales

El primer antecedente corresponde a la tesis de Ingeniería Empresarial denominada: *Estandarización de procesos operativos y su influencia en la productividad de la empresa "Industria S. & B." S.R.L Trujillo 2018*, realizada por Rosalí Román Torres y Rodrigo César Zúñiga Javier (2018) en la Universidad Privada del Norte en Perú.

Esta investigación demuestra que la estandarización de los procesos productivos en una empresa de calzado puede generar un aumento significativo en la productividad. En cuanto a esto, los autores logran estandarizar el 83.33 % de los procesos productivos, lo cual les permite identificar y eliminar cuellos de botella en la producción. Así, los resultados de este trabajo son relevantes para la presente investigación al resaltar la importancia de establecer parámetros estándar en los procesos de producción para optimizar la eficiencia y reducir los tiempos de ciclo.

El segundo antecedente es la tesis de Maestría en Organización Industrial y Gestión de Empresas titulada: *Una metodología para la planificación y programación de la producción en la industria de componentes plásticos usando modelos de optimización*, llevada a cabo por Rafael Márquez Bueno (2020) en la Universidad de Sevilla en España. Lo realizado en el estudio de Márquez (2020) referente a la optimización del proceso de producción de componentes plásticos para la industria alimentaria tiene especial relevancia en el presente trabajo ya que se menciona cómo lidiar con los *set up* y las paradas de las máquinas para los mantenimientos preventivos, similar a lo que ocurre en Samtec con las máquinas XOLC y CSD, además la búsqueda de eliminar los desperdicios en materia prima también es un objetivo que se desea conseguir en esta investigación.

El tercer antecedente es el artículo "Diseño de experimentos aplicado al análisis de datos obtenidos en un laboratorio de metrología", hecho en Colombia por Andrés Jaramillo Garzón y Jorge Hernán Restrepo Correa (2010) para la revista *Scientia et Technica*.

En este se demuestra claramente cómo aplicar la herramienta estadística de diseño de experimentos en un laboratorio de metrología para identificar las variables clave que influyen en la precisión de las mediciones. Esta investigación se considera como

referencia porque sigue paso a paso la aplicación de un diseño de experimentos aunque en un contexto diferente.

El cuarto antecedente corresponde a la tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial llamada: *Diseño de experimentos aplicado para la mejora de un proceso de tratamiento térmico*, desarrollada por Marcos Buestan Benavides (2004) en el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey en México.

Referente a este trabajo, igualmente se aplica un diseño de experimentos con el fin de mejorar los resultados obtenidos para los tratamientos térmicos en la elaboración de maquinaria agrícola, lo cual experimenta problemas debido a los elevados números de retrabajos y desechos. Destaca la anotación de Buestan (2004) con respecto a lo que aporta el diseño de experimentos en comparación con lo que se quiere hoy en cuanto a la mejora continua y cómo de los mismos procesos se obtiene la información necesaria para aplicar esta herramienta. De este modo, el estudio aporta un ejemplo más de cómo se emplea el diseño de experimentos en la mejora de los procesos, en este caso las condiciones requeridas para garantizar la calidad de un tratamiento térmico.

Por último, el quinto antecedente internacional es la tesis de Maestría en Administración denominada: *Control estadístico de proceso para la reducción de desperdicio en una empresa aeroespacial*, realizada por Ana Patricia Garibo Rodríguez (2021) en el Instituto Tecnológico de Tijuana en México.

En este caso se implementa la herramienta de control estadístico de la calidad para identificar de manera temprana los productos defectuosos y, así, evitar el desperdicio en la empresa TE Connectivity, Tecate Baja California. Este trabajo tiene el potencial de aportar la manera de la implementación de un control estadístico que puede aplicarse en el presente proyecto para medir el estado actual del proceso y posicionarse desde ese estado para comprobar los resultados de las mejoras y poder controlarlas en el futuro.

#### **1.4.2 Antecedentes nacionales**

El primer antecedente es el proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Química titulado: *Diseño de un sistema de control estadístico para el proceso de moldeo*

*por inyección de Half Spool*, llevado a cabo por Laura Gabriela Rodríguez Rodríguez en la Universidad de Costa Rica.

El moldeo por inyección es un proceso complejo que requiere un control riguroso para garantizar la calidad de las piezas. Diversos estudios se han enfocado en optimizar este proceso por medio de herramientas estadísticas. Rodríguez (2016) desarrolla un sistema de control estadístico específico para el moldeo por inyección de Half Spools, demostrando la efectividad de estas herramientas en la reducción de la variabilidad y mejora de la calidad del producto final. Ahora bien, el presente proyecto desarrolla un sistema de control estadístico para medir y controlar el proceso de inserción de pines en conectores eléctricos, por lo que complementa la aplicación de este tipo de herramienta en la mejora de procesos.

El segundo antecedente corresponde al proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Industrial llamado: *Diseño de un sistema de control estadístico de procesos para las variables críticas del área de producción de salsas en UL*, hecho por Sofía Luna Sánchez y Byron Rojas Zamora en la Universidad de Costa Rica.

El control estadístico de procesos se ha mostrado como una herramienta fundamental para garantizar la calidad y la eficiencia en la producción. En el caso específico de la industria de las salsas, Luna Sánchez y Rojas Zamora (2018) desarrollan un sistema de CEP para optimizar la producción de salsas en UL, obteniendo resultados prometedores en términos de reducción de la variabilidad y mejora de la calidad del producto. Sin embargo, aún existen oportunidades para ampliar el alcance de estos estudios y explorar nuevas aplicaciones del CEP.

El tercer antecedente es el trabajo final de graduación de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial denominado: *Optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la Fábrica de Harinas de Centroamérica, durante un período de 8 meses*, desarrollado por José Arcadio Loría Sánchez y Keiryn Paola Quirós Ramírez en la Universidad Técnica Nacional.

Estudios previos en el sector industrial, como el realizado en FHACASA, han demostrado la eficacia de implementar estrategias de mantenimiento preventivo basadas en la técnica

RCM para optimizar la operación de equipos. No obstante, la optimización de procesos productivos va más allá del mantenimiento. La estandarización de parámetros operativos, como las velocidades de las máquinas, es otro factor crucial para garantizar la eficiencia y reducir los tiempos de ajuste. En este sentido, el presente estudio se enfoca en la estandarización de las velocidades de las máquinas ensambladoras de pines para conectores eléctricos, con el objetivo de minimizar los tiempos de ajuste y contribuir a una producción más fluida y eficiente.

El cuarto antecedente corresponde al proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial titulado: *Diseño de herramientas para el control del proceso productivo en la línea de alimentos peletizados de la empresa Megatrópico S. A., durante el periodo de junio hasta diciembre de 2020*, realizado por Merli Elizondo Rodríguez, Manrique Ferreto Mejías y Larrisa Barrantes Parra en la Universidad Técnica Nacional.

En este trabajo se diseña una herramienta tecnológica capaz de monitorear los tiempos que no generan valor al proceso productivo para de esa forma poder tomar decisiones que ayuden a la empresa a aumentar su rendimiento y lograr sus objetivos. El presente proyecto es similar porque primeramente se debe recolectar y procesar la información necesaria para saber la condición actual del proceso, lo diferente es que la información se encuentra disponible, solo debe dársele el uso adecuado y completarlo con una toma de tiempos para el análisis. Además, los dos proyectos hacen lo mismo al inicio, por lo que el proyecto de Elizondo et al. (2021) refuerza y justifica el desarrollo del estudio actual.

Finalmente, el quinto antecedente es el trabajo de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, llamado: *Propuesta para la implementación de un sistema automatizado industrial para mejorar el control de pesaje y llenado en la línea 2, Yara Costa Rica durante el periodo 2018-2019*, hecho por Bryan Castrillo Méndez, Gloriana Chavarría Molina y Amalia Ríos González en la Universidad Técnica Nacional.

Esta investigación se centra en la optimización de procesos industriales mediante la automatización, específicamente en el control de pesaje y llenado en la línea 2 de Yara

Costa Rica, demostrando que es una herramienta clave para mejorar la calidad y eficiencia de los procesos de producción. Sus hallazgos sobre la importancia de la automatización para garantizar la precisión y consistencia en los procesos productivos son relevantes para la presente investigación, sin embargo, esta última se centra en la estandarización de parámetros en máquinas ensambladoras de pines para conectores eléctricos al utilizar herramientas de control estadístico para optimizar el proceso.

## **1.5 PROYECCIONES**

### **1.5.1 Alcances**

El proyecto tiene lugar en la empresa Samtec, específicamente en el Área Micro, en las máquinas XOLC, las cuales son máquinas automatizadas que ensamblan los pines para la señal que transmiten los conectores eléctricos.

Por consiguiente, este proyecto pretende los siguientes alcances:

1. El proyecto se lleva a cabo concretamente en el Área Micro de la empresa Samtec, donde el proceso por estudiar es el proceso Fill.
2. El enfoque de este estudio es mejorar la eficiencia de los procesos Fill 1 y Fill 2.
3. Comprobar la inestabilidad de los procesos según los números de parte para poder identificar tres que se adecuen más al objetivo del proyecto.
4. Estandarizar los parámetros de velocidad para los tres números de parte en estudio.

### **1.5.2 Limitaciones**

No se visualizan limitantes para el desarrollo del presente estudio.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

## 2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles tomados en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

### 2.1.1 DMAIC

Esta metodología consta de cinco fases que buscan resolver problemas de forma estructurada y enfocada en la mejora continua. A continuación, se describe cada fase:

**1. Definir:** en esta etapa se definen el porqué, qué, quién y cómo del problema. Se debe indicar claramente la razón de ser de la investigación, cuáles son los beneficios de realizar el trabajo y cómo se hace en la actualidad. Definir correctamente un problema implica tener un 50 % de la solución (Lefcovich, 2009).

**2. Medir:** persigue dos objetivos fundamentales:

- Tomar datos para validar y cuantificar el problema.
- Permitir y facilitar identificar las causas reales del problema.

El conocimiento de estadística es fundamental; al respecto: “La calidad no se mejora, a no ser que se la mida” (Lefcovich, 2009, p. 18).

**3. Analizar:** esta etapa posibilita descubrir la causa raíz del problema. Para ello, se emplean las distintas herramientas de gestión de la calidad, las cuales de forma conjunta buscan obtener un panorama claro del estado actual de lo que se está investigando (Lefcovich, 2009).

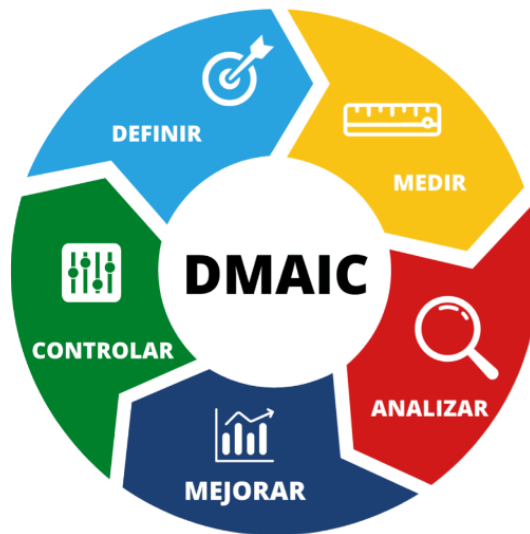
**4. Mejorar:** en esta etapa es vital la participación de todos los miembros del proceso y la capacidad creativa reflejada en el uso de nuevas herramientas, con el propósito de encontrar el modo más eficiente y conveniente para el proceso. La fase de mejora implica tanto el diseño como la implementación (Lefcovich, 2009).

**5. Controlar:** es necesario confirmar los resultados de las mejoras hechas por medio de indicadores que permitan visualizar la evolución del proyecto. En cuanto a esto, los

indicadores se requieren porque las decisiones no se pueden basar en la simple intuición. Los indicadores muestran los puntos problemáticos del negocio y ayudan a caracterizar, comprender y confirmar los procesos. Así, mediante el control de los resultados, se sabe si se están cubriendo las necesidades y expectativas de los clientes.

De acuerdo con Lefcovich (2009), por medio del control debe verificarse la estabilidad de los procesos. Distintos indicadores vinculados a seis sigma pueden y deben ser utilizados para lograr un monitoreo constante en la evolución de estos por parte de los diferentes funcionarios y responsables de los procesos productivos y de mejoras.

Figura 2.1: Representación de la metodología DMAIC



Fuente: Instituto Mudanai, 2022.

### 2.1.2 Focus group

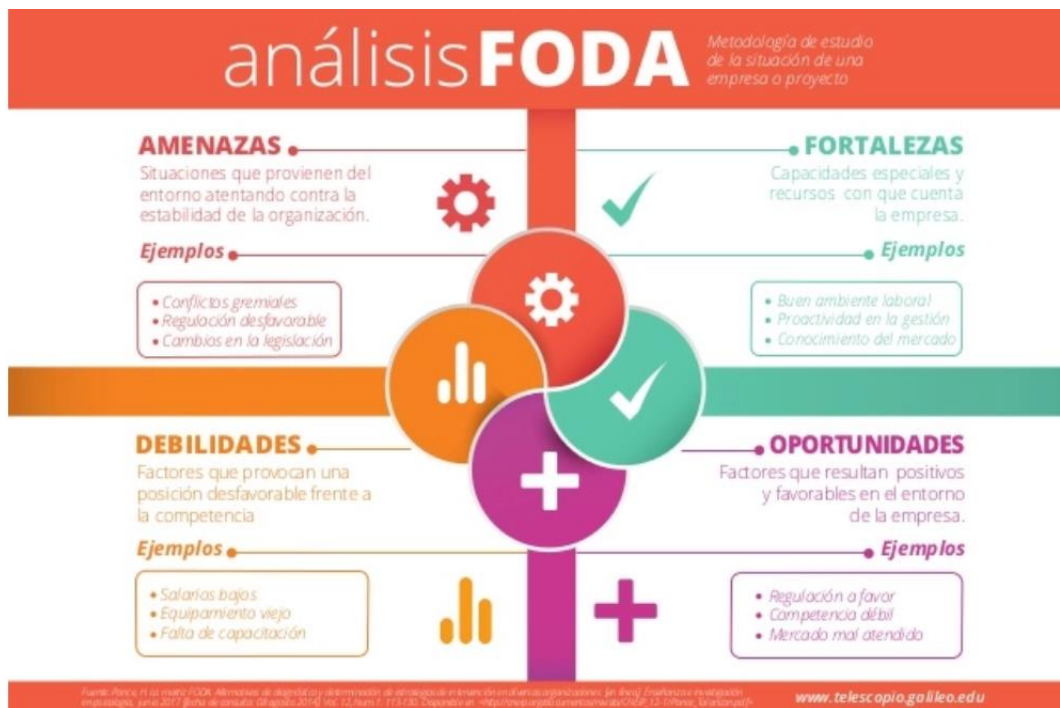
Los *focus group* consisten en un tipo de reunión y son conocidos como una técnica de investigación cualitativa, la cual facilita explicar con profundidad el tema que se investiga y, de esta manera, obtener información por parte de los *stakeholders* del proyecto. Entre las ventajas de esta técnica, se encuentran la rápida obtención de datos y la generación de más información mediante la interacción de los participantes, quienes pueden llegar a consensos y desarrollar planes de trabajo (Ivankovich y Araya, 2011).

### 2.1.3 FODA

La herramienta FODA ayuda a crear estrategias, tanto laborales como personales, con el fin de obtener diferentes objetivos.

La sigla FODA se compone por fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Se trata de una herramienta de planeación que brinda la facilidad de comprender los factores internos y los factores externos por abordar en la investigación (OCCMundial, 2021).

Figura 2.2: Ejemplo de un FODA



Fuente: OCCMundial, 2021.

### 2.1.4 Matriz de estrategias FODA

La matriz FODA se utiliza para la formulación, o bien, elaboración de distintas estrategias que permiten desarrollar nuevas matrices en las que surge el marco analítico y las diversas estrategias (Ponce, 2007).

Figura 2.3: Ejemplo de una matriz FODA

<b>FORTALEZAS</b>	<b>DEBILIDADES</b>
<p>Capacidades fundamentales en áreas claves.                      Recursos financieros adecuados.                      Buena imagen de los compradores.                      Ser un reconocido líder en el mercado.                      Estrategias de las áreas funcionales bien ideadas.                      Acceso a economías de escala.                      Aislada (por lo menos hasta cierto grado) de las fuertes presiones competitivas.                      Propiedad de la tecnología.                      Ventajas en costos.                      Mejores campañas de publicidad.                      Habilidades para la innovación de productos.                      Dirección capaz.                      Posición ventajosa en la curva de experiencia.                      Mejor capacidad de fabricación.                      Habilidades tecnológicas superiores.</p>	<p>No hay una dirección estratégica clara.                      Instalaciones obsoletas.                      Rentabilidad inferior al promedio.                      Falta de oportunidad y talento gerencial.                      Seguimiento deficiente al implantar la estrategia.                      Abundancia de problemas operativos internos.                      Atraso en investigación y desarrollo.                      Línea de productos demasiado limitada.                      Débil imagen en el mercado.                      Débil red de distribución.                      Habilidades de mercadotecnia por debajo del promedio.                      Incapacidad de financiar los cambios necesarios en la estrategia.                      Costos unitarios generales más altos en relación con los competidores clave.</p>
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>AMENAZAS</b>
<p>Atender a grupos adicionales de clientes.                      Ingresar en nuevos mercados o segmentos.                      Expandir la línea de productos para satisfacer una gama mayor de necesidades de los clientes.                      Diversificarse en productos relacionados.                      Integración vertical (hacia adelante o hacia atrás).                      Eliminación de barreras comerciales en mercados foráneos atractivos.                      Complacencia entre las compañías rivales.                      Crecimiento más rápido en el mercado.</p>	<p>Entrada de competidores foráneos con costos menores.                      Incremento en las ventas y productos sustitutos.                      Crecimiento más lento en el mercado.                      Cambios adversos en los tipos de cambio y políticas comerciales de gobiernos extranjeros.                      Requisitos reglamentarios costosos.                      Vulnerabilidad a la recesión y ciclo empresarial.                      Creciente poder de negociación de clientes o proveedores.                      Cambio en las necesidades y gustos de los compradores.                      Cambios demográficos adversos.</p>

Fuente: Ponce, 2007.

### 2.1.5 Análisis de stakeholders

Un análisis de *stakeholders* les posibilita a las empresas entender la relación entre los defensores o detractores de los proyectos de innovación, reducir riesgos y gestionar una comunicación más eficaz con ambos grupos.

Es una técnica empleada para identificar y comprender las necesidades, expectativas y reacciones de los principales grupos de interés alrededor de una iniciativa de cambio o innovación (Alzamor, 2022).

Figura 2.4: Ejemplo de un análisis de stakeholders



Fuente: Grandes Pymes, 2021.

### 2.1.6 Diagrama SIPOC

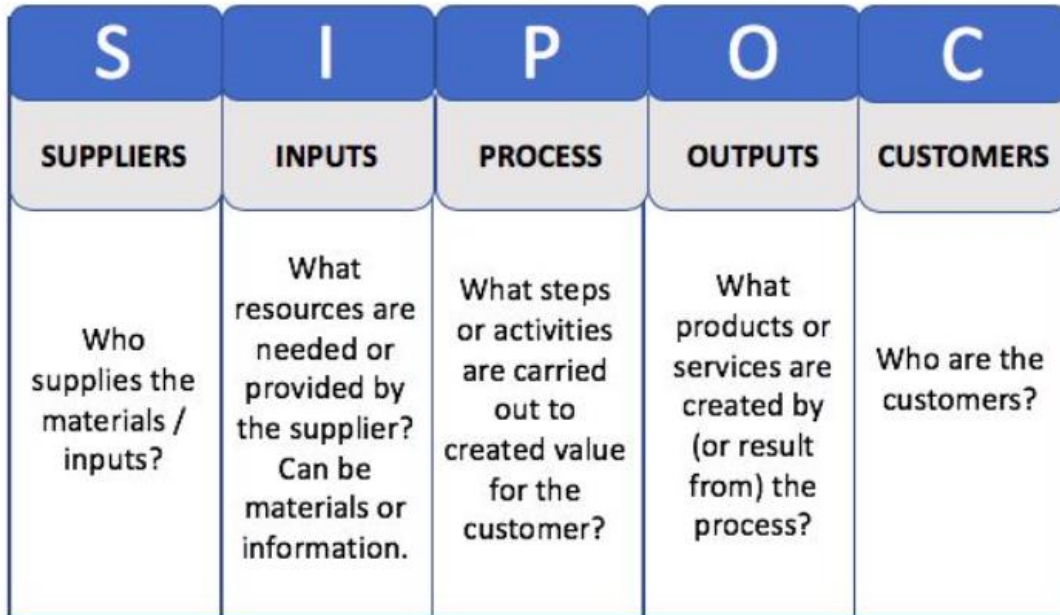
El diagrama SIPOC es una herramienta que facilita visualizar los elementos clave de un proceso, aspecto necesario para comprender el funcionamiento de este y realizar mejoras (Ortega, s.f.).

Ahora bien, el acrónimo SIPOC significa:

- **S: suppliers (proveedores):** Son las personas o entidades que proporcionan los recursos necesarios para el proceso.
- **I: inputs (entradas):** Son los recursos que se utilizan en el proceso.
- **P: process (proceso):** Es la secuencia de pasos que se efectúan para transformar las entradas en salidas.
- **O: outputs (salidas):** Son los productos o servicios que se generan en el proceso.

- **C: customers (clientes):** Son las personas o entidades que reciben las salidas del proceso.

Figura 2.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC

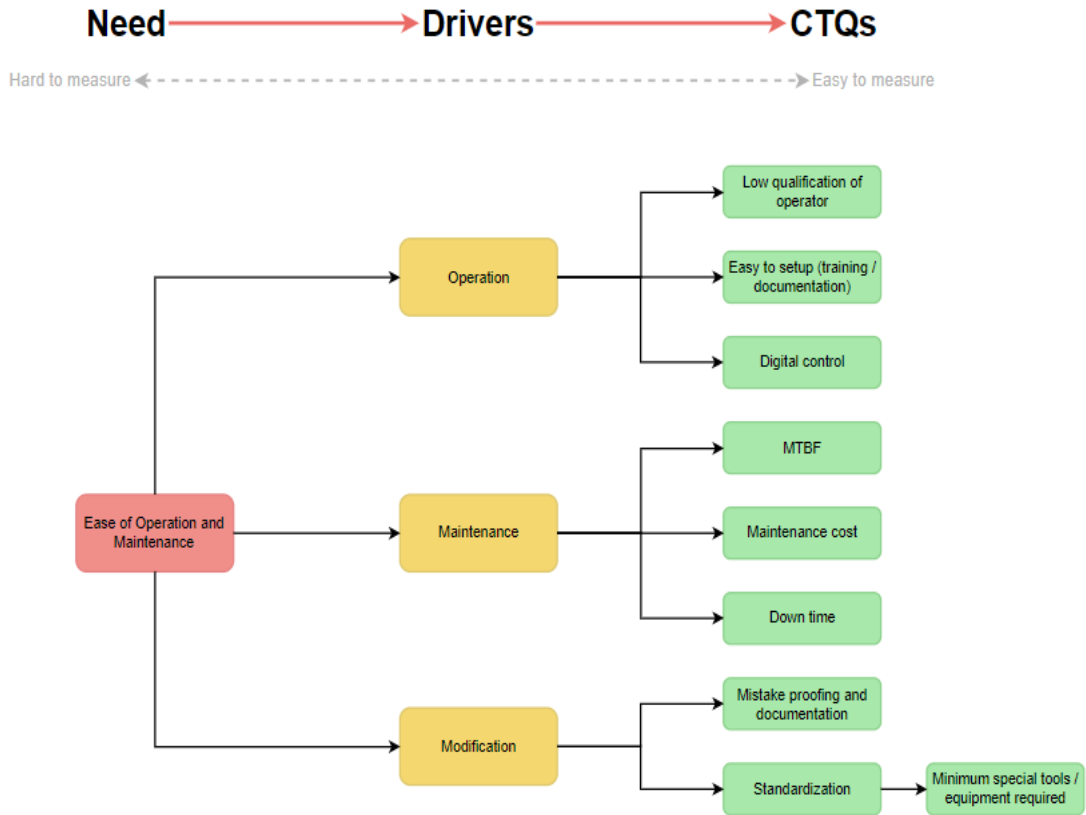


Fuente: Business Audit Compliance, 2019.

### 2.1.7 Árbol de CTQ

El árbol CTQ es una herramienta visual que ayuda a entender qué es lo más importante para el cliente en un producto o servicio. Al identificar y jerarquizar las características clave, se puede mejorar la calidad de manera efectiva (Global Trust Association, 2019).

Figura 2.6: Ejemplo de un árbol de CTQ



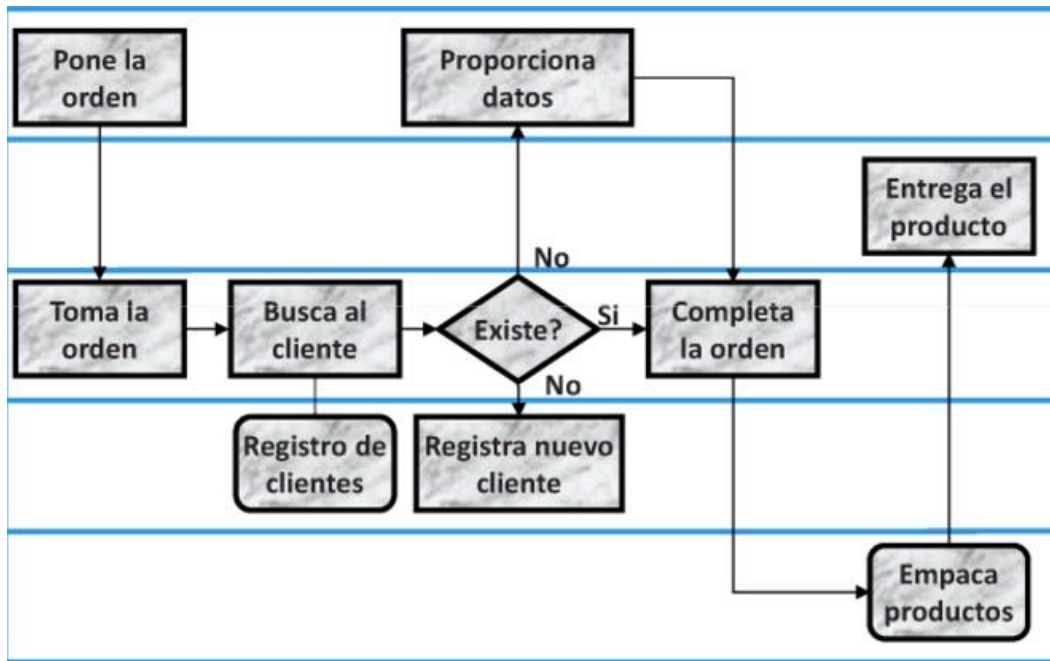
Fuente: Visual Paradigm, 2025.

### 2.1.8 Diagrama de flujo del proceso

Es la representación gráfica de un conjunto de actividades que forman parte de un proceso. Al respecto, se utiliza una serie de figuras que indican el flujo de las distintas operaciones y cómo se interconectan entre sí para lograr un objetivo en común.

Este tipo de diagrama es útil para definir cualquier tipo de proceso, pues otorga un mejor panorama y clasifica cada etapa del evento con el propósito de buscar mejoras o posibles ajustes en el desempeño de las actividades (Raeburn, 2025).

Figura 2.7: Ejemplo de un diagrama de flujo



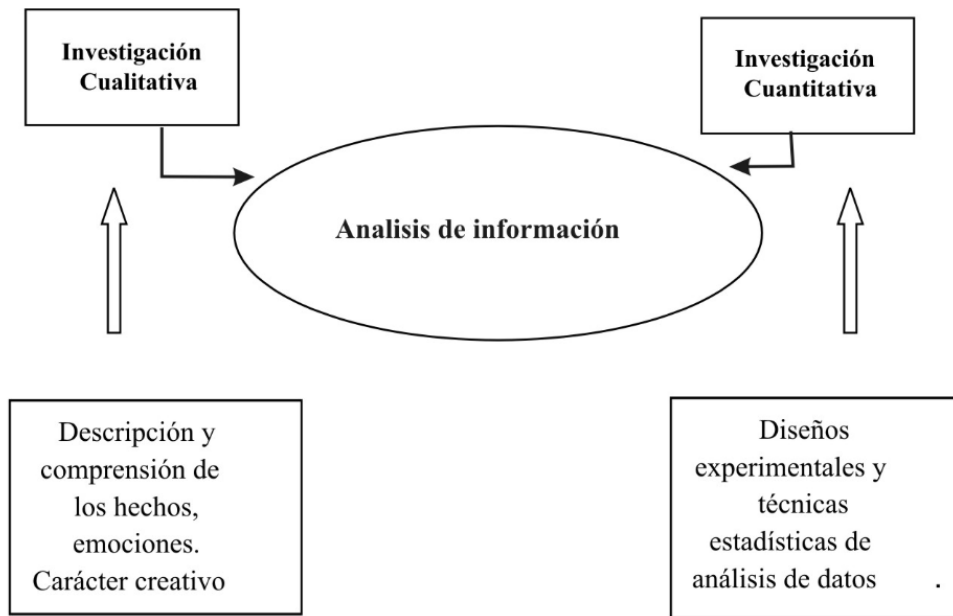
Fuente: Socconini, 2020.

### 2.1.9 Análisis de datos

La finalidad del análisis de datos es analizar y medir datos. Son técnicas que se desarrollan para obtener patrones, tendencias o relaciones entre los datos. Se clasifican en dos tipos principalmente, a saber: análisis de datos cuantitativo y análisis de datos cualitativo.

El análisis de datos cuantitativos toma datos numéricos, además su objetivo es medir y cuantificar los fenómenos por medio de métodos estadísticos. Por su parte, el análisis de datos cualitativo se basa en analizar textos, imágenes, entre otros; de esta forma, no utiliza datos numéricos (Sarduy, 2007).

Figura 2.8: Ejemplo de un análisis de datos

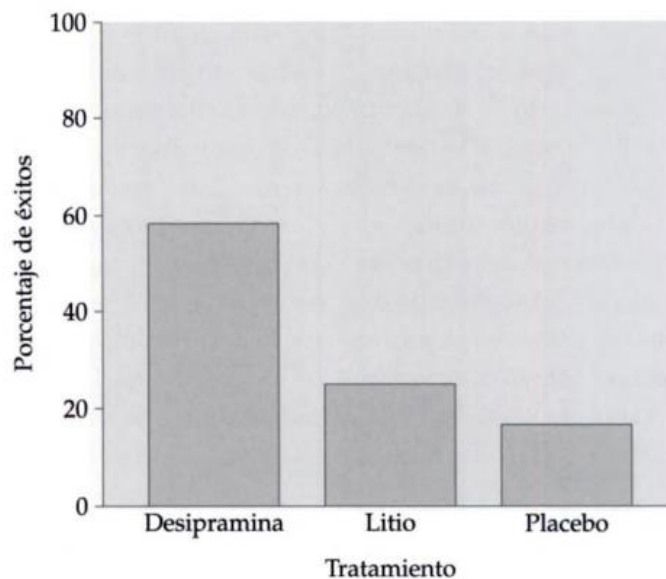


Fuente: Sarduy, 2007.

### 2.1.10 Gráficos de barras

Un gráfico de barras se utiliza para comparar diferentes datos de una forma visual. Esto ayuda a mejorar la comunicación de acuerdo con los resultados y tendencias basados en los distintos escenarios (Moore, 2005).

Figura 2.9: Ejemplo de un gráfico de barras



Fuente: Moore, 2005.

### 2.1.11 Matriz de criticidad

La matriz de criticidad es una técnica para identificar y realizar jerarquías según la importancia del tema de estudio, por ejemplo, humanos, económicos y tecnológicos. En otras palabras, ayuda a determinar la importancia y la consecuencia de cada uno de los eventos dentro del estudio hecho (Parra et al., 2021).

Figura 2.10: Ejemplo de una matriz de criticidad

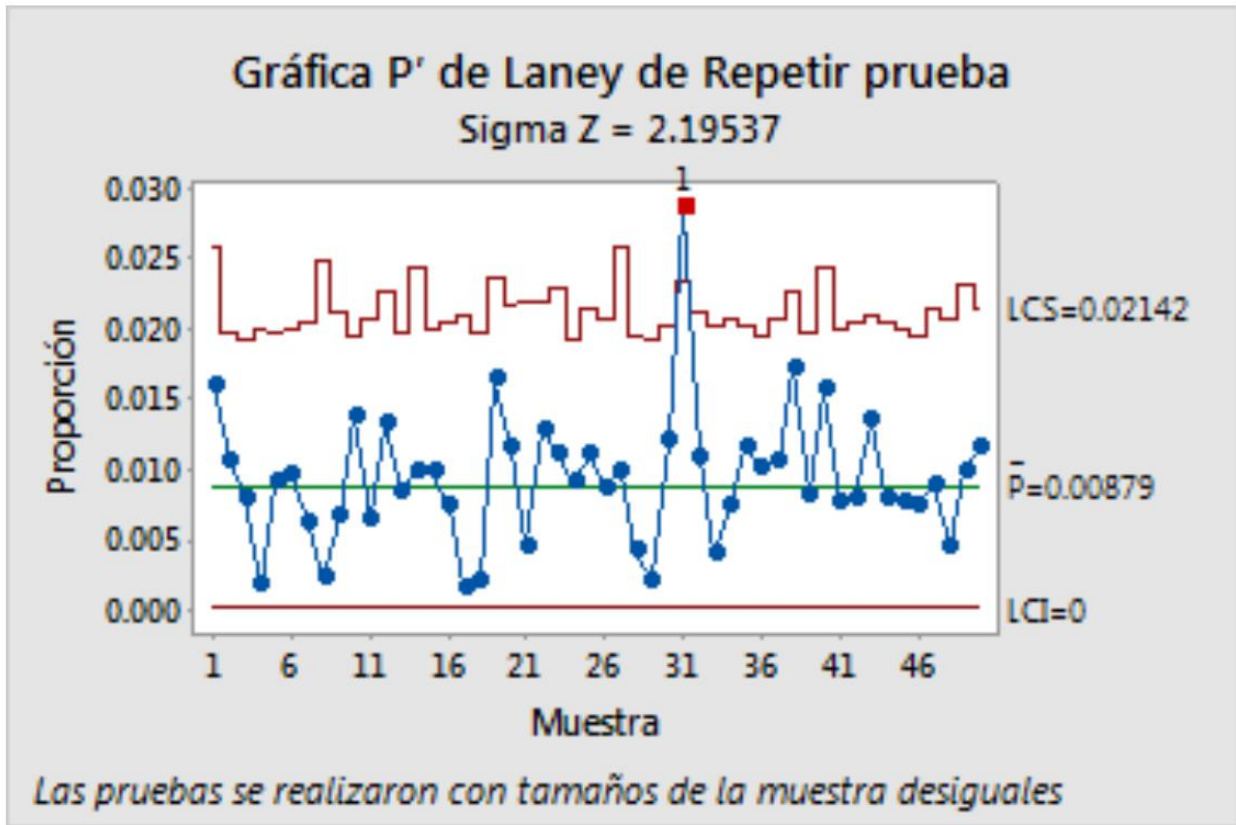
Frecuencia						
5	A	A	MA	MA	MA	
4	M	M	A	A	MA	
3	M	M	M	A	MA	
2	B	B	B	M	A	
1	B	B	B	M	A	
		1	2	3	4	5
		Consecuencias				

Fuente: Parra et al., 2021.

### 2.1.12 Gráficos de control por atributos p de Laney

El gráfico p de Laney tiene como función principal monitorear la cantidad de defectos generados durante el proceso y ajustar la dispersión excesiva de los datos obtenidos (Minitab, 2023).

Figura 2.11: Ejemplo de gráficos de control por atributos p de Laney



Fuente: Minitab, 2023.

### 2.1.13 Índice de inestabilidad

El índice de inestabilidad también se conoce como variabilidad o imprevisibilidad de los resultados de un análisis estadístico. Son mediciones de datos que se evalúan para determinar qué tanto cambian los datos, ya sea en diferentes tiempos o entre distintas condiciones (Learn Statistics Easily, 2025).

### 2.1.14 Estudio de trabajo

El estudio de trabajo es la técnica utilizada para generar ciertas técnicas y, así, ejecutar los diferentes estudios de métodos y la medición del trabajo. Se utiliza en especial para examinar el trabajo humano en diversos contextos, lo que conduce sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras (Escalona, 2009).

Figura 2.12: Ejemplo de un estudio de trabajo

ETAPA	DESARROLLO
<b>SELECCIONAR</b>	El trabajo o proceso a estudiar
<b>REGISTRAR</b>	O recolectar todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso utilizando las técnicas más apropiadas y disponiendo los datos en la forma más cómoda para analizarlos
<b>EXAMINAR</b>	Los hechos registrados con espíritu crítico, preguntándose si se justifica lo que se hace, según el propósito de la actividad; el lugar donde se lleva a cabo, el orden en que se ejecuta; quien la ejecuta; y los medios empleados
<b>ESTABLECER</b>	El método más económico tomando en cuenta las circunstancias y utilizando las diferentes técnicas de gestión, así como los aportes de dirigentes, supervisores, trabajadores y otros especialistas cuyos enfoques deben analizarse y discutirse
<b>EVALUAR</b>	Los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo
<b>DEFINIR</b>	El nuevo método y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método, ya sea verbalmente o por escrito, a todas las personas a quienes concierne, utilizando demostraciones.
<b>IMPLANTAR</b>	El nuevo método, formando a las personas interesadas, como práctica general con el tiempo fijado
<b>CONTROLAR</b>	La aplicación de la nueva norma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolo con los objetivos

Fuente: Escalona, 2009, p. 8.

### 2.1.15 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se emplea durante el trabajo que llevan a cabo los empleados, para registrar los tiempos y las actividades correspondientes a cada una de las tareas ejecutadas en cada operación. La finalidad es analizar los datos y, de esta manera, obtener los tiempos requeridos para efectuar cada tarea, con el objetivo de establecer medidas o normas de rendimiento para la ejecución (Cruelles, 2012).

### 2.1.16 Estudio del método de trabajo

El estudio de métodos de trabajo consiste en examinar de qué forma se está realizando una actividad para simplificarla o cambiar el método, con el fin de mejorar la productividad. Este método abarca diferentes técnicas que analizan y evalúan el trabajo en todos sus aspectos (ACMP, 2022).

Figura 2.13: Ejemplo de un estudio del método de trabajo



Fuente: AdminITEMSA, 2016.

### 2.1.17 Encuesta

Una encuesta es un método práctico para la recolección de datos, lo cual implica la obtención de información por medio de preguntas formuladas a un grupo específico de personas en estudio. La encuesta se puede realizar de manera presencial o mediante distintas alternativas tecnológicas. El objetivo principal es recopilar opiniones, referencias o datos requeridos sobre un tema (Reyes, 2015).

### 2.1.18 Análisis de modos de fallas y efectos (AMEF)

También llamado FMEA, por sus siglas en inglés. “El análisis de modo y efecto de las fallas permite identificar, caracterizar y asignar una prioridad a las fallas potenciales de un proceso o producto” (Gutiérrez y De La Vara, 2009, p. 408).

Figura 2.14: Ejemplo de un FMEA

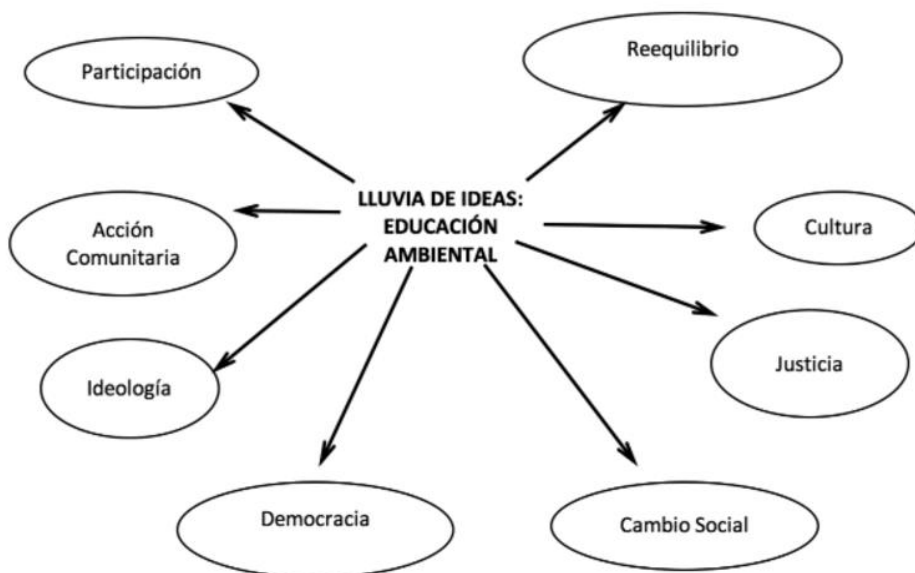
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Etapa del proceso	Modo de falla	Efecto de la falla	Severidad (S)	Causas de la falla	Probabilidad de ocurrencia (O)	Controles de proceso	Detección (D)	Número de Prioridad de Riesgo (NPR)
Prueba de coche terminado	El coche no frena	Accidente	10	El sistema de frenos no funcionaba	7	Ruido al frenar	2	140
				Las ruedas patinaron	2	Indicador de desgaste de la banda de rodadura/ TWI (Tread Wear Indicator)	3	60
	El coche no arranca	El consumidor no podría llegar a su destino	7	Problema con la batería	5	Luces del panel tenues	1	35
				Falta de combustible	3	Indicada en el panel	4	84

Fuente: Borsalli, 2025.

### 2.1.19 Lluvia de ideas

De acuerdo con Gutiérrez y De la Vara (2009), “Es una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre un tema” (p. 159).

Figura 2.15: Ejemplo de una lluvia de ideas



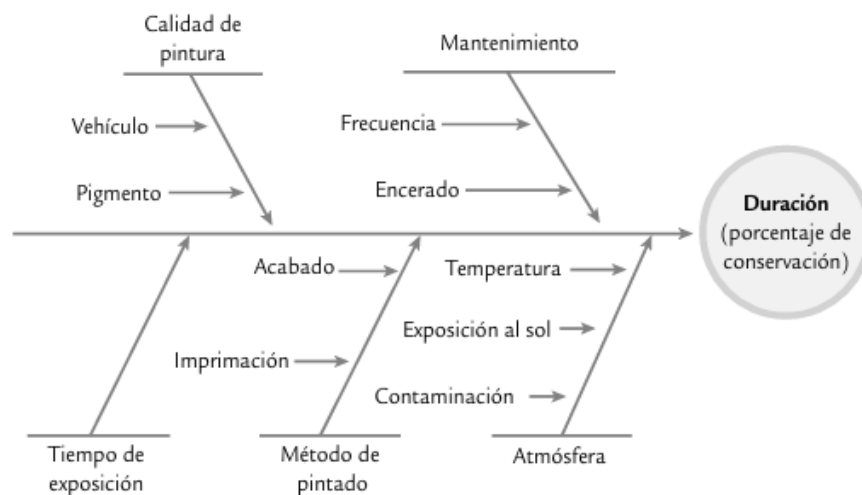
Fuente: Tu Maestros, 2025.

### 2.1.20 Diagrama de Ishikawa

Referente a este instrumento, Gutiérrez y De la Vara (2009) explican:

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama es que orienta al investigador a buscar las causas del problema en estudio concretamente, evitando que se busquen soluciones sin preguntarse cuáles son realmente las causas (p. 152).

Figura 2.16: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa



Fuente: Gutiérrez y De La Vara, 2009, p. 158.

### 2.1.21 Multivoto

La multivotación es una técnica en grupo para reducir una larga lista de elementos a unos pocos manejables. Se utiliza cada vez que la técnica de lluvia de ideas o una técnica similar produce una lista larga que necesita reducirse (Pérez, 2017).

Figura 2.17: Ejemplo de una tabla de multivoto

TABLA MULTIVOTO ERRORES EN EL PROCESO DE ATENCIÓN AL CLIENTE EN PLATAFORMA DE SERVICIOS					
Errores en Actividades de Servicio de Plataforma	1	2	3	4	5
Sistemas lentos (CRM, PSBANK, Complementarios o Siscard).					
Exceso de Información que maneja el asesor de servicios.					
Tiempo que toma el análisis de crédito.					
Tiempo que toma el ofrecimiento de productos adicionales.					
Actualización de datos.					
Personal nuevo en plataforma de servicios.					
Exceso de productos disponibles en la oferta de plataforma.					
Falta de capacitación.					
Anotar con una "X" 1 el error de mayor importancia y 5 el menos importante					

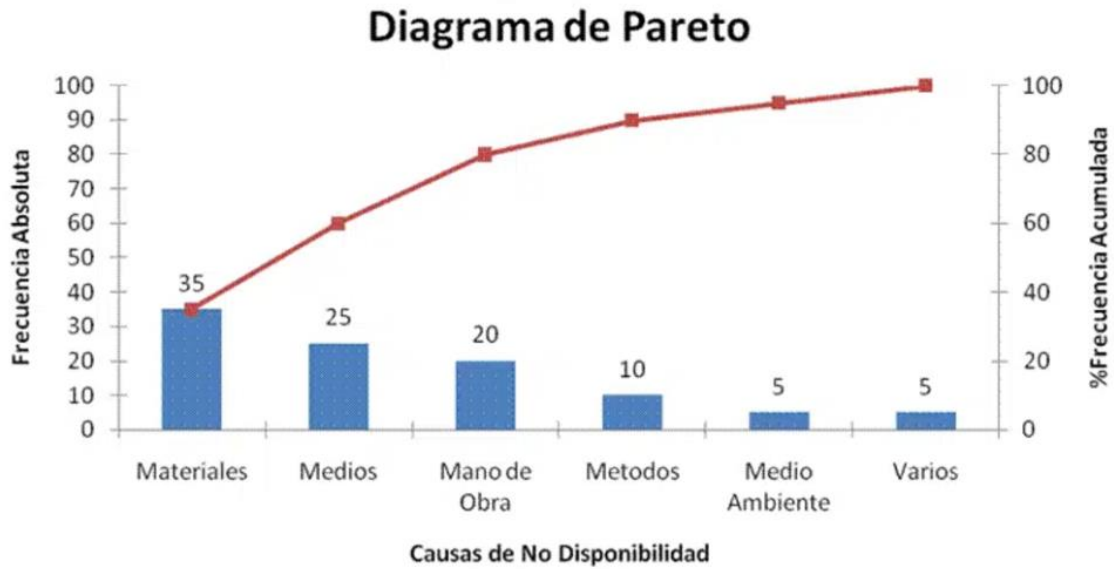
Fuente: Autor, 2025.

### 2.1.22 Diagrama de Pareto

En cuanto a este diagrama, Socconini (2020) establece:

Es una gráfica de barras para datos de conteo o categóricos, ordenados en orden descendente con respecto a su frecuencia y unidos a una ojiva que mide la frecuencia acumulada. Se utiliza para visualizar rápidamente qué factores de un problema, qué causas o qué valores en una situación determinada son los más importantes y, por ello, cuáles hay que atender de manera prioritaria, a fin de solucionar el problema o mejorar la situación (p. 347).

Figura 2.18: Ejemplo de un diagrama de Pareto

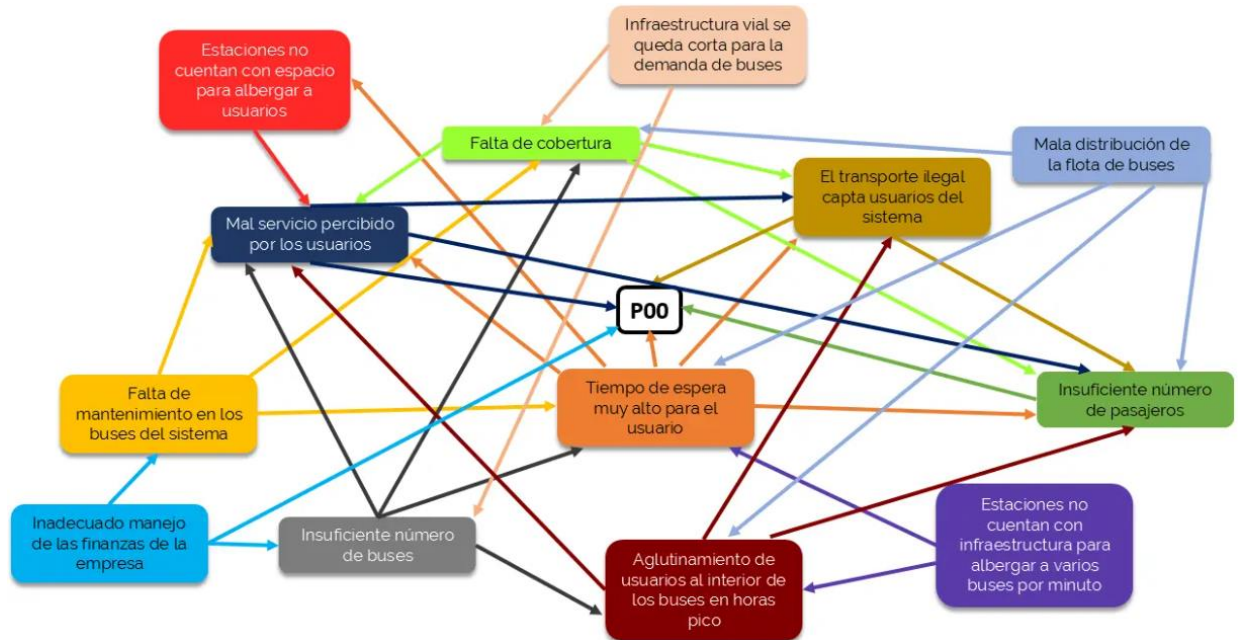


Fuente: SPCgroup, 2015.

### 2.1.23 Diagrama de relaciones

El diagrama de relaciones es una herramienta visual para analizar y mostrar las diferentes relaciones, ya sea dentro del proceso o un sistema. Se utiliza para la mejora continua y la gestión de calidad, con la intención de entender los distintos factores entre sí (Betancourt, 2016).

Figura 2.19: Ejemplo de un diagrama de relaciones



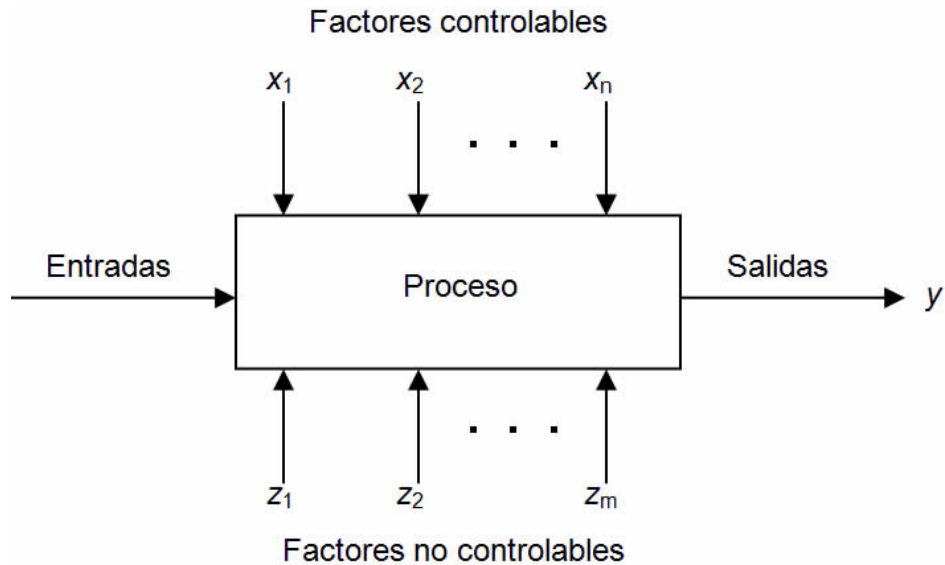
Fuente: Betancourt, 2016.

### 2.1.24 Diseño de experimentos (DOE)

Según Socconini (2020), se entiende como:

Conjunto de técnicas activas que manipulan un proceso para inducirlo a proporcionar la información que se requiere para mejorarlo. Estos métodos de experimentación planificada ayudan a aprender acerca de los múltiples factores que impactan en la calidad de un servicio, producto o proceso (p. 347).

Figura 2.20: Representación gráfica de un DOE



Fuente: Yepes, 2013.

### 2.1.25 Manual de procedimientos

Un manual de procedimientos es un documento que se encarga de brindar los pasos y pautas que se deben realizar al efectuar un proceso. Estos documentos permiten a las compañías administrar y orientar al personal en los diferentes flujos del proceso (Rodrigues, 2024).

### 2.1.26 Estandarización de la metodología de actual

La estandarización de la metodología actual es una herramienta que permite ajustar procesos dentro de una empresa. De este modo, busca organizar la rutina por medio de pasos estandarizados, con el fin de garantizar la calidad del producto (SYDLE, 2021).

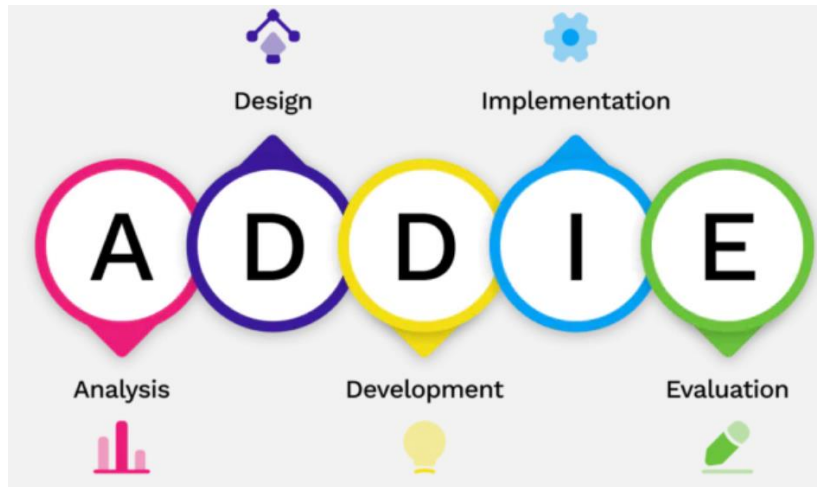
### 2.1.27 Capacitación OJT

La capacitación OJT es un método de formación en el que los empleados aprenden en el momento que realizan las tareas diarias. Se trata de un enfoque directo para adquirir distintas habilidades y conocimientos en el entorno laboral (Escuela Universitaria de Ventas, 2025).

### 2.1.28 Método ADDIE

El método ADDIE es un modelo utilizado para el desarrollo de programas de formación. Se encuentra conformado por las siguientes etapas: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación (Aguiar, 2024).

Figura 2.21: Ejemplo de un método ADDIE



Fuente: Aguilar, 2024.

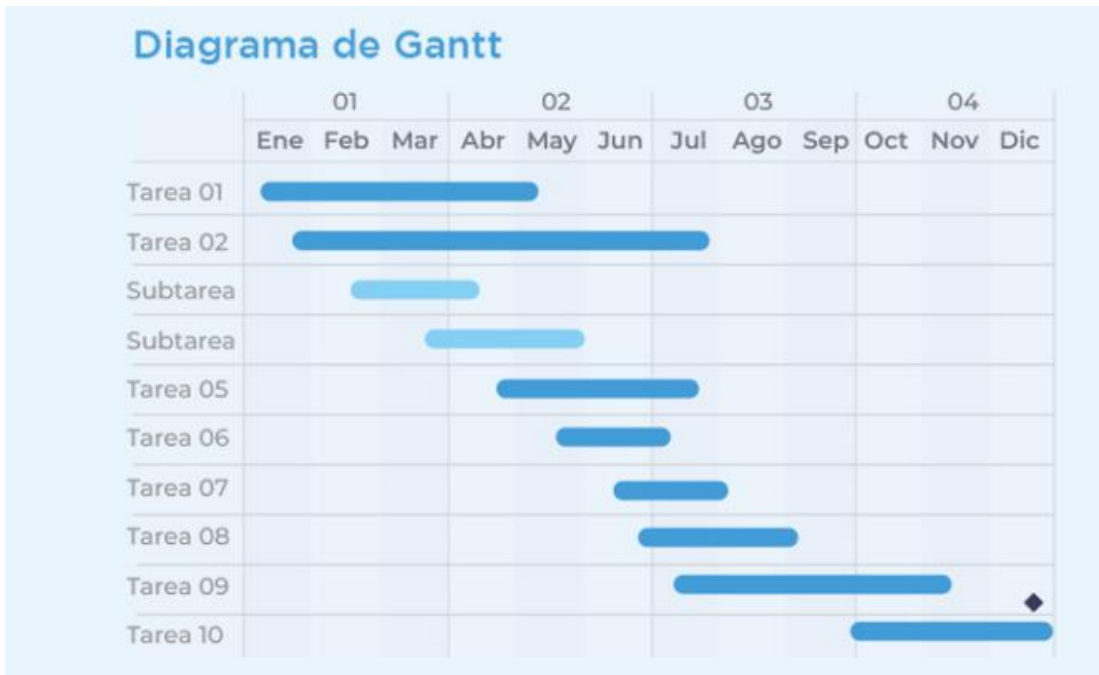
### 2.1.29 Método ABC

El método ABC se utiliza para clasificar artículos en las categorías A, B y C, lo que posibilita reconocer su valor; todo esto con el propósito de optimizar recursos y reducir costos (RACTEM, 2021).

### 2.1.30 Diagrama de Gantt

Un diagrama de Gantt es una herramienta visual que muestra la planificación y programación de tareas a lo largo del tiempo. Cada tarea se representa como una barra horizontal en el gráfico, y la longitud de la barra indica la duración estimada de la tarea. Es útil para gestionar proyectos y visualizar la secuencia de actividades (Meardon, 2025).

Figura 2.22: Ejemplo de un diagrama de Gantt



Fuente: TAKTIC, 2022.

### 2.1.31 Indicador OEE

El indicador OEE es el responsable de medir el rendimiento (KPI), el cual se encarga de medir la productividad del proceso y equipos. El OEE se calcula al multiplicar la disponibilidad y la calidad de los equipos. Es importante medir el OEE para determinar la eficiencia, *benchmarking*, mejora y reducción del desperdicio y efectuar una toma de decisiones basada en datos (Rosales, 2023).

Figura 2.23: Ejemplo de un indicador OEE



Fuente: Rosales, 2023.

### 2.1.32 Gemba walk

El *gemba walk* es una metodología cuya funcionalidad es obtener la mejora continua. Es una práctica basada en observaciones y colaboraciones en las áreas de trabajo. Los gerentes que realizan la acción, se presentan físicamente a las diferentes áreas para así poder obtener datos y comentarios y convertirlos en mejoras en el proceso (Ingenium, 2022).

Figura 2.24: Ejemplo de un gemba walk



Fuente: Caraballo, 2018.

### 2.1.33 Modelo ADKAR

El modelo ofrece un enfoque estructurado para garantizar que cada persona que experimente un cambio se mueva a través de las cinco fases necesarias para que el cambio general sea exitoso: conciencia, deseo, conocimiento, habilidad y refuerzo (Martínez, 2109).

Figura 2.25: Modelo ADKAR, 5 fases

<b>A</b>	<b>AWARENESS</b>	Consciencia de la necesidad del cambio
<b>D</b>	<b>DESIRE</b>	Deseo de apoyar el cambio
<b>K</b>	<b>KNOWLEDGE</b>	Conocimiento de cómo cambiar
<b>A</b>	<b>ABILITY</b>	Habilidad para demostrar nuevas competencias y comportamientos
<b>R</b> <sup>®</sup>	<b>REINFORCEMENT</b> <sup>®</sup>	Refuerzo para sostener el cambio

Fuente: Martínez, 2019.

### 2.1.34 Retorno de la inversión (ROI)

El retorno de la inversión (ROI) es un indicador utilizado a un nivel financiero para lograr identificar la rentabilidad de la inversión de un proyecto. El ROI demuestra de forma clara la relación entre las utilidades obtenidas y el costo de la implementación (Crece Negocios, 2023).

Figura 2.26: Fórmula para cálculo del ROI

$$\text{ROI} = \left( \frac{\text{Beneficio Neto}}{\text{Inversión Total}} \right) \times 100$$

Fuente: HostingTG, 2025.

## 2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Seguidamente, se exponen los detalles más importantes de la empresa Samtec, donde se realiza el estudio.

### 2.2.1 Visión/misión

La visión y misión de la empresa se muestran a continuación.

#### Visión

“Ser reconocidos como proveedor número uno de soluciones de conectividad a nivel mundial, comprometido con la calidad de nuestros productos y servicios, la practicidad, agilidad e innovación tecnológica” (Samtec, 2024).

#### Misión

“Ser ejemplo corporativo en la manufactura y servicio en soluciones de interconexión electrónica, comprometidos con la excelencia operacional, la pasión por el servicio y el bienestar de nuestra gente” (Samtec, 2024).

### **2.2.2 Antecedentes históricos**

Fundada en 1976, Samtec es una empresa norteamericana, con casa matriz en Indiana, Estados Unidos. Cuenta con más de 5000 empleados alrededor del mundo, de los cuales más de 1000 trabajan en Costa Rica. Además, tiene oficinas en más de 24 países y vende en más de 125 mercados (Samtec, 2024).

En cuanto a su negocio, Samtec hace conectores electrónicos para una gran cantidad de sectores, como el industrial, Datacom, médico, computadoras, instrumentación, aeroespacial, automovilístico y más. No obstante, Samtec es mucho más que una simple empresa de conectores. Coloca a las personas en primer lugar, junto con su compromiso reflejado en un servicio excepcional, productos de calidad y tecnologías innovadoras que hacen avanzar la industria más rápido. Esto es posible gracias a un modelo de negocio único y totalmente integrado, que permite una verdadera colaboración e innovación sin los límites de los modelos de negocio tradicionales (Samtec, 2024).

Respecto a su presencia en Costa Rica, COMEX (2021) señala:

Samtec se estableció en Costa Rica en 2006 con la idea de tener una planta de manufactura cercana a Estados Unidos, el país fue escogido por su nivel de alfabetización, nivel de inglés, la seguridad jurídica y seguridad personal. En los últimos años Samtec ha crecido no solo en producción si no en servicios corporativos, en este momento tenemos sistemas de información corporativos, compras, investigación y desarrollo, dibujo, entre otros servicios, además, Costa Rica es el centro de los procesos automatizados de la corporación, siendo la planta con más máquinas automatizadas.

### **2.2.3 Ubicación geográfica**

La ubicación de la empresa donde se lleva a cabo el proyecto es en el Parque Industrial ZETA, S. A., Montecillos, San Antonio de Alajuela, Costa Rica.

Figura 2.27: Mapa satelital de Samtec Interconnect

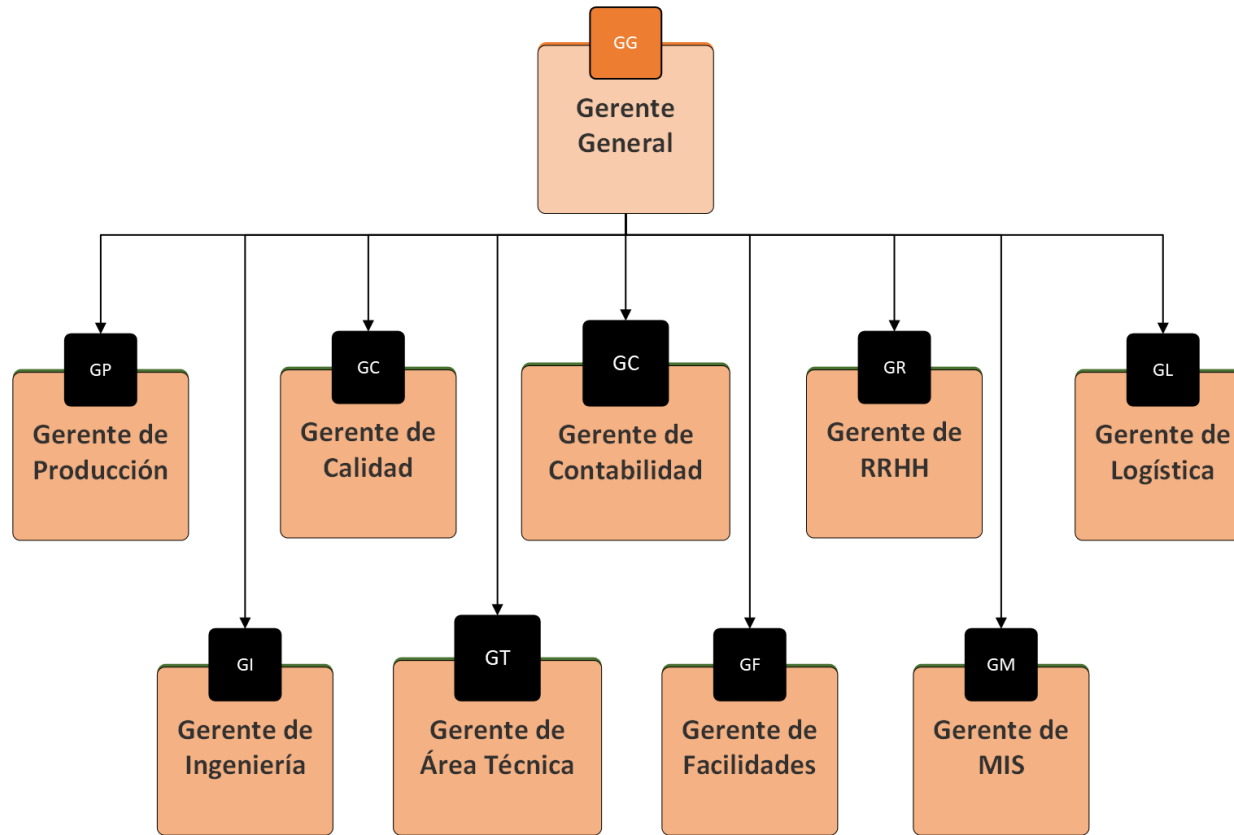


Fuente: Google Maps, 2023.

**2.2.4 Estructura organizacional**

El organigrama de la empresa se indica en la siguiente figura:

Figura 2.28: Organigrama de Samtec Interconnect



Fuente: RR.HH. de Samtec, 2024.

## 2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área

Puesto o área	Cantidad
Gerencia	16
Ingeniería de Procesos	6
Área Microensambles de Conectores	60
Mantenimiento	15
<b>Total</b>	<b>97</b>

Fuente: RR.HH. de Samtec, 2024.

## 2.2.6 Tipos de productos

Samtec es un fabricante internacional de interconexiones de nivel de placa CI, el cual cuenta con una amplia línea de soluciones electrónicas de interconexión, sistemas *mezzanine* de alta velocidad, arreglos de discos de alta densidad, CI a placa, óptica activa/a prueba de futuro, sistemas de alimentación/resistentes y ensambles de cable (IDC, cable discreto, sellado/circulares y alta velocidad).

Los productos de conexión e interconexión facilitan la unión de conductores y cables eléctricos o de fibra óptica. Hay disponible una enorme variedad de estilos para adaptarse a casi cualquier aplicación: conectores banana para equipos de laboratorio, conectores coaxiales para RF, conectores modulares para sistemas de red y telefonía, terminales de pala y de anillo para conectar cables discretos a bloques de terminales, bloques de terminales, tomas para transistores y circuitos integrados, conectores de alimentación de CA estándar, tomas y conectores para auriculares, conectores de alto voltaje, conectores USB y muchos más (Digikey, s.f.).

Samtec ofrece productos para diversas industrias: redes 5G, automatización, militar/aeroespacial, médica, audio y video, inteligencia artificial, automotriz e instrumentación (Samtec, 2024).

Figura 2.29: Tipos de productos



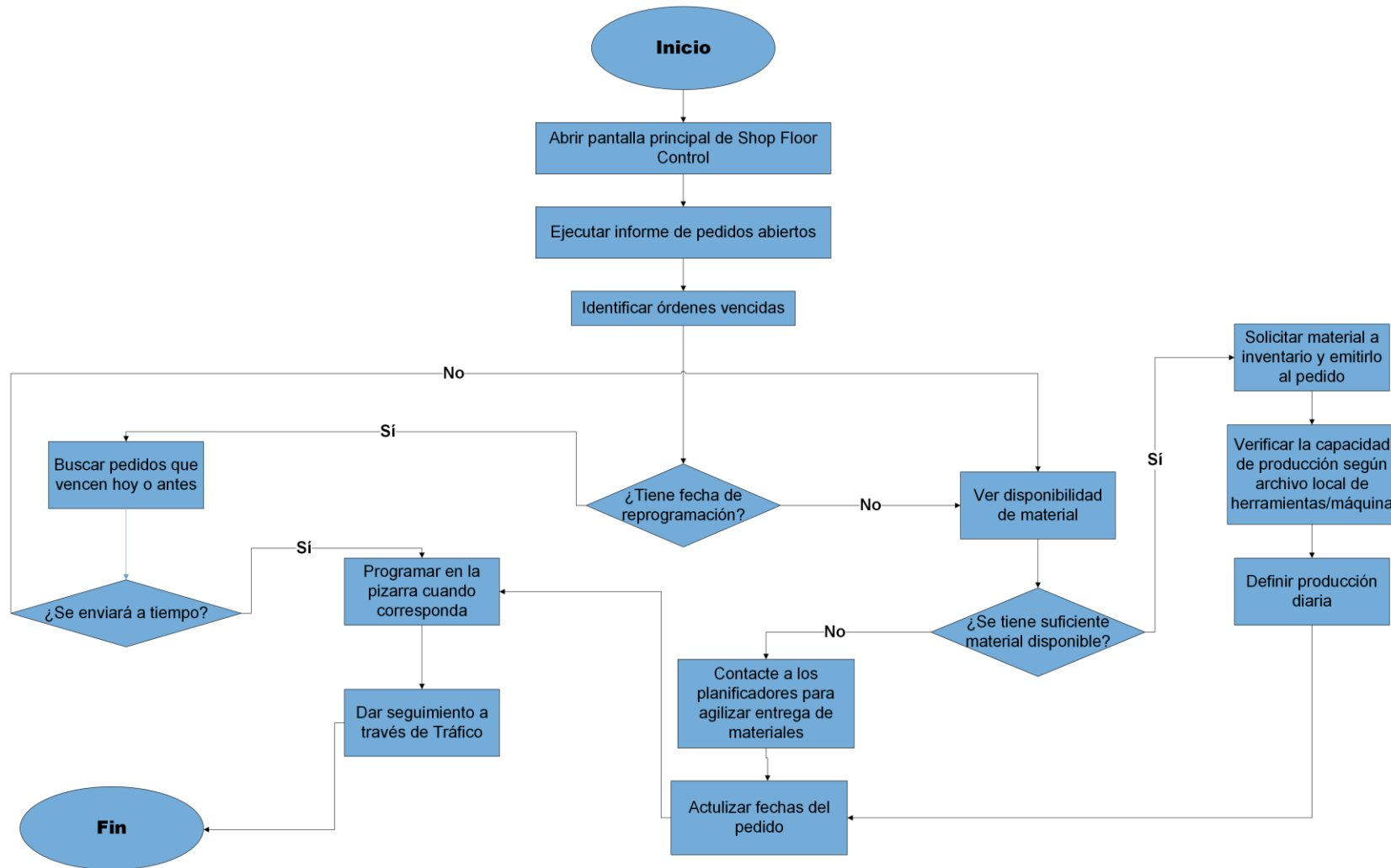
Fuente: Samtec, 2024.

### 2.2.7 Mercado de exportación

Samtec tiene su sede en New Albany, Indiana, EE. UU., y cuenta con instalaciones de ventas y fabricación en todo el mundo, prácticamente en todos los mercados importantes. En la actualidad, Samtec posee más de 20 centros de ventas en todo el mundo y 7 centros de fabricación repartidos de forma estratégica por todo el mundo. Esta diversidad de ubicaciones es parte del programa de envío Samtec World Direct, que permite tiempos de entrega extremadamente rápidos y un nivel de servicio inigualable en la industria (Samtec, 2024).

## 2.2.8 Descripción general del proceso productivo

Figura 2.30: Diagrama de flujo general



Fuente: Producción de Samtec, 2025.

Todo proceso en Samtec empieza al buscar y abrir el procedimiento que el sistema SGN indica se debe trabajar según cada área. Luego, se identifican las órdenes abiertas por procesar y se les da prioridad a las órdenes en *past due*; por lo tanto, se toma de lo más antiguo a lo que tiene mayor tiempo antes de vencer.

En caso de no haber órdenes en *past due*, se determina si es posible entregarle el trabajo a tiempo al cliente. Si la respuesta es positiva, se calendariza en el *dashboard* del área y se procede a ejecutar la orden de producción. Por último, se da seguimiento al producto hasta trasladarlo al área de tráfico con el fin de empacarlo y enviarlo al cliente.

El anterior es el mejor panorama, pero si las órdenes se encuentran en un estado *past due*, el procedimiento es el siguiente:

1. Se hace la pregunta de si tiene una nueva fecha de entrega asignada.
2. Si cuenta con una nueva fecha, se procesa la orden dando prioridad a las que están prontas a vencer.
3. Se procesa la orden y se sigue el procedimiento normal.
4. Si no hay una nueva fecha de entrega, se debe revisar si se cuenta con material disponible no asignado para procesar la orden.
5. Si no se posee suficiente material, se contacta al *planner* con el objetivo de solicitar materia prima y asignar una nueva fecha para procesar la orden.
6. Si hay suficiente material, se coordina un espacio disponible para procesar la orden y se calcula el tiempo que se tarda, con el propósito de agendar nuevas fechas de entrega y culminar con el proceso.

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (Hernández y Mendoza, 2008).

El presente estudio cuenta con un proceso sistemático que pretende la recolección y procesamiento de datos para solucionar el problema existente en el Área Micro de la empresa Samtec.

En relación con lo expuesto, Bonilla y Rodríguez (2000) (como se citó en Bernal, 2010) mencionan que el método cualitativo consiste en profundizar casos específicos y no generalizar. El propósito no es medir, sino hacer uso de la habilidad descriptiva de un tema de estudio mediante lo que pueda percibirse.

De esta manera, la investigación se ubica dentro de lo anotado con anterioridad ya que busca determinar lo que sucede en la operación de ensamble de pines mediante la observación de la ejecución de las tareas y el involucramiento —por medio de grupos focales, conversaciones e ideas— del personal de la empresa dedicado a efectuar el proceso.

Por otro lado, el método cuantitativo generaliza y normaliza resultados. Se enfoca en medir las características de los fenómenos percibidos a partir de la relación entre diferentes variables estudiadas de forma deductiva (Bernal, 2010).

Con el fin de medir el problema, se identifican características medibles para obtener resultados que puedan ser interpretados y mediante los cuales se tomen mejores decisiones para el desarrollo de este proyecto.

Consecuentemente, en este estudio es necesario emplear tanto datos cualitativos como cuantitativos, para primero comprender y analizar el problema en estudio y luego, por medio de esa técnica, hacer la elección adecuada de herramientas cuantitativas que den soluciones lógicas y factibles.

Ahora bien, de acuerdo con Bernal (2010): “La investigación documental consiste en un análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de

establecer relaciones, diferencias, etapas, posturas o estado actual del conocimiento respecto al tema objeto de estudio” (p. 111).

En esta investigación se llevan a cabo análisis de los documentos de la empresa asociados con los procedimientos para realizar las operaciones en estudio.

Además, Bernal (2010) señala: “Las investigaciones en que el investigador se plantea como objetivos estudiar el porqué de las cosas, los hechos, los fenómenos o las situaciones, se denominan explicativas. En la investigación explicativa se analizan causas y efectos de la relación entre variables” (p. 115).

Lo anterior se refiere a la investigación explicativa, causal, que se desarrolla en los capítulos 1 y 4 del proyecto; es decir, en la primera fase en la cual se explica el problema y se plantean los objetivos y en la fase de análisis en la que se busca la causa raíz del problema.

Por su parte, la investigación experimental se caracteriza porque el investigador actúa sobre el objeto de estudio, por ende, el objetivo de estos estudios es conocer los efectos de los actos producidos conscientemente por el propio investigador, como técnica para probar sus hipótesis (Bernal, 2010).

Según la hipótesis del estudio, se utiliza el método experimental con la intención de alterar los parámetros y obtener los resultados más adecuados para trabajar.

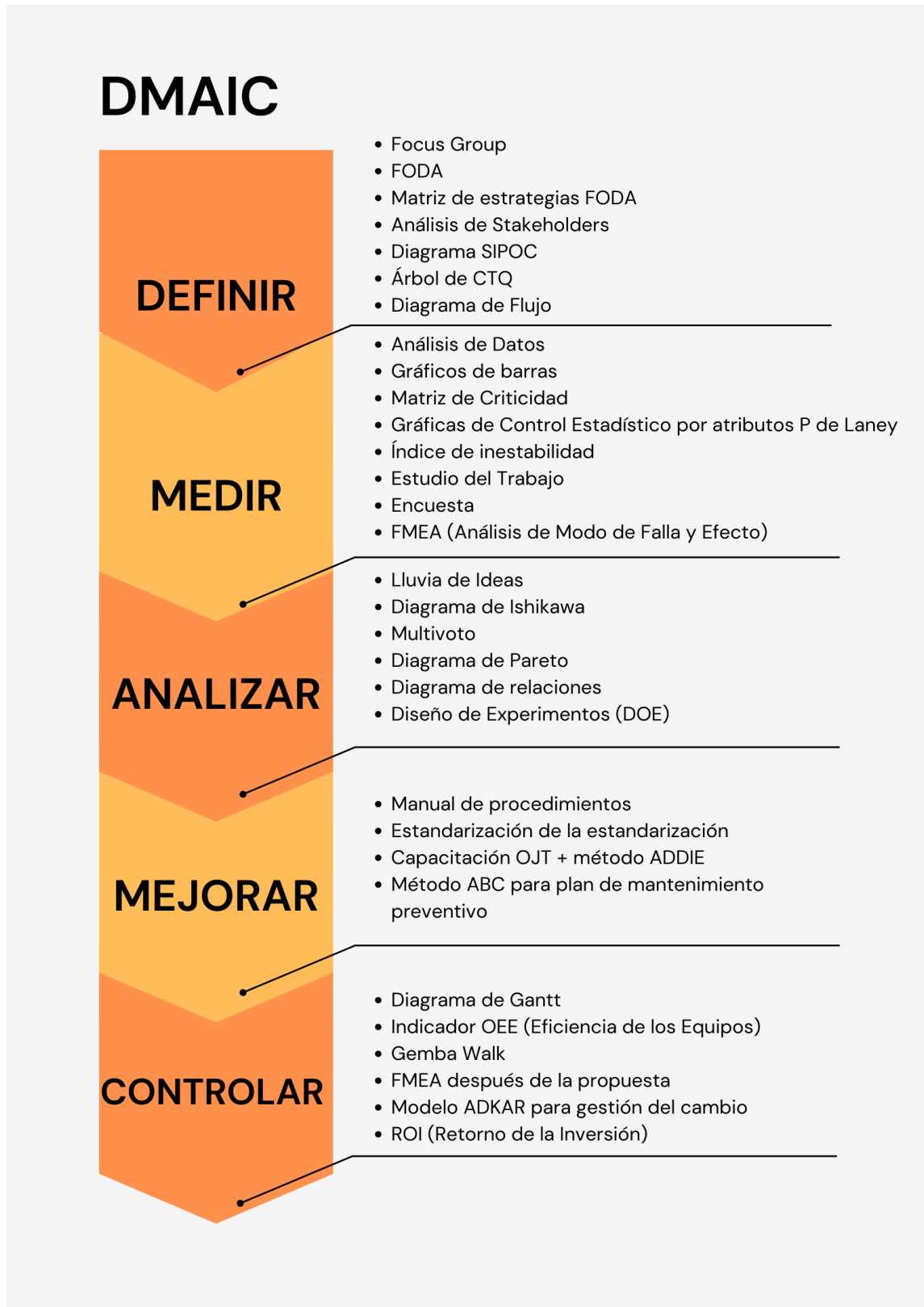
Así se describe el enfoque metodológico de esta investigación en el que se emplea una variedad de herramientas que abarcan numerosas técnicas fundamentadas con anterioridad.

### **3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

“El método o diseño, se refiere al plan o estrategia utilizada para obtener la información que se desea con el fin de resolver el planteamiento del problema” (Hernández et al., 2014, p. 128).

De esta forma, el método por seguir para el desarrollo de la investigación es el DMAIC, que se lleva a cabo de la siguiente manera:

Figura 3.1: Esquema DMAIC del proyecto



Fuente: Autor, 2025.

### **3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN**

#### **3.3.1 Fuentes primarias**

A partir de estas fuentes se obtiene información directa, en otras palabras, son en las que se origina la información. También se les conoce como información desde el lugar de los hechos. Algunos ejemplos son: personas, organizaciones, acontecimientos, el ambiente natural, etcétera (Bernal, 2010).

Las fuentes primarias son aquellas que se pueden obtener de primera mano sin un intermediario de por medio u otro autor, por lo tanto, para este proyecto se identifican como fuentes primarias las siguientes:

- Personal de producción del Área Micro.
- Supervisores del Área Micro.
- Ingenieros de proceso.
- Acontecimientos observados por el investigador.
- Área Micro de la empresa Samtec.

#### **3.3.2 Fuentes secundarias**

En cuanto a estas, de acuerdo con Bernal (2010):

Son todas aquellas que ofrecen información sobre el tema que se va a investigar, pero que no son la fuente original de los hechos o las situaciones, sino que solo los referencian. Las principales fuentes secundarias para la obtención de la información son los libros, las revistas, los documentos escritos (en general, todo medio impreso), los documentales, los noticieros y los medios de información (p. 192).

Una fuente secundaria es aquella que ofrece información desde una perspectiva que no es propia; por ende, deben ser fuentes confiables como las numeradas a continuación:

- Libros.
- Tesis.
- Fuentes de Internet.
- Registros históricos.
- Sistemas de la empresa (SGN).

- Procedimientos documentados del Área Micro.

### 3.3.3 Sujetos de información

Tabla 3.1: Project charter para la investigación

<b>ACTA CONSTITUCIÓN DEL PROYECTO</b>	
<b>1.- Fecha:</b> 09/10/2024	<b>2.- Nombre de Proyecto:</b> PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN MEDIANTE LA METODOLOGÍA DMAIC Y CONTROL ESTADÍSTICO DE LA CALIDAD, PARA EL CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DEL PROCESO FILL EN EL ÁREA MICRO DE LA EMPRESA SAMTEC
<b>3.- Miembros</b> <b>3.1 Equipo de trabajo:</b> Jorge Jiménez Jiménez <b>3.2 Supervisores del Proyecto:</b> Ingenieros de procesos.	<b>4.- Área de aplicación, interesados del proyecto:</b> Automation, Producción (Micro) Departamento de Mantenimiento Ingeniería de Procesos
<b>5.- Fecha de inicio del proyecto:</b> 21/09/2024	<b>6.- Fecha tentativa finalización:</b> 21/02/2025
<b>7.- Objetivos del proyecto:</b> <b>7.1 Objetivo General:</b> Proponer, mediante DMAIC y el control estadístico de la calidad, un estándar del cálculo de la eficiencia para el proceso Fill en el Área Micro de la empresa Samtec, que establezca tiempos exactos con relación a las órdenes de producción, con el fin de mejorar la productividad. <b>7.2. Objetivos Específicos:</b> <b>7.2.1</b> Definir el estado del proceso actual por medio del procesamiento de datos históricos y herramientas estadísticas, para identificar las variables objeto de estudio. <b>7.2.2</b> Medir el impacto que provoca la falta de un cálculo estándar de la eficiencia de las máquinas en la productividad del proceso Fill, mediante la aplicación de gráficas de control estadístico de la calidad. <b>7.2.3</b> Analizar las variables que influyen durante el proceso Fill, con el propósito de establecer los estándares adecuados para la mejora de la razón de producción de los procesos en estudio. <b>7.2.4</b> Proponer estrategias que minimicen el impacto de las causas raíz identificadas y, así, incrementar la eficiencia de las máquinas.	
<b>Descripción del producto:</b> Conectores eléctricos que brindan soluciones de conectividad, transmisión de señal e innovación tecnológica.	
<b>Necesidad del proyecto:</b> Necesidad de mejora de la eficiencia para el proceso de ensamblado de pines mediante las maquinas XOLC, lo que también disminuirá los defectos y estandarizará los parámetros por utilizar.	
<b>Posibles restricciones:</b> No se presentan restricciones.	
<b>Supuestos:</b> Primeramente se recolectarán datos para seleccionar las 3 partes en estudio y hasta entonces se podrá pactar una reunión para coordinar la visita al campo.	
<b>Identificación de grupos de interés (Stakeholders):</b> Gerencia General, Ingeniería de Procesos, Área de producción Micro, Mantenimiento, proveedores de Samtec, Clientes de Samtec. <b>Cliente(s) directo (s):</b> Empresas del mercado internacional en el campo aeroespacial, médico, Industrial, Datacom, computación, instrumentación, auto, trans, telemática y de consumo. <b>Clientes indirectos:</b> Distribuidores terciarios, consumidor directo de los mercados antes mencionados.	
<b>Aprobado por:</b> Ronald Fernández, Ingeniero de Procesos.	<b>Firma:</b>
<b>Presentado por:</b> Jorge Jiménez Jiménez	<b>Firma:</b>

Fuente: Autor, 2025.

### 3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Tabla 3.2: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
<p>Definir el estado del proceso actual por medio del procesamiento de datos históricos y herramientas estadísticas, para identificar las variables objeto de estudio.</p>	<p>Identificación de variables.</p>	<p>Variable: “Es una característica, atributo, propiedad o cualidad que puede estar o no presente en los individuos, grupos o sociedades; puede presentarse en matices o modalidades diferentes o en grados, magnitudes o medidas distintas a lo largo de un <i>continuum</i>” (Soriano, 1981, como se citó en Bernal, 2010, p. 139).</p>	<p>Recolectar información referente al proceso Fill. Además, realizar reuniones con los expertos del área, con el propósito de crear un criterio válido para la investigación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Focus group</i>.</li> <li>• FODA.</li> <li>• Matriz de análisis FODA.</li> <li>• Análisis de <i>stakeholders</i>.</li> <li>• SIPOC.</li> <li>• Árbol de CTQ.</li> <li>• Diagrama de flujo.</li> <li>• Análisis de datos.</li> </ul>
<p>Medir el impacto que provoca la falta de un cálculo estándar de la eficiencia de las máquinas en la productividad del proceso Fill, mediante la aplicación de gráficas de control estadístico de la calidad.</p>	<p>Evaluación de la estabilidad del proceso.</p>	<p>Proceso estable: Proceso bajo control estadístico en el que los puntos en la carta caen dentro de los límites de control, y fluctúan o varían en forma aleatoria a lo ancho de la carta con tendencia a caer cerca de la línea central (Gutiérrez y De La Vara, 2009).</p>	<p>Realizar un análisis de datos de los históricos que se encuentran en el sistema de la empresa. Tomas de muestras de las órdenes con mayores problemas de tiempo de ajuste, <i>scrap</i> y tiempo de ciclo en máquina, para elaborar gráficas de control por atributos tipo p.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráficos de barras.</li> <li>• Fórmula estadística del tamaño de la muestra.</li> <li>• Gráficas de control por atributos p de Laney.</li> <li>• FMEA.</li> <li>• Estudio de trabajo.</li> </ul>

<p>Analizar las variables que influyen durante el proceso Fill, con el propósito de establecer los estándares adecuados para la mejora de la razón de producción de los procesos en estudio.</p>	<p>Estandarización.</p>	<p>Las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos de manera clara y adecuada y no dependen de diferentes criterios (Bernal, 2010).</p>	<p>Se seleccionan los números de parte factibles para desarrollar el estudio y se toman muestras a las que se les miden tiempos y otros factores que inciden en la calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lluvia de ideas.</li> <li>• Ishikawa.</li> <li>• Multivoto.</li> <li>• Pareto.</li> <li>• Diagrama de relaciones.</li> <li>• DOE.</li> </ul>
<p>Proponer estrategias que minimicen el impacto de las causas raíz identificadas y, así, incrementar la eficiencia de las máquinas.</p>	<p>Eficiencia.</p>	<p>Eficiencia: “Relación entre los resultados logrados y los recursos empleados. Se mejora optimizando recursos y reduciendo tiempos desperdiciados por paros de equipo, falta de material, retrasos, etcétera” (Bernal, 2010, p. 7).</p>	<p>Se evalúan los resultados obtenidos para proponer mejoras al proceso Fill. También, controles para mantener el proceso estable a lo largo del tiempo, por medio de herramientas estandarizadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nueva toma de tiempos.</li> <li>• Indicador de eficiencia.</li> <li>• Diagrama de Gantt.</li> <li>• Estandarización.</li> <li>• Ficha técnica de los indicadores de calidad.</li> <li>• Análisis de costos.</li> <li>• FMEA con la propuesta.</li> <li>• ROI.</li> </ul>

Fuente: Autor, 2025.

## **3.5 INSTRUMENTOS**

### **3.5.1 Observación natural**

“La ciencia comienza con la observación y, finalmente, tiene que volver a ella para su validación final. En cualquier sector de la investigación científica, cabe la observación para descubrir y poner en evidencia las condiciones de los fenómenos” (Barrantes, 2014, p. 259).

Es una técnica que sirve para extraer información de manera concreta respecto a un fenómeno en estudio. En el proyecto esta herramienta se utiliza para distinguir los factores presentes durante el proceso de ensamblado de pines en las máquinas automatizadas XOLC.

### **3.5.2 Grupos focales (focus group)**

El grupo focal es una técnica de investigación cualitativa y consiste en una entrevista grupal dirigida por un moderador mediante un guion de temas o de entrevista. De esta forma, se busca la interacción entre los participantes como método para generar información en profundidad sobre lo que las personas opinan y hacen, al explorar los porqués y los cómo de sus opiniones y acciones. El grupo focal lo constituyen un número menor de participantes, un moderador y, si es posible, un observador (Prieto y March, 2002).

Por lo tanto, aplicar esta técnica sirve para obtener información de un tema específico. En este proyecto se utiliza en primera instancia para comprender mejor el entorno y el funcionamiento en el Área Micro, con el objetivo de planificar el proyecto y conocer cuáles son las partes interesadas.

### **3.5.3 Registros históricos**

El registro histórico contiene la información sobre la actividad operacional y realiza un seguimiento de las actividades de alto nivel como, por ejemplo, el inicio y la finalización de trabajos (IBM, 2023).

En el caso de este estudio, los registros históricos se toman del sistema SGN de la empresa Samtec, en el que se almacena toda la información del trabajo diario como

órdenes de producción procesadas, tiempo completado, tiempo de mantenimiento, *tickets* de mantenimiento, entre otros.

#### **3.5.4 Muestra**

“Es la parte de la población que se selecciona, de la cual realmente se obtiene la información para el desarrollo del estudio y sobre la cual se efectuarán la medición y la observación de las variables objeto de estudio” (Bernal, 2010, p. 161).

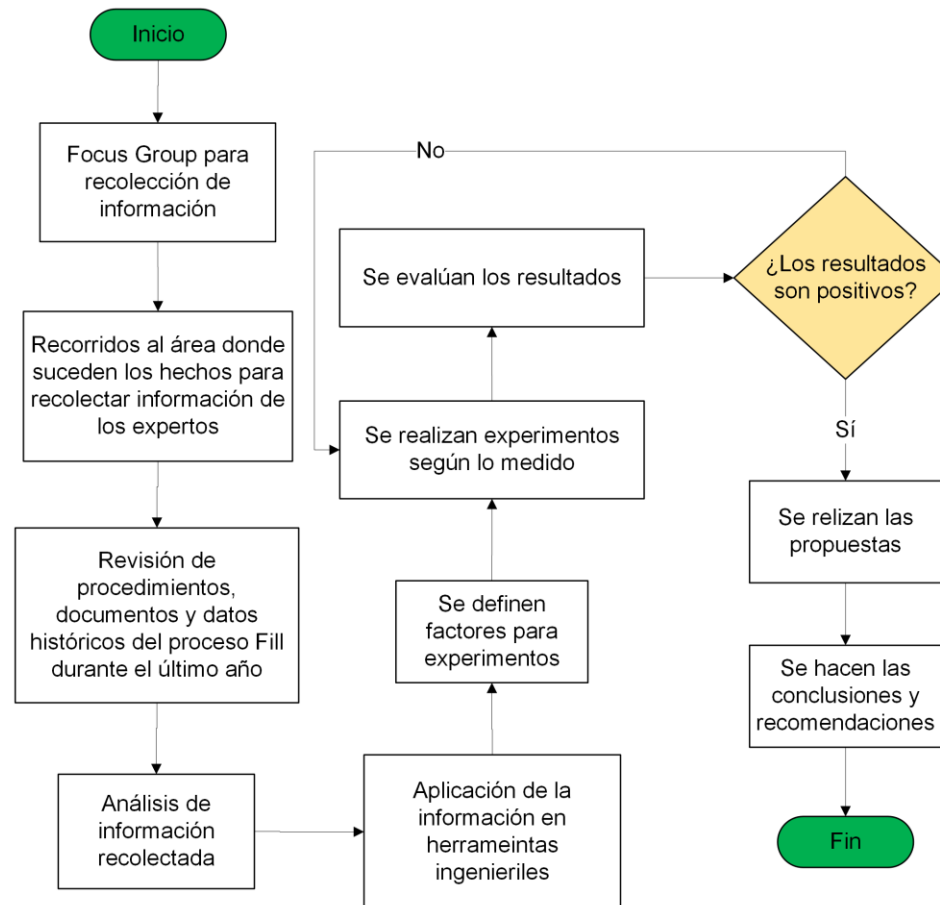
A efectos del estudio, se toma una muestra de las series de conectores que se procesan con más frecuencia en el Área Micro, pero también se consideran las partes con los tiempos más elevados en ajuste y mantenimiento, al buscarse representatividad, aunque sea en un pequeño porcentaje, de los conectores que provocan un mayor problema.

Además, la muestra se toma aleatoriamente de una manera estratificada, con el fin de establecer una frecuencia en la toma de tiempos de ensamblado y, así, incluir los factores más relevantes que influyen en una extensión del tiempo de ciclo y la producción de defectos. Esto se utiliza para crear gráficos de control estadístico y medir la estabilidad del proceso.

### 3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

A continuación, se detalla el paso a paso para la recolección y análisis de los datos en el presente estudio:

Figura 3.2: Diagrama de flujo para la recolección de datos



Fuente: Autor, 2025.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

El proyecto se lleva a cabo en la empresa Samtec, Costa Rica, y propone estandarizar el cálculo de la eficiencia del proceso Fill, el cual es automatizado, pero su tiempo de ciclo varía según el ajuste que le dan los técnicos bajo su propio criterio, lo que afecta la productividad de la empresa al no tenerse claro cuál es el tiempo de ciclo real.

De este modo, en este capítulo se aplican diversas herramientas ingenieriles conforme con el eje principal, que es la metodología DMAIC y el control estadístico de la calidad, para definir, medir y analizar la situación actual del proceso.

## **4.1 DEFINIR**

En la etapa “definir” se desarrollan las herramientas consideradas idóneas para revelar la situación actual de la empresa y, así, trazar la ruta hacia el objetivo general de la investigación. Por consiguiente, a continuación se detallan las herramientas seleccionadas para esta etapa.

### **4.1.1 Focus group**

El *focus group*, o grupo focal, es una herramienta utilizada para enfatizar uno o varios temas, los mismos son objeto de discusión en una reunión de la que son parte los actores principales de un proyecto y en la que se puede obtener una realimentación que conlleve a tomar acuerdos para conseguir un objetivo común.

En este proyecto, se realiza un *focus group online* con un moderador dual, ya que se solicita la ayuda del ingeniero de procesos para explicar el proyecto y la necesidad de ejecutarlo con la finalidad de mejorar la eficiencia del proceso Fill. Además, se incluye como moderador al autor de este estudio, quien se encarga de hacer las preguntas para adquirir el conocimiento del proceso.

Los pasos del *focus group* son los siguientes:

- Definir los participantes involucrados en el proyecto.
- Realizar la convocatoria de las partes interesadas en el proyecto.
- Definir los moderadores, que en este caso son el ingeniero de procesos que supervisa el proyecto y el investigador.
- Trazar claramente los objetivos de la reunión, a saber:

1. Informar que el proyecto se lleva a cabo en el Área Micro para lograr una colaboración y comunicación asertiva.
  2. Recolectar información relevante para aclarar la ruta que debe tomar el investigador y, así, seleccionar las herramientas ingenieriles más adecuadas según la investigación.
  3. Establecer acuerdos para la toma de datos en el campo.
- Efectuar la reunión de manera virtual, donde las partes interesadas respondan las preguntas de los moderadores y ellos tomen apuntes.
  - Intercambiar opiniones y establecer acuerdos para el desarrollo del proyecto.

Ahora bien, los participantes elegidos para el *focus group* son:

- **Ingenieros de procesos:** son los encargados de ejecutar proyectos similares que contribuyen a la consecución de la mejora continua en la empresa. Su experiencia y apoyo puede ser esencial para el éxito de este proyecto.
- **Supervisor de mantenimiento del Área de Automatización:** es el encargado junto a su equipo de velar por el buen funcionamiento y ajuste de los *set ups* de las máquinas en el Área Micro, por lo que es vital para entender el proceso. Además, se requiere su ayuda a la hora de realizar las variaciones de los parámetros para las pruebas que pueda necesitar el estudio.
- **Supervisores del Área Micro:** al ser los encargados de la producción en el área, es fundamental su compromiso y apoyo durante el desarrollo del estudio, aún más al comprender que el éxito de este trae beneficios al equipo. Su ayuda con cualquier situación de duda puede ser clave al ser los expertos del área junto con su personal.

Seguidamente, se presenta la minuta elaborada durante el *focus group*:

Tabla 4.1: Minuta del focus group para el inicio del estudio

MINUTA DE REUNIÓN			
<b>Hora programada</b>	<b>10:00 AM</b>	<b>Numero de junta</b>	<b>1</b>
<b>Hora de inicio</b>	<b>10:05 AM</b>	<b>Fecha</b>	<b>29/11/2024</b>
<b>Hora de cierre</b>	<b>11:30 AM</b>	<b>Lugar</b>	<b>Microsoft Teams</b>
<b>Tema de la junta</b>			
Propuesta de estandarización mediante la metodología DMAIC y Control Estadístico de la Calidad, para el cálculo de la eficiencia del proceso Fill en el área Micro de la empresa Samtec			
<b>Objetivos</b>			
1-Dar a conocer la puesta en marcha del proyecto para que las partes interesadas colaboren en la ejecución de las actividades programadas.			
2-Entender el problema desde el punto de vista de los stakeholders, recolectando información útil para el desarrollo del proyecto.			
3-Solicitar espacios donde se realizarán visitas al área de máquinas para recolectar información.			
<b>Participantes</b>		<b>Agenda</b>	
<b>Puesto en la empresa</b>	<b>Asistió</b>	<b>Numero</b>	<b>Tema</b>
Ingeniero de Procesos	Sí	1	Presentación con los involucrados
Ingeniero de Procesos	Sí	2	Explicar objetivo del proyecto
Supervisor de mantenimiento del área de	Sí	3	Asignación de roles en el proyecto
Supervisora del área micro, turno A	Sí	4	Acuerdos para poder visitar el área de máquina
Supervisor del área micro, turno B	Sí	5	Preguntas sobre funcionamiento de las máquinas y los problemas que se presentan en el proceso
Supervisor del área micro, turno C	Sí		
<b>Acuerdos</b>			
<b>Tema</b>	<b>Fecha</b>	<b>Acuerdo</b>	<b>Responsables</b>
Recolectar información en el área de máquinas	30/11/2024	Se observará el proceso y se harán preguntas a los operarios e involucrados durante el turno de la mañana	Investigador
Compartir datos históricos del proceso de ensamblado de pines	12/02/2024	Se filtrarán datos históricos del último año reportado y se compartirán al investigador	Supervisor del área Micro
Compartir datos históricos sobre los tickets de mantenimiento	12/02/2024	Se filtrarán datos históricos del último año reportado y se compartirán al investigador para conocer los tiempos de ajuste reportados	Supervisor de mantenimiento
Análisis de la información recolectada	12/06/2024	Se definirán las variables de estudio para coordinar con Programación de Producción la viabilidad	Investigador
Recolección de datos de tiempos de ciclo	16/12/2024	Se harán visitas al área durante turno A y parte del B, se debe considerar hacer las tomas de tiempos a las partes cuyo proceso este programado para no afectar la producción, se solicitará ayuda a los operarios para recolectar información faltante.	Investigador, Supervisores del área Micro
Apoyo durante las pruebas	A partir de 2/1/2025	Acompañar en el momento de realizar las pruebas en máquina para variar parámetros	Supervisor de mantenimiento
Supervisión del proyecto	***	Estar pendiente en caso de necesitar apoyo con dudas relacionadas al proyecto.	Ingenieros de procesos
Siguiente reunión	02/03/2025	Discutir los avances y expectativas del proyecto, sala por definir a las 10:00 am	Todos
<b>Comentarios y observaciones</b>			
Los acuerdos establecidos no limitan la ayuda que se pueda brindar para el desarrollo del proyecto, los participantes de la reunión quedan atentos ante cualquier duda o consulta por parte del investigador para velar por el cumplimiento del objetivo.			

Fuente: Autor, 2025.

Entre los aspectos por destacar de este *focus group*, están:

- Se definen las partes interesadas, quienes colaboran durante el desarrollo del estudio.
- Se debe tomar información del sistema de la empresa SGN, donde se encuentran tanto datos de las actividades diarias de producción como información de las partes procesadas, *scrap*, tiempos, órdenes completadas, órdenes pendientes y que se deben correr.
- Antes de ir al Área de Producción, se consulta en el sistema la aplicación Shop Floor Control, Scheduling Dashboard, con el fin de conocer previamente las partes que se están corriendo.
- El investigador debe consultar con la supervisión de la producción sobre las partes que se estén produciendo en el área, con el propósito de que ellos elijan a los operarios más aptos para este fin.
- Se toma como insumo lo conversado para llevar a cabo un análisis FODA.

#### **4.1.2 FODA**

Esta herramienta evalúa de manera cualitativa aspectos internos (fortalezas y debilidades) y externos (oportunidades y amenazas) que pueden influir en el desarrollo del proceso en estudio y el desempeño de la empresa.

Para realizar esta herramienta, se toma parte de la información obtenida durante el *focus group*, además de la opinión de los operarios de producción por medio de un tipo de lluvia de ideas acerca de lo que consideran son fortalezas y debilidades de su equipo; esto es parte de los aspectos internos de la empresa.

En cuanto a los aspectos externos, se toma en cuenta todo lo que envuelve al proceso desde afuera de la compañía y que puede afectar al proceso Fill del Área Micro. Por lo tanto, se busca ayuda de los encargados de suministrar los componentes necesarios para ejecutar el proceso, quienes son los materialistas. Ellos permiten ingresar cada orden a producción con la debida aprobación del supervisor de producción.

A continuación, se aprecia el FODA de la empresa Samtec con respecto al proceso Fill del Área Micro:

Figura 4.1: Análisis FODA



Fuente: Autor, 2025.

Seguidamente, se explican los aspectos mencionados en la figura 4.1:

### Fortalezas

- **Experiencia y liderazgo del personal:** se identifica experiencia y conocimiento del proceso en algunos operarios, quienes utilizan una identificación de color verde, ellos desarrollan una figura de liderazgo dentro del área y ayudan a los demás si es necesario.
- **Buen ambiente laboral:** Samtec se caracteriza por un buen ambiente laboral debido a su política de puertas abiertas; al respecto, todos tienen derechos por igual y merecen ser tratados con respeto. Esta práctica fue promovida por su fundador Sam Shine y replicada por su hijo y actual dueño de Samtec John Shine.

Hay incentivos por igual y se enfoca en hacer sentir parte de la compañía al socio colaborador (como se le nombra).

- **Procesamiento expedito de la producción:** uno de los valores de Samtec es el servicio al cliente. En cuanto a esto, se pretende brindar un servicio rápido y de calidad. En un mundo tan globalizado donde la competencia es intensa en los mercados de manufactura, Samtec compite al ofrecer una respuesta inmediata ante la necesidad de sus clientes, lo que también es favorecido al manejar poco inventario y manejar un flujo dinámico del trabajo.

### Debilidades

- **Inexperiencia de una parte del personal:** es positivo cuando la demanda de los productos aumenta, pero para una parte de los colaboradores es una etapa de aprendizaje y adaptación, incluso el proceso puede variar de uno a otro individuo. Con relación a lo expuesto, en este momento se detecta gran cantidad de personal que no supera el año de trabajar en Samtec.
- **Se depende del Área de Mantenimiento para realizar ajustes:** el personal técnico de mantenimiento se encarga del *set up* de la máquina y, si se presenta algún problema que el operario no está capacitado para resolver, ellos deben intervenir, lo que puede provocar paros prolongados en las máquinas.
- **Cuellos de botella:** existen números de parte considerados cuellos de botella al necesitar constantes ajustes de los técnicos, por lo que se originan problemas durante el ciclo. Los problemas varían, pero se identifican en partes largas, pines muy finos o de formas complejas.

### Oportunidades

- **Expansión de sus productos en el mercado:** a lo largo de los años, Samtec se ha mantenido como un proveedor de soluciones tecnológicas para sus clientes, esto le ha permitido seguir vigente. Además, continúa siendo un reto que se puede explotar al incursionar y explorar nuevos componentes de vanguardia.
- **Personal con experiencia disponible en el mercado laboral:** debido a lo que genera el mercado de la electrónica actualmente, se puede reclutar personal

capacitado al hacer un filtro en su selección. Samtec saca provecho de esto y puede explotarlo aún más con los recursos necesarios.

- **Adquirir mejor tecnología:** siempre se puede estar más a la vanguardia de lo que ofrece el mercado y esa es una búsqueda constante para agilizar los procesos y mantenerse vigente en un mercado competitivo.

## **Amenazas**

- **Desactualización de los productos en el mercado:** así como se puede estar a la vanguardia en tecnología, también es una amenaza entrar en una zona de confort en la cual no se exploren nuevas tecnologías y los productos queden descontinuados.
- **Escasez de materia prima:** en un mercado activo a nivel mundial siempre existe este riesgo. Factores externos como guerras, pandemias o desastres naturales pueden desabastecer a los proveedores o cortar las vías de exportación.
- **Competencia con otras empresas y con otras sedes de Samtec alrededor del mundo:** la competencia es positiva, pero por otra parte puede ser una amenaza en una lucha por ser el mejor proveedor de su línea de productos. De igual forma, en el Área Micro Costa Rica se puede considerar como una amenaza que otra sede de Samtec sea más productiva y se quede con el derecho de producir cierta serie de conectores con base en una decisión de la gerencia.

### **4.1.3 Matriz de estrategias FODA**

La matriz de estrategias FODA es el complemento del análisis FODA ya que toma esa información para crear una respuesta ante los factores presentados, de manera que las fortalezas sirvan para aprovechar las oportunidades y, a la vez, para mitigar las amenazas. Por otro lado, se toman las debilidades para convertirlas en una oportunidad de mejora y pensar en prácticas que fortalezcan los puntos débiles de modo que puedan repeler futuras amenazas.

La forma de elaborar esta matriz de estrategias se basa en responder cuatro preguntas utilizando los factores identificados en el análisis FODA:

1. ¿Cómo usar las fortalezas para aprovechar las oportunidades?

2. ¿Cómo utilizar las fortalezas para mitigar posibles amenazas?
3. ¿Cómo se pueden convertir las debilidades en oportunidades de mejora?
4. ¿Cómo enfocarse en los puntos débiles para fortalecerlos y, así, reducir las amenazas?

Al responder las anteriores preguntas, se obtiene el siguiente diagrama:

Tabla 4.2: Matriz de estrategias FODA

	Oportunidades	Amenazas
Fortalezas	<p><b>FO1.</b>Se debe promover la permanencia del personal experimentado ya que ellos son los encargados de cumplir con las metas de la producción. Los colaboradores motivados por un buen ambiente laboral se sienten parte de la causa de la empresa y ayudan a que los proyectos sean una realidad como por ejemplo la expansión hacia nuevos productos.</p> <p><b>FO2.</b>Adquirir nuevas tecnologías motiva al personal y aumenta la capacidad de la producción.</p>	<p><b>FA1.</b>Mantener al equipo de ingeniería de nuevos productos enfocado en la búsqueda para la implementación de tecnologías avanzadas.</p> <p><b>FA2.</b>Manejar varias opciones de proveedores de materia prima alrededor del mundo con ubicaciones estratégicas de manera que no se genere dependencia de unos pocos y contar con planes de contingencia incluido abastecerse a sí mismo entre las mismas sedes de Samtec.</p> <p><b>FA3.</b>Mantener una meta de productividad competitiva trabajando con incentivos y con los valores de la empresa como pilares para hacer que la localidad de Costa Rica continúe siendo rentable.</p>
Debilidades	<p><b>DO1.</b>La inexperiencia del personal puede ser tomada como una oportunidad para formar a los colaboradores de acuerdo con las necesidades del negocio, apegados a la eficiencia y a los valores de la empresa.</p> <p><b>DO2.</b>Retomar entrenamientos donde se enseñaba a los operarios a saber que hacer ante situaciones que ellos mismos pueden solucionar sin ayuda de un técnico.</p> <p><b>DO3.</b>Los estudios como este pueden ser una opción para eliminar cuellos de botella y mejorar la productividad.</p>	<p><b>DA1.</b>Apoyar los proyectos de este tipo que a largo o mediano plazo pueden generar un ahorro significativo de recursos donde la empresa pueda continuar siendo competitiva en el mercado.</p> <p><b>DA2.</b>Dar oportunidad al personal de desarrollar sus talentos dentro de la compañía para poder contar con personal de experiencia que se sienta comprometido con los objetivos planteados por gerencia.</p> <p><b>DA3.</b>Actualizar los procesos constantemente de acuerdo con la tecnología adquirida por la empresa para sacar el máximo provecho de ella.</p>

Fuente: Autor, 2025.

Ahora se procede a detallar el resultado de la matriz de estrategias FODA según lo explicado anteriormente:

### Fortalezas/oportunidades (FO)

De acuerdo con la pregunta #1, el personal es de los activos más importantes de la empresa y su desarrollo en cada área es fundamental para obtener buenos resultados. Por lo tanto, las fortalezas en ese aspecto son un factor determinante para aprovechar

las oportunidades de aumentar el tipo de productos fabricados en la empresa y adquirir nueva tecnología porque los colaboradores pueden llegar a ser expertos en su manipulación al ser capacitados para ofrecer lo que se conoce como un servicio repentino o *sudden service*.

### **Fortalezas/amenazas (FA)**

En cuanto a la pregunta #2, correspondiente a que las fortalezas son capaces de mitigar las posibles amenazas, el personal también juega un papel significativo pues la motivación junto con la experiencia y un buen liderazgo reducen el riesgo de que otra compañía desplace a Samtec como uno de los principales proveedores de soluciones de conexión y señal en el mundo gracias a sus productos. Lo anterior siempre y cuando esté acompañado de capacitación constante y una buena planeación de la producción según el flujo de trabajo que es expedito.

### **Debilidades/oportunidades (DO)**

La pregunta #3 brinda como resultado una perspectiva diferente ante las debilidades, porque las toma y busca soluciones para fortalecer esos aspectos. Al respecto, se puede decidir por formar a los colaboradores con una conducta enfocada a la productividad y mejora continua. Asimismo, retomar actividades que se hacían con anterioridad y arrojaban resultados positivos, por ejemplo, las capacitaciones de resolución de problemas en la máquina. Finalmente, la identificación de los cuellos de botella es esencial para reducir costos y aumentar la productividad.

### **Debilidades/amenazas (DA)**

Referente a la pregunta #4, se concluye que la empresa debe enfocarse en promover la optimización de procesos por medio de personal capacitado capaz de hacer frente a las amenazas, quienes deben obtener resultados a pesar de la escasez de recursos y prestar atención a los problemas que parecen pequeños, pero que en el largo plazo pueden generar grandes pérdidas.

En relación con lo expuesto, las estrategias que se adaptan al desarrollo del estudio son:

- **Debilidades/oportunidades (DO):** este tipo de estudios es importante para alcanzar un máximo de eficiencia con el objetivo de ser más competitivos. Es vital reconocer las debilidades para crear medidas que permitan el avance de la empresa hacia un sistema más robusto y estable.
- **Debilidades/amenazas (DA):** se trata de la mejora continua que busca la empresa Samtec, por lo cual los estudios para la mejora y estandarización de procesos contribuyen de gran manera.

#### **4.1.4 Análisis de stakeholders**

Esta herramienta se utiliza para identificar el grado de involucramiento de las partes interesadas en un proyecto, con el fin de comprender mejor las necesidades de cada actor y lograr que el proceso fluya de mejor forma mediante el conocimiento de las funciones de cada uno y una buena comunicación.

Para la implementación de este análisis de *stakeholders*, se consulta directamente con los ingenieros de procesos, que son los involucrados y a quienes se les puede solicitar ayuda en cada área. En un inicio, los representantes de las áreas se convocan al *focus group*, pero ahora la relevancia de cada uno para este proyecto se define por área.

Seguidamente, se aprecia el diagrama del análisis de *stakeholders*:

Figura 4.2: Análisis de stakeholders



Fuente: Autor, 2025.

En la figura 4.2 se mencionan las partes interesadas que participan en el proceso Fill, estas se dividen en *stakeholders* internos y *stakeholders* externos, y se explican a continuación:

### Stakeholders internos

- **Gerencia:** representa a la organización ante clientes, proveedores, accionistas, autoridades reguladoras y otros actores externos. Esto conlleva a establecer y mantener relaciones sólidas, participar en negociaciones y colaborar con otras organizaciones para promover los intereses y objetivos de la empresa. Además, supervisa y controla el desempeño de la empresa.
- **Ingeniería:** en general el Área de Ingeniería se encarga de diseñar, mejorar y optimizar los procesos de producción y fabricación de la empresa. Es el área responsable de llevar a cabo este tipo de estudios.

- **Mantenimiento:** es el departamento responsable de garantizar el funcionamiento continuo y confiable de los equipos durante el proceso de fabricación, en este caso las máquinas del Área Micro.
- **Producción:** el Área de Producción para el proceso Fill es el Área Micro, la cual se encarga de planificar, controlar y supervisar el proceso de fabricación de conectores eléctricos.

### Stakeholders externos

- **Accionistas e inversores:** son aquellos que han invertido en Samtec y tienen un interés financiero en el éxito del proceso Fill en el Área Micro. Su objetivo es obtener un retorno de su inversión por medio del desempeño financiero de la empresa.
- **Gobiernos y reguladores:** los organismos gubernamentales y reguladores pueden estar involucrados en el proceso Fill en el Área Micro para garantizar el cumplimiento de las leyes y regulaciones aplicables en términos de seguridad, calidad y protección del medio ambiente.
- **Proveedores:** son aquellos que suministran los materiales y componentes necesarios para llevar a cabo el proceso Fill en el Área Micro. Estos pueden ser tanto proveedores de materia prima como proveedores de equipos o herramientas utilizados en el proceso.
- **Clientes:** los clientes son quienes adquieren los productos o servicios resultantes del proceso Fill en el Área Micro. Pueden ser empresas o individuos que utilizan los componentes o productos fabricados por Samtec en sus propias aplicaciones o productos finales.

Seguidamente, se expone la siguiente matriz de *stakeholders* en la que se detalla el impacto y la influencia de cada uno en el proyecto.

Tabla 4.3: Matriz de stakeholders

<b>Stakeholder</b>	<b>Procesos que intervienen</b>	<b>Necesidades</b>	<b>Expectativas</b>	<b>Cómo afecta al proyecto</b>	<b>IMP</b>	<b>INF</b>	<b>Manejo</b>
<b>Gerencia</b>	Aprobación de presupuesto para proyectos	Aprobar presupuesto para el proyecto	Acoger positivamente el proyecto y agilizar su aprobación	Indiferencia por no entender el proyecto o por no considerarlo necesario	5	6	Presentar el proyecto de forma clara y detallar los beneficios adquiridos si se implementa
<b>Ingeniería</b>	Creación e implementación de procesos	Avalar propuesta y estandarizar parámetros, ejecutar herramientas según conocimiento	Ver de forma positiva la implementación de parámetros estándar y ayudar en el proceso	Falta de estudios previos relacionados a la inestabilidad del proceso Fill	8	9	Involucramiento durante la ejecución del proyecto y reuniones para informar avances
<b>Mantenimiento</b>	Set up de las máquinas y asistencia ante cualquier ajuste necesario durante el proceso Fill	Realizar set up y ajustes de forma correcta y eficiente	Realizar el set up y ajustes según el procedimiento para no afectar la eficiencia	Mal ajuste de las máquinas y altos tiempos de trabajo debido a la utilización de parámetros erróneos	10	9	Comunicación constante para hacer saber de que el proyecto traerá beneficios a su departamento, solicitar su cooperación durante las pruebas

<b>Producción</b>	Ejecutan el proceso Fill junto con la inspección requerida	Utilizar las máquinas de manera eficiente para completar los pedidos de los clientes en las fechas establecidas	Acoger de manera positiva una mejora en la eficiencia de las máquinas donde no se necesite requerir la ayuda de mantenimiento constantemente	Mala manipulación de las máquinas, no reportar problemas debido a desconocimiento del proceso, alto scrap	10	10	Comunicación constante e involucramiento
<b>Clientes</b>	Reciben el producto final y aprueban la calidad del producto	Satisfacer sus necesidades y cumplir con sus fechas de entrega	Lograr una mejora en la eficiencia del proceso Fill para cumplir con las necesidades del cliente	Se queja por incumplimiento de la calidad del producto y por incumplir fechas de entrega	4	6	Mantener su credibilidad
<b>Proveedores</b>	Proveen la materia prima necesaria para realizar el proceso	Agilizar la llegada de la materia prima	Cumplir con fechas de entrega del material y mantener el abastecimiento de este	Incumplimiento de fechas de entrega, material dañado, desabastecimiento	10	4	Constante comunicación y promover mejores prácticas de almacenamiento y traslado del material de ser necesario
<b>Gobiernos y reguladores</b>	Aprobación y liberación de las exportaciones	Ágil liberación de las exportaciones	Promover un mercado ágil y regulado	Procesos largos e innecesarios que ralentizan la comercialización	4	4	Estar atentos ante cualquier cambio regulatorio y nuevos requisitos

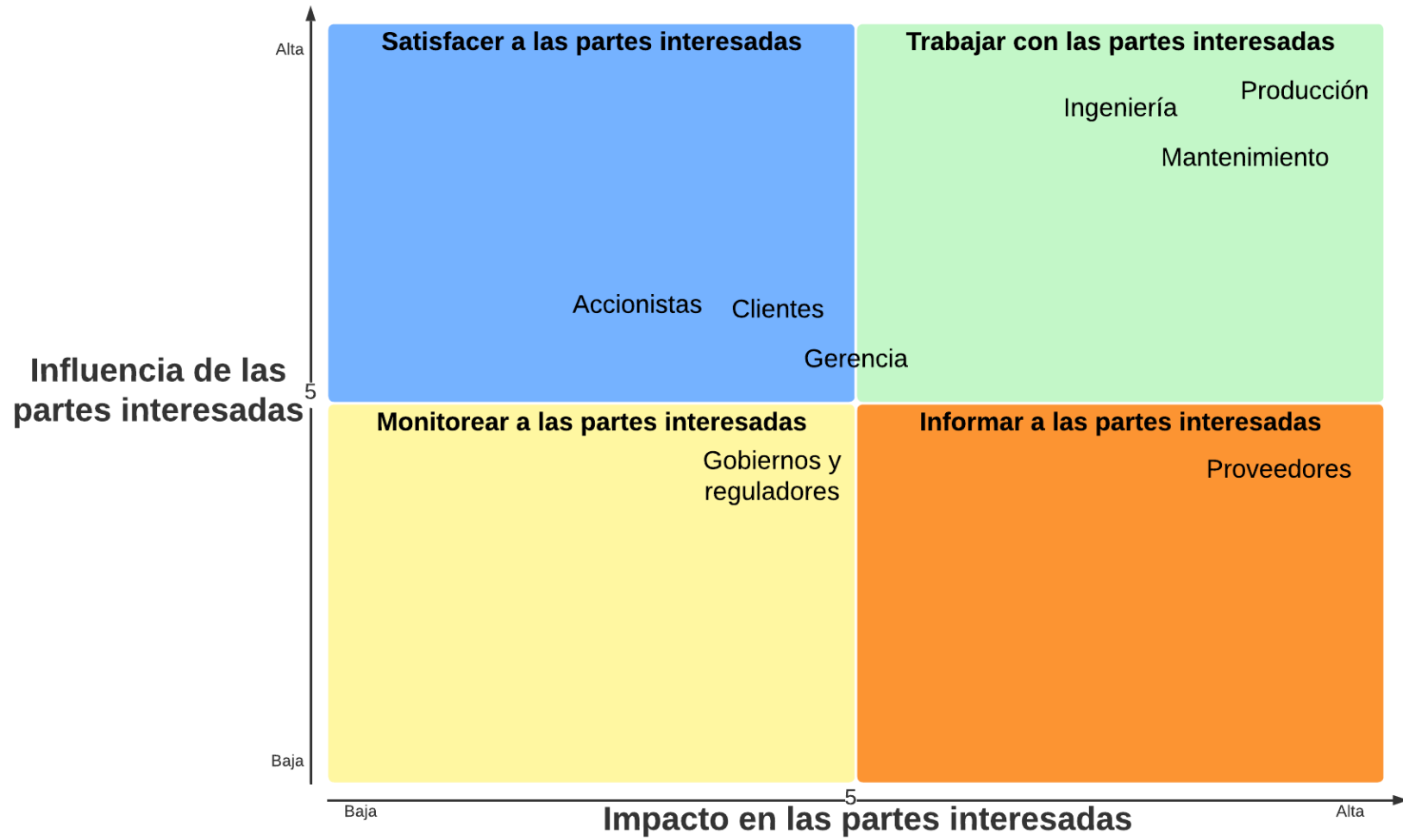
<b>Accionistas</b>	Aportan el capital para nuevos proyectos	Tener presupuesto disponible para realizar proyectos	Abrir nuevos presupuestos gracias a buenos resultados con el proyecto, escuchar y tener mente abierta ante la propuesta	Falta de presupuesto para implementar proyectos	4	6	Analizar factibilidad y rentabilidad del proyecto con gerencia para presentar resultados a los accionistas
--------------------	--	--	---	---	---	---	--

Fuente: Autor, 2025.

Con base en la tabla anterior, se clasifican las partes interesadas según su papel en el proyecto. Al respecto, se les otorga un nivel de impacto y uno de influencia directa, lo que se considera al realizar las acciones necesarias durante el desarrollo de las propuestas para la mejora y estandarización de los parámetros en el proceso Fill.

El siguiente diagrama brinda una representación gráfica de la anterior clasificación, en este se destaca el manejo de cada parte interesada durante la ejecución del estudio:

Figura 4.3: Análisis de stakeholders



Fuente: Autor, 2025.

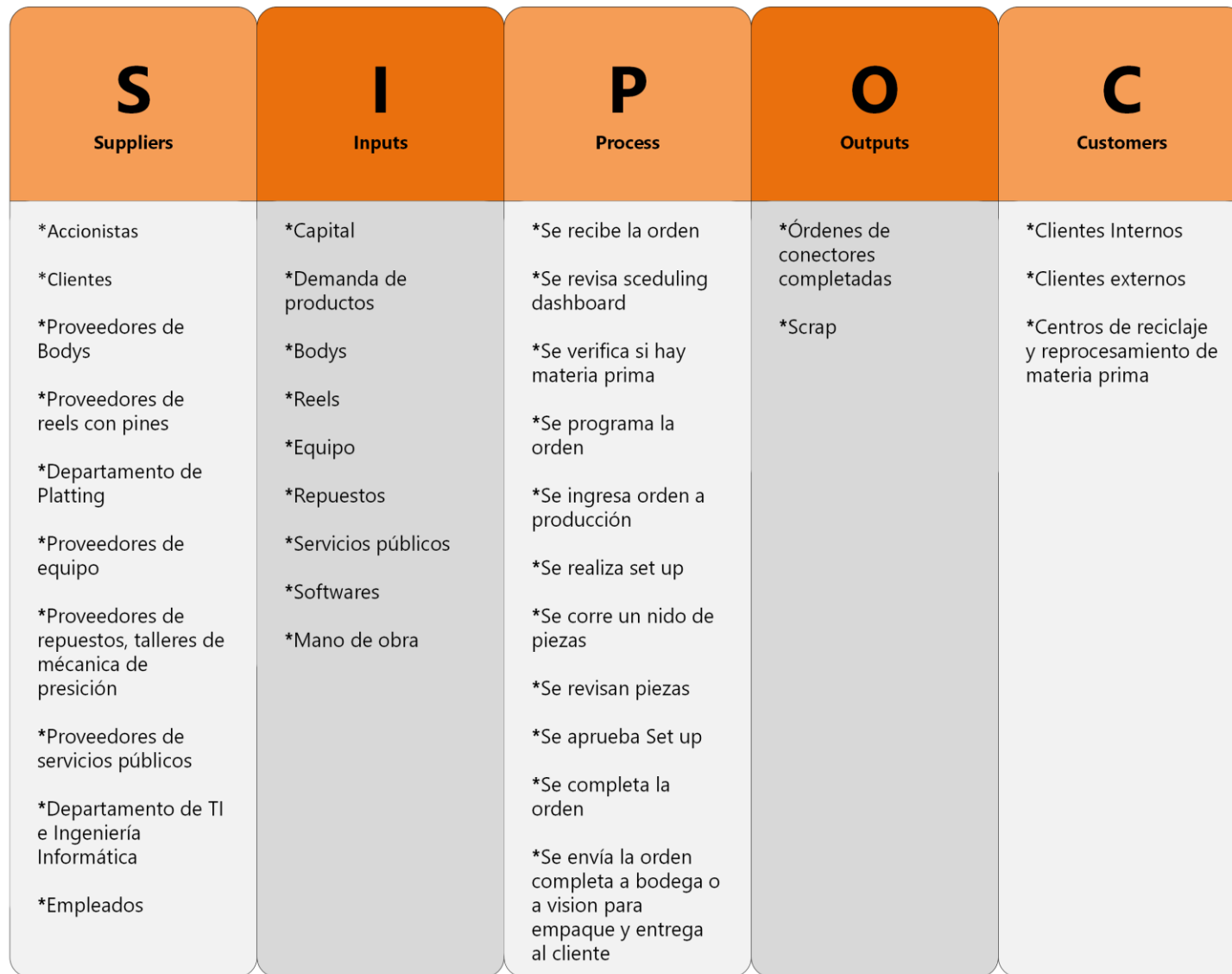
Según la figura 4.3, se debe hacer un trabajo directo con las partes de Ingeniería, Producción y Mantenimiento. Por otro lado, Gerencia se ubica en medio, lo cual significa que se debe trabajar con esta, pero de una manera no tan directa. Luego se encuentran los clientes y los accionistas que se deben mantener satisfechos. Asimismo, los Gobiernos y reguladores se deben mantener en un constante monitoreo para identificar modificaciones que afecten al negocio. Por último, los proveedores deben mantenerse informados para cumplir con las expectativas del material requerido.

#### **4.1.5 Diagrama SIPOC**

El diagrama SIPOC sirve para visualizar los elementos clave de un proceso, lo que es necesario con el propósito de comprender el funcionamiento de este para identificar oportunidades de mejora.

Para la realización de este diagrama, se toma como referencia información recolectada con los supervisores de producción, a quienes se les efectúan las preguntas necesarias. También se consultan documentos de la empresa que son confidenciales, pero permiten obtener una idea clara de los elementos que participan en cada etapa.

Figura 4.4: Diagrama SIPOC



Fuente: Autor, 2025.

A partir de la información mostrada en la figura 4.4, se determinan los elementos de mayor relevancia para el proceso Fill del Área Micro de la empresa Samtec, los cuales se explican a continuación:

### **Suppliers (proveedores)**

Estos son los proveedores de los principales elementos requeridos para obtener el producto. En Samtec se identifican los siguientes:

- **Accionistas:** se consideran un proveedor porque hacen el aporte económico para que toda la operación sea posible.
- **Clientes:** crean la demanda de los productos, por lo que se califican como los proveedores de esa necesidad y, por ello, existe el negocio.
- **Proveedores de *bodies*:** Samtec adquiere este elemento con proveedores de moldes de inyección de plástico. Este contiene los pines que transmiten la señal de los conectores y proporciona estabilidad, resistencia mecánica y protección contra factores ambientales como la humedad, polvo, golpes, entre otros.
- **Proveedores de *reels*:** los *reels* son una especie de rueda en la que está enrollado el material utilizado en las máquinas para el ensamblado de pines. Samtec trabaja con distintos proveedores de componentes electrónicos según las necesidades para cada parte que se requiera fabricar. Samtec también procesa algunos tipos de pines en otras instalaciones alrededor del mundo.
- **Departamento de Plating:** este es un proveedor interno de la empresa que se encarga de colocar el revestimiento requerido, a saber, oro, estaño, bronce, entre otros. Esto se hace en caso de que el *reel* lo necesite, pero no lo posea.
- **Proveedores de equipo:** estos son los proveedores del equipo y herramientas necesarias para desarrollar el proceso como, por ejemplo: microscopios, máquinas, artículos de oficina, computadoras, *tablets*, entre otros.
- **Proveedores de repuestos:** todas las máquinas requieren de un mantenimiento, por lo que en Samtec las máquinas XOLC y CSD lo reciben por medio de talleres de mecánica de precisión para reemplazar piezas que ya cumplieron con su vida útil y deben reemplazarse.

- **Proveedores de servicios públicos:** como toda operación, se requieren servicios básicos de electricidad, agua e internet, los cuales son recursos esenciales para llevar a cabo el proceso. La Municipalidad de Alajuela y el ICE son los proveedores de Samtec Costa Rica.
- **Departamentos de TI (Tecnologías de la Información) e Ingeniería Informática:** Es el encargado de velar porque los sistemas de Samtec mantengan un buen funcionamiento. En cuanto al proceso Fill, esto es necesario para controlar el flujo de las materias primas, consultar la disponibilidad de materiales, revisar los *due dates* de las órdenes de producción y, por lo general, llevar el registro de todo el proceso; por ejemplo, los datos históricos recolectados para el estudio son gracias a esos sistemas.
- **Empleados:** se considera uno de los principales proveedores, ya que sin su mano de obra toda la operación no sería posible. Aquí se incluye al Departamento de Ingeniería que provee el diseño de los procesos.

### Inputs (entradas)

Son las entradas o recursos adquiridos por parte de los proveedores y necesarios para el proceso.

- **Capital:** es el dinero aportado por los accionistas para el desarrollo del proceso Fill; por ejemplo, con este se aumenta el presupuesto para los proyectos de productos nuevos.
- **Demanda de productos:** esta entrada existe debido a la necesidad creada por parte del cliente en adquirir conectores para diversos usos tecnológicos.
- **Bodies:** son los cuerpos plásticos que contienen y protegen los pines de los conectores, capaces de transmitir la señal.
- **Reels:** es la materia prima que contiene los pines por insertar en el *body*. Consiste en una cinta metálica con un troquelado usado para procesar los pines en las máquinas mediante un tipo de embobinado que al girar va liberando los pines que son insertados y desechando el sobrante o *carrier*.

- **Equipo:** son los instrumentos y máquinas requeridos para el proceso Fill, como equipo de cómputo, materiales de oficina, instrumentos de medición, microscopios, MicroVU y maquinaria.
- **Repuestos:** partes o piezas de las máquinas que deben ser reemplazadas y son construidas por el proveedor.
- **Servicios públicos:** recursos esenciales de agua, electricidad, telecomunicaciones e internet.
- **Softwares:** sistemas y aplicaciones que desarrolla Ingeniería junto con el Departamento de TI.
- **Mano de obra:** ejecución de los procesos de manufactura e ingeniería por parte del personal.

### **Process (proceso)**

Corresponde a la elaboración del producto, desde el inicio que se toma la materia prima hasta el final cuando se empaqueta el producto para entregárselo al cliente.

- **Se recibe la orden:** el cliente hace la orden de conectores y los encargados ingresan el número de orden con los detalles específicos para la visualización de la producción.
- **Se revisa Scheduling Dashboard:** es un sistema de producción que se encuentra en la aplicación Shop Floor Control, en el cual se visualizan las órdenes abiertas que cuentan con un *due date* o fecha de entrega programada.
- **Se verifica si hay materia prima:** los materialistas corroboran que los componentes requeridos para la orden estén disponibles; si no es así, debe reprogramarse la orden para solicitar el material al proveedor, ya sea interno o externo a la empresa.
- **Se programa la orden:** el materialista da luz verde a que esa orden se procese y el supervisor de producción programa la orden para correrla en la máquina.
- **Se ingresa la orden a producción:** se imprime el documento llamado La Shop, donde está la información que necesita el operario para correr la orden y se alista la máquina en la cual se trabaja solicitando el *reel* y los *bodies*.

- **Se realiza el *set up* de la máquina:** se solicita a Mantenimiento un *ticket* para *set up*, con este se prepara la máquina para correr el tipo de pieza indicado en La Shop. El técnico debe seguir un procedimiento de la empresa específico y bien detallado con su paso a paso para el *set up*.
- **Se corre un nido de piezas:** el operario carga el *reel* en la máquina. El nido es el *fixture* donde se colocan los *bodies* vacíos para que los pines sean ensamblados en la máquina. El operario activa la máquina con un botón de inicio de ciclo y el nido se mueve con velocidad hacia la mordaza que contiene el *carrier* con los pines.
- **Se revisan las piezas:** se revisa el conector según el procedimiento para avalar que se cumple con las especificaciones.
- **Se aprueba el *set up*:** si el resultado de la inspección es positivo, se procede a iniciar con la producción de la orden completa, de lo contrario se debe revisar el *set up* y ajustar.
- **Se completa la orden:** luego de aprobar el *set up*, se corren las partes necesarias para completar la orden, algunas se empacan en bandejas durante el proceso.
- **Se envía la orden completa a Bodega o a Vision para su empaque y entrega al cliente:** al completar la orden, si lo requiere esta se pasa a Vision para que los conectores sean inspeccionados por su sistema, en el que unas cámaras inspeccionan las partes al 100 % y al mismo tiempo se empacan, ya sea en bandeja o en empaque *tape & reel*; si esto no corresponde, las partes van directamente a bodega.

### Outputs (salidas)

Se refiere a las salidas, o sea, el resultado del tratamiento de la materia prima para convertirse en el producto final.

- **Órdenes de conectores completadas:** son las órdenes de conectores que ya se procesaron y se encuentran listas para entregárselas al cliente.
- **Scrap:** son las partes que no cumplen con las especificaciones, por esto se tratan de otra manera. Al respecto, estas se colocan en recipientes identificados que se envían para reciclarse.

## Costumers (clientes)

- **Clientes internos:** son los departamentos que necesitan el producto procesado en el Área Micro para realizarle un proceso posterior, también pueden considerarse otras instalaciones de Samtec en el mundo.
- **Clientes externos:** son los clientes que compran y utilizan el producto para su propia finalidad, a saber, integrarlo a sus sistemas y artefactos tecnológicos.
- **Centros de reciclaje y reprocesamiento de materia prima:** son las empresas que reciben el *scrap* para reutilizarlo y, así, contribuir con la sostenibilidad del planeta.

El diagrama SIPOC es útil para comprender a profundidad el proceso Fill y, de este modo, obtener un criterio fundamentado con la intención de efectuar mejoras y anotaciones durante el desarrollo del estudio.

### 4.1.6 Árbol de CTQ

A continuación, se expone un árbol de CTQ, herramienta útil para comprender lo que en realidad es relevante para el cliente con relación al producto ofrecido por Samtec, el cual en este caso son los conectores eléctricos.

Referente al desarrollo de esta herramienta, se emplea el instrumento de la observación y se determina que los operarios son muy cuidadosos a la hora de manipular los conectores, además se dirigen cada cierto tiempo al microscopio para realizar mediciones y una inspección visual.

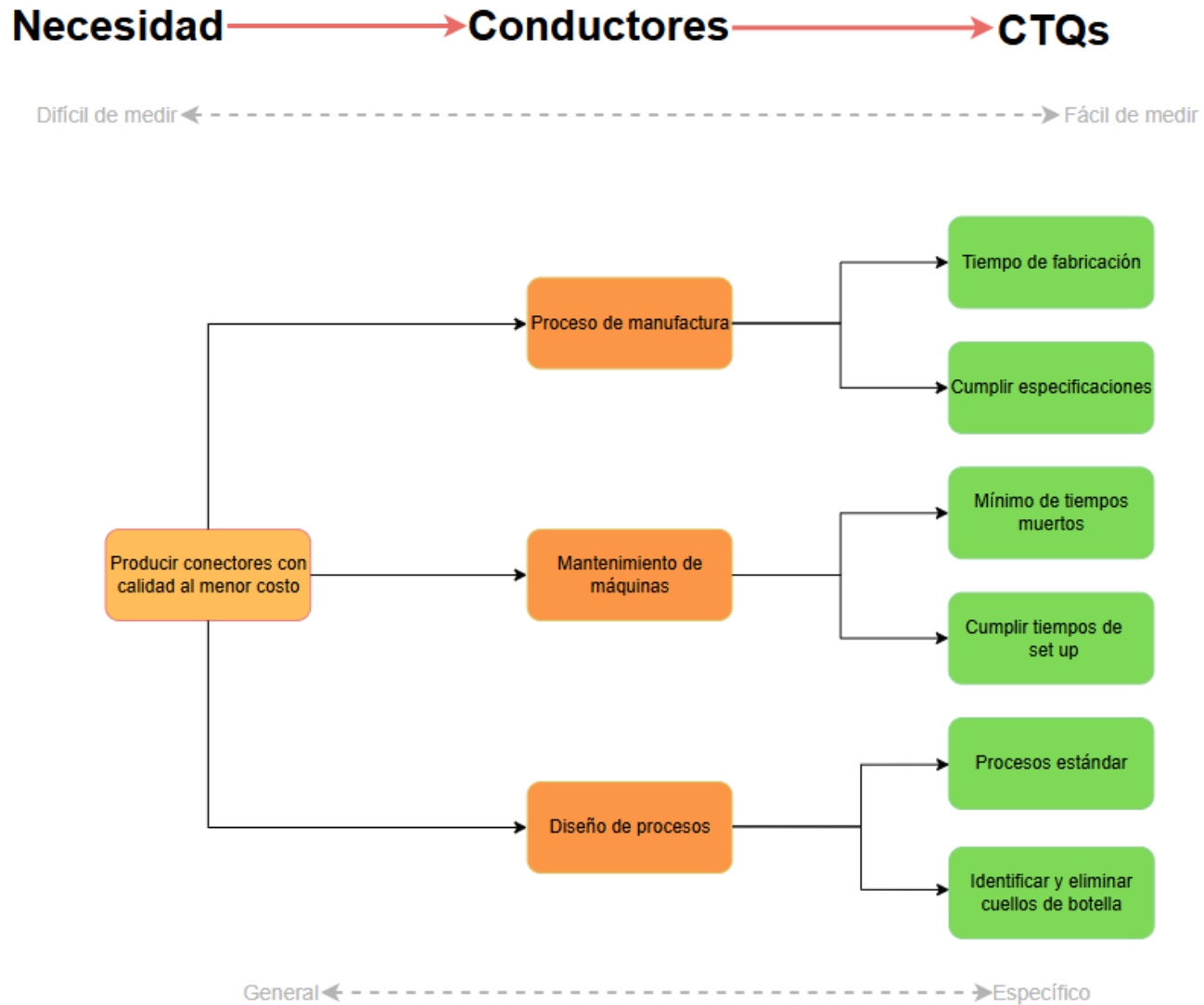
A raíz de esta observación, se llevan a cabo las consultas pertinentes a los encargados, quienes reafirman tener un estricto cuidado durante el proceso, por ejemplo, los pines de los conectores deben estar libres de aceites al ser una de las causas que originan problemas de conexión. Por consiguiente, no se permite ningún tipo de cremas para las manos, solo la suministrada por la empresa.

Asimismo, se identifica una presentación utilizada en el proceso de entrenamiento de los colaboradores en la que se indican los principales defectos asociados a los conectores eléctricos. En cuanto a esto, ningún conector que se haya caído puede emplearse.

También se detallan defectos de procesos anteriores como el estampado con agujeros tapados o faltantes, pines doblados, y problemas de inserción en los que se daña el *body* por insertar el pin más de lo indicado. Este es un problema común por lo que se revisa constantemente durante el proceso. A la profundidad de esa inserción se le denomina *press*.

Basándose en la información descrita y en documentos de la empresa, se elabora el siguiente árbol de CTQ donde se identifica lo importante para el cliente:

Figura 4.5: Árbol de CTQ



Fuente: Autor, 2025.

A partir del diagrama anterior, se determina lo siguiente:

- **Producir conectores con calidad al menor costo:** esta es una necesidad para la empresa y, por supuesto, para el cliente. Se requiere ser competitivo en el mercado y ofrecer un producto que cumpla con las expectativas al menor coste posible.

Los conductores que llevan a cumplir esta necesidad son:

- **Proceso de manufactura:** es el proceso explicado con anterioridad en el diagrama SIPOC, que transforma la materia prima en el producto final.
- **Mantenimiento de máquinas:** Mantenimiento juega un papel fundamental para cumplir con éxito el proceso, ya que este es un proceso automatizado.
- **Diseño de procesos:** Ingeniería se encarga de definir el cómo se hace y de una manera eficiente, además se busca siempre la mejora continua.

Partiendo de lo general a lo específico o de lo difícil de medir a lo fácil, se obtienen los críticos para la calidad, que son los siguientes:

- **Tiempo de fabricación:** se debe producir cada orden con un tiempo establecido, buscando siempre que sea el menor posible y se pueda repetir cada vez.
- **Cumplir especificaciones:** en Samtec ya existe un sistema de inspección que se encarga de garantizarlas, se trata de producir el menor *scrap* posible.
- **Mínimo de tiempos muertos:** cada vez que se detiene la máquina, se pierde dinero y esto es crítico para la empresa y el cliente que desea obtener el producto al menor costo posible. Reducir los tiempos de fabricación abarata el precio del producto.
- **Cumplir tiempos de *set up*:** es el ajuste y preparación para producir, no se incluye en el tiempo de ciclo, pero debe ejecutarse con precisión para asegurar un producto de calidad.
- **Proceso estándar:** el proceso ya cuenta con un estándar, sin embargo, no existe un estándar de ciertos parámetros vitales para la eficiencia del proceso.
- **Identificar y eliminar cuellos de botella:** mediante el análisis de datos, se pueden determinar los cuellos de botella e intentar minimizar su impacto en el proceso Fill.

En conclusión, se identifica lo que es crítico del proceso para cumplir con las expectativas del cliente. Esto justifica la necesidad de estandarizar parámetros para lograr mejorar la eficiencia del proceso Fill.

#### **4.1.7 Diagrama de flujo del proceso**

Este diagrama representa uno a uno los pasos realizados desde el inicio hasta el fin de la fabricación de un producto, lo cual permite obtener un mejor panorama de cómo se efectúa el proceso y detectar posibles mejoras.

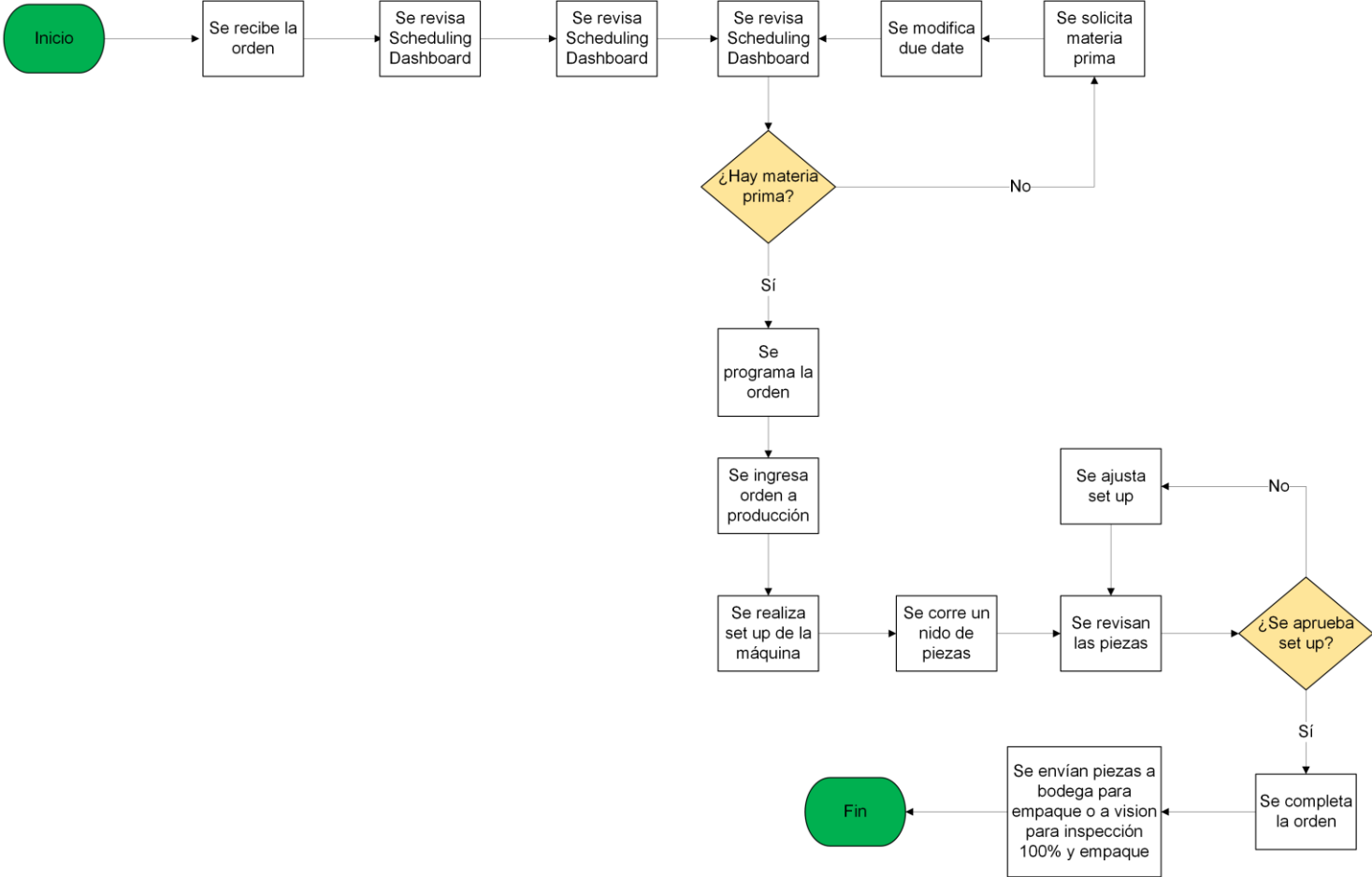
En el caso del diagrama de flujo para el proceso Fill, se construye desde cero mediante el instrumento de la observación y con la ayuda de los involucrados en el proceso, quienes son el personal de producción.

De este modo, se formula la siguiente pregunta al materialista: ¿Cómo se identifica que una orden está lista para producir? Esta respuesta ayuda a llevar todo el hilo del proceso desde ese punto al ser el paso que no está a simple vista.

El materialista revisa la lista de materiales y verifica que todos los componentes estén a la mano para determinar la orden como apta para producir; si esto no es así, se debe solicitar material y reprocesar la orden.

A partir de este punto, inicia una serie de pasos disponibles a la vista, los mismos se detallan en el siguiente diagrama:

Figura 4.6: Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Autor, 2025.

Se enumeran uno a uno los procesos representados en la figura anterior:

1. **Se recibe la orden:** el cliente hace la orden de conectores y los encargados ingresan el número de orden con los detalles específicos para la visualización de producción.
2. **Se revisa Scheduling Dashboard:** es un sistema de producción que se encuentra en la aplicación Shop Floor Control, en el cual se visualizan las órdenes abiertas que cuentan con un *due date* o fecha de entrega programada.
3. **Se verifica si hay materia prima:** los materialistas corroboran que los componentes requeridos para la orden estén disponibles; si no es así, debe reprogramarse la orden para solicitar el material al proveedor, ya sea interno o externo a la empresa.
4. **Se programa la orden:** el materialista da luz verde a que esa orden se procese y el supervisor de producción programa la orden para correrla en la máquina.
5. **Se ingresa la orden a producción:** se imprime el documento llamado La Shop donde está la información que necesita el operario para correr la orden y se alista la máquina en la cual se trabaja solicitando el *reel* y los *bodies*.
6. **Se realiza el set up de la máquina:** se solicita a Mantenimiento un *ticket* para *set up*, con este se prepara la máquina para correr el tipo de pieza indicado en la Shop. El técnico debe seguir un procedimiento de la empresa específico y bien detallado con su paso a paso para el *set up*.
7. **Se corre un nido de piezas:** el operario carga el *reel* en la máquina. El nido es el *fixture* donde se colocan los *bodies* vacíos para que los pines sean ensamblados en la máquina. El operario activa la máquina con un botón de inicio de ciclo y el nido se mueve con una velocidad hacia la mordaza que contiene el *carrier* con los pines.
8. **Se revisan las piezas:** se revisa el conector según el procedimiento para avalar que se cumple con las especificaciones.
9. **Se aprueba el set up:** si el resultado de la inspección es positivo, se procede a iniciar con la producción de la orden completa, de lo contrario se debe revisar el *set up* y ajustar.

**10. Se completa la orden:** luego de aprobar el *set up*, se corren las partes necesarias para completar la orden, algunas se empacan en bandejas durante el proceso.

**11. Se envía la orden completa a Bodega o a Vision para su empaque y entrega al cliente:** al completar la orden, si lo requiere esta se pasa a Vision para que los conectores sean inspeccionados por su sistema, en el que unas cámaras inspeccionan las partes al 100 % y al mismo tiempo se empacan, ya sea en bandeja o en empaque *tape & reel*; si esto no corresponde, las partes van directamente a bodega.

Este diagrama de flujo es muy útil para el estudio porque permite apreciar de mejor manera el flujo del trabajo durante el proceso y en qué puntos prestar más atención a la hora de realizar el análisis de datos.

## **4.2 MEDIR**

En la segunda etapa del estudio, se evalúa toda la información recolectada referente al proceso Fill. Al respecto, se destacan los datos históricos que ayudan a definir las variables de estudio a las cuales se les aplican gráficas de control estadístico de la calidad que evidencian el estado del proceso actual. Esto brinda un mejor panorama para el rumbo de la investigación.

### **4.2.1 Análisis de datos**

Esta herramienta se encarga de examinar datos o información de carácter cuantitativo o cualitativo, con el propósito de sacar conclusiones que ayuden a tomar decisiones o a obtener mayor conocimiento sobre un tema.

En relación con el estudio, primeramente se aplica el análisis de datos para entender más del proceso a partir de datos cualitativos importantes vinculados al proceso Fill. Luego, se utilizan datos históricos almacenados en el sistema SGN (Samtec Global Network), donde se almacenan los datos del proceso Fill. En este caso se toman en cuenta datos que contienen información sobre los números de parte procesados en el Área Micro desde el 30 de setiembre del año 2023 al 30 de setiembre del año 2024.

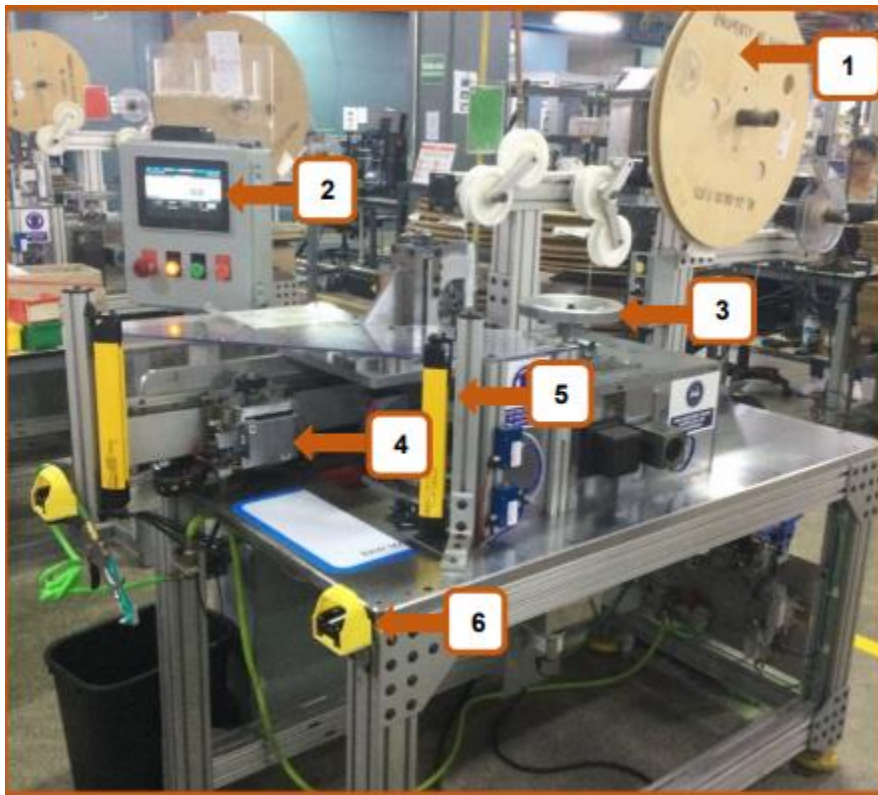
Ahora bien, en cuanto al funcionamiento y sistema, las máquinas cumplen la misma tarea, a saber, el ensamblado de pines. Sin embargo, las máquinas tipo XOLC cuentan con un

*pin jaw* diferente que posee un tornillo, el cual amortigua un poco la inserción del pin; mientras que el tipo CSB no posee ese sistema de tornillo y ensambla el pin a una velocidad constante. Otra diferencia es que algunas máquinas no muestran la velocidad del CAM y solo se puede ver en el panel ingresando una contraseña.

Las velocidades del CAM únicamente pueden ser modificadas por los técnicos si se considera necesario para el ajuste del *set up*.

A continuación, se presenta una figura en la que se muestran de manera general las máquinas XOL/CSB para el ensamblado de pines:

Figura 4.7: Máquina XOLC/CSB



Fuente: Samtec, 2025.

La figura anterior corresponde a la máquina automatizada utilizada para el proceso Fill. También es la estación de trabajo de cada operador que cuenta con lo necesario para realizar todo el proceso, excepto la inspección de las partes que se debe hacer según las indicaciones del plano del conector.

Tabla 4.4: Partes principales de la máquina XOLC/CSD

<b>1.Reel</b>	Es la parte donde se monta el Carrier que contiene los pines que se deben ensamblar
<b>2.XOLC HMI</b>	Es el panel de la máquina donde se puede llevar control del número de partes ensambladas y donde los técnicos seleccionan la receta que se debe usar para cada tipo de parte
<b>3.CAM Wheel</b>	Rueda de levas, dirige el carrier por medio de una guía a través del sistema para que los pines puedan ser llevados hasta el nido que contiene los bodys. Hace una función similar a un enhebrado de hilo en una máquina de coser
<b>4.Nido</b>	Es un tipo de fixture donde el operario llena sus cavidades con bodys para que sean llenados con pines durante el proceso, hay de diferentes tamaños según los tipos de parte
<b>5.Guarda</b>	Son las partes de protección para el operador de la máquina
<b>6.Botón de palma</b>	Son los botones con los que se da inicio de ciclo a la máquina, deben de presionarse dos al mismo tiempo por seguridad para evitar atrapamientos

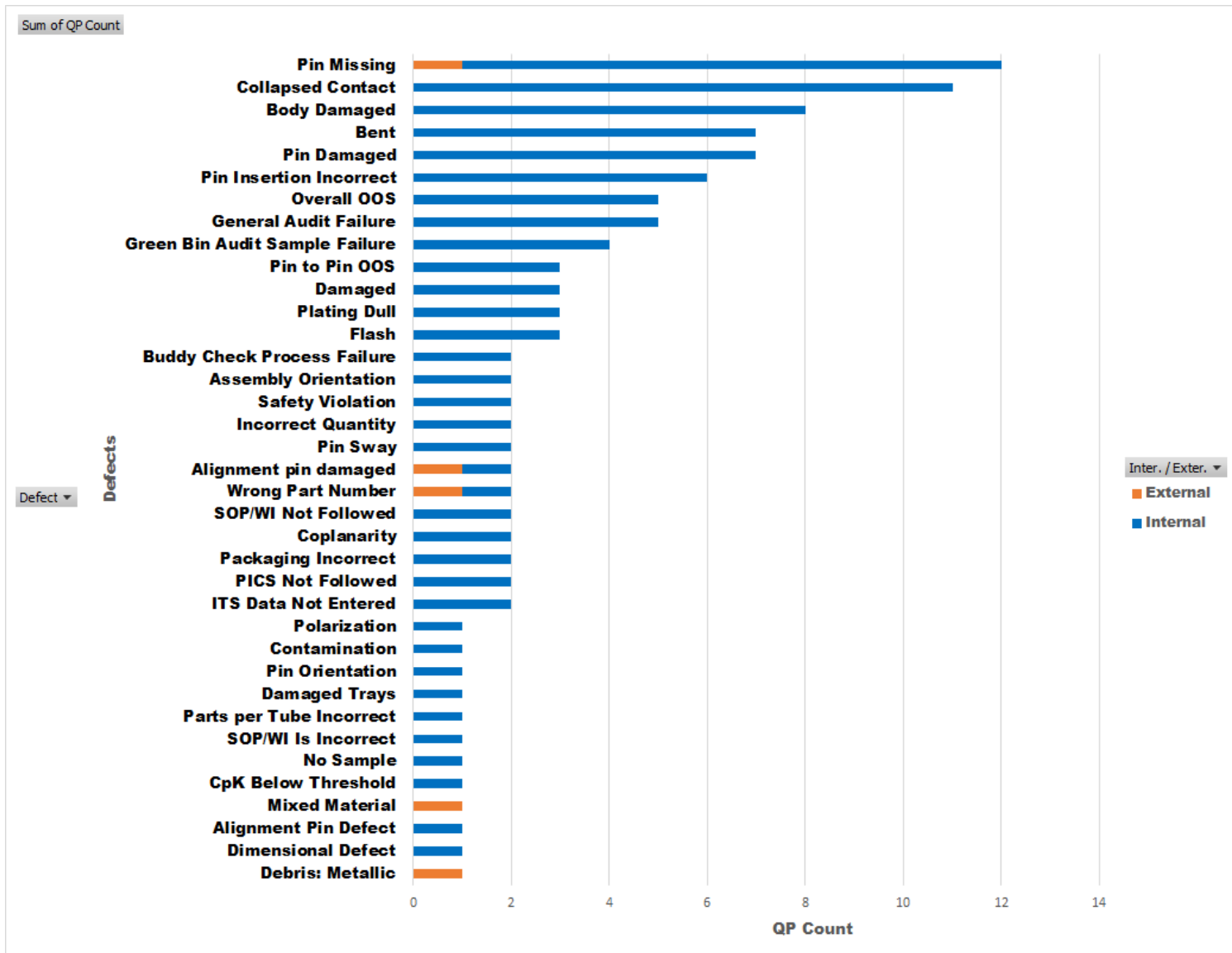
Fuente: Autor, 2025.

Comprendiendo básicamente el funcionamiento de las máquinas y de cómo es el proceso Fill en el Área Micro, se debe resaltar que no todas las partes tienen la misma duración del ciclo de llenado de pines, esto varía mucho dependiendo del tamaño del conector, tipo de pin y velocidad del CAM.

Cabe destacar que la velocidad del CAM es de un máximo de 170 rpm y en la actualidad, según el procedimiento, las máquinas XOLC y CSB deben estar todas a una velocidad de 170 rpm, independientemente del conector que se procese, lo cual no ocurre ya que en la aplicación real las máquinas deben ajustarse para obtener mejores resultados y poder trabajar.

En la siguiente figura se detalla la información recolectada de los defectos más comunes experimentados en el proceso Fill:

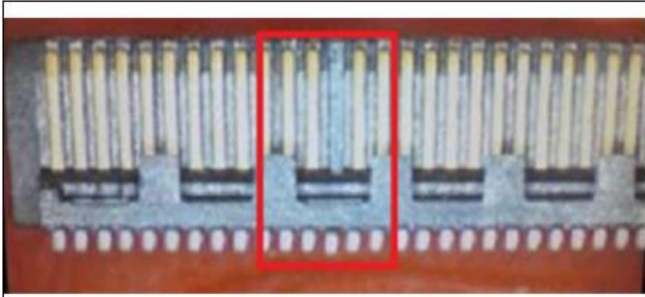

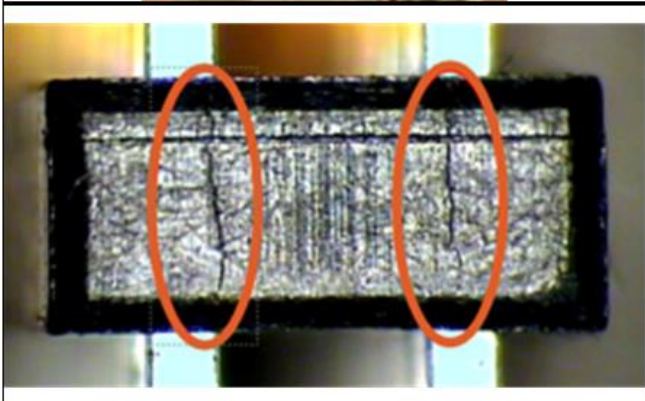
Figura 4.8: Tipos de defectos presentados en el Área Micro durante el proceso Fill en el año 2024

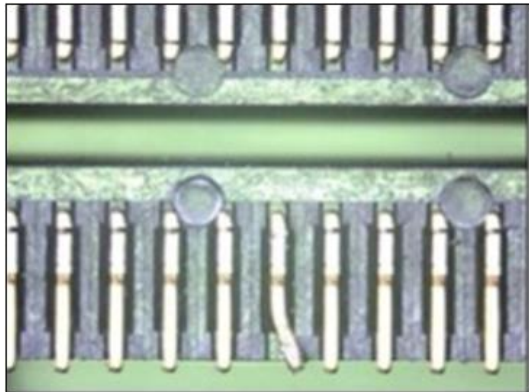
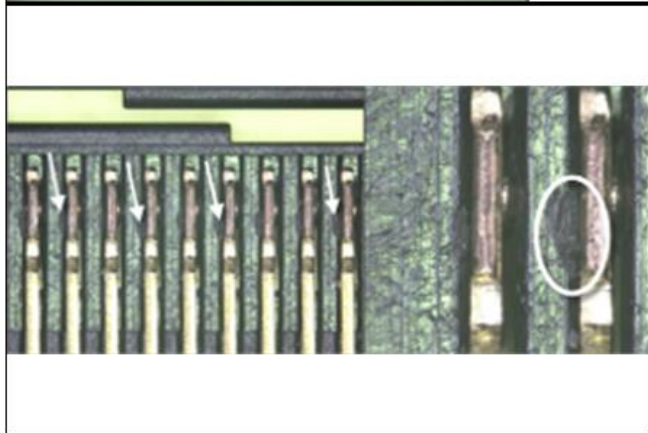


Fuente: Autor, 2025.

En la figura anterior se observan los defectos que presentan QP internos y externos. Al respecto, un QP es un *quality plan* o plan de calidad, este consiste en abrir en el sistema un número de QP consecutivo en el que se debe indicar toda una investigación asociada a un defecto de calidad detectado en otro proceso donde el conector no cumple con las especificaciones. Si es un QP interno, no llega a manos del cliente, pero si es un QP externo, se trata de un reclamo por parte del cliente sobre estos mismos defectos. En la siguiente figura se describen los defectos más comunes con mayor número de QP:

Figura 4.9: Defectos comunes durante el proceso Fill

	<p>Pin faltante: Durante el presente año se han presentado 12 QP, 11 interno y 1 externo. Este defecto puede presentarse porque el pin esta ausente o quebrado en el carrier a la hora de hacer el llenado en máquina.</p>
	<p>Contactos colapsados: Se han presentado 11 QP internos y 0 externos de este tipo. Puede deberse a una colocación incorrecta del body en el Nido o a una caída o golpe de la parte luego del proceso.</p>
	<p>Bodys dañados: Se presentaron 8 QP internos. Se puede dar por sobredimensión de los pines, pines con exceso de plating, tamaño insuficiente de los cores, todo esto se incrementa el riesgo cuando se trabaja en las máquinas con parametros no aptos.</p>

	<p>Pin doblado: Tiene 7 QP abiertos los cuales todos son internos. Puede presentarse en el ensamble por avances muy rápidos o por mala manipulación.</p>
	<p>Inserción incorrecta: Tiene 6 QP abiertos en el presente año. Puede darse por un mal set up de la máquina o por una mala colocación de los bodys en el Nido por suciedad.</p>

Fuente: Autor, 2025.

Estos defectos pueden ocurrir por una mala inserción de los pines asociada a un defecto originado durante el proceso Fill debido a una mala parametrización de la máquina, lo cual puede causar daños a los contactos de los pines, aspecto crítico para la calidad del producto porque un pin colapsado no producirá una señal adecuada.

Además, puede haber daños en los *bodys* por una presión excesiva provocada tanto por la alta o muy baja velocidad, esto genera que el pin se inserte en el *body* más de lo debido y no cumpla con la especificación. Asimismo, sucede una pérdida de señal ya que los pines tienen una distancia deseada al ensamblarse uno con otro para dar el rendimiento adecuado.

Adicional, un *body* dañado puede causar problemas en la integridad mecánica del conector debido a una conexión floja o a la vibración y, por último, lo más grave, puede ocasionar daños a otros elementos del sistema, lo que origina cortocircuitos.

Concluyendo este análisis de información cualitativa, se obtienen los siguientes datos relevantes:

- Se cuenta con una instrucción de trabajo estándar, pero no con una parametrización de las velocidades de la máquina adecuada para cada tipo de inserción.
- Las máquinas XOLC tienen un *pin jaw*, este posee un tornillo que hace una inserción suave.
- La velocidad máxima del CAM es de 170 rpm.
- Para todas las máquinas XOLC, en la actualidad se trabaja con una velocidad de 170 rpm según las hojas de *set up*, indiferentemente de la parte por trabajar.
- Solo los técnicos ajustan parámetros durante el *set up*.

Finalmente, se utilizan los datos históricos de las partes procesadas en el último año para continuar con el análisis gráfico cuantitativo de la información.

#### **4.2.2 Gráficos de barras**

Este tipo de gráfico muestra gran cantidad de datos numéricos mediante barras rectangulares colocadas vertical u horizontalmente, de manera que el tamaño de cada una representa la magnitud de cada elemento que se quiere comparar con otros.

Ahora bien, este gráfico se emplea en el estudio para comparar los tres factores que se consideran relevantes, a saber: tiempo de ajuste de la máquina, horas totales de los números de parte en máquina, y *scrap*. De este modo, se seleccionan los tres números de parte a los cuales se les aplica el estudio.

Primeramente, se muestra una tabla resumen donde se detallan en orden descendente las partes con sus respectivos números desde el 30 de setiembre de 2023 hasta el 30 de setiembre de 2024; luego, se presenta el gráfico de la información con los datos numéricos.

Para resumir, se efectúa un filtro de toda la información y se dejan solo los 10 números de parte que registran una mayor incidencia en la eficiencia del proceso por su alto *scrap* y tiempos *down*, además de ser el producto que se produce con mayor frecuencia.

Tabla 4.5: Tabla resumen de los tiempos de ajuste más elevados por tipo de conector

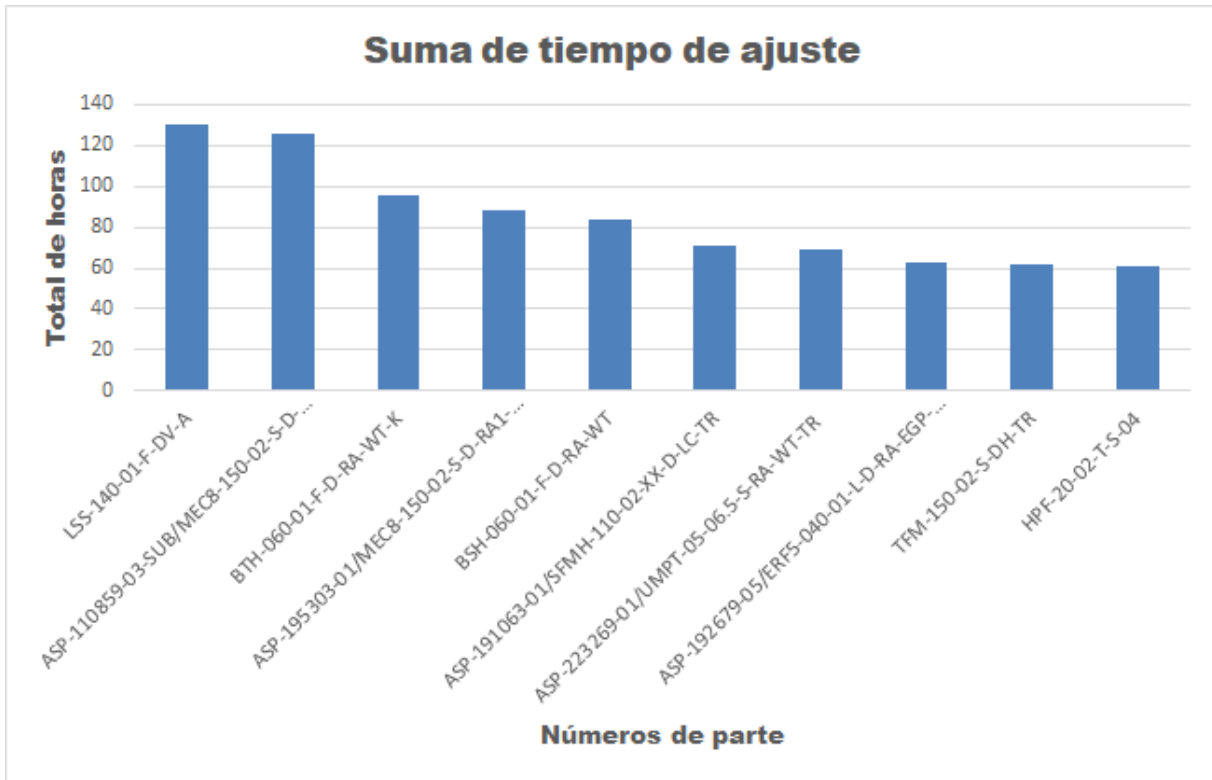
<b>Parts number</b>	<b>Suma de tiempo de ajuste</b>
LSS-140-01-F-DV-A	130
ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	126
BTH-060-01-F-D-RA-WT-K	95
ASP-195303-01/MEC8-150-02-S-D-RA1-POL-*-TR	88
BSH-060-01-F-D-RA-WT	84
ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR	71
ASP-223269-01/UMPT-05-06.5-S-RA-WT-TR	69
ASP-192679-05/ERF5-040-01-L-D-RA-EGP-TR	63
TFM-150-02-S-DH-TR	62
HPF-20-02-T-S-04	61

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla anterior se observan de manera descendente los números de parte correspondientes a la mayoría de los tiempos muertos, debido a la necesidad de ajuste de las máquinas durante el proceso Fill.

Seguidamente, se muestra el gráfico derivado de la tabla anterior:

Figura 4.10: Gráfico de barras del tiempo de ajuste por número de parte desde el 30 de setiembre de 2023 al 30 de setiembre de 2024



Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con la figura 4.10, la parte LSS de 40 posiciones o 40 pines es de las que más problemas presenta durante el año estudiado, seguida de una parte ASP con el *like part* MEC8 de 50 posiciones y estilo RA (*right angle*), que como se expuso se coloca de manera horizontal en la PCB. Luego, en tercer lugar, aparece una parte BTH de 60 posiciones y también de estilo RA. Asimismo, en principio se identifica una similitud entre las partes ASP-110859-03-SUB y ASP-195303-01 porque ambas son partes de la serie MEC8 y de igual forma son de 50 posiciones.

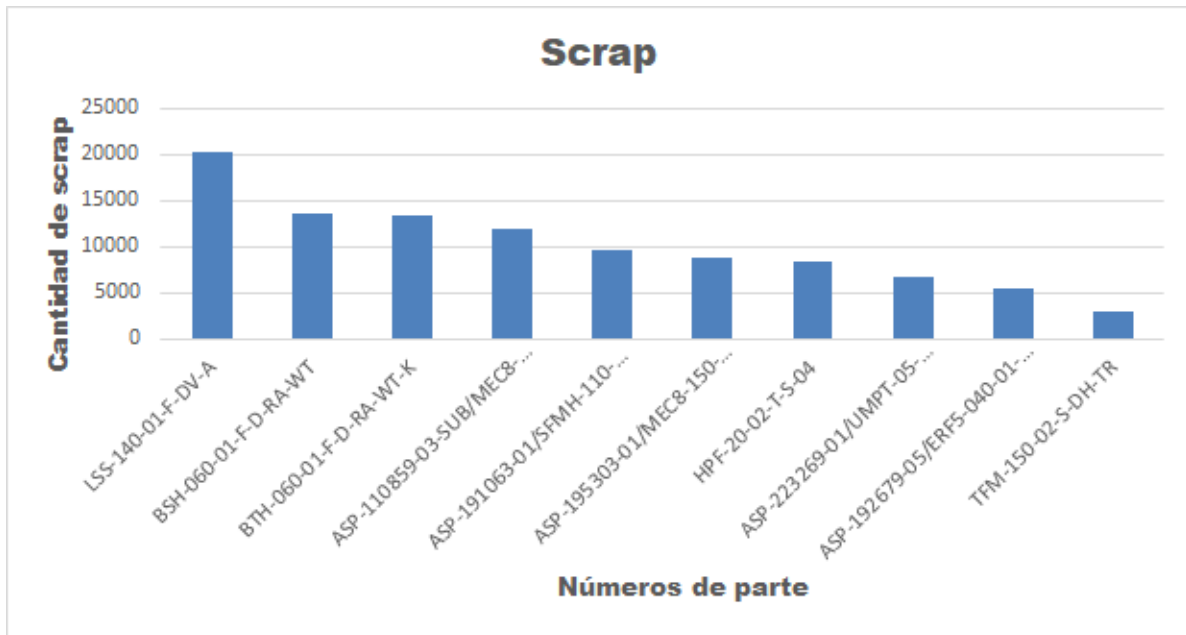
Tabla 4.6: Tabla resumen del scrap más elevado por tipo de conector

Parts number	Scrap
LSS-140-01-F-DV-A	20187
BSH-060-01-F-D-RA-WT	13516
BTH-060-01-F-D-RA-WT-K	13419
ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	12045
ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR	9698
ASP-195303-01/MEC8-150-02-S-D-RA1-POL-* -TR	8771
HPF-20-02-T-S-04	8312
ASP-223269-01/UMPT-05-06.5-S-RA-WT-TR	6628
ASP-192679-05/ERF5-040-01-L-D-RA-EGP-TR	5439
TFM-150-02-S-DH-TR	2899

Fuente: Autor, 2025.

Para brindar una mejor explicación, se adjunta el gráfico correspondiente a los datos expuestos en la tabla anterior:

Figura 4.11: Gráfico de barras del scrap por número de parte desde el 30 de setiembre de 2023 al 30 de setiembre de 2024



Fuente: Autor, 2025.

Referente al factor *scrap*, según el gráfico anterior, la parte LSS de 40 posiciones es la que presenta más *scrap* durante el año en estudio. Sin embargo, hay un mayor número de *scrap* en números de parte diferentes en el segundo lugar si se compara con el factor de tiempo de ajuste, al ser la parte BSH de 60 posiciones la de mayor *scrap* en vez del ASP con *like part* MEC8 ubicada en segundo lugar referente al tiempo de ajuste. Adicional, en el tercer lugar se encuentra la misma parte asociada al factor de tiempo de ajuste, que es la parte BTH de 60 posiciones.

Por último, se aprecia el cuadro resumen para el factor horas en máquina:

Tabla 4.7: Tabla resumen de las horas en la máquina por tipo de conector

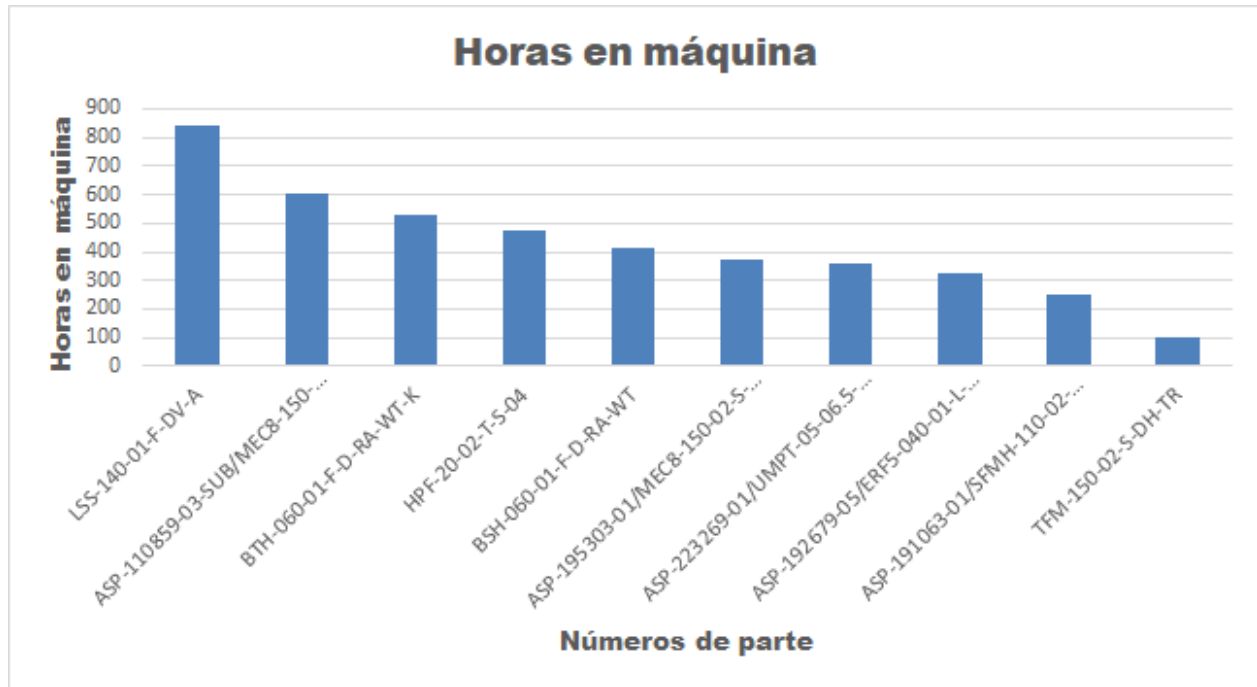
<b>Parts number</b>	<b>Horas en maquina</b>
LSS-140-01-F-DV-A	839,372
ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	604,706
BTH-060-01-F-D-RA-WT-K	527,313
HPF-20-02-T-S-04	472,203
BSH-060-01-F-D-RA-WT	411,385
ASP-195303-01/MEC8-150-02-S-D-RA1-POL-* -TR	371,246
ASP-223269-01/UMPT-05-06.5-S-RA-WT-TR	362,605
ASP-192679-05/ERF5-040-01-L-D-RA-EGP-TR	323,422
ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR	247,275
TFM-150-02-S-DH-TR	104,333

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla anterior, los tres primeros lugares coinciden con el factor de tiempo de ajuste más elevado, por lo tanto, el tiempo en máquina se considera como un factor importante para el estudio, al contemplarse las partes que se estén corriendo en ese momento para aplicárseles los experimentos y observaciones necesarias.

Seguidamente, se indica el gráfico asociado a la tabla resumen referente a las horas en máquina:

Figura 4.12: Gráfico de barras de más horas en la máquina por número de parte desde el 30 de setiembre de 2023 al 30 de setiembre de 2024



Fuente: Autor, 2025.

Se aprecia que la LSS de 40 posiciones es de nuevo una de las partes con mayores números, también están en los primeros lugares la MEC8 de 50 posiciones y la BTH de 60 posiciones.

Por otra parte, el Departamento de Mantenimiento tiene un control de los datos, los cuales maneja por medio de *tickets*. A continuación, se muestra una tabla con la información:

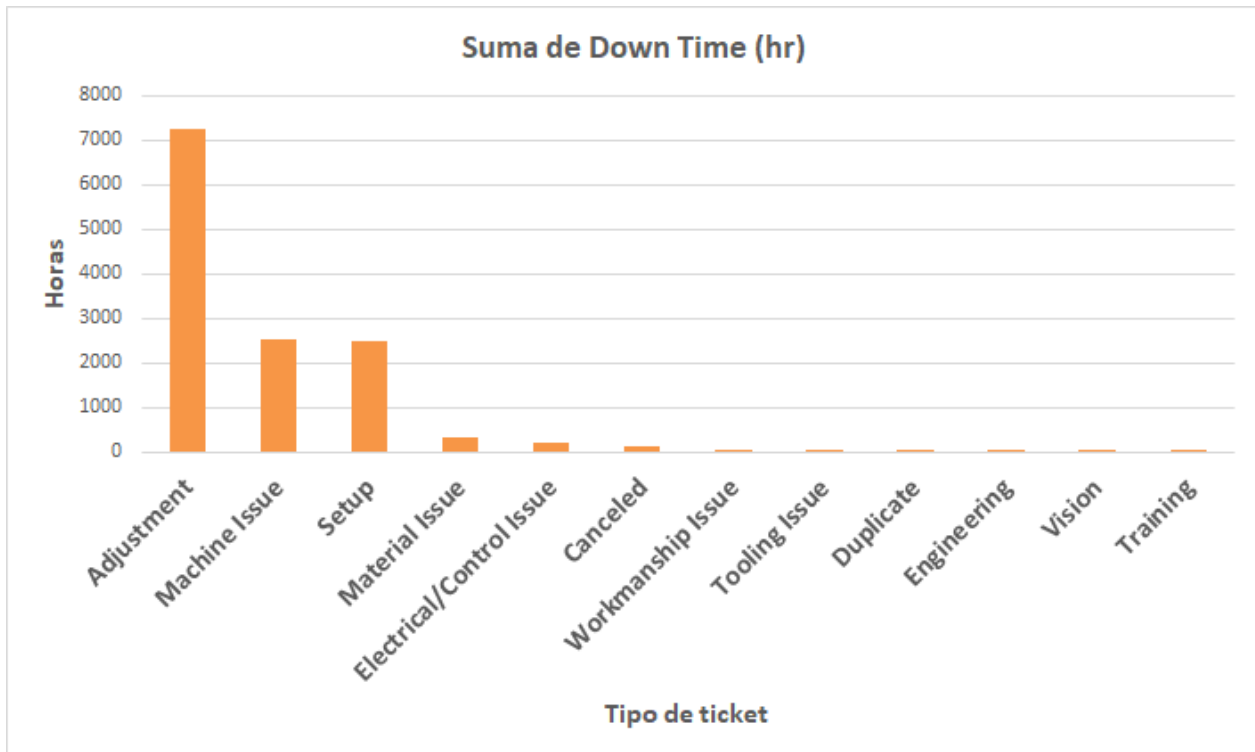
Tabla 4.8: Registros de horas por tipo de ticket

Etiquetas de fila	Suma de Down Time (hr)
Adjustment	7246
Machine Issue	2537
Setup	2496
Material Issue	325
Electrical/Control Issue	206
Canceled	110
Workmanship Issue	64
Tooling Issue	33
Duplicate	26
Engineering	13
Vision	6
Training	6

Fuente: Autor, 2025.

Lo anterior se representa en el siguiente gráfico de barras:

Figura 4.13: Gráfico de barras para los tipos de tickets



Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con el gráfico anterior, el tipo de *ticket* que acumula más tiempo de dedicación por parte de Mantenimiento, con 7246 horas en el año de estudio, es ajuste. Este tipo de *ticket* se ingresa por problemas en el puesto de trabajo que el operario no puede o no está capacitado para resolver.

Esta herramienta sirve para resumir una cantidad significativa de datos que se encontraban en el sistema SGN de Samtec del cual se descargan los reportes del trabajo diario realizado en el Área Micro, específicamente para el proceso Fill.

A partir de este resumen de datos, se definen 10 partes que se priorizan con el fin de aplicar las restantes herramientas seleccionadas con anterioridad para este estudio. Por esto, el siguiente paso es buscar una manera de juntar los tres factores estudiados previamente y asignarles un peso para poder establecer una prioridad que haga más fácil la escogencia de tres partes para aplicarles el presente estudio.

#### **4.2.3 Matriz de criticidad**

Esta es una herramienta que ayuda a determinar el grado de importancia o incidencia de ciertos elementos para un proceso productivo. Comúnmente se utiliza en varios campos, pero en este caso se emplea con el propósito de priorizar las partes con el estado más crítico para la producción. Ese nivel de criticidad se define otorgándole un peso a cada factor según su nivel de relevancia para el estudio.

A continuación, se establecen los pasos para la evaluación de las partes con mayor criticidad y con los factores más favorables para el desarrollo del estudio:

1. En la primera columna, se colocan los 10 números de parte, seguidos de sus respectivos valores de *scrap*, tiempo de juste y horas en máquina.
2. Tiempo de ajuste o tiempos *down* de las máquinas: este factor se considera el más crítico, por esto se le da un valor máximo de 50 puntos que se obtiene del porcentaje relativo de cada parte multiplicado por un factor donde se obtenga el máximo de puntuación para la parte de mayor puntaje, que en este caso es LSS. Ese factor de incremento se aplica a todos los porcentajes por igual para obtener un puntaje representativo de cada factor.
3. Se aplica la misma operación en Excel para los factores restantes, *scrap* con un máximo de 30 puntos y total de horas en máquina con un máximo de 20 puntos.

4. Se suman horizontalmente los puntos obtenidos del tipo multivoto para obtener un puntaje total de criticidad en el que intervengan los tres factores en estudio.
5. Se ordena la tabla de mayor a menor tomando como referencia el puntaje obtenido por cada parte.
6. Se hace un análisis de viabilidad según el puntaje y las características de cada parte para definir las 3 partes por estudiar.

Tabla 4.9: Matriz de criticidad según el tiempo de ajuste, scrap y horas en máquina durante el periodo en estudio

Números de parte	Scrap	Horas en maquina	Tiempo de ajuste	Tiempo de ajuste	Scrap	Total de horas en máquina	Puntos
				Hasta 50	Hasta 30	Hasta 20	
LSS-140-01-F-DV-A	20187	839,372	130	50	30	20	99
ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	12045	604,706	126	48	18	14	80
BTH-060-01-F-D-RA-WT-K	13419	527,313	95	36	20	12	69
BSH-060-01-F-D-RA-WT	13516	411,385	84	32	20	10	62
ASP-195303-01/MEC8-150-02-S-D-RA1-POL-* -TR	8771	371,246	88	34	13	9	55
ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR	9698	247,275	71	27	14	6	47
HPF-20-02-T-S-04	8312	472,203	61	23	12	11	47
ASP-223269-01/UMPT-05-06.5-S-RA-WT-TR	6628	362,605	69	26	10	9	45
ASP-192679-05/ERF5-040-01-L-D-RA-EGP-TR	5439	323,422	63	24	8	8	40
TFM-150-02-S-DH-TR	2899	104,333	62	24	4	2	30
<b>Total</b>	<b>100914</b>	<b>4263,86</b>	<b>849</b>				

Fuente: Autor, 2025.

Normalmente las partes seleccionadas serían las primeras 3, pero se debe tomar en cuenta que los procesos sean similares porque luego se utilizan herramientas estadísticas, por lo que de lo contrario podría llegar a existir un sesgo estadístico y los resultados no ser confiables.

Por lo tanto, se descarta el número de parte LSS ya que solo posee un proceso de llenado de pines y todas las demás poseen los procesos Fill 1 y Fill 2. La parte LSS se identifica como una de las más críticas, pero debe abarcarse en otro estudio.

Así, en primer lugar, con anterioridad se señala la similitud entre las partes ASP-110859-03-SUB y ASP-195303-01, pero se selecciona solo una de ellas, que en este caso es la de mayor puntaje.

El siguiente análisis es de las partes BTH y BSH, aunque estas sean series diferentes, sus características son muy similares. Al respecto, ambas son de 50 posiciones y de estilo RA, por lo que sus pines se ubican en la misma posición; adicional, ambas tienen la opción de *weld tap*, por lo cual sus *bodies* poseen igual magnitud. Por último, la tercera parte en estudio es el ASP con *like part* de SFMH de 10 posiciones.

Como resultado, se obtienen los siguientes 3 números de parte que son los objetos de estudio:

- **ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR:** esta es una parte especial derivada de la parte estándar MEC8 de 50 posiciones, por lo que también se puede tomar en cuenta la parte estándar en el estudio, esta obtiene un puntaje de 80 en la matriz.
- **BTH-060-01-X-D-RA-WT-K:** esta parte BTH es de las que se colocan horizontalmente y una de las que presentan mayores problemas en la producción en el Área Micro, según los datos recolectados, con un puntaje de 69 en la matriz.
- **ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR:** esta parte se deriva de la familia SFMH y es de 10 posiciones, obtiene un valor de 47 puntos en la matriz.

Gracias a la aplicación de esta técnica, se define el orden o criticidad de cada parte si se consideran los tres factores al mismo tiempo, ya que antes solo se tiene el mayor número para cada aspecto o factor individualmente.

De esta manera, se continúa con el estudio de estas 3 partes sin descartar las demás en caso de que alguna de las partes con mayor puntaje no se encuentre del todo disponible

para producir. Así se evita una limitante para este estudio, pues solo se continúa con la siguiente opción y, en cuanto a esto, hay 7 partes adicionales para estudiar en caso de necesitarlo.

#### 4.2.4 Gráficos de control por atributos p de Laney

Este tipo de gráfica sirve para monitorear la proporción de elementos defectuosos similar a la gráfica p tradicional, pero con la ventaja de que corrige la sobredispersión y la subdispersión en los datos. Suele utilizarse cuando se visualiza una variación excesiva fuera de lo común, porque una gráfica p tradicional mostraría falsas alarmas.

Otro motivo por el cual se usa este tipo de gráfica p de Laney es que los tamaños disponibles de la muestra en la data son muy grandes (entre 1000 y 3000) ya que en estos casos la sobredispersión se hace evidente.

Para aplicar la gráfica de control por atributos p de Laney en este estudio, primeramente se utilizan los datos de las órdenes producidas en los 12 meses de estudio y a estos 12 datos se les aplica las siguientes fórmulas para averiguar la  $\bar{x}$ (media) y S (desviación estándar):

Figura 4.14: Fórmula para el cálculo de la media  $\bar{x}$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Fuente: Autor, 2025.

Cada dato representa:

- $\bar{x}$  = media de la cantidad de órdenes presentadas en un año.
- $\Sigma$  = sumatoria de los valores.
- $x$  = cantidad de órdenes por mes.
- $n$  = 12 meses del año en estudio.

Figura 4.15: Fórmula para el cálculo de la desviación estándar S

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Fuente: Autor, 2025.

Cada dato representa:

- **S** = desviación estándar.
- **Σ** = sumatoria de los valores.
- **x** = cantidad de órdenes por mes.
- $\bar{x}$  = media de la cantidad de órdenes presentadas en un año.
- **n** = 12 meses del año en estudio.

Con la obtención de la media y la desviación estándar, se aplica la siguiente fórmula para averiguar el tamaño de la muestra que se emplea en cada caso:

Figura 4.16: Fórmula para el cálculo del tamaño de la muestra con un 95 % del nivel de confianza

$$n = \frac{z^2 N s^2}{z^2 s^2 + (N - 1) e^2}$$

Fuente: Autor, 2025.

Cada dato representa:

- **n** = tamaño de la muestra calculado.
- **z** = representa el nivel de confianza deseado, 1,96 que equivale a un 95 %.
- **N** = población en estudio, total de órdenes en el año.
- **s** = desviación estándar de la población.
- **e** = estimación del error.

#### **Parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR**

Respecto a la elaboración de la gráfica de control por atributos p de Laney, en primer lugar se utilizan los datos de las órdenes producidas en los 12 meses de estudio y a estos

12 datos se les aplican las fórmulas anteriores y se sustituyen los datos de la siguiente manera para obtener el resultado:

Figura 4.17: Sustitución de la fórmula para obtener la media de la población

$$\bar{x} = \frac{276}{12}$$
$$\bar{x} = 23$$

Fuente: Autor, 2025.

En la figura anterior se muestra que de 276 órdenes procesadas, la media es 23, correspondiente a la parte ASP-110859-03-SUB de la familia MEC8.

Figura 4.18: Sustitución de la fórmula para obtener la desviación estándar de la población

$$s = \sqrt{\frac{4538}{12 - 1}}$$
$$s = 20.31$$

Fuente: Autor, 2025.

A continuación, se aprecia la tabla con los datos para realizar las fórmulas y obtener la media y la desviación estándar de las órdenes ingresadas:

Tabla 4.10: Datos de las órdenes producidas para ASP-110859-03-SUB en el período de un año desde 30/09/2023 al 30/09/2024

Mes	Datos ingresados	$\sum(x_i - \bar{X})^2$
1	0	529
2	25	4
3	0	529
4	20	9
5	1	484
6	43	400
7	45	484
8	42	361
9	46	529
10	45	484
11	9	196
12	0	529
Total	276 órdenes	
$\Sigma$		4538
$\bar{X}$	23	
S	20,31	

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla 4.10 se indican los datos de las órdenes producidas por mes durante el año en estudio para un total anual de 276. A partir de esos datos, se aplican las fórmulas de la media muestral y la desviación estándar con la herramienta Excel para obtener como resultado que la media muestral de esos datos es de 23, mientras que la desviación estándar es de 20,31.

Con el cálculo de la desviación estándar, se procede a realizar la fórmula para el tamaño de la muestra respecto al total de órdenes producidas para el producto ASP-110859-03-SUB en un año y, de esta forma, graficar un número representativo del total.

La fórmula se compone de z, que es 1,96 para un 95 % de confianza; N, que es 276 órdenes durante el año; S, que es la desviación estándar calculada con anterioridad correspondiente a 20,31 y un error máximo permitido que se establece en 3 órdenes.

A continuación, se expone el cálculo de la muestra:

Figura 4.19: Cálculo de la muestra para ASP-110859-03-SUB

$$n = \frac{1.96^2 * 276 * 20.31^2}{1.96^2 * 20.31^2 + (276 - 1)3^2}$$
$$n = \frac{437362.03}{4059.65}$$
$$n = 107.7$$

Fuente: Autor, 2025.

Según la aplicación de la fórmula, el número de órdenes representativo del total de 276 en el año en estudio es de 108. Seguidamente, se toman 108 datos del sistema SGN de Samtec, donde se registra por parte de los operarios la cantidad de partes producidas y la cantidad de *scrap* o piezas defectuosas.

Tabla 4.11: Datos de la cantidad de defectuosos por orden producida para ASP-110859-03-SUB

#	Scrap	Total	Fecha y hora
1	42	1194	24/10/2023 3:28
2	54	450	21/10/2023 10:37
3	50	646	20/10/2023 19:51
4	84	480	20/10/2023 17:52
5	84	480	20/10/2023 17:52
6	0	428	20/10/2023 8:38
7	110	600	20/10/2023 3:45
8	25	525	19/10/2023 11:03
9	34	1498	19/10/2023 3:33
10	30	732	18/10/2023 19:55
11	35	467	30/10/2023 19:41
12	30	653	30/10/2023 15:33
13	128	1788	30/10/2023 11:46
14	66	642	30/10/2023 11:25
15	0	1266	28/10/2023 3:24
16	50	1179	27/10/2023 18:24
17	47	666	27/10/2023 11:49
18	61	496	27/10/2023 3:32
19	0	480	02/11/2023 10:43
20	66	546	02/11/2023 8:52
21	140	428	02/11/2023 3:36
22	41	509	01/11/2023 11:44
23	132	756	01/11/2023 3:40
24	36	564	28/02/2024 17:21
25	78	546	28/02/2024 11:17
26	20	596	28/02/2024 3:32
27	4	856	27/02/2024 19:47
28	0	600	27/02/2024 11:47
29	156	1100	26/02/2024 19:36
30	16	616	24/02/2024 19:49
31	52	900	24/02/2024 11:50

32	15	471	23/02/2024 19:52
33	40	796	23/02/2024 3:33
34	42	739	22/02/2024 19:59
35	200	922	21/02/2024 11:53
36	10	564	19/02/2024 19:38
37	30	1026	24/04/2024 3:05
38	32	908	22/04/2024 19:52
39	30	550	20/04/2024 20:00
40	72	1572	20/04/2024 11:35
41	150	1062	20/04/2024 3:30
42	6	450	18/04/2024 3:25
43	32	1398	17/04/2024 3:29
44	5	521	13/06/2024 15:31
45	60	1008	12/06/2024 3:35
46	60	580	11/06/2024 20:00
47	22	502	09/06/2024 9:47
48	90	449	07/06/2024 19:30
49	12	468	07/06/2024 18:54
50	42	936	07/06/2024 3:35
51	21	917	06/06/2024 19:44
52	68	488	23/06/2024 11:40
53	200	500	23/06/2024 3:44
54	32	428	22/06/2024 19:53
55	0	952	22/06/2024 3:25
56	136	502	21/06/2024 19:34
57	68	590	21/06/2024 16:25
58	47	587	08/07/2024 8:56
59	28	508	07/07/2024 19:51
60	86	1128	06/07/2024 11:31
61	82	1608	06/07/2024 3:30
62	66	1268	05/07/2024 11:51
63	116	668	20/07/2024 1:30
64	42	498	19/07/2024 16:51
65	40	508	19/07/2024 10:58
66	35	455	19/07/2024 8:11

67	42	558	19/07/2024 3:43
68	9	486	18/07/2024 11:25
69	8	468	18/07/2024 8:59
70	132	647	17/07/2024 23:46
71	0	967	17/07/2024 19:54
72	22	466	30/07/2024 6:49
73	22	562	28/07/2024 3:28
74	53	621	27/07/2024 11:52
75	10	465	24/07/2024 23:16
76	96	575	24/07/2024 10:41
77	97	707	22/07/2024 19:50
78	100	520	21/07/2024 3:44
79	56	692	18/08/2024 0:42
80	100	460	14/08/2024 23:57
81	100	1396	14/08/2024 3:24
82	24	480	13/08/2024 23:51
83	208	496	13/08/2024 19:56
84	66	522	13/08/2024 8:32
85	195	946	12/08/2024 19:08
86	29	899	11/08/2024 19:50
87	20	526	10/08/2024 19:52
88	90	582	08/08/2024 17:31
89	57	557	08/08/2024 10:31
90	30	573	29/08/2024 23:45
91	178	632	29/08/2024 19:44
92	77	692	28/08/2024 23:56
93	24	588	28/08/2024 7:57
94	100	564	27/08/2024 22:02
95	12	432	27/08/2024 19:55
96	67	595	27/08/2024 7:46
97	0	447	26/08/2024 23:41
98	134	626	04/09/2024 23:52
99	20	464	03/09/2024 11:08
100	34	430	01/09/2024 17:34
101	24	600	24/09/2024 23:46

102	26	506	24/09/2024 19:57
103	119	519	23/09/2024 23:47
104	90	450	23/09/2024 21:40
105	21	1189	23/09/2024 19:55
106	10	1022	21/09/2024 19:50
107	18	516	20/09/2024 19:46
108	54	494	20/09/2024 8:12

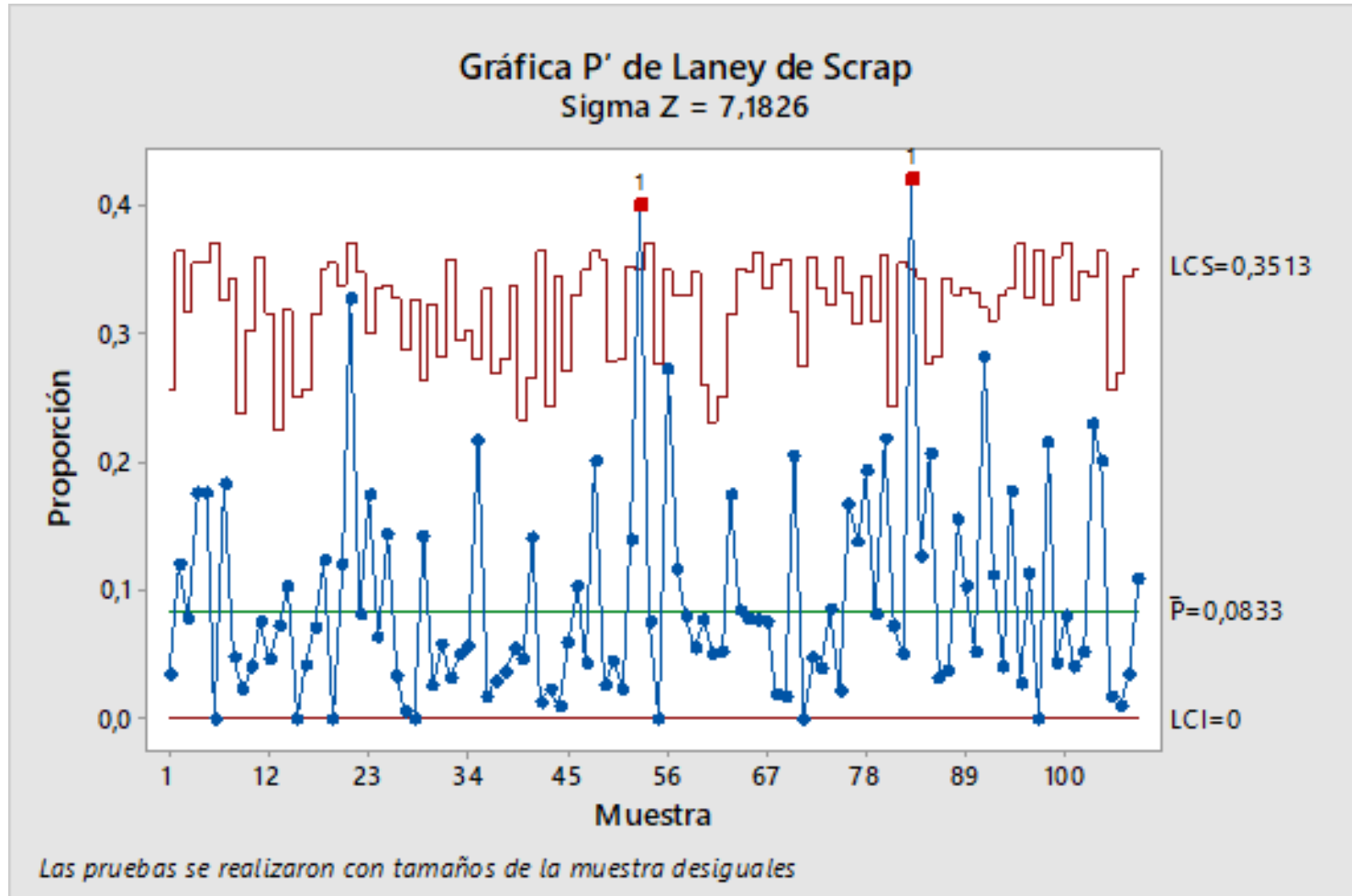
Fuente: Autor, 2025.

En la tabla anterior se muestran los datos por utilizar para ingresarlos al programa Minitab con el fin de obtener la gráfica de control por atributos p de Laney.

El total es la cantidad de partes o conectores producidos y el *scrap* es la cantidad de defectuosos por orden. Los datos se seleccionan aleatoriamente.

A continuación, se aprecia el gráfico de control p de Laney en estado natural (sin especificación) para ASP-110859-03-SUB:

Figura 4.20: Gráfico de control por atributos p de Laney sin especificación para una cantidad de conectores ASP-110859-03-SUB defectuosos



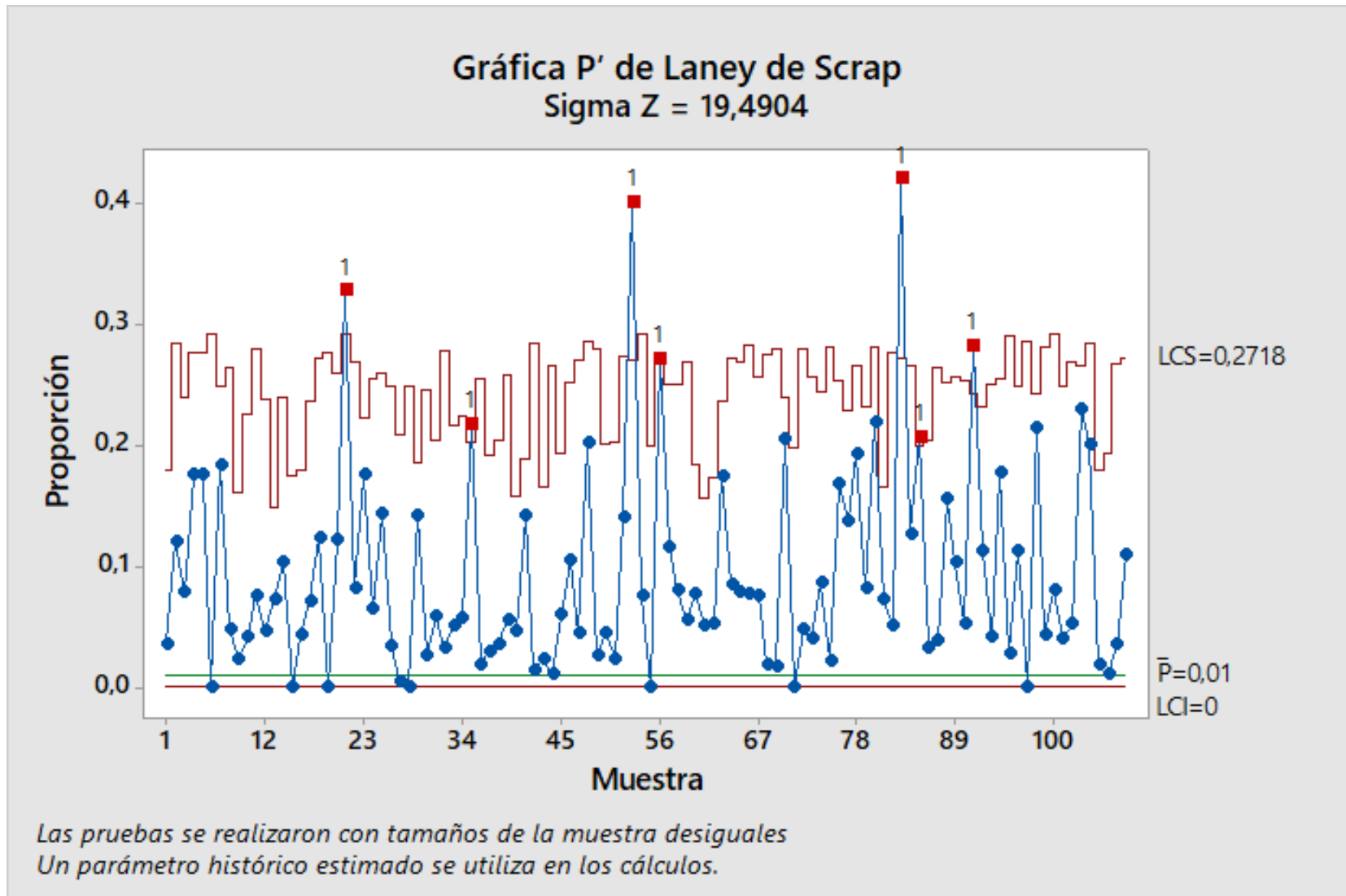
Fuente: Autor, 2025.

Al analizar el gráfico p de Laney para los conectores ASP-110859-03-SUB no conformes, se tiene una fracción defectuosa promedio de 8,33 % con un límite superior de control más reciente de 35,13 % y un límite inferior de control de 0 %.

No se observan tendencias ni peculiaridades, pero hay dos puntos por encima del límite superior de control, que son las muestras 53 y 83; por lo tanto, la fracción defectuosa de conectores no está bajo control estadístico: el proceso es inestable.

Luego de exponer lo que sucede en el gráfico p de Laney sin la especificación, se procede a emplear la especificación de 1 %; por ello, se indica el siguiente gráfico con la especificación de fracción promedio de defectuosos aplicada:

Figura 4.21: Gráfico de control por atributos p de Laney con la especificación aplicada para la cantidad de conectores ASP-110859-03-SUB defectuosos



Fuente: Autor, 2025.

Observando el gráfico p de Laney para los conectores ASP-110859-03-SUB no conformes con la especificación aplicada, se tiene una fracción defectuosa especificada de 1 % con un límite superior de control más reciente de 27,18 % y un límite inferior de control de 0 %.

No se identifican tendencias, pero sí la peculiaridad de que la mayoría de los puntos están por encima del valor central, además hay 7 puntos por encima del límite superior de control, a saber, las muestras 21, 35, 53, 56, 83, 85 y 91. Por lo tanto, la fracción defectuosa de conectores con la especificación aplicada no está bajo control estadístico: el proceso es inestable.

El análisis de los dos gráficos se basa en que al reducir la fracción defectuosa promedio de un 8.33 % a un 1 %, la cantidad de puntos defectuosos aumenta de 2 a 7. Al consultar las horas en las que se ingresan los datos, 6 de 7 registros que provocan los puntos fuera son ingresados en el turno de la tarde; de este modo, se repite el mismo patrón de la parte analizada anteriormente, en el cual la mayor parte de los puntos fuera provienen de los datos ingresados en el turno 2.

### **Parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K**

Para realizar la gráfica de control por atributos P de Laney, primeramente, se utilizan los datos de las órdenes producidas en los 12 meses de estudio; después, a estos 12 datos se les aplican las fórmulas, por lo que se sustituyen los datos de la siguiente manera para obtener el resultado:

Figura 4.22: Sustitución de la fórmula para obtener la media de la población

$$\bar{x} = \frac{257}{12}$$
$$\bar{x} = 21.42$$

Fuente: Autor, 2025.

En la figura anterior se muestra que de 257 órdenes procesadas, la media es 21,42, correspondiente a la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K.

Figura 4.23: Sustitución de la fórmula para obtener la desviación estándar de la población

$$s = \sqrt{\frac{5710.92}{12 - 1}}$$

$$s = 22.79$$

Fuente: Autor, 2025.

A continuación, se indica la tabla con los datos para efectuar las fórmulas y obtener la desviación estándar de las órdenes ingresadas:

Tabla 4.12: Datos de las órdenes producidas para BTH-060-01-F-D-RA-WT-K en el período de un año desde 30/09/2023 al 30/09/2024

Mes	Datos ingresados	$\Sigma(x_i - \bar{X})^2$
1	12	88,6736111
2	20	2,00694444
3	1	416,840278
4	15	41,1736111
5	33	134,173611
6	11	108,506944
7	63	1729,17361
8	70	2360,34028
9	14	55,0069444
10	0	458,673611
11	11	108,506944
12	7	207,840278
Total	257	órdenes
$\Sigma$		5710,91667
$\bar{X}$	21,4166667	
<b>s</b>	22,79	

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla 4.12 se aprecian los datos de las órdenes producidas por mes durante el año en estudio, para un total anual de 257. Con esos datos se aplican las fórmulas de la media muestral y la desviación estándar con la herramienta Excel, para obtener como resultado que la media muestral de esos datos es de 21,42, mientras que la desviación estándar es de 22,79.

A partir del cálculo de la desviación estándar, se realiza la fórmula para el tamaño de la muestra respecto al total de órdenes producidas para el producto BTH-060-01-F-D-RA-WT-K en un año y, de esta forma, se grafica un número representativo del total.

Esta fórmula se compone de z, que es 1,96 para un 95 % de confianza; N, que es 257 órdenes durante el año; S, que es la desviación estándar calculada anteriormente, correspondiente a 22,79, y un error máximo permitido que se establece en 3 órdenes.

A continuación, se indica el cálculo de la muestra:

Figura 4.24: Cálculo de la muestra para BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

$$n = \frac{1.96^2 * 257 * 22.79^2}{1.96^2 * 22.79^2 + (257 - 1)3^2}$$

$$n = \frac{512783.35}{4299.27}$$

$$n = 119.2$$

Fuente: Autor, 2025.

Según la aplicación de la fórmula, el número de órdenes representativo del total de 257 en el año en estudio es de 120.

Seguidamente, se toman 120 datos del sistema SGN de Samtec en el cual se registra, por parte de los operarios, la cantidad de partes producidas y la cantidad de *scrap* o piezas defectuosas.

Tabla 4.13: Datos de la cantidad de defectuosos por orden producida para BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

#	Scrap	Total	Fecha y hora
1	32	957	03/11/2023 3:36
2	0	504	02/11/2023 11:46
3	56	560	02/11/2023 11:46
4	0	720	02/11/2023 3:35
5	30	750	02/11/2023 3:35
6	0	438	01/11/2023 11:48
7	112	550	01/11/2023 11:48
8	80	512	15/12/2023 11:42
9	50	630	15/12/2023 3:26
10	0	432	14/12/2023 17:10
11	0	432	14/12/2023 17:10
12	16	520	14/12/2023 11:44
13	70	574	14/12/2023 11:40
14	0	396	14/12/2023 3:38
15	0	396	14/12/2023 3:38
16	40	510	18/01/2024 11:57
17	183	455	18/01/2024 3:34
18	10	486	17/01/2024 16:24
19	0	476	17/01/2024 16:24
20	381	805	17/01/2024 11:51
21	381	805	17/01/2024 11:51
22	84	600	10/02/2024 0:57
23	84	600	10/02/2024 0:57
24	51	688	09/02/2024 19:52
25	127	626	09/02/2024 11:47
26	0	684	08/02/2024 15:44
27	0	452	08/02/2024 11:56
28	38	490	08/02/2024 11:56
29	25	421	07/02/2024 15:48
30	0	444	26/02/2024 16:43

31	45	979	26/02/2024 11:52
32	182	770	23/02/2024 11:59
33	182	770	23/02/2024 11:59
34	100	923	10/04/2024 3:26
35	50	486	09/04/2024 20:03
36	55	533	07/04/2024 2:37
37	43	799	05/04/2024 11:47
38	43	799	05/04/2024 11:47
39	157	1148	02/04/2024 19:53
40	157	1148	02/04/2024 19:53
41	4	400	31/05/2024 0:03
42	35	644	29/05/2024 17:11
43	0	609	29/05/2024 17:11
44	75	615	29/05/2024 11:45
45	75	615	29/05/2024 11:45
46	50	445	17/05/2024 7:50
47	50	445	17/05/2024 7:50
48	30	628	17/05/2024 3:27
49	30	628	17/05/2024 3:27
50	127	600	25/05/2024 3:02
51	127	600	25/05/2024 3:02
52	127	600	25/05/2024 3:02
53	0	528	24/05/2024 19:00
54	65	593	24/05/2024 19:00
55	126	758	14/07/2024 3:30
56	250	473	13/07/2024 19:45
57	100	505	13/07/2024 2:21
58	100	505	13/07/2024 2:21
59	200	416	12/07/2024 19:42
60	200	416	12/07/2024 19:42
61	66	1074	12/07/2024 11:55
62	66	1074	12/07/2024 11:55
63	0	1008	12/07/2024 3:50
64	69	1077	12/07/2024 3:50
65	0	504	14/06/2024 15:46

66	45	405	13/06/2024 15:35
67	98	458	12/06/2024 15:51
68	50	400	12/06/2024 12:00
69	76	540	21/07/2024 1:15
70	176	663	20/07/2024 19:51
71	0	540	19/07/2024 2:12
72	82	622	19/07/2024 2:12
73	50	590	18/07/2024 0:48
74	0	540	18/07/2024 0:48
75	100	411	23/07/2024 18:50
76	100	411	23/07/2024 18:50
77	30	390	23/07/2024 8:31
78	38	705	22/07/2024 11:43
79	60	705	21/07/2024 19:57
80	55	415	20/07/2024 9:23
81	55	415	19/07/2024 16:53
82	55	415	19/07/2024 16:53
83	0	539	19/07/2024 11:53
84	11	550	19/07/2024 11:53
85	60	569	27/07/2024 3:33
86	0	720	26/07/2024 10:57
87	7	727	26/07/2024 10:57
88	0	720	26/07/2024 3:43
89	5	725	26/07/2024 3:43
90	55	415	25/07/2024 18:32
91	55	415	25/07/2024 18:32
92	35	395	25/07/2024 15:45
93	35	395	25/07/2024 15:45
94	70	430	31/08/2024 3:31
95	180	540	30/08/2024 18:40
96	180	540	30/08/2024 18:40
97	72	432	26/08/2024 19:59
98	105	529	26/08/2024 3:55
99	94	519	25/08/2024 19:44
100	272	546	23/08/2024 19:52

101	125	400	23/08/2024 2:13
102	125	400	23/08/2024 2:13
103	238	650	21/08/2024 19:34
104	238	650	21/08/2024 19:34
105	100	774	21/08/2024 3:32
106	100	774	21/08/2024 3:32
107	0	604	20/08/2024 19:54
108	55	659	20/08/2024 19:54
109	30	390	20/08/2024 9:33
110	968	968	20/08/2024 3:49
111	1068	1068	20/08/2024 3:49
112	59	392	19/08/2024 19:58
113	59	392	19/08/2024 19:58
114	52	530	19/08/2024 11:55
115	42	814	19/08/2024 11:54
116	42	814	19/08/2024 11:54
117	100	747	18/08/2024 20:00
118	100	747	18/08/2024 20:00
119	53	413	18/08/2024 10:55
120	53	413	18/08/2024 10:55

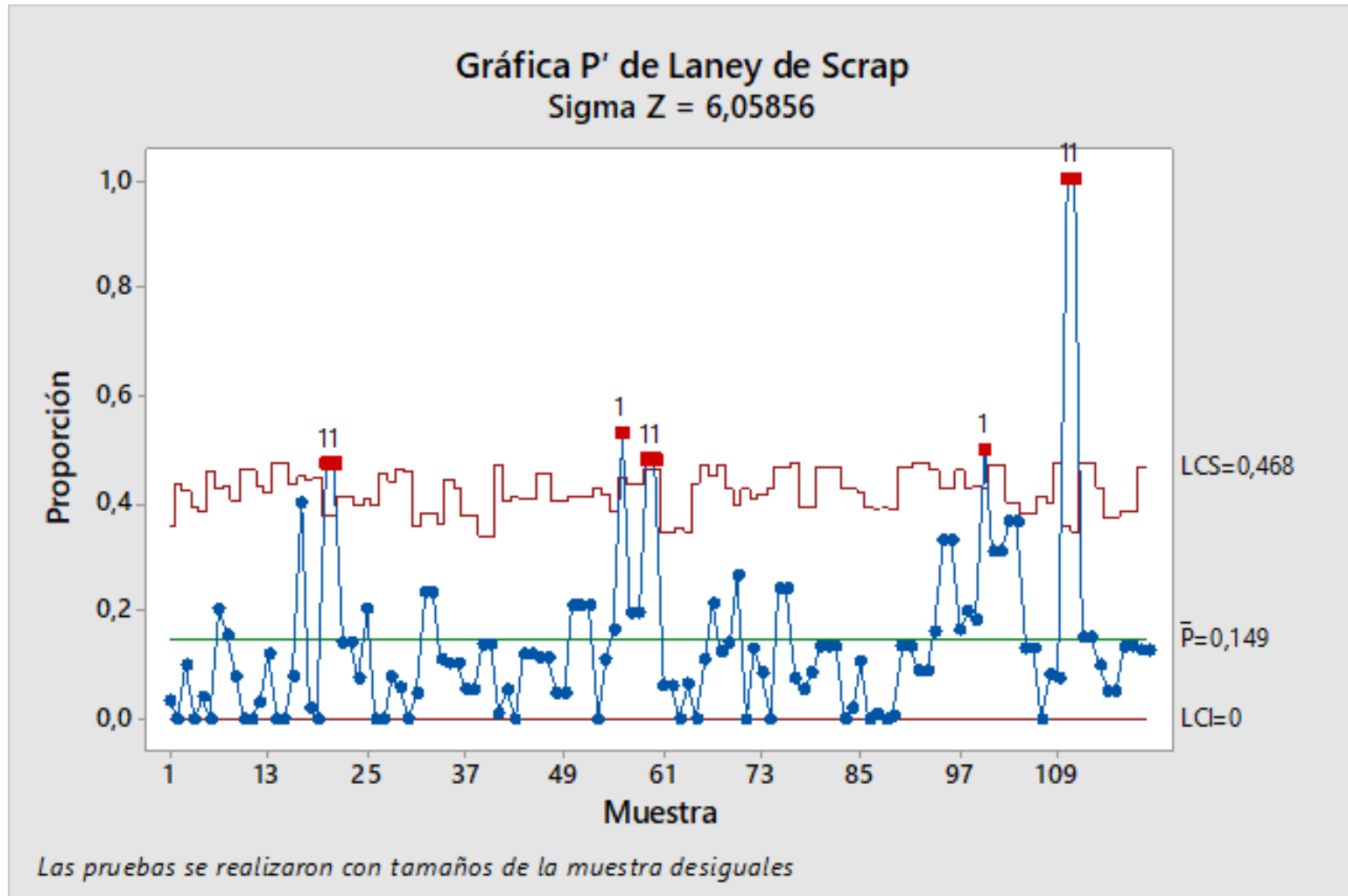
Fuente: Autor, 2025.

En la tabla anterior se muestran los datos por utilizar para ingresarlos al programa Minitab y, de esta forma, obtener la gráfica de control por atributos p de Laney.

El total es la cantidad de partes o conectores producidos y el *scrap* es la cantidad de defectuosos por orden. Los datos se seleccionan aleatoriamente.

A continuación, se expone el gráfico de control p de Laney en estado natural (sin especificación) para BTH-060-01-F-D-RA-WT-K:

Figura 4.25: Gráfico de control por atributos p de Laney sin especificación para la cantidad de conectores BTH-060-01-F-D-RA-WT-K defectuosos



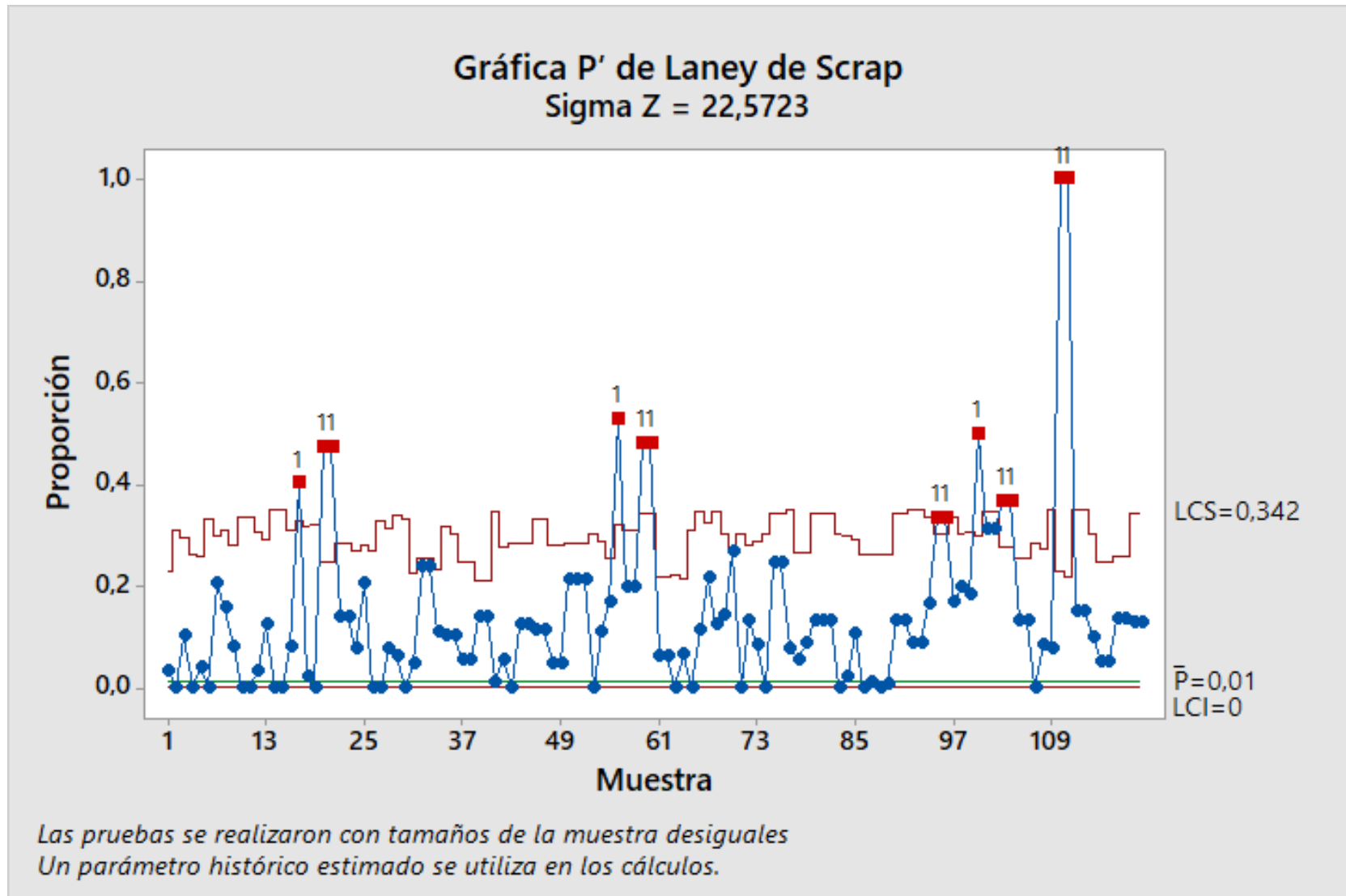
Fuente: Autor, 2025.

Al analizar el gráfico p de Laney para los conectores BTH-060-01-F-D-RA-WT-K no conformes, se tiene una fracción defectuosa promedio de 14,9 % con un límite superior de control más reciente de 46,8 % y un límite inferior de control de 0 %.

No se observan tendencias ni peculiaridades, pero hay 8 puntos por encima del límite superior de control, a saber, las muestras 20, 21, 56, 59, 60, 100, 110 y 111. Por consiguiente, la fracción defectuosa de conectores no está bajo control estadístico: el proceso es inestable.

Luego de exponer lo que sucede en el gráfico p de Laney sin la especificación, se emplea, como en el caso anterior, la especificación de 1 %. Por ello, se muestra el siguiente gráfico con la especificación de fracción promedio de defectuosos aplicada:

Figura 4.26: Gráfico de control por atributos p de Laney con la especificación aplicada para la cantidad de conectores BTH-060-01-F-D-RA-WT-K defectuosos



Fuente: Autor, 2025.

Observando el gráfico p de Laney para los conectores BTH-060-01-F-D-RA-WT-K no conformes con la especificación aplicada, se tiene una fracción defectuosa de 1 % con un límite superior de control más reciente de 34,2 % y un límite inferior de control de 0 %. No se observan tendencias, pero sí la peculiaridad de que la mayoría de los puntos están por encima del valor central. Además, hay 13 puntos por encima del límite superior de control, a saber, las muestras 17, 20, 21, 56, 59, 60, 95, 96, 100, 103, 104, 110 y 111. Por lo tanto, la fracción defectuosa de conectores con la especificación aplicada no está bajo control estadístico: el proceso es inestable.

Para estos gráficos en particular, se aprecia un aumento de 5 puntos fuera de control cuando se aplica la especificación de proporción defectuosa del 1 %. También, hay gran cantidad de puntos, aunque no la mayoría, por debajo del límite especificado del 1 %.

Estos puntos pueden tomarse como ejemplo si se tienen registros de los parámetros utilizados, pero este no es el caso, por lo que solo se identifica el turno en que los datos se ingresan. Al respecto, acerca de los puntos fuera del límite superior de control, se registra que 11 de los 13 puntos se ingresan en el turno de la tarde.

### **Parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR**

Con el propósito de realizar la gráfica de control por atributos P de Laney, primeramente, se utilizan los datos de las órdenes producidas en los 12 meses de estudio. A estos 12 datos, se les aplican las fórmulas, por lo que se sustituyen los datos de la siguiente manera para obtener el resultado:

Figura 4.27: Sustitución de la fórmula para obtener la media de la población

$$\bar{x} = \frac{95}{12}$$
$$\bar{x} = 7.92$$

Fuente: Autor, 2025.

En la figura anterior se muestra que de 95 órdenes procesadas, la media es 7,92, correspondiente a la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR.

Figura 4.28: Sustitución de la fórmula para obtener la desviación estándar de la población

$$s = \sqrt{\frac{978.92}{12 - 1}}$$

$$s = 9.43$$

Fuente: Autor, 2025.

Tabla 4.14: Datos de las órdenes producidas para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR en el período de un año desde 30/09/2023 al 30/09/2024

Mes	Datos ingresados	$\sum(x_i - \bar{X})^2$
1	7	0,84027778
2	19	122,840278
3	0	62,6736111
4	10	4,34027778
5	0	62,6736111
6	0	62,6736111
7	6	3,67361111
8	0	62,6736111
9	0	62,6736111
10	5	8,50694444
11	26	327,006944
12	22	198,340278
Total	95	órdenes
$\Sigma$		978,916667
$\bar{X}$	7,91666667	
<b>S</b>	9,43	

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla 4.14 se indican los datos de las órdenes producidas por mes durante el año en estudio, para un total anual de 95. Con esos datos se aplican las fórmulas de la media muestral y la desviación estándar mediante la herramienta Excel, para obtener como

resultado que la media muestral de esos datos es de 7,91, mientras que la desviación estándar es de 9,43.

A partir del cálculo de la desviación estándar, se realiza la fórmula para el tamaño de la muestra respecto al total de órdenes producidas para el producto ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR en un año y, de esta forma, se grafica un número representativo del total.

Esta fórmula se compone de z, que es 1,96 para un 95 % de confianza; N, que es 95 órdenes durante el año; S, que es la desviación estándar calculada anteriormente correspondiente a 9,43, y un error máximo permitido que se establece en 3 órdenes.

A continuación, se efectúa el cálculo de la muestra:

Figura 4.29: Cálculo de la muestra para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

$$n = \frac{1.96^2 * 95 * 9.43^2}{1.96^2 * 9.43^2 + (95 - 1)3^2}$$
$$n = \frac{32453.32}{1187.61}$$
$$n = 27.33$$

Fuente: Autor, 2025.

Según la fórmula, el número de órdenes representativo del total de 95 en el año en estudio es de 28.

Seguidamente, se toman 28 datos del sistema SGN de Samtec en el que se registra, por parte de los operarios, la cantidad de partes producidas y la cantidad de *scrap* o piezas defectuosas.

Tabla 4.15: Datos de la cantidad de defectuosos por orden producida para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

#	Scrap	Total	Fecha y hora
1	153	1988	30/11/2023 1:18
2	75	1052	17/11/2023 6:11
3	66	1022	11/11/2023 19:47
4	82	2652	11/11/2023 17:02
5	46	1106	21/12/2023 11:25
6	0	1374	20/12/2023 16:28
7	24	1446	15/12/2023 16:34
8	1734	2256	14/12/2023 19:49
9	36	927	12/12/2023 17:25
10	0	1600	12/12/2023 11:52
11	100	2362	12/12/2023 3:19
12	551	1780	11/12/2023 16:44
13	748	2100	01/12/2023 0:33
14	85	2256	25/10/2023 2:56
15	58	2358	24/10/2023 11:41
16	50	2300	24/10/2023 3:35
17	194	1835	23/10/2023 19:49
18	232	1632	16/11/2023 3:35
19	154	1641	15/11/2023 17:24
20	71	1032	15/11/2023 14:17
21	156	1212	15/11/2023 11:51
22	221	1700	15/11/2023 3:36
23	96	2292	31/01/2024 19:52
24	250	1560	06/02/2024 16:29
25	78	2082	02/02/2024 19:45
26	200	2798	02/02/2024 19:21
27	1318	1679	01/02/2024 3:31
28	52	952	16/07/2024 3:20

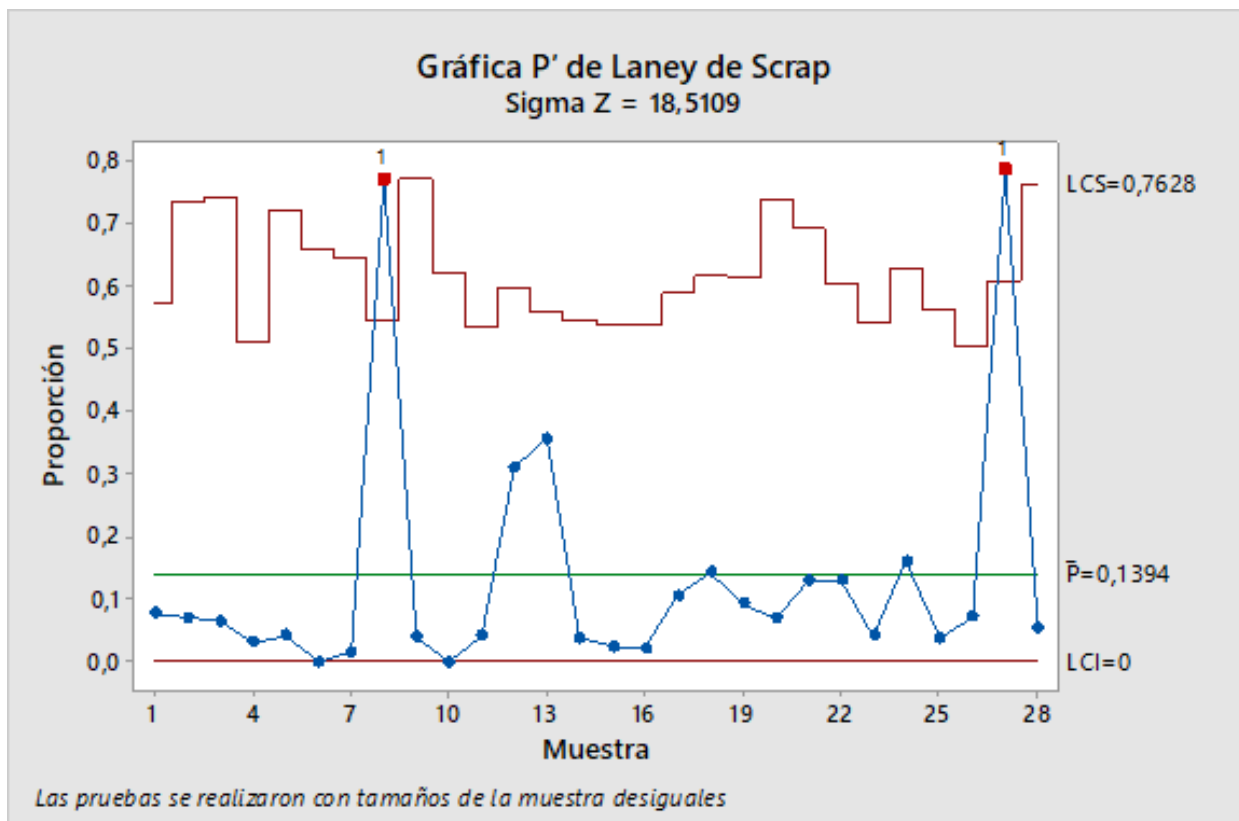
Fuente: Autor, 2025.

En la tabla anterior se indican los datos por utilizar para ingresarlos al programa Minitab con la finalidad de obtener la gráfica de control por atributos p de Laney.

El total es la cantidad de partes o conectores producidos y el *scrap* es la cantidad de defectuosos por orden. Los datos se seleccionan aleatoriamente.

A continuación, se presenta el gráfico de control p de Laney en estado natural (sin especificación) para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR:

Figura 4.30: Gráfico de control por atributos p de Laney sin especificación para la cantidad de conectores ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR defectuosos



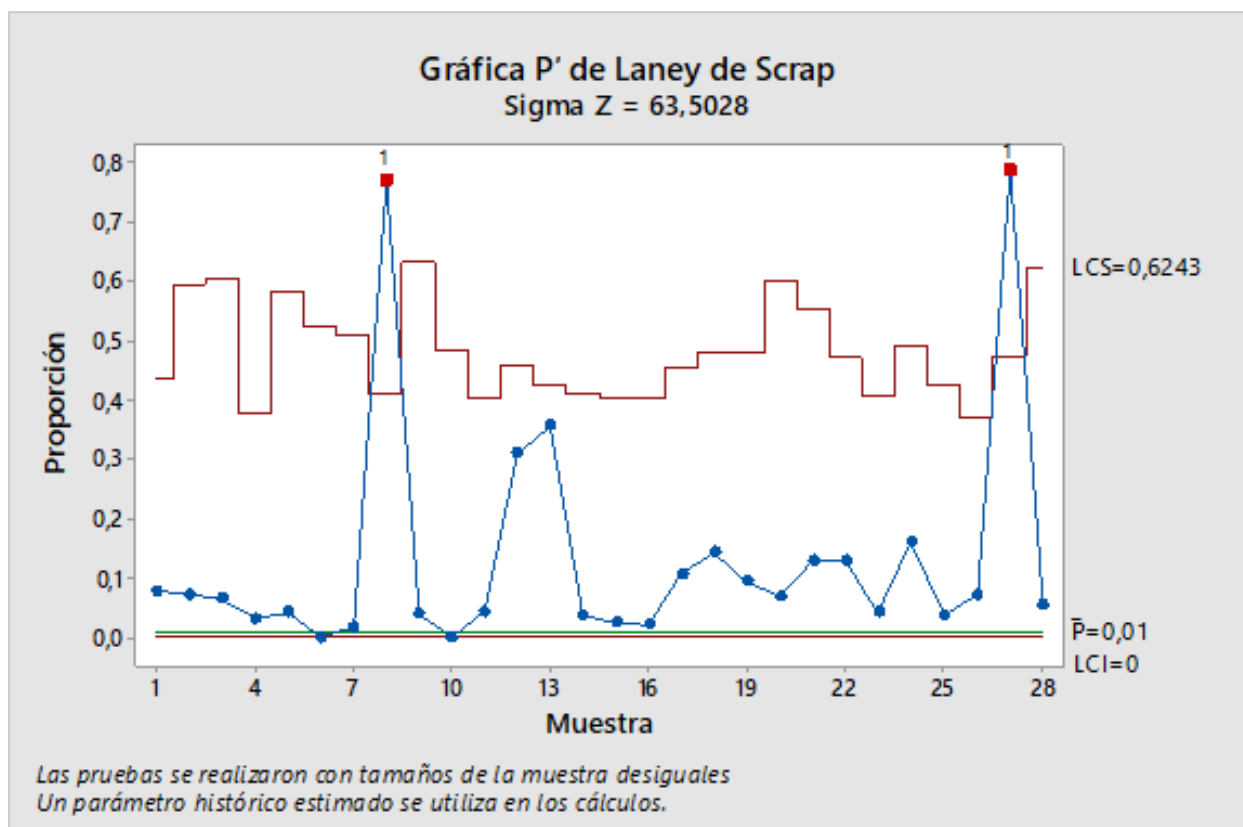
Fuente: Autor, 2025.

Al analizar el gráfico p de Laney para los conectores ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR no conformes, se tiene una fracción defectuosa promedio de 13.94 % con un límite superior de control más reciente de 76.28 % y un límite inferior de control de 0 %. No se observan tendencias, pero sí la peculiaridad de que la mayoría de los puntos están por debajo del valor central. Además, hay dos puntos por encima del límite superior de

control, a saber, las muestras 8 y 27. Por consiguiente, la fracción defectuosa de conectores no está bajo control estadístico: el proceso es inestable.

Luego de exponer lo que sucede en el gráfico p de Laney sin la especificación, se emplea la especificación de una fracción promedio de defectuosos de un 1 %, que es el valor promedio deseado; por ello, se muestra el siguiente gráfico con la especificación de fracción promedio de defectuosos aplicada:

Figura 4.31: Gráfico de control por atributos p de Laney con la especificación aplicada para la cantidad de conectores ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR defectuosos



Fuente: Autor, 2025.

Observando el gráfico p de Laney para los conectores ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR no conformes con la especificación, se tiene una fracción defectuosa especificada promedio de 1 % con un límite superior de control más reciente de 62.43 % y un límite inferior de control de 0 %.

No se aprecian tendencias, pero sí la peculiaridad de que la mayoría de los puntos están por encima del valor central. Además, se mantienen los mismos dos puntos por encima

del límite superior de control. Por consiguiente, la fracción defectuosa de conectores con la especificación aplicada no está bajo control estadístico: el proceso es inestable.

Se identifica que los dos puntos por encima del límite superior corresponden a un ingreso que se da en el turno de la tarde.

Como conclusión general sobre la elaboración de estos gráficos de control, se obtiene la constante de que la mayoría de los puntos fuera del límite superior de control se registran en el turno 2, lo cual se debe considerar. Asimismo, se comprueba que todos los procesos son inestables, aun sin la fracción disconforme especificada.

#### 4.2.5 Índice de inestabilidad

El índice de inestabilidad de un proceso es un indicador que demuestra la variabilidad de este a lo largo del tiempo. Se puede obtener de diferentes maneras, pero en este caso se utiliza la fórmula relacionada a los puntos fuera del límite superior de control identificados con anterioridad en los gráficos de control.

A continuación, se presenta la fórmula empleada:

Figura 4.32: Fórmula para el cálculo del índice de inestabilidad

$$Inestabilidad = \frac{Puntos\ fuera}{Total\ de\ puntos} * 100$$

Fuente: Autor, 2025.

Seguidamente, se sustituye la fórmula por los valores mencionados en cada uno de los tres gráficos de control con la especificación de fracción defectuosa promedio aplicada de 1 %. Se presenta el total de puntos y puntos fuera para cada caso estudiado.

#### ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

- Puntos fuera = 7.
- Total de puntos = 108.

Al realizar la fórmula, se obtiene:

Figura 4.33: Índice de inestabilidad para el proceso de ASP-110859-03-SUB durante el año en estudio

$$\text{Inestabilidad} = \frac{7}{108} * 100$$
$$\text{Inestabilidad} = 6.48\%$$

Fuente: Autor, 2025.

De este modo, el índice de inestabilidad es del 6,48 %, lo que ayuda a conocer el estado actual del proceso para la toma de decisiones. Este no es un índice de inestabilidad alto, lo cual significa que aún se puede cumplir con la calidad del producto. Sin embargo, Samtec trabaja para lograr la excelencia y tener el menor riesgo de producir productos defectuosos que puedan llegar al cliente. Por esto, se deben encontrar las causas de esa inestabilidad para mejorar el proceso.

#### **BTH-060-01-F-D-RA-WT-K**

- Puntos fuera = 13.
- Total de puntos = 120.

Al realizar la fórmula, se obtiene:

Figura 4.34: Índice de inestabilidad para el proceso de BTH-060-01-F-D-RA-WT-K durante el año en estudio

$$\text{Inestabilidad} = \frac{13}{120} * 100$$
$$\text{Inestabilidad} = 10.83\%$$

Fuente: Autor, 2025.

Se logra un índice de inestabilidad del 10,83 %, lo cual ayuda a conocer el estado actual del proceso para la toma de decisiones. Ahora bien, este es un índice de inestabilidad más alto que el anterior, por ende, de igual manera se debe trabajar en identificar las causas que hacen al proceso inestable.

## ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

- Puntos fuera = 2.
- Total de puntos = 28.

Al realizar la fórmula, se obtiene:

Figura 4.35: Índice de inestabilidad para el proceso de ASP-191063-01 durante el año en estudio

$$\text{Inestabilidad} = \frac{2}{28} * 100$$

$$\text{Inestabilidad} = 7.14\%$$

Fuente: Autor, 2025.

De esta forma, el índice de inestabilidad es del 7,14 %, esto marca nuevamente la necesidad de la búsqueda de una mejora que mantenga bajo control esa variabilidad en la producción de defectuosos.

Los gráficos de control y el índice de inestabilidad se emplean con el objetivo de demostrar la variabilidad de los procesos en estudio, en cuanto a producción de *scrap*, lo cual es una de las mudas de calidad que se desean mitigar.

### 4.2.6 Estudio de trabajo

El estudio de trabajo se desarrolla en ocho etapas de manera estructurada para cumplir el objetivo primordial de este método, a saber, optimizar cómo se lleva a cabo el proceso en estudio.

En este caso, se utiliza el método con la intención de cuantificar los tiempos del proceso Fill de las tres partes en estudio. Al respecto, con anterioridad se demuestra una inestabilidad del proceso, pero ahora se debe comprobar que el método de trabajo es el más idóneo, para descartar problemas en este aspecto.

Seguidamente, se detallan las ocho etapas y cómo se desarrolla el estudio de trabajo en esta investigación:

1. **Seleccionar tarea o proceso por estudiar:** los procesos seleccionados para el estudio de trabajo son Fill 1 y Fill 2, y el ensamblado de pines de manera automatizada.
2. **Registrar:** con las herramientas más apropiadas, se debe registrar información sobre el proceso con la finalidad de poder analizarlo.

Para definir de forma más concreta la razón de este estudio de trabajo, se responde a las siguientes preguntas:

- **¿Qué?** Medir el método actual.
- **¿Cómo?** Con un estudio de tiempos y del método de trabajo.
- **¿Dónde?** En la empresa Samtec, en el Área Micro.
- **¿Cuándo?** Medición tomada en el mes de enero del año 2025.
- **¿Quién?** Ingeniería de Procesos.
- **¿Cuánto?** Se pretende acercar las métricas para alcanzar una eficiencia del 95 % de los procesos en general.
- **¿Por qué?** Debido a que actualmente no se alcanza la eficiencia de partes producidas por hora en máquina.
- **¿Para qué?** Para incrementar la razón de producción e identificar oportunidades de mejora en el método.

3. **Examinar:** el modo de realizar el método actual.
4. **Propuestas:** con base en la información registrada y analizada, se buscan mejoras en el método.
5. **Evaluación:** en cuanto a la efectividad de las mejoras del método propuesto.
6. **Definición de las mejoras:** se presentan las mejoras al departamento encargado para proceder a su aprobación.
7. **Implementación:** se debe capacitar al personal para aplicar las mejoras.
8. **Control:** se deben aplicar herramientas que ayuden a mantener en el tiempo el rendimiento de las mejoras implementadas.

#### 4.2.6.1 Estudios preliminares de los procesos en estudio

A continuación, se describen los pasos para los estudios preliminares:

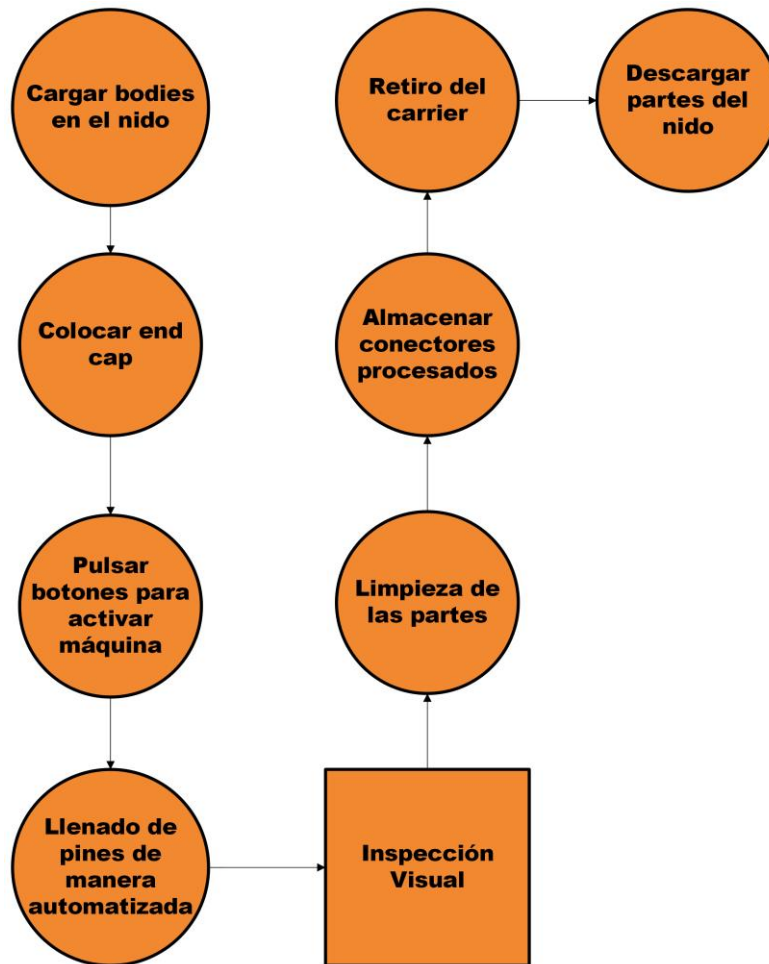
1. Identificación de las operaciones por realizar.

2. Selección del personal que ejecutará el proceso.
3. Tomar 5 observaciones por proceso con las condiciones normales del proceso actual.

### 1. Identificación de las operaciones

Para identificar lo que se debe llevar a cabo en los procesos Fill1 y Fill 2, de manera general se elabora un diagrama sinóptico del proceso que detalla la consecución de operaciones:

Figura 4.36: Diagrama sinóptico del proceso Fill



Fuente: Autor, 2025.

Luego de identificar las operaciones por realizar, se explica el proceso.

**Cargar *bodies* en el nido:** el operario recibe la máquina luego del *set up*, por lo que la máquina ya se encuentra encendida. Esta operación consiste en cargar el nido, el cual es como un *fixture* donde se colocan los *bodies* plásticos que se llenan con pines en la máquina.

Figura 4.37: Carga del nido



Fuente: Samtec, 2025.

**Colocar el *end cap*:** el *end cap* es una especie de tapón que se coloca para mantener los *bodies* en su sitio durante el proceso de ensamblado.

Figura 4.38: Colocar el end cap



Fuente: Samtec, 2025.

**Activar la máquina:** para activar la máquina, se deben presionar los dos botones de palma, con el fin de mantener las dos manos fuera de los mecanismos que pueden atrapar.

Figura 4.39: Presionar botones de palma



Fuente: Samtec, 2025.

**Inspección visual:** aquí el operario debe hacer uso de su experiencia para tratar de encontrar defectos, como los señalados en la figura 4.9 de este documento.

**Limpieza de residuos:** se debe usar la boquilla cepillo para remover residuos de metal que queden en los conectores producto del proceso de ensamble. Puede efectuarse con las partes aún montadas o luego de retirarlas del nido.

Figura 4.40: Limpieza de conectores

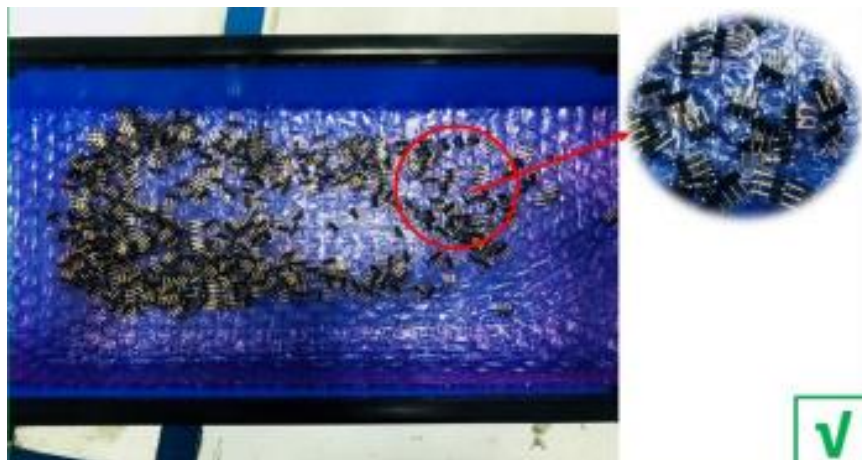


Fuente: Samtec, 2025.

**Almacenar conectores procesados:** existen tres tipos de empaque o manejo del material procesado.

1. *Layer*: debe colocarse una *layer* de burbuja en la parte inferior del *bin* azul. Luego, los conectores de modo que haya suficiente espacio entre uno y otro sin sobrecargar la lámina, evitando que quede uno encima de otro. Puede colocarse una capa tras otra hasta acumular una altura de 6 mm máximo en el *bin*.

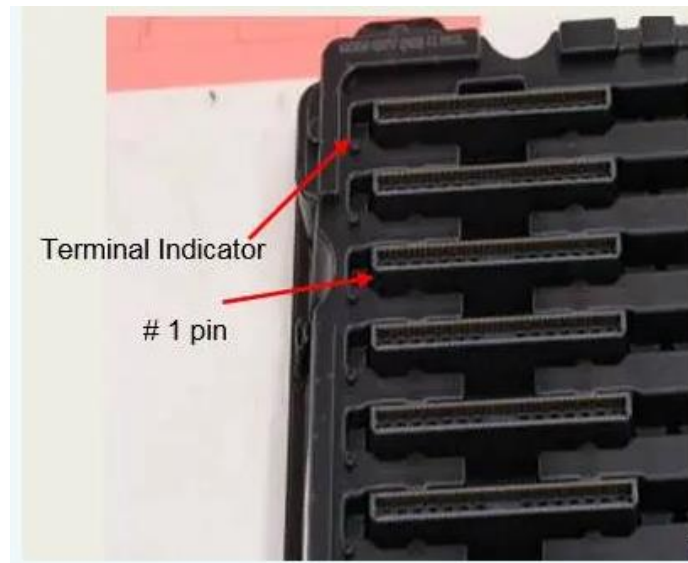
Figura 4.41: Empaque en layer



Fuente: Samtec, 2025.



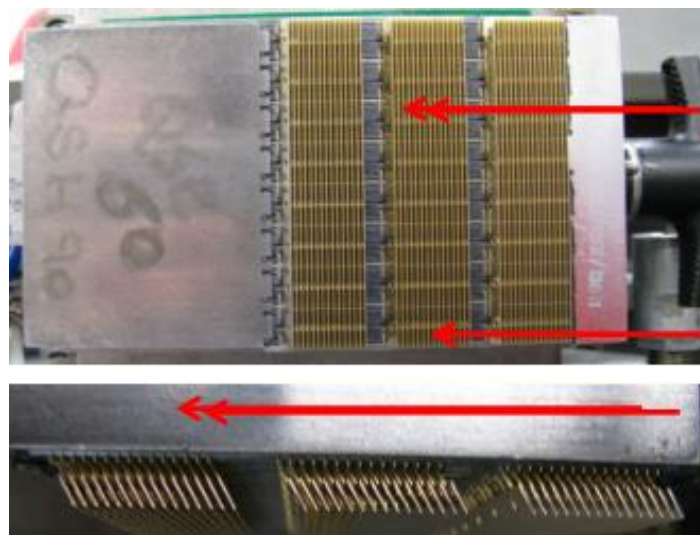
Figura 4.43: Empaque en tray



Fuente: Samtec, 2025.

**Retiro del *carrier*:** los pines se encuentran en una lámina de metal que se mueve a través del sistema de la máquina para descargar los pines que posee en los *bodies*. Ese material es el sobrante generado en el proceso de estampado, el cual debe removerse durante el proceso por el operario quebrándolo del lado contrario de donde se encuentra doblado luego de la operación de ensamblado.

Figura 4.44: Retiro del carrier



Fuente: Samtec, 2025.

**Descargar nido:** consiste en descargar los conectores ensamblados para finalizar el ciclo productivo y empezar el siguiente.

## 2. Selección del personal

En cuanto a la selección del personal, se conversa con el supervisor de producción para que coloque a los operarios con la debida experiencia, pues se necesitan personas que conozcan del proceso y realicen las actividades como las ejecutan normalmente. Así, se mide a un operario por proceso y por máquina; de este modo, se obtiene la medición de 6 operarios diferentes.

## 3. Toma de las 5 observaciones por proceso

Con el propósito de obtener el tamaño de la muestra, para un nivel de confianza de un 95 % y un error máximo de un 5 %, se aplica la siguiente fórmula estadística de muestreo de trabajo:

Figura 4.45: Fórmula de muestreo simple

$$N = \left[ \frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

Fuente: Autor, 2025.

Donde:

- N = número de observaciones que se desean calcular.
- n' = tamaño de las observaciones del estudio (5).
- $\sum x$  = suma de los valores.
- 40 = constante para un nivel de confianza de 95 %.

Lo anterior se lleva a cabo para determinar un número de observaciones representativo según los tiempos registrados en un primer estudio. Si es necesario realizar más observaciones para el estudio de tiempos, esta fórmula lo define.

## Estudio preliminar del proceso Fill 1, parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

Tabla 4.16: Observaciones preliminares de Fill 1 de la parte BTH en estudio

Observaciones preliminares proceso Fill 1						
Toma de tiempo	min	seg	min	cs	min	Total min
01:24.33	1	24	0.40	33	0.00550000	1.41
01:45.00	1	45	0.75	76	0.01266667	1.76
01:43.00	1	43	0.72	81	0.01350000	1.73
01:49.44	1	49	0.82	44	0.00733333	1.82
01:47.00	1	47	0.78	92	0.01533333	1.80

Fuente: Autor, 2025.

Para aplicar la fórmula, se procede a calcular las sumatorias correspondientes:

Tabla 4.17: Cálculo de las sumatorias de la fórmula

	X	X <sup>2</sup>
	1.41	1.98
	1.76	3.11
	1.73	2.99
	1.82	3.33
	1.80	3.24
<b>Sumatorias</b>	<b>8.52</b>	<b>14.64</b>

Fuente: Autor, 2025.

Finalmente, se sustituyen los valores para realizar la fórmula:

Figura 4.46: Sustitución para el cálculo del número de observaciones

$$N = \left[ \frac{40\sqrt{5 \times 14.64 - 72.61}}{8.52} \right]^2$$

$$N = 12.85$$

Fuente: Autor, 2025.

Como resultado, se deben tomar 13 observaciones para el estudio de tiempos del proceso Fill 1 de la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K.

### Estudio preliminar del proceso Fill 2, parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

Tabla 4.18: Observaciones preliminares de Fill 2 de la parte BTH en estudio

<b>Observaciones preliminares proceso Fill 2</b>						
<b>Toma de tiempo</b>	<b>min</b>	<b>seg</b>	<b>min</b>	<b>cs</b>	<b>min</b>	<b>Total min</b>
01:34.00	1	34	0.57	99	0.01650000	0.58
01:39.00	1	39	0.65	52	0.00866667	0.66
01:45.00	1	45	0.75	0	0.00000000	0.75
01:37.00	1	37	0.62	60	0.01000000	0.63
01:39.00	1	39	0.65	92	0.01533333	0.67

Fuente: Autor, 2025.

Con el propósito de efectuar la fórmula, se calculan las sumatorias correspondientes:

Tabla 4.19: Cálculo de sumatorias de la fórmula

	<b>X</b>	<b>X<sup>2</sup></b>
	0.58	0.34
	0.66	0.43
	0.75	0.56
	0.63	0.39
	0.67	0.44
<b>Sumatorias</b>	<b>3.28</b>	<b>2.17</b>

Fuente: Autor, 2025.

Finalmente, se sustituyen los valores para aplicar la fórmula:

Figura 4.47: Sustitución para el cálculo del número de observaciones

$$N = \left[ \frac{40\sqrt{5} \times 2.17 - 10.78}{3.28} \right]^2$$

$$N = 11.2$$

Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con el resultado, se deben tomar 12 observaciones para el estudio de tiempos del proceso Fill 2 de la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K.

### Estudio preliminar del proceso Fill 1, parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

Tabla 4.20: Observaciones preliminares de Fill 1 de la parte MEC8 en estudio

Observaciones preliminares proceso Fill 1						
Toma de tiempo	min	seg	min	cs	min	Total min
01:19.00	1	19	0.32	53	0.00883333	1.33
01:32.00	1	32	0.53	66	0.01100000	1.54
01:34.12	1	34	0.57	12	0.00200000	1.57
01:24.01	1	24	0.40	1	0.00016667	1.40
01:39.41	1	39	0.65	41	0.00683333	1.66

Fuente: Autor, 2025.

Para realizar la fórmula, se calculan las sumatorias correspondientes:

Tabla 4.21: Cálculo de las sumatorias de la fórmula

	X	X <sup>2</sup>
	1.33	1.76
	1.54	2.38
	1.57	2.46
	1.40	1.96
	1.66	2.75
<b>Sumatorias</b>	<b>7.50</b>	<b>11.31</b>

Fuente: Autor, 2025.

Por último, se sustituyen los valores para efectuar la fórmula:

Figura 4.48: Sustitución para el cálculo del número de observaciones

$$N = \left[ \frac{40\sqrt{5 \times 11.31 - 56.18}}{7.50} \right]^2$$

$$N = 10.21$$

Fuente: Autor, 2025.

Como resultado, se deben tomar 11 observaciones para el estudio de tiempos del proceso Fill 1 de la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR.

### Estudio preliminar del proceso Fill 2, parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

Tabla 4.22: Observaciones preliminares de Fill 2 de la parte MEC8 en estudio

Observaciones preliminares proceso Fill 2						
Toma de tiempo	min	seg	min	cs	min	Total min
01:18.33	1	18	0.30	33	0.00550000	1.31
00:56.14	0	56	0.93	14	0.00233333	0.94
01:11.12	1	11	0.18	12	0.00200000	1.19
01:07.12	1	7	0.12	12	0.00200000	1.12
01:04.44	1	4	0.07	44	0.00733333	1.07

Fuente: Autor, 2025.

Con el objetivo de aplicar la fórmula, se calculan las sumatorias correspondientes:

Tabla 4.23: Cálculo de las sumatorias de la fórmula

	<b>X</b>	<b>X<sup>2</sup></b>
	1.31	1.70
	0.94	0.88
	1.19	1.41
	1.12	1.25
	1.07	1.15
<b>Sumatorias</b>	<b>5.62</b>	<b>6.39</b>

Fuente: Autor, 2025.

Finalmente, se sustituyen los valores para realizar la fórmula:

Figura 4.49: Sustitución para el cálculo del número de observaciones

$$N = \left[ \frac{40\sqrt{5 \times 6.39 - 31.58}}{5.62} \right]^2$$

$$N = 18.93$$

Fuente: Autor, 2025.

Según el resultado, se deben tomar 19 observaciones para el estudio de tiempos del proceso Fill 2 de la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR.

### Estudio preliminar del proceso Fill 1, parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

Tabla 4.24: Observaciones preliminares de Fill 1 de la parte SFMH en estudio

<b>Observaciones preliminares proceso Fill 1</b>						
<b>Toma de tiempo</b>	<b>min</b>	<b>seg</b>	<b>min</b>	<b>cs</b>	<b>min</b>	<b>Total min</b>
00:52.34	0	52	0.87	96	0.01600000	0.88
00:38.24	0	38	0.63	5	0.00083333	0.63
00:47.03	0	47	0.78	34	0.00566667	0.79
00:56.18	0	56	0.93	38	0.00633333	0.94
00:55.34	0	55	0.92	82	0.01366667	0.93

Fuente: Autor, 2025.

Para aplicar la fórmula, se procede a calcular las sumatorias correspondientes:

Tabla 4.25: Cálculo de las sumatorias de la fórmula

	<b>X</b>	<b>X<sup>2</sup></b>
	0.88	0.78
	0.63	0.40
	0.79	0.62
	0.94	0.88
	0.93	0.87
<b>Sumatorias</b>	<b>4.18</b>	<b>3.55</b>

Fuente: Autor, 2025.

Por último, se sustituyen los valores para efectuar la fórmula:

Figura 4.50: Sustitución para el cálculo del número de observaciones

$$N = \left[ \frac{40\sqrt{5 \times 3.55 - 17.44}}{4.18} \right]^2$$
$$N = 29.71$$

Fuente: Autor, 2025.

Como resultado, se deben tomar 30 observaciones para el estudio de tiempos del proceso Fill 1 de la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR.

## Estudio preliminar del proceso Fill 2, parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

Tabla 4.26: Observaciones preliminares de Fill 2 de la parte SFMH en estudio

Observaciones preliminares proceso Fill 2						
Toma de tiempo	min	seg	min	cs	min	Total min
01:02.09	1	2	0.03	42	0.00700000	1.04
01:15.24	1	15	0.25	11	0.00183333	1.25
01:03.44	1	3	0.05	84	0.01400000	1.06
01:12.07	1	12	0.20	47	0.00783333	1.21
01:15.37	1	15	0.25	19	0.00316667	1.25

Fuente: Autor, 2025.

Con la finalidad de realizar la fórmula, se procede a calcular las sumatorias correspondientes:

Tabla 4.27: Cálculo de las sumatorias de la fórmula

	X	X <sup>2</sup>
	1.04	1.08
	1.25	1.57
	1.06	1.13
	1.21	1.46
	1.25	1.57
<b>Sumatorias</b>	<b>5.82</b>	<b>6.81</b>

Fuente: Autor, 2025.

Finalmente, se sustituyen los valores para aplicar la fórmula:

Figura 4.51: Sustitución para el cálculo del número de observaciones

$$N = \left[ \frac{40\sqrt{5} \times 6.81 - 33.84}{5.82} \right]^2$$

$$N = 10.14$$

Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con el resultado, se deben tomar 11 observaciones para el estudio de tiempos del proceso Fill 2 de la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR.

#### 4.2.6.2 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos se utiliza para analizar y medir el tiempo que se tarda en ejecutar una tarea, con el fin de identificar movimientos innecesarios y, así, optimizar los procesos. En este estudio, el propósito es comparar los tiempos estándar registrados en la actualidad con lo que en realidad está demorando el proceso Fill, para determinar alguna oportunidad de mejora.

Por lo tanto, se le realiza una toma de tiempos a cada proceso según el número de observaciones calculadas en el estudio preliminar.

Para la toma de tiempos, se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. Establecer el número de tomas necesarias por cada parte. Por ejemplo, en cuanto al número de parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K, las observaciones necesarias para Fill 1 son 13, mientras que para Fill 2 son 12, por lo cual se registran 13 tomas de tiempo para cada proceso.
2. Tener un formato donde se registren los tiempos, además de un cronómetro. Asimismo, se toma el tiempo desde el momento en que el operario toma las piezas y se termina hasta que el operario quita las piezas del nido.
3. Contar con la cooperación de un operario por proceso que trabaje con las condiciones normales del día tras día.
4. Aplicar las fórmulas para tiempo observado, tiempo normal y tiempo estándar, considerando el sistema Westinghouse.
5. Comparar los tiempos estándar resultantes con los tiempos estándar registrados en el sistema SGN.

Para los cálculos se utilizarán las siguientes fórmulas:

Figura 4.52: Fórmula para calcular el tiempo observado

$$T_o = \frac{\textit{Suma de Tiempo Total}}{\textit{No. de Ciclos}}$$

Fuente: Autor, 2025.

Consiste en la suma del total de los tiempos observados dividido entre el número de ciclos:

Figura 4.53: Factor de calificación Westinghouse

$$\text{Factor de calificación } W.H = 1 + C$$

Fuente: Autor, 2025.

Donde C es igual al porcentaje de la actuación del trabajador; para ello, se utiliza la siguiente tabla:

Figura 4.54: Tabla del sistema Westinghouse

<b><u>HABILIDAD</u></b>			<b><u>ESFUERZO</u></b>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente
<b><u>CONDICIONES</u></b>			<b><u>CONSISTENCIA</u></b>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

Fuente: Cova et al., 2016.

Esta tabla se aplica para el cálculo del tiempo normal, dependiendo de las condiciones y capacidades del operario. Al respecto, para cada parte se especifica el factor C utilizado:

Figura 4.55: Fórmula para el cálculo del tiempo normal

$$**Tn = To \times F.C**$$


Fuente: Autor, 2025.

Donde:

- Tn = tiempo normal.
- To = tiempo observado.
- F.C = factor de calificación.

Seguidamente, para el cálculo del tiempo estándar, se deben considerar ciertos suplementos que añaden un porcentaje de tiempo al tiempo normal:

Figura 4.56: Sistema de suplementos por descanso

			SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO				
SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER
Necesidades personales		5	7	e) Condiciones atmosféricas			
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)			
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER	16		0	
a) Trabajo de pie				14		0	
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0	12		0	
Trabajo se realiza de pie		2	4	10		3	
b) Postura normal				8		10	
Ligeramente incómoda		0	1	6		21	
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3	5		31	
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7	4		45	
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				3		64	
Peso levantado por kilogramo				2		100	
2,5		0	1	f) Tensión visual			
5		1	2	Trabajos de cierta precisión		0	0
7,5		2	3	Trabajos de precisión o fatigosos		2	2
10		3	4	Trabajos de gran precisión		5	5
12,5		4	6	g) Ruido			
15		5	8	Sonido continuo		0	0
17,5		7	10	Sonidos intermitentes y fuertes		2	2
20		9	13	Sonidos intermitentes y muy fuertes		5	5
22,5		11	16	Sonidos estridentes		7	7
25		13	20 (máx)	h) Tensión mental			
30		17		Proceso algo complejo		1	1
33,5		22		Proceso complejo o de atención dividida		4	4
d) Iluminación				Proceso muy complejo		8	8
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	i) Monotonía mental			
Bastante por debajo		2	2	Trabajo monótono		0	0
Absolutamente insuficiente		5	5	Trabajo bastante monótono		1	1
				Trabajo muy monótono		4	4
				j) Monotonía física			
				Trabajo algo aburrido		0	0
				Trabajo aburrido		2	2
				Trabajo muy aburrido		5	5

Fuente: Salazar, 2019b.

En relación con el presente estudio, se toman en cuenta los suplementos por necesidades personales y el suplemento base por fatiga como suplementos constantes. Por otro lado, como suplementos variables, se considera un suplemento por postura ligeramente incómoda, ya que se está todo el turno en una sola posición, y un suplemento por monotonía, porque el proceso es muy repetitivo.

Figura 4.57: Fórmula para el cálculo del tiempo estándar

$$Te = Tn \times (1 + \%Suplementos)$$

Fuente: Autor, 2025.

De esta manera, se expone el estudio de tiempos de cada parte con los resultados obtenidos y las consideraciones necesarias explicadas con anterioridad.

### Estudio de tiempos del proceso Fill, parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

Primeramente, se definen la calificación de la actuación y el total de suplementos aplicados para los procesos Fill 1 y Fill 2, donde el operario que ejecuta el trabajo es un hombre.

Tabla 4.28: Calificación de la actuación

Calificación de actuación proceso Fill		
Habilidad	C1	0.06
Esfuerzo	C1	0.05
Condiciones	C	0.02
Consistencia	C	0.01
Total C		0.14

Fuente: Autor, 2025.

Respecto a este estudio de tiempos, se emplea en la fórmula un F.C de 1,14, tomando en cuenta la fórmula de la figura 4.53:

Tabla 4.29: Suplementos de descanso

<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades personales	5%	0.05
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
Ligeramente incómoda	0%	0
Monotonía	4%	0.04
<b>Total suplementos</b>	<b>13%</b>	<b>0.13</b>

Fuente: Autor, 2025.

Con las variables consideradas para el cálculo, el porcentaje total es de 13 %, pero al usar la fórmula de la figura 4.57, el resultado es de 1.13.

Tabla 4.30: Estudio de tiempos de la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

<b>Estudio de tiempos BTH-060-01-F-D-RA-WT-K</b>				
	<b>Fill 1</b>		<b>Fill 2</b>	
<b># de corrida</b>	<b>Tiempo vuelta a cero</b>	<b>Tiempo continuo</b>	<b>Tiempo vuelta a cero</b>	<b>Tiempo continuo</b>
1	01:56.56	01:56.56	01:34.99	03:31.55
2	01:43.51	01:43.51	01:39.52	03:23.03
3	01:54.32	01:54.32	01:45.00	03:39.32
4	01:36.00	01:36.00	01:37.60	03:13.60
5	01:24.33	01:24.33	01:39.92	03:04.25
6	01:45.76	01:45.76	01:46.70	03:32.46
7	01:43.81	01:43.81	01:40.28	03:24.09
8	01:49.44	01:49.44	01:49.83	03:39.27
9	01:47.92	01:47.92	01:24.24	03:12.16
10	01:46.90	01:46.90	01:39.51	03:26.41
11	01:47.89	01:47.89	01:38.35	03:26.24
12	02:01.18	02:01.18	01:43.98	03:45.16
13	01:45.35	01:45.35	01:38.82	03:24.17
T.O	01:46.38		01:39.90	03:26.29
F.C	1.14		1.14	
T.N	02:01.28		01:53.89	03:55.17
Suplementos	1.13		1.13	
T.ES.	02:17.04		02:08.70	04:25.74
<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>03:55.17</b>			

Fuente: Autor, 2025.

El resultado es un tiempo estándar para Fill 1 de 2:17.04 y para Fill 2 de 2:08.70. Cabe destacar que la velocidad del CAM para este estudio no se modifica y se encuentra en 130 rpm, además por cada ciclo medido se obtienen 5 conectores.

Ahora bien, se compara el tiempo obtenido con el tiempo estándar establecido en Samtec:

Tabla 4.31: Cuadro comparativo de los tiempos estándar para la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

	Fill 1	Fill 2
Tiempo Estándar del estudio(h)	0.03807	0.03575
Tiempo Estándar Samtec(h)	0.03158	0.03158

Fuente: Autor, 2025.

Se puede concluir que el tiempo estándar definido por Samtec es menor al tiempo estándar calculado.

### Razón de producción para los procesos Fill en la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

Figura 4.58: Fórmula para el cálculo de la razón de producción

$$RP = \frac{1}{Tiempo\ Estándar}$$

Fuente: Autor, 2025.

Al sustituir los valores, se obtiene:

Figura 4.59: Razón de producción actual de Fill 1

$$RP = \frac{1}{0.03807}$$

$$RP = 26.27 \times 5$$

$$RP = 131$$

Fuente: Autor, 2025.

La razón de producción actual es de 131 partes por hora, ya que son 5 partes por ciclo.

Figura 4.60: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 1

$$RP = \frac{1}{0.03158}$$
$$RP = 31.67 \times 5$$
$$RP = 158$$

Fuente: Autor, 2025.

Actualmente hacen falta 27 piezas por hora para cumplir con la cantidad demandada.

Figura 4.61: Razón de producción actual de Fill 2

$$RP = \frac{1}{0.03575}$$
$$RP = 27.97 \times 5$$
$$RP = 139$$

Fuente: Autor, 2025.

La razón de producción actual es de 139 partes por hora, porque son 5 partes por ciclo.

Figura 4.62: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 2

$$RP = \frac{1}{0.03158}$$
$$RP = 31.67 \times 5$$
$$RP = 158$$

Fuente: Autor, 2025.

En la actualidad hacen falta 19 piezas por hora para cumplir con la cantidad demandada.

## Estudio de tiempos del proceso Fill, parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

Primeramente, se define la calificación de la actuación y el total de suplementos aplicados para los procesos Fill 1 y Fill 2, donde el operario que ejecuta el trabajo es una mujer.

Tabla 4.32: Calificación de la actuación

<b>Calificación de actuación proceso Fill</b>		
Habilidad	B1	0.11
Esfuerzo	B1	0.1
Condiciones	C	0.02
Consistencia	C	0.01
<b>Total C</b>		<b>0.24</b>

Fuente: Autor, 2025.

En cuanto a este estudio de tiempos, se emplea en la fórmula un F.C de 1,24, tomando en cuenta la fórmula de la figura 4.53.

Tabla 4.33: Suplementos de descanso

<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades personales	7%	0.07
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
Ligeramente incómoda	1%	0.01
Monotonía	4%	0.04
<b>Total suplementos</b>	<b>16%</b>	<b>0.16</b>

Fuente: Autor, 2025.

El resultado es de 1.16 al aplicar la fórmula de la figura 4.57.

Tabla 4.34: Estudio de tiempos de la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

<b>Estudio de tiempos ASP-110859-03-SUB-MEC8-150-02-S-D-RA2-TR</b>				
	<b>Fill 1</b>		<b>Fill 2</b>	
<b># de corrida</b>	<b>Tiempo vuelta a cero</b>	<b>Tiempo continuo</b>	<b>Tiempo vuelta a cero</b>	<b>Tiempo continuo</b>
1	01:19.53	01:19.53	01:18.33	02:37.86
2	01:32.66	01:32.66	00:56.14	02:28.80
3	01:34.12	01:34.12	01:11.12	02:45.24
4	01:24.01	01:24.01	01:04.44	02:28.45
5	01:39.41	01:39.41	01:03.33	02:42.74
6	01:28.21	01:28.21	01:19.42	02:47.63
7	01:25.65	01:25.65	00:55.72	02:21.37
8	01:16.30	01:16.30	01:29.96	02:46.26
9	01:32.63	01:32.63	01:03.26	02:35.89
10	01:33.21	01:33.21	00:53.49	02:26.70
11	01:27.47	01:27.47	00:46.65	02:14.12
12	01:27.49	01:27.49	01:32.16	02:59.65
13	01:27.84	01:27.84	01:08.89	02:36.73
14	01:28.64	01:28.64	00:58.51	02:27.15
15	01:27.44	01:27.44	00:58.82	02:26.26
16	01:30.03	01:30.03	01:15.62	02:45.65
17	01:33.01	01:33.01	01:16.25	02:49.26
18	01:22.35	01:22.35	01:05.32	02:27.67
19	01:15.67	01:15.67	01:11.64	02:27.31
T.O	01:27.67		01:07.85	02:35.51
F.C	1.24		1.24	
T.N	01:48.71		01:24.13	03:12.84
Suplementos	1.16		1.16	
T.ES.	02:06.10		01:37.59	03:43.69

<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>03:12.84</b>
------------------------	-----------------

Fuente: Autor, 2025.

El resultado es un tiempo estándar para Fill 1 de 2:06.10 y para Fill 2 de 1:37.59. Cabe destacar que la velocidad del CAM para este estudio no se modifica y se encuentra en 120 rpm; además, por cada ciclo medido se obtienen 6 conectores.

Ahora bien, se compara el tiempo obtenido con el tiempo estándar establecido en Samtec:

Tabla 4.35: Cuadro comparativo de los tiempos estándar para la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

	Fill 1	Fill 2
Tiempo Estándar del estudio(h)	0.03503	0.02711
Tiempo Estándar Samtec(h)	0.02857	0.03600

Fuente: Autor, 2025.

Se puede concluir que el tiempo estándar definido por Samtec es menor al tiempo estándar calculado para Fill 1, pero es todo lo contrario para Fill 2.

### Razón de producción para los procesos Fill en la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

Figura 4.63: Fórmula para el cálculo de la razón de producción

$$RP = \frac{1}{Tiempo\ Est\acute{a}ndar}$$

Fuente: Autor, 2025.

Al sustituir los valores, se obtiene:

Figura 4.64: Razón de producción actual de Fill 1

$$RP = \frac{1}{0.03503}$$
$$RP = 28.54 \times 6$$
$$RP = 171$$

Fuente: Autor, 2025.

La razón de producción actual es de 171 partes por hora, ya que son 6 partes por ciclo.

Figura 4.65: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 1

$$RP = \frac{1}{0.02857}$$
$$RP = 35 \times 6$$
$$RP = 210$$

Fuente: Autor, 2025.

Actualmente hacen falta 39 piezas por hora para cumplir con la cantidad demandada.

Figura 4.66: Razón de producción actual de Fill 2

$$RP = \frac{1}{0.02711}$$
$$RP = 36.89 \times 6$$
$$RP = 221$$

Fuente: Autor, 2025.

La razón de producción actual es de 221 partes por hora, porque son 6 partes por ciclo.

Figura 4.67: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 2

$$RP = \frac{1}{0.036}$$
$$RP = 27.7 \times 6$$
$$RP = 166$$

Fuente: Autor, 2025.

En la actualidad la producción excede en 55 piezas por hora la cantidad demandada.

### **Estudio de tiempos del proceso Fill, parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR**

Primeramente, se define la calificación de la actuación y el total de los suplementos aplicados para los procesos Fill 1 y Fill 2, donde el operario que ejecuta el trabajo es una mujer.

Tabla 4.36: Calificación de la actuación

<b>Calificación de actuación proceso Fill</b>		
Habilidad	C1	0.06
Esfuerzo	C1	0.05
Condiciones	C	0.02
Consistencia	C	0.01
<b>Total C</b>		<b>0.14</b>

Fuente: Autor, 2025.

Para este estudio de tiempos, se emplea en la fórmula un F.C de 1,14, tomando en cuenta la fórmula de la figura 4.53:

Tabla 4.37: Suplementos de descanso

<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por	7%	0.07
Suplemento base por fatiga	4%	0.04
<b>Suplementos variables</b>		
Ligeramente incómoda	1%	0.01
Monotonía	4%	0.04
<b>Total suplementos</b>	<b>16%</b>	<b>0.16</b>

Fuente: Autor, 2025.

El resultado es de 1.16 al realizar la fórmula para el cálculo del suplemento.

Tabla 4.38: Estudio de tiempos de la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

Estudio de tiempos ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR				
# de corrida	Fill 1		Fill 2	
	Tiempo vuelta a cero	Tiempo continuo	Tiempo vuelta a cero	Tiempo continuo
1	00:55.04	00:55.04	00:50.78	01:45.82
2	00:40.32	00:40.32	00:55.98	01:36.30
3	00:24.02	00:24.02	01:01.23	01:25.25
4	00:34.52	00:34.52	01:05.47	01:39.99
5	00:31.41	00:31.41	01:15.27	01:46.68
6	00:37.86	00:37.86	01:01.52	01:39.38
7	00:23.86	00:23.86	01:06.33	01:30.19
8	00:37.81	00:37.81	01:02.45	01:40.26
9	00:44.01	00:44.01	01:05.07	01:49.08
10	00:42.08	00:42.08	01:02.65	01:44.73
11	00:36.18	00:36.18	01:02.17	01:38.35
12	00:36.20	00:36.20	01:03.87	01:40.07
13	00:36.18	00:36.18	01:06.17	01:42.35
14	00:46.63	00:46.63	01:19.24	02:05.87
15	00:43.45	00:43.45	01:12.11	01:55.56
16	00:31.79	00:31.79	01:04.84	01:36.63
17	01:08.43	01:08.43	01:00.01	02:08.44
18	00:33.28	00:33.28	01:00.46	01:33.74
19	00:36.68	00:36.68	01:01.07	01:37.75
20	00:30.50	00:30.50	01:15.66	01:46.16
21	00:38.35	00:38.35	01:02.03	01:40.38
22	00:50.03	00:50.03	01:04.61	01:54.64
23	00:38.43	00:38.43	00:59.35	01:37.78
24	00:42.08	00:42.08	00:54.28	01:36.36
25	00:45.63	00:45.63	00:57.64	01:43.27
26	00:48.25	00:48.25	00:59.47	01:47.72
27	00:40.32	00:40.32	00:56.07	01:36.39
28	00:50.07	00:50.07	00:55.83	01:45.90
29	00:59.34	00:59.34	00:59.02	01:58.36
30	00:47.28	00:47.28	00:57.08	01:44.36
T.O	00:41.00		01:02.59	01:43.59
F.C	1.14		1.14	
T.N	00:46.74		01:11.35	01:58.09
Suplementos	1.16		1.16	
T.ES.	00:54.22		01:22.77	02:16.99

<b>Tiempo de ciclo</b>	01:58.09
------------------------	----------

Fuente: Autor, 2025.

El resultado es un tiempo estándar para Fill 1 de 0:54.22 y para Fill 2 de 1:22.77. Cabe destacar que la velocidad del CAM para este estudio no se modifica y se encuentra en 100 rpm; además, por cada ciclo medido se obtienen 6 conectores.

Ahora bien, se compara el tiempo obtenido con el tiempo estándar establecido en Samtec.

Tabla 4.39: Cuadro comparativo de los tiempos estándar para la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

	Fill 1	Fill 2
Tiempo Estándar del estudio(h)	0.01506	0.02299
Tiempo Estándar Samtec(h)	0.01342	0.01734

Fuente: Autor, 2025.

Se concluye que el tiempo estándar definido por Samtec es menor al tiempo estándar calculado.

### Razón de producción para procesos Fill en la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

Figura 4.68: Fórmula para el cálculo de la razón de producción

$$RP = \frac{1}{\textit{Tiempo Estándar}}$$

Fuente: Autor, 2025.

Al sustituir los valores, se obtiene:

Figura 4.69: Razón de producción actual de Fill 1

$$RP = \frac{1}{0.01506}$$
$$RP = 66.40 \times 6$$
$$RP = 398$$

Fuente: Autor, 2025.

La razón de producción actual es de 398 partes por hora, ya que son 6 partes por ciclo.

Figura 4.70: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 1

$$RP = \frac{1}{0.01342}$$
$$RP = 74.52 \times 6$$
$$RP = 447$$

Fuente: Autor, 2025.

En la actualidad hacen falta 49 piezas por hora para cumplir con la cantidad demandada.

Figura 4.71: Razón de producción actual de Fill 2

$$RP = \frac{1}{0.02299}$$
$$RP = 43.5 \times 6$$
$$RP = 260$$

Fuente: Autor, 2025.

La razón de producción actual es de 260 partes por hora, porque son 6 partes por ciclo.

Figura 4.72: Razón de producción demandada por Samtec para Fill 2

$$RP = \frac{1}{0.01734}$$
$$RP = 57.67 \times 6$$
$$RP = 346$$

Fuente: Autor, 2025.

En la actualidad faltan 86 partes por hora para cumplir con la cantidad demandada.

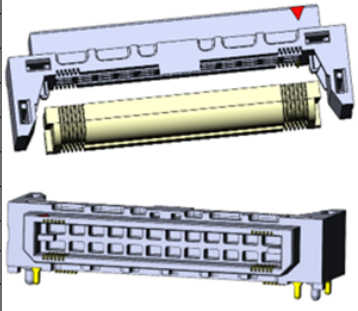
#### **4.2.6.3 Estudio del método**

El estudio de métodos es una técnica utilizada para evaluar críticamente el modo de realizar las tareas, por lo que en este estudio es un complemento para identificar posibles ineficiencias que ayuden a llegar a la meta de producción o a mejorarla.

#### **Cursograma analítico del proceso Fill de la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K**

A continuación, se detallan todas las operaciones requeridas para ejecutar el proceso Fill 1.

Figura 4.73: Cursograma analítico de BTH-060-01-F-D-RA-WT-K de Fill 1

Cursograma analítico							
Diagrama Num: 1	Resumen						
Producto: BTH-060-01-F-D-RA-WT-K	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
	Operación	11					
	Transporte	0					
	Espera	0					
	Inspección	1					
Actividad: Fill 1	Almacenamiento	1					
Método: Actual	Distancia (m)	0m					
Lugar: M-629	Tiempo total	1:46 min					
Operario (s): Operario 1	Tiempo de espera	0 min					
Compuesto por: Jorge Jiménez Jiménez							
Aprobado por:							
Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
		●	■	◐	➔	▼	
Cargar bodies en el nido	6s	X					Se colocaron manualmente sin magazine
Colocar end cap	4s	X					Se coloca tapa que sostiene los bodies plásticos
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	2s	X					El operario acciona la máquina
Máquina ejecuta el primer proceso de llenado de pines	40s	X					La máquina inicia el ciclo
Parada para retirar carrier	5s	X					Máquina vuelve a home para retirar carrier
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	2s	X					El operario acciona nuevamente la máquina
Máquina ejecuta el segundo proceso de llenado de pines	37s	X					La máquina inicia el ciclo nuevamente
Inspección visual de los conectores	10s		X				Durante el ciclo de la máquina
Limpieza de conectores anteriormente procesados	3s	X					Durante el ciclo de la máquina
Colocar spacers	50 s	X					Se coloca un componente manualmente(durante el ciclo de la máquina)
Almacenar conectores terminados en trays	10s					X	Durante el ciclo de la máquina
Retiro del carrier	5s	X					Se ejecuta luego de que la máquina se detiene
descargar nido con bodies procesados	5s	X					Se finaliza un ciclo y vuelve a empezar
Total	1:46 min						

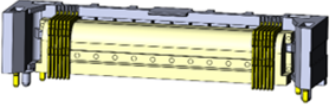
Fuente: Autor, 2025.

Con relación a las actividades del proceso Fill 1 para la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K, 11 corresponden a operaciones, 1 a inspección y 1 a almacenamiento, para un total de 13 tareas que suman juntas 1:46 minutos en promedio.

En cuanto a la ejecución de esta medición, se cuenta con la participación del operario #1 de la máquina M-629, quien posee la experiencia necesaria. Adicional, no se registran tiempos de espera durante el ciclo, pero sí se toman notas en el proceso porque existen operaciones que se realizan mientras la máquina trabaja y otras observaciones detallan cómo se efectúa cada tarea.

Seguidamente, se indican las operaciones del proceso Fill 2:

Figura 4.74: Cursograma analítico de BTH-060-01-F-D-RA-WT-K de Fill 2

Cursograma analítico							
Diagrama Num: 2		Resumen					
Producto: BTH-060-01-F-D-RA-WT-K		Actividad	Actual	Propuesta	Economía		
Actividad: Fill 2		Operación	10				
Método: Actual		Transporte	0				
Lugar: M-629		Espera	0				
Operario (s): Operario 2		Inspección	1				
Compuesto por: Jorge Jiménez Jiménez		Almacenamiento	1				
Aprobado por:		Distancia (m)	0m				
		Tiempo total	1:40 min				
		Tiempo de espera	0 s				
Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
		●	■	▶	➡	▼	
Cargar bodies en el nido	5s	X					Se colocaron manualmente sin magazine
Colocar end cap	3s	X					Se coloca tapa que sostiene los bodies plásticos
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	2s	X					El operario acciona la máquina
Máquina ejecuta el primer proceso de llenado de pines	0:38s	X					La máquina inicia el ciclo
Parada para retirar carrier	5s	X					Máquina vuelve a home para retirar carrier
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	2s	X					El operario acciona nuevamente la máquina
Máquina ejecuta el segundo proceso de llenado de pines	35s	X					La máquina inicia el ciclo nuevamente
Inspección visual de los conectores	10s		X				Se realiza durante el ciclo de la máquina
Limpieza de conectores anteriormente procesados	5s	X					Se realiza durante el ciclo de la máquina
Almacenar conectores terminados en trays	10s					X	Se realiza durante el ciclo de la máquina
Retiro del carrier	5s	X					Se ejecuta luego de que la máquina se detiene
descargar nido con bodies procesados	5s	X					Se finaliza un ciclo y vuelve a empezar
Total		1:40 min					

Fuente: Autor, 2025.

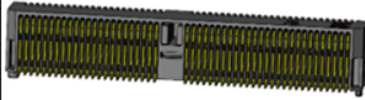
Respecto a las actividades del proceso Fill 2 para la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K, 10 corresponden a operaciones, 1 a inspección y 1 a almacenamiento, para un total de 12 tareas que suman juntas 1:40 minutos en promedio.

Para la ejecución de esta medición, se cuenta con la participación del operario #2 de la máquina M-629, quien posee la experiencia necesaria. Asimismo, no se registran tiempos de espera durante el ciclo, pero sí se toman notas en el proceso ya que existen operaciones que se realizan mientras la máquina trabaja y otras observaciones describen cómo se efectúa cada tarea.

### **Cursograma analítico del proceso Fill de la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR**

En la siguiente figura se detallan todas las operaciones requeridas para ejecutar el proceso Fill 1:

Figura 4.75: Cursograma analítico de ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR de Fill 1

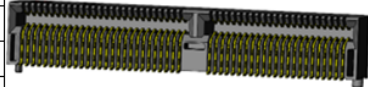
Cursograma analítico							
Diagrama Num: 3	Resumen						
Producto: ASP-110859-03-SUB-MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Fill 1	Operación	7					
Método: Actual	Transporte	0					
Lugar: M-139	Espera	0					
Operario (s): Operaria 3	Inspección	1					
Compuesto por: Jorge Jiménez Jiménez	Almacenamiento	1					
Aprobado por:	Distancia (m)	0m					
	Tiempo total	1:28min					
	Tiempo de espera	0 min					
Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
		●	■	◐	➡	▼	
Cargar bodies en el nido	6s	X					Se colocaron manualmente sin magazine
Colocar end cap	5s	X					Se coloca tapa que sostiene los bodies plásticos
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	3s	X					El operario acciona la máquina
Máquina ejecuta el proceso de llenado de pines	1min	X					La máquina inicia el ciclo
Inspección visual de los conectores	10s		X				Se realiza mientras la máquina trabaja
Limpieza de conectores anteriormente procesados	6s	X					Se realiza mientras la máquina trabaja
Almacenar conectores terminados en layer	7s					X	Se realiza mientras la máquina trabaja
Retiro del carrier	6s	X					Se ejecuta luego de que la máquina se detiene
descargar nido con bodies procesados	8s	X					Se finaliza un ciclo y vuelve a empezar
Total	1:28 min						

Fuente: Autor, 2025.

En cuanto a las actividades del proceso Fill 1 para la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR, 7 corresponden a operaciones, 1 a inspección y 1 a almacenamiento, para un total de 9 tareas que suman juntas 1:28 minutos en promedio. Con relación a la ejecución de esta medición, se cuenta con la participación de la operaria #3 de la máquina M-139, quien posee la experiencia necesaria. Además, no se registran tiempos de espera durante el ciclo, pero sí se toman notas en el proceso pues existen operaciones que se realizan mientras la máquina trabaja y otras observaciones describen cómo se efectúa cada tarea.

Seguidamente, se citan las operaciones del proceso Fill 2:

Figura 4.76: Cursograma analítico de ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR de Fill 2

Cursograma analítico							
Diagrama Num: 4	Resumen						
Producto: ASP-110859-03-SUB-MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Fill 2	Operación	7					
Método: Actual	Transporte	0					
Lugar: M-125	Espera	1					
Operario (s): Operaria 4	Inspección	1					
	Almacenamiento	1					
	Distancia (m)	0 m					
Compuesto por: Jorge Jiménez Jiménez	Tiempo total	1:13 min					
Aprobado por:	Tiempo de espera	16 s					
Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
		●	■	■	➡	▼	
Cargar bodies en el nido	5s	X					Se colocaron manualmente sin magazine
Colocar end cap	3s	X					Se coloca tapa que sostiene los bodies plásticos
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	2s	X					El operario acciona la máquina
Máquina ejecuta el proceso de llenado de pines	36s	X					La máquina inicia el ciclo
Inspección visual de los conectores	10s		X				Se realiza mientras la máquina trabaja
Limpieza de conectores anteriormente procesados	6s	X					Se realiza mientras la máquina trabaja
Almacenar conectores terminados en tubes	36s				X		Operario sostiene tubes con su mano
Retraso para continuar el ciclo	16s			X			Al operario no le da tiempo de empaclar en tubes mientras la máquina trabaja
Retiro del carrier	5s	X					Se ejecuta luego de que la máquina se detiene
descargar nido con bodies procesados	6s	X					Se finaliza un ciclo y vuelve a empezar
	Total	1:13 min					

Fuente: Autor, 2025.

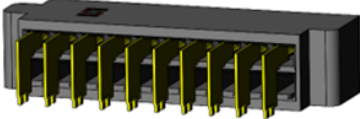
Referente a las actividades del proceso Fill 2 para la parte ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR, 7 corresponden a operaciones, 1 a inspección, 1 a almacenamiento y 1 a espera, para un total de 10 tareas que suman juntas 1:13 minutos en promedio.

En cuanto a la ejecución de esta medición, se cuenta con la participación de la operaria #4 de la máquina M-125, quien posee la experiencia necesaria. Adicional, se toman notas en el proceso ya que algunas operaciones se realizan mientras la máquina trabaja y otras observaciones indican cómo se efectúa cada tarea.

### **Cursograma analítico del proceso Fill de la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR**

Ahora bien, en la siguiente figura se indican todas las operaciones requeridas para llevar a cabo el proceso Fill 1:

Figura 4.77: Cursograma analítico de ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR de Fill 1

Cursograma analítico							
Diagrama Num: 5	Resumen						
Producto: ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Fill 1	Operación	7					
Método: Actual	Transporte	0					
Lugar: M-146	Espera	0					
Operario (s): Operaria 5	Inspección	1					
	Almacenamiento	1					
	Distancia (m)	0m					
Compuesto por: Jorge Jiménez Jiménez	Tiempo total	41 s					
Aprobado por:	Tiempo de espera	0 s					
Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
		●	■	◐	➡	▼	
Cargar bodies en el nido	5s	X					Se colocaron manualmente sin magazine
Colocar end cap	3s	X					Se coloca tapa que sostiene los bodies plásticos
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	1s	X					El operario acciona la máquina
Máquina ejecuta el proceso de llenado de pines	25s	X					La máquina inicia el ciclo
Inspección visual de los conectores	10s		X				Se realiza mientras la máquina trabaja
Limpieza de conectores anteriormente procesados	5s	X					Se realiza mientras la máquina trabaja
Almacenar conectores terminados en layer	5s				X		Se realiza mientras la máquina trabaja
Retiro del carrier	2s	X					Se ejecuta luego de que la máquina se detiene
descargar nido con bodies procesados	5s	X					Se finaliza un ciclo y vuelve a empezar
Total	41 s						

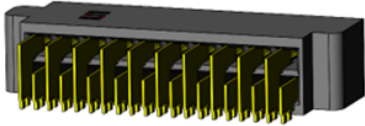
Fuente: Autor, 2025.

Acerca de las actividades del proceso Fill 1 para la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR, 7 corresponden a operaciones, 1 a inspección y 1 a almacenamiento, para un total de 9 tareas que suman juntas 41 segundos en promedio.

Respecto a la ejecución de esta medición, se cuenta con la participación de la operaria #5 de la máquina M-146, quien posee la experiencia necesaria. Además, no se registran tiempos de espera durante el ciclo, pero sí se toman notas en el proceso porque existen operaciones que se realizan mientras la máquina trabaja y otras observaciones detallan cómo se efectúa cada tarea.

A continuación, se mencionan las operaciones del proceso Fill 2:

Figura 4.78: Cursograma analítico de ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR de Fill 2

Cursograma analítico							
Diagrama Num:6	Resumen						
Producto: ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Fill 2	Operación	7					
Método: Actual	Transporte	0					
Lugar: M-146	Espera	0					
Operario (s): Operaria 5	Inspección	1					
	Almacenamiento	1					
	Distancia (m)	0m					
Compuesto por: Jorge Jiménez Jiménez	Tiempo total	1:02 min					
Aprobado por:	Tiempo de espera	0s					
Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
		●	■	◐	➔	▼	
Cargar bodies en el nido	6s	X					Se colocaron manualmente sin magazine
Colocar end cap	2s	X					Se coloca tapa que sostiene los bodies plásticos
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	2s	X					El operario acciona la máquina
Máquina ejecuta el proceso de llenado de pines	35s	X					La máquina inicia el ciclo
Inspección visual de los conectores	15s		X				Se realiza mientras la máquina trabaja
Limpieza de conectores anteriormente procesados	5s	X					Se realiza mientras la máquina trabaja
Almacenar conectores terminados en layer	5s				X		Se realiza mientras la máquina trabaja
descargar nido con bodies procesados	10s	X					Se ejecuta luego de que la máquina se detiene
Retirar carrier	7s	X					Se finaliza un ciclo y vuelve a empezar
Total	1:02 min						

Fuente: Autor, 2025.

En relación con las actividades del proceso Fill 2 para la parte ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR, 7 corresponden a operaciones, 1 a inspección y 1 a almacenamiento, para un total de 9 tareas que suman juntas 1:02 minutos en promedio. Referente a la ejecución de esta medición, se cuenta con la participación de la operaria #5 de la máquina M-146, quien posee la experiencia necesaria. Además, se toman notas en el proceso porque existen operaciones que se realizan mientras la máquina trabaja y otras observaciones describen cómo se efectúa cada tarea.

En conclusión, como resultado del estudio de trabajo, se logra medir el estado actual del proceso, por lo que se identifican diferencias notorias entre el tiempo real de los procesos en estudio vs. los tiempos estándar registrados por la empresa.

Luego, con el estudio del método, se determina que es un método difícil de cambiar al ser un proceso automatizado; sin embargo, algunos procedimientos no se están siguiendo y otras tareas se ejecutan diferente por los operarios porque no existe una instrucción definida.

#### **4.2.7 Encuesta**

La encuesta es una técnica que se utiliza para recopilar información por medio de la aplicación de un cuestionario a las personas involucradas o expertas con relación a un tema específico. En este se realizan preguntas abiertas o cerradas, según sea el caso, para identificar posibles soluciones a problemas u obtener información vinculada a un tema de estudio.

En el estudio se emplea esta herramienta o técnica para obtener información mediante los involucrados directamente en el proceso Fill. Como se expuso, el proceso de *set up* y ajuste de las máquinas lo lleva a cabo el Departamento de Mantenimiento, el cual consta de 15 técnicos y por lo general siempre están presentes al menos 3 técnicos por turno para atender los *tickets* generados durante la jornada.

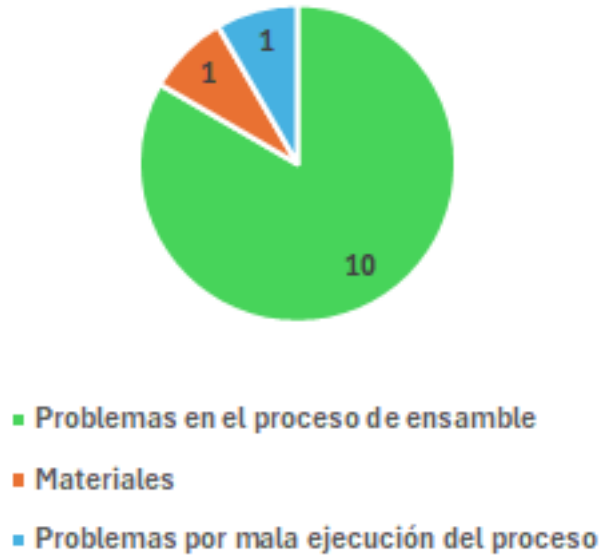
Este tipo de encuesta se basa en la teoría; al respecto, Vasilachis (2014) indica que los estudios cualitativos se basan en seleccionar ámbitos reducidos donde se valora más la validez o credibilidad del conocimiento que considerar características medibles de una muestra probabilística.

Los siguientes pasos son los utilizados para la aplicación de esta encuesta, de acuerdo con lo mencionado anteriormente:

- 1. Identificación de las unidades de análisis:** en este caso son 15 colaboradores del Área Micro.
- 2. Creación del cuestionario:** se toma en cuenta la información necesaria para elaborar un FMEA del estado actual del proceso y, además, generar ideas de las posibles causas asociadas al problema en estudio, por lo que las preguntas son abiertas.
- 3. El tipo de muestra:** el objetivo es encuestar al total de la muestra, la cual se puede denominar intencional o basada en criterios, según Vasilachis (2014), ya que se selecciona debido a su conocimiento sobre el tema en estudio y se compone de un número pequeño de personas.
- 4. Aplicación de la encuesta:** se efectúa por medio de un cuestionario en Google Forms, donde los encuestados responden ingresando a un enlace generado. En este caso, se obtiene un porcentaje de respuesta del 80 %, es decir, 13 técnicos completan la encuesta.
- 5. Análisis de la información:** se utilizan las respuestas para crear criterios generales en cada pregunta, tomando la información de cada respuesta y asociándola a un criterio o causa identificado por el investigador. De esta manera, se elaboran gráficas de pastel en las que se representan los resultados obtenidos.

A continuación, se aprecian los resultados de la encuesta hecha (ver la encuesta en el **apéndice 1**):

Figura 4.79: Fallos actuales durante el proceso Fill



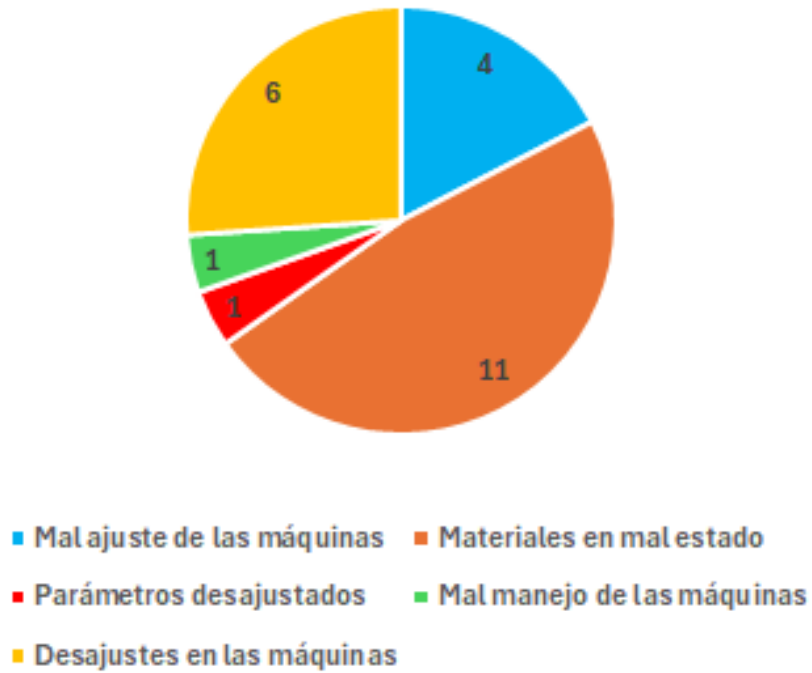
Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con la figura anterior, 10 personas contestan que los fallos del proceso se asocian a los problemas experimentados en el proceso de ensamble, 1 persona menciona que uno de los fallos se debe a los materiales y 1 persona cree que los fallos se presentan cuando hay una mala ejecución por parte de los operarios y técnicos.

Entre los fallos señalados, se encuentran:

- **Mala inserción:** los pines no se ubican en el lugar correspondiente y la máquina debe ajustarse.
- **Missing pin:** falta de algún pin en una de las posiciones porque se quiebra o se daña antes o durante la inserción.
- **Ajuste de press:** la velocidad de la máquina puede estar muy baja o alta, o también la llegada del pin no es suficiente o le falta distancia a la hora de insertarse en el *body*.
- **Contactos colapsados:** sucede por una mala inserción, los pines se quiebran.

Figura 4.80: Posibles causas de los fallos mencionados



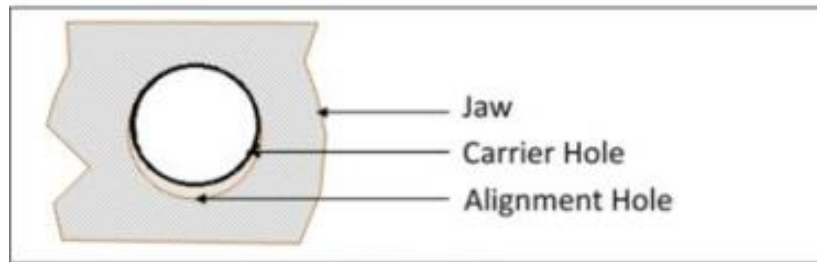
Fuente: Autor, 2025.

Esta segunda pregunta busca conocer la opinión por parte de los encuestados sobre lo que ellos creen, según su experiencia, pueden ser las causas que ocasionan los fallos identificados en la pregunta 1.

Así, 11 respuestas mencionan como causa el mal estado de los materiales, 4 señalan un mal ajuste de las máquinas, 6 indican desajustes de las máquinas y solo una persona contesta que parámetros desajustados o un mal manejo de las máquinas.

Cabe resaltar que entre las respuestas se mencionan los problemas de ajuste como el *pin feed*, el cual consiste en dejar una media luna centrada en la parte inferior entre los agujeros del *jaw* y los agujeros del *reel*; esto hace que cuando se ensamblen los pines, estos vayan alineados.

Figura 4.81: Ejemplo del ajuste del pin feed



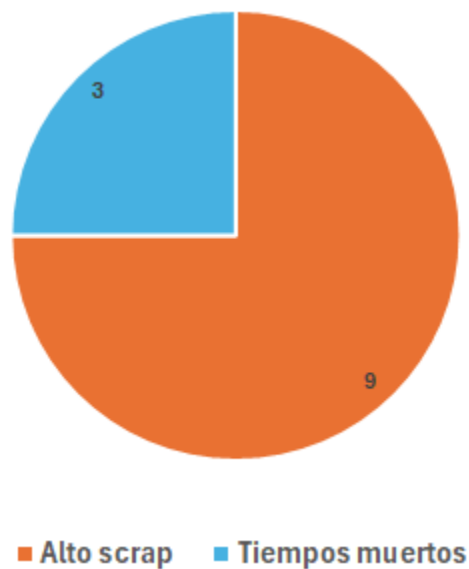
Fuente: SGN Samtec, 2025.

Un mal ajuste del *pin feed* se asocia a problemas de inserción, contactos colapsados, pines faltantes y daños en el *body*.

Otra de las causas se identifica en la calidad de los materiales, *bodies* y *reels* con defectos; por ejemplo, agujeros cerrados, *reels* dañados con pines doblados o *bent pin*.

Como una tercera causa, se indican los frecuentes cambios de *set up*, los técnicos manifiestan que esto genera doble trabajo al tener que ajustar constantemente la máquina.

Figura 4.82: Consecuencias de los fallos



Fuente: Autor, 2025.

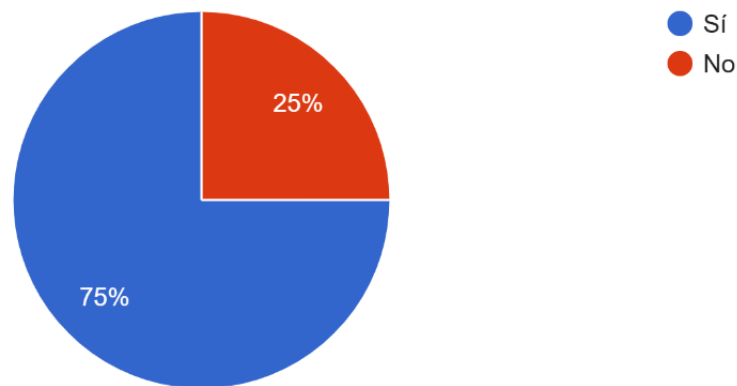
Respecto a las consecuencias de los fallos detectados, 9 personas creen que se puede presentar un alto *scrap* y 3 señalan tiempos muertos elevados.

Lo anterior se analiza de la siguiente manera:

- Alto *scrap*.
- QP externos, lo que implica quejas de los clientes por un producto de mala calidad entregado.
- Tiempos muertos prolongados al tratar de ajustar las máquinas, lo cual provoca ineficiencia en el proceso e incumplimiento con las fechas de entrega.
- Daños prematuros a la máquina.
- Elevación de los costos de producción debido al *scrap* y a que se debe hacer doble trabajo, aparte del desperdicio de materia prima.

Figura 4.83: ¿Se conocen controles actuales ante los fallos detectados?

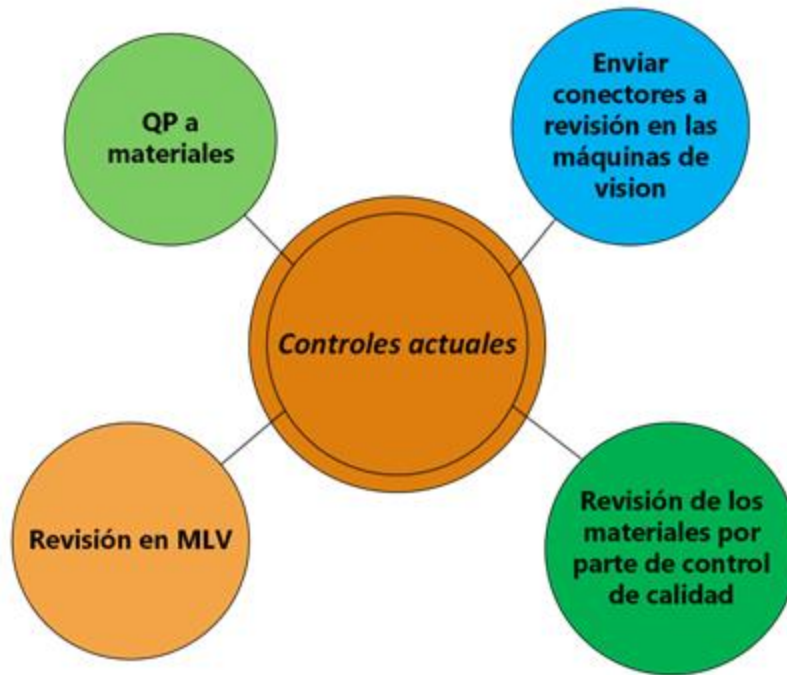
12 respuestas



Fuente: Autor, 2025.

Según las respuestas, de los 12 colaboradores, el 75 % (correspondiente a 9 participantes) sí conoce controles actuales para mitigar los fallos, mientras que un 25 % (equivalente a 3 participantes) no conoce algún control aplicado actualmente.

Figura 4.84: Controles que se aplican actualmente



Fuente: Autor, 2025.

Con base en las respuestas, se determina cierto desconocimiento por parte de algunos colaboradores en cuanto a los controles. También, entre las respuestas se mencionan controles que no existen en la actualidad y se hace un tipo de propuesta sobre entrenamientos para ajustar el *pin feed* al cambiar el material, además de crear un *troubleshooting*, que se trata de pasos por seguir si ocurren ciertos tipos de problemas comunes.

Seguidamente, se detalla un poco sobre los controles mostrados en la figura 4.84:

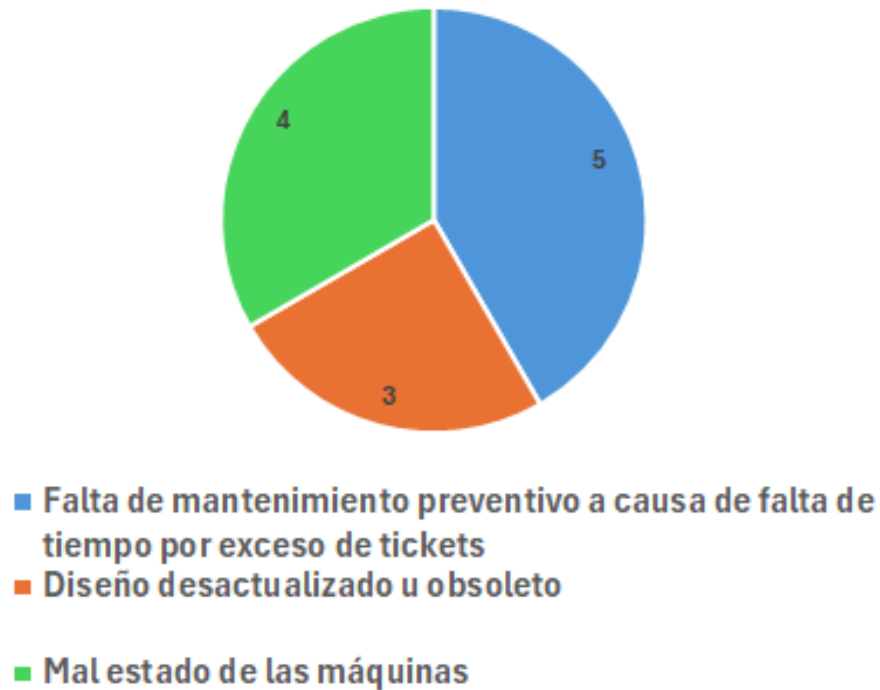
- **Revisión en MLV:** se colocan los conectores en un *fixture* para inspeccionarlos en un Micro-Vu. Esto ayuda a detectar defectos que no se ven a simple vista, pero puede consumir mucho tiempo.
- **QP a materiales:** consiste en detectar a tiempo materia prima dañada para exigir mayor calidad a los proveedores y, por ende, minimizar los fallos durante el proceso.
- **Inspección por parte de los operarios y control de calidad:** efectuar las revisiones correspondientes según lo solicite el plano.

- **Pasar las órdenes por Vision:** el sistema de Vision es muy efectivo porque se realiza una inspección al 100 %. Sin embargo, no se les puede hacer a todos los tipos de conectores, sino solo a los que se consideran con mayor criticidad.

Como conclusión, se evidencia que los controles actuales carecen de una correcta aplicación o no son del todo eficientes.

En la segunda parte de la encuesta, se recolecta información que ayuda a enriquecer la parte de “analizar”, tomando en cuenta los 6 factores utilizados con frecuencia en el diagrama de Ishikawa.

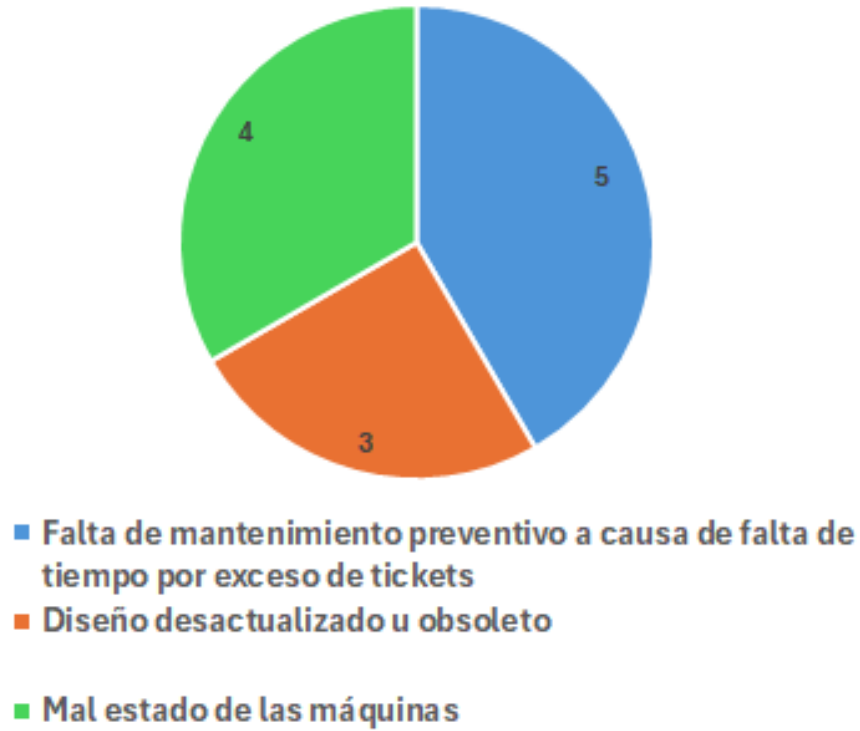
Figura 4.85: Causas asociadas al factor humano



Fuente: Autor, 2025.

Anteriormente se muestra cómo 6 personas consideran que la falta de capacitación de los operarios es el factor determinante en este aspecto, mientras que la falta de personal técnico se menciona como otra causa asociada con 3 respuestas. Por último, hay un error en 3 respuestas, donde se indican otros aspectos.

Figura 4.86: Causas asociadas al factor máquina

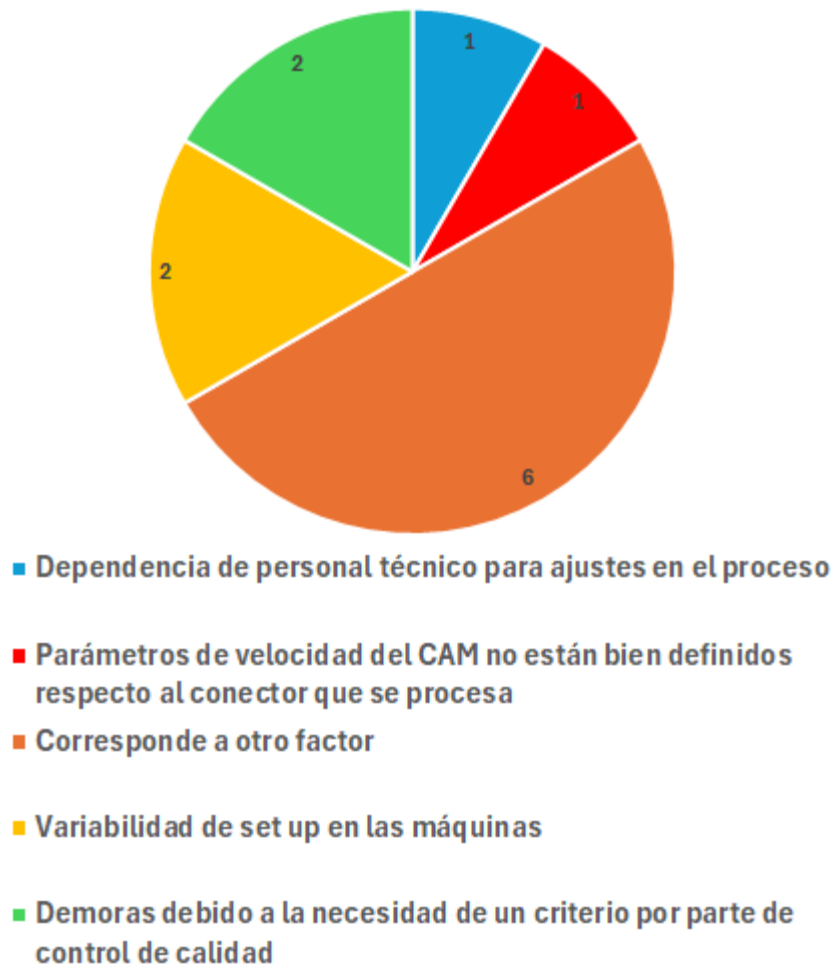


Fuente: Autor, 2025.

Correspondiente al factor máquina, se identifican 3 causas:

- Falta de un mantenimiento preventivo a causa de la falta de tiempo por exceso de *tickets* (5 respuestas).
- Diseño desactualizado u obsoleto (3 respuestas).
- Mal estado de las máquinas (4 respuestas).

Figura 4.87: Causas asociadas al factor método

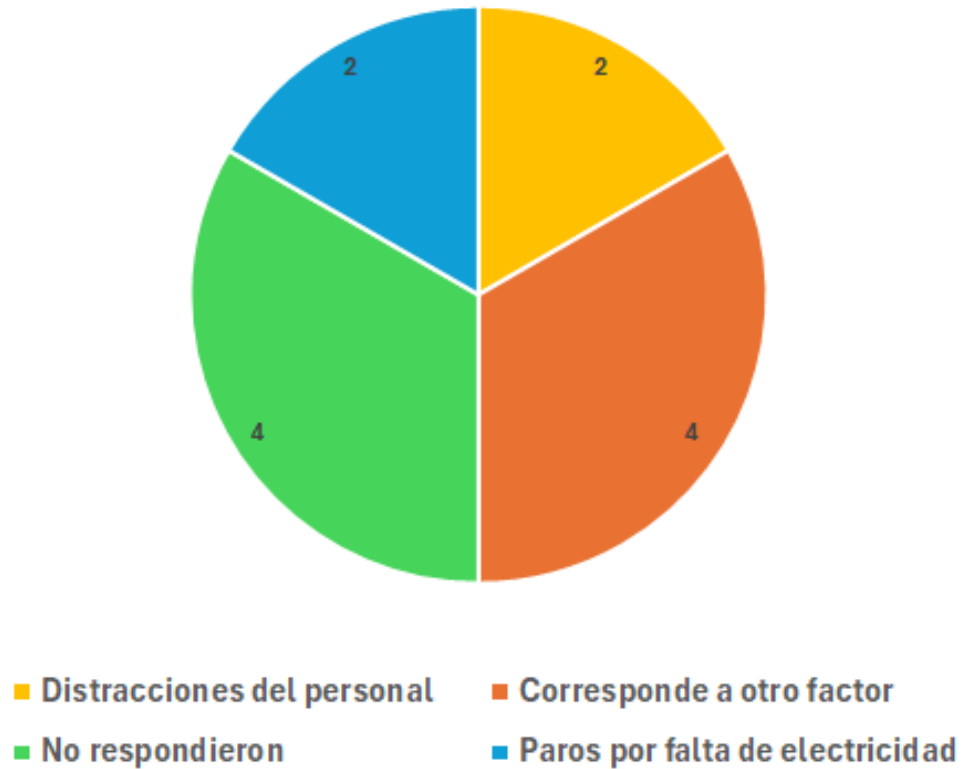


Fuente: Autor, 2025.

Con base en las 12 respuestas, se obtienen 4 causas:

- Dependencia del personal técnico para efectuar ajustes en el proceso, 6 personas lo mencionan.
- Parámetros de velocidad del CAM no están bien definidos respecto al conector que se procesa, un colaborador lo indica o infiere.
- Demoras debido a la necesidad de un criterio por parte de control de calidad, 2 personas lo señalan.
- Constantes cambios de *set up* en las máquinas, 2 colaboradores hacen referencia a esta causa.

Figura 4.88: Causas asociadas al factor medio ambiente



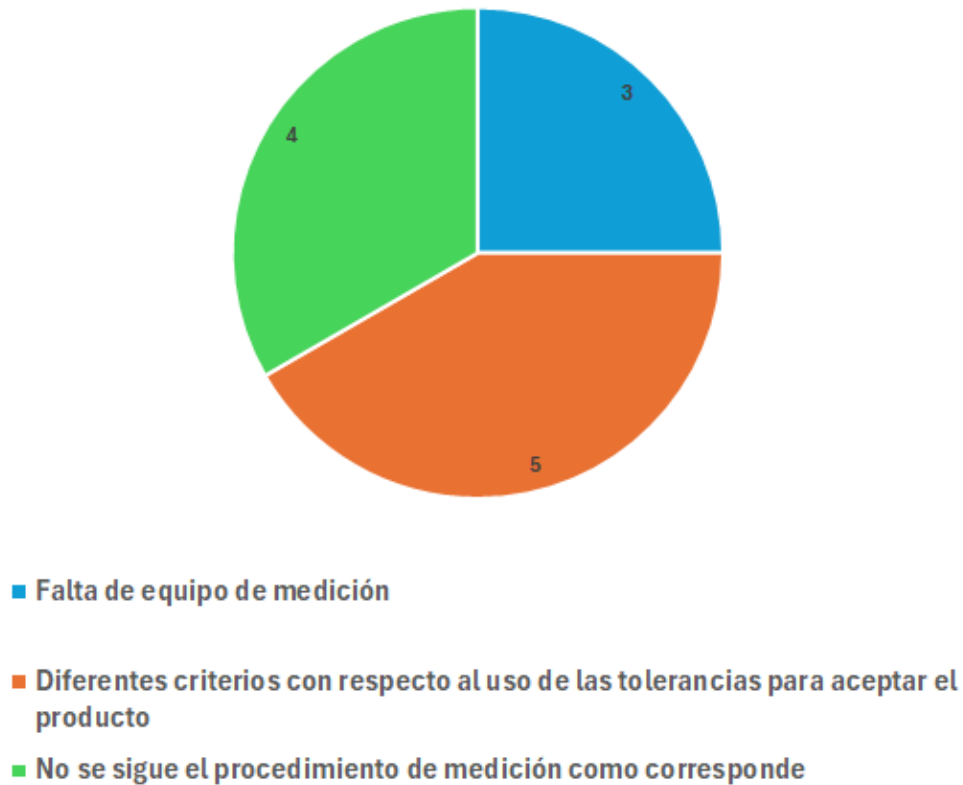
Fuente: Autor, 2025.

Como resultado, se obtienen 2 causas:

- Distracciones del personal no son controladas y provocan tiempos muertos, se menciona en 2 ocasiones.
- Paros por falta de electricidad, se indica en 2 ocasiones igualmente.

Además, se obtienen 4 respuestas que no corresponden al factor de medio ambiente y 4 respuestas son nulas.

Figura 4.89: Causas asociadas al factor medición



Fuente: Autor, 2025.

Se detectan tres causas asociadas al factor medición. En cuanto a esto, los diferentes criterios con respecto al uso de las tolerancias para aceptar el producto son identificados por 5 técnicos. Por su parte, 4 creen que no se sigue el procedimiento de medición y 3 consideran que se debe a que hace falta equipo de medición.

Los encuestados señalan que hay mucha controversia a la hora de decidir si un conector pasa o no la inspección y que no existe un estándar de criterios; asimismo, no se trabaja bien con las tolerancias.

Figura 4.90: Causas asociadas al factor materia prima



- **Se insiste en trabajar con material que no cumple la calidad**
- **Falta de control de calidad de los materiales en los procesos de incoming**
- **Demoras para recibir la materia prima**
- **Mal manejo interno de la materia prima lo cual produce daños que afectan al proceso**

Fuente: Autor, 2025.

El factor de materia prima es uno de los más críticos para el proceso, ya que los materiales son muy delicados y se requieren *reels* intactos con el propósito de garantizar un proceso ininterrumpido.

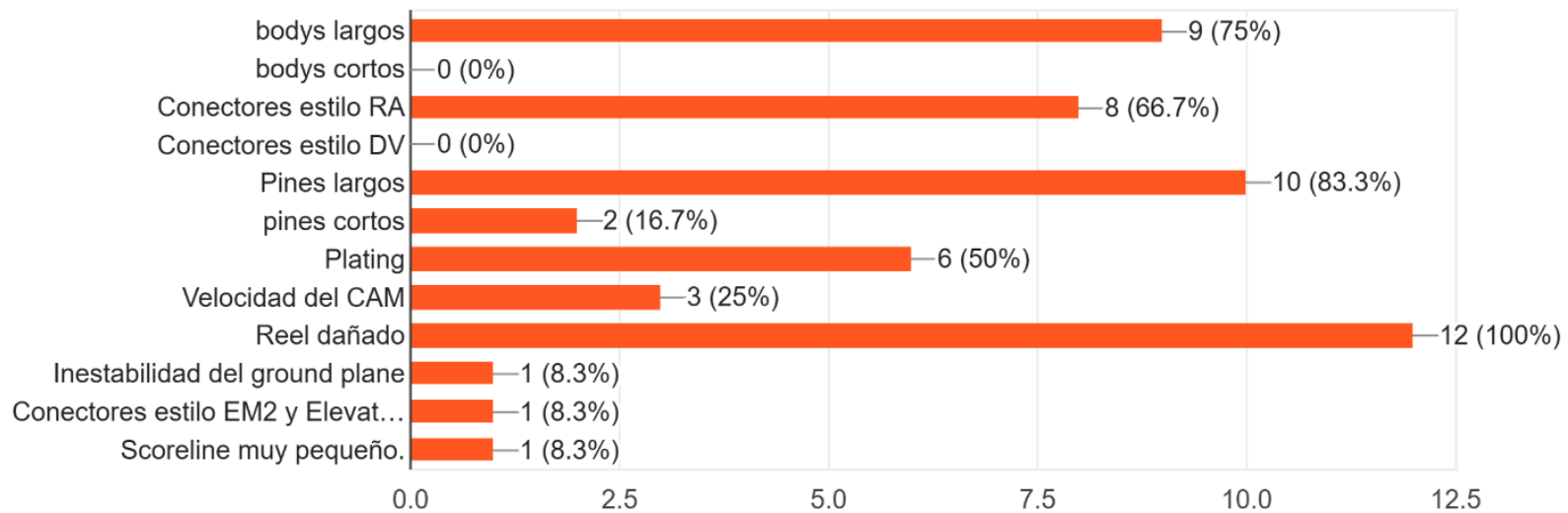
Se identifican las siguientes 4 causas:

- Falta de control de calidad al recibir materiales, por lo que se reciben *bodies* no aptos para el proceso (5 respuestas asociadas).
- Falta de control de calidad al recibir materiales, por lo que se reciben *reels* no aptos para el proceso (4 respuestas).
- Demoras para recibir la materia prima (2 respuestas).
- Mal manejo interno de la materia prima, lo cual produce daños que afectan al proceso (1 respuesta).

Ahora bien, se determinan 9 características de los conectores que se califican como críticas para el proceso de ensamblado de pines y se da la opción de agregar alguna que se pudiera considerar:

Figura 4.91: Características que influyen significativamente para que el proceso presente problemas

12 respuestas



Fuente: Autor, 2025.

Como resultado, se obtiene que un 100 %, correspondiente a 12 encuestados, señala que los *reels* dañados es el factor más determinante; seguido de pines largos con un 83.3 %, equivalente a 10 participantes y, como tercer factor más importante por tener en cuenta, se encuentran los *bodys* largos con un 75 %, es decir, 9 encuestados.

En cuarto lugar, están los conectores estilo RA con un 66.7 %, o sea, 8 colaboradores, quienes lo consideran un factor significativo que está presente a la hora de reportar problemas en las máquinas. Adicional, *plating* obtiene un 50 %, o la mitad de los encuestados, y la velocidad del CAM un 25 % de los participantes.

#### **4.2.8 Análisis de modos de fallas y efectos (AMEF)**

Esta es una herramienta utilizada para identificar modos de falla y los efectos que pueden generar en un determinado proceso, con el fin de prevenirlos.

Para efectuar este análisis, se escoge usar la encuesta y preguntarles a los colaboradores involucrados: En el día tras día, ¿cuáles son las funciones realizadas, los posibles fallos y los efectos que estos tendrían? También se utiliza el método de observación del proceso para obtener un criterio propio por parte del investigador.

Las primeras 4 preguntas de la anterior encuesta registrada se plantean con la intención de elaborar esta herramienta, de manera que en la pregunta 1 se solicita a cada encuestado mencionar de 1 a 3 fallos que han enfrentado durante el proceso. Al respecto, se indican varios defectos ya señalados anteriormente, los cuales de igual modo se utilizan en el FMEA. Todos estos fallos se derivan del ensamblado de pines y del ajuste de la máquina.

Luego, la segunda pregunta hace referencia a las posibles causas que conducen a ese tipo de defectos; mientras que la tercera pregunta solicita colocar las consecuencias surgidas a raíz de esos fallos o defectos y, por último, se pregunta si se conocen controles para que este tipo de fallos no vuelvan a ocurrir.

De esa forma, se maneja la información necesaria para exponer el debido análisis de modo de falla y efecto correspondiente al estado actual del proceso Fill.

Ahora bien, primeramente, se presenta la escala utilizada para el análisis, en la que se consideran la severidad, la frecuencia y la detectabilidad de los fallos del proceso:

Tabla 4.40: Escala FMEA

	Severidad	FMEA	Frecuencia	FMEA	Detectabilidad	FMEA
<b>Baja</b>	El cliente no nota el problema o no se molesta por ello	1 - 2	Ocurrencia mensual (Ocurrencia 0% - 45% del tiempo)	1 - 2	Los controles tienen una buena posibilidad de detectar (Sin detección 0% a 45% del tiempo)	1 - 2
<b>Media</b>	El cliente nota el problema y está molesto	3	Ocurrencia Semanal (Ocurrencia 45% - 75% del tiempo)	3	Los controles pueden detectar la existencia de un fallo. (Sin detección del 45% al 75% del tiempo)	3 - 4
<b>Alta</b>	La empresa pierde el negocio con el cliente; satisfacción del cliente	4	Ocurrencia Diaria (Ocurrencia 75% - 100% del tiempo)	4 - 5	Sin controles conocidos o posibilidad de detección muy remota (sin detección)	5
<b>Crítica</b>	El cliente emprende acciones legales contra la empresa	5	n/a		n/a	

Fuente: Autor, 2025.

Según la tabla 4.40, la severidad, frecuencia y detectabilidad se miden con un puntaje de entre 1 y 2 como bajas, 3 media para severidad y frecuencia, entre 3 y 4 media para detectabilidad, 4 alta para severidad, entre 4 y 5 alta para frecuencia, 5 alta para detectabilidad y, por último, 5 crítica para severidad de la falla, es decir, se provoca una ruptura total y demandas por parte del cliente a la empresa.

Cada rango posee su criterio para evaluar, por ejemplo, se puede considerar una severidad de la falla como media si el cliente nota el problema y está molesto.

Posterior a definir cómo se evalúan las fallas durante el análisis, se muestra la tabla con el FMEA actual del proceso Fill:

Tabla 4.41: Modo de falla potencial y análisis de efectos (FMEA)

Modo de falla potencial y análisis de efectos								
Función	Modo de Falla Potencial	Efectos potenciales o fallas	Sever	Causa potencial	Ocurre	Controles actuales	Detec	RPN
Recepción de materia prima	Pasar materia prima con defectos	Trabajar con materia prima que no cumple con la calidad	2	No inspección de los materiales o mala inspección	3	Inspección de materia prima por parte de control de calidad	4	24
Almacenamiento de la materia prima	Almacenamiento indebido	Daños a la materia prima	2	Falta de espacio o mal manejo de los materiales	2	Almacenamiento adecuado y rotación de inventario	4	16
Asignar órdenes de producción	Imposibilidad de asignar órdenes de producción	Reprogramación de órdenes de producción, asignación de órdenes a otros sites	3	Escasez de materia prima	2	Monitoreo por parte del materialista en Sistema de visualización Shoop Floor Control, Scheduling dashboard	2	12
Set up de las máquinas XOLC y CSD	Mal ajuste de las máquinas	Producción de scrap y daños a la máquina	2	Desinterés o falta de capacitación de los técnicos	3	Seguir el procedimiento para el set up	2	12
Ensamblado de pines	Defectos en el ensamblado	Producción de scrap, ineficiencia del proceso.	3	Mal ajuste de la máquina, defectos de materia prima, mal uso de la máquina por parte del operario	5	Tickets a mantenimiento para realizar ajustes	2	30
Cambios de reels en las máquinas	mal cambio de reel	Desajuste de la máquina y producción de scrap	2	Falta de capacitación de los operarios	4	Tickets a mantenimiento para realizar ajustes	3	24
Atención de tickets de mantenimiento	Mal ajuste de las máquinas, no encontrar soluciones a los problemas	Tiempos muertos prolongados, reprogramación de órdenes	3	Problemas con materiales, no se siguen los procedimientos, falta de parámetros estándar	3	Seguir troubleshooting	3	27
Inspección de producto	Mala inspección de producto	Pasar producto con defectos	3	Proceso inestable, falta de conocimiento sobre el proceso de medición	2	Inspecciones específicas según producto(MLV), máquinas de vision	2	12
Completar órdenes a tiempo	No completar órdenes a tiempo	Reprogramación de las órdenes de producción	4	Scrap elevado, escasez de materiales y tiempos muertos elevados	2	Gestión de inventario, mejora continua	3	24
								<b>181</b>

Fuente: Autor, 2025.

Según el análisis anterior, el valor del número de prioridad de riesgo (RPN) es de 172, el cual se debe intentar reducir al buscar el valor de fallas con mayor puntaje. En este caso, los modos de falla con mayor puntaje son:

Tabla 4.42: Modos de falla con mayor RPN

<b>Modo de Falla Potencial</b>	<b>RPN</b>
Defectos en el ensamblado	30
Pasar materia prima con defectos	24
Mal cambio de reel	24
No completar órdenes a tiempo	24

Fuente: Autor, 2025.

Los anteriores 4 modos de falla tienen el número de prioridad más elevado, por lo que se debe reducir su grado de ocurrencia y mejorar su nivel de detectabilidad para poder reducir el RPN.

### 4.3 ANALIZAR

En la etapa “analizar” se utiliza toda la información recolectada en las dos anteriores etapas, correspondientes a “definir” y “medir”, para resumirla en causas críticas del problema principal en estudio y, así, mitigar el impacto que provocan al proceso Fill. Seguidamente, se describen las herramientas por usar para identificar esas causas.

#### 4.3.1 Lluvia de ideas

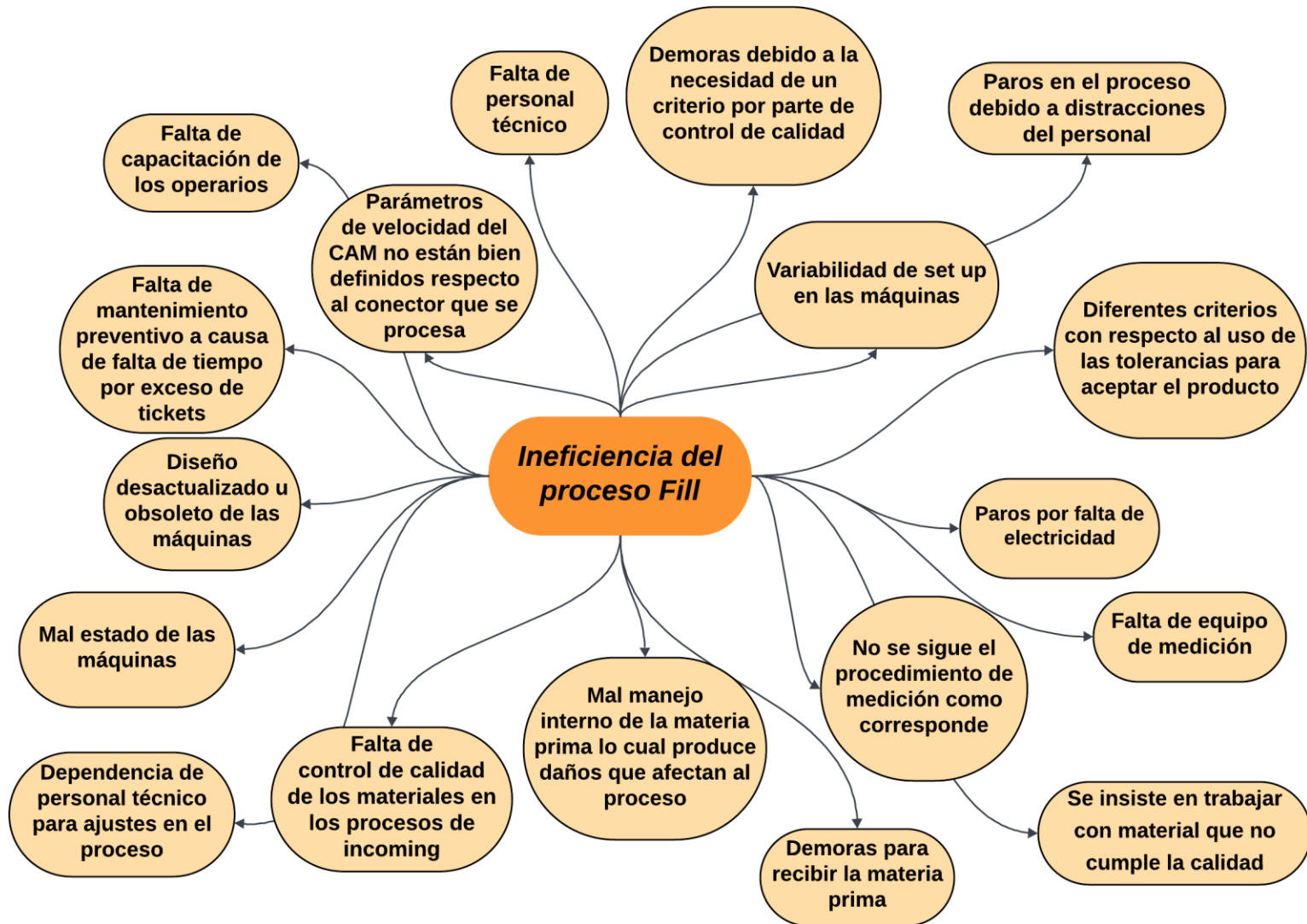
La lluvia de ideas es un método utilizado para encontrar las causas de un problema. En esta los involucrados brindan ideas referentes a un tema o problema que es objeto de estudio, de esa manera se puede obtener un panorama claro para ir construyendo una toma de decisiones al respecto.

A efectos del estudio, se emplea la encuesta realizada en la etapa “medir”, en la cual los técnicos del Área Micro son los sujetos seleccionados al considerarse con el criterio idóneo para dar las ideas con respecto a las que creen pueden ser las causas de la ineficiencia del proceso de ensamblado de pines.

Para la aplicación del método, se toman en cuenta los siguientes pasos:

- 1. Selección de los participantes:** se selecciona al personal técnico del Área Micro al ser los expertos en el ajuste y puesta en marcha de la máquina.
- 2. Recolección de ideas:** mediante la realización de la encuesta, en la que participan 12 de los 15 técnicos del Área Micro.
- 3. Análisis de las ideas:** al haber aplicado una encuesta abierta, las ideas pueden repetirse o significar lo mismo en ciertos casos; por lo tanto, se seleccionan las ideas y se resumen en las necesarias de una manera general, sin alterar la opinión o el contenido de cada idea.
- 4. Presentación gráfica de las ideas:** se elabora una matriz en la que se coloca en el centro el problema principal en análisis y, luego, se rodea de todas las ideas propuestas por el personal técnico.

Figura 4.92: Lluvia de ideas del problema en estudio



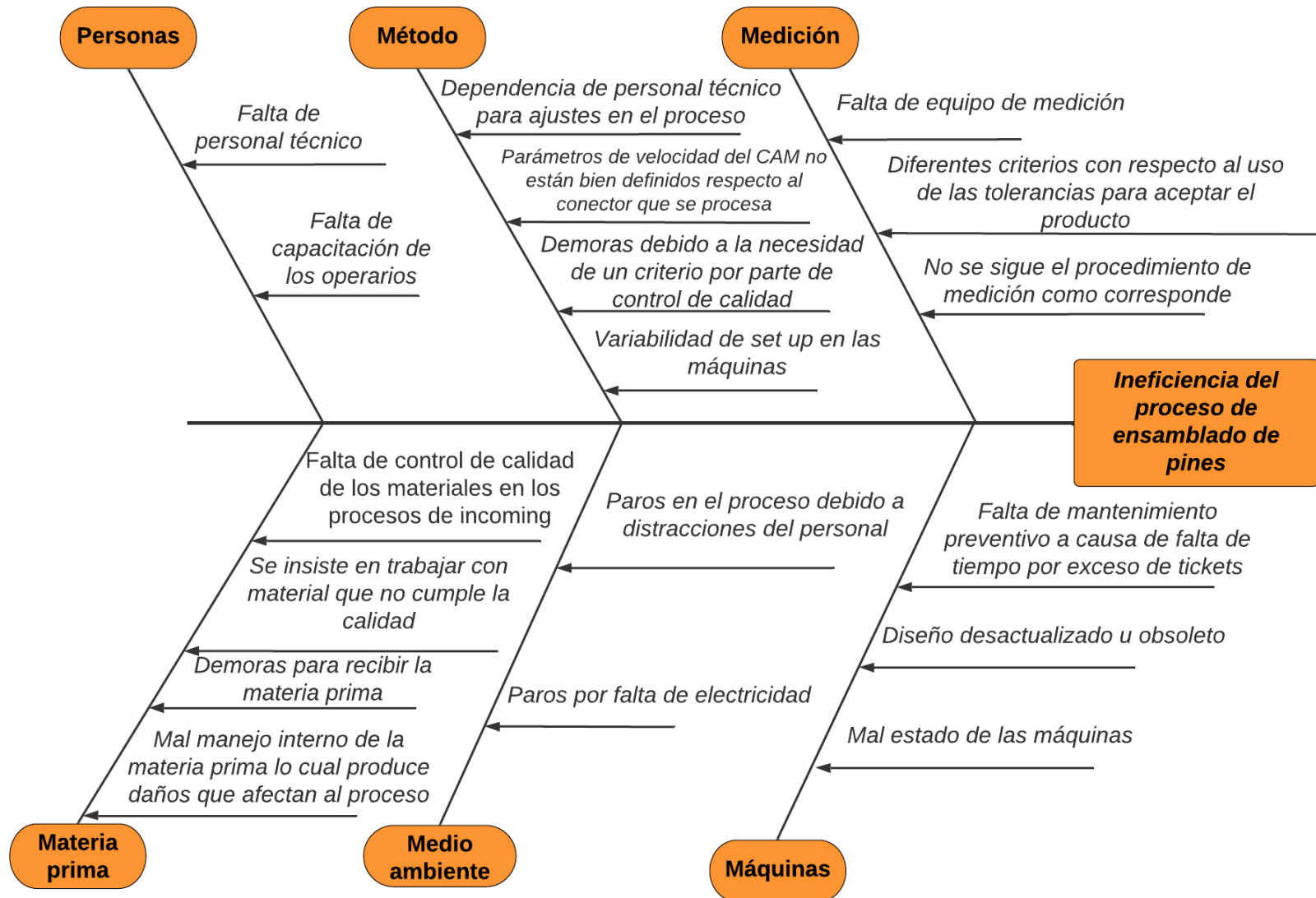
Fuente: Autor, 2025.

Obtener una lluvia de ideas de fuentes confiables hace que la investigación se aproxime con mayor precisión a definir las causas críticas del problema en estudio. Además, las ideas llevan un hilo conductor con respecto al proyecto; en cuanto a esto, la ineficiencia del proceso Fill es el resultado de que todas estas causas no estén bajo control.

#### **4.3.2 Diagrama de Ishikawa**

El diagrama de Ishikawa se utiliza para clasificar cada idea planteada en la lluvia de ideas. El propósito de esta herramienta es identificar las causas raíz del problema para luego aplicar otras herramientas ingenieriles que ayuden a priorizar las que se determinen con mayor criticidad sobre el proceso Fill.

Figura 4.93: Diagrama de Ishikawa del problema en estudio



Fuente: Autor, 2025.

A continuación, se explica cada categoría y sus causas:

**1. Personas (mano de obra):** se centra en los problemas relacionados con el personal involucrado en el proceso.

- **Falta de personal técnico:** el personal que cubre los turnos algunas veces no es suficiente para brindar atención a todos los *tickets* de mantenimiento.
- **Falta de capacitación de los operarios:** un personal sin la formación adecuada puede cometer errores, disminuir la productividad y afectar la calidad del ensamblado; además, esto crea mucha dependencia del soporte técnico.

**2. Método:** se enfoca en los problemas vinculados con los procedimientos y la forma en que se lleva a cabo el trabajo.

- **Dependencia del personal técnico para ajustes en el proceso:** una alta dependencia del personal técnico para realizar ajustes implica que el proceso no está suficientemente estandarizado o automatizado, lo cual genera cuellos de botella.
- **Parámetros de velocidad del CAM no están bien definidos respecto al conector que se procesa:** la falta de parámetros claros y específicos para cada tipo de conector puede llevar a velocidades incorrectas, esto afecta la calidad y la eficiencia del ensamblado.
- **Demoras debido a la necesidad de un criterio por parte de control de calidad:** la necesidad constante de intervención del control de calidad para definir criterios indica una falta de especificaciones claras o procedimientos bien definidos, lo que causa demoras.
- **Variabilidad del set up en las máquinas:** los cambios frecuentes pueden generar tiempos muertos y errores, especialmente si no hay procedimientos estandarizados para estos cambios.

**3. Medición:** se centra en los problemas asociados con la medición, el control de calidad y los estándares.

- **Falta de equipo de medición:** la carencia de equipos de medición adecuados impide verificar la calidad del ensamblado y detectar posibles problemas.
- **Diferentes criterios con respecto al uso de las tolerancias para aceptar el producto:** la falta de criterios estandarizados sobre las tolerancias aceptables origina inconsistencias en la evaluación de la calidad del producto.
- **No se sigue el procedimiento de medición como corresponde:** la falta de apego a los procedimientos de medición establecidos impide obtener datos confiables y dificulta la detección de problemas.

**4. Materia prima (materiales):** se enfoca en los problemas relacionados con los materiales utilizados en el proceso.

- **Falta de control de calidad de los materiales en los procesos de *incoming*:** la falta de inspección al recibir los materiales ocasiona que se empleen materiales defectuosos, lo que afecta el proceso de ensamblado.
- **Se insiste en trabajar con material que no cumple la calidad:** se pierde tiempo al intentar ajustar la máquina con material defectuoso.
- **Demoras para recibir la materia prima:** los retrasos en la entrega de materiales pueden detener la producción y generar ineficiencias como la reprogramación de las órdenes de producción.
- **Mal manejo interno de la materia prima, lo cual produce daños que afectan al proceso:** un manejo inadecuado de los materiales dentro de la planta puede ocasionar daños que afecten negativamente el ensamblado.

**5. Medio ambiente (entorno):** se centra en los factores externos que pueden afectar el proceso.

- **Paros por falta de electricidad:** los constantes cortes de energía eléctrica interrumpen el proceso de producción y originan tiempos muertos.

- **Paros en el proceso debido a distracciones del personal:** la extensión de tiempos muertos o un ambiente de trabajo que propicia las distracciones puede generar interrupciones y retrasos en el proceso.

**6. Máquinas (equipos):** se refiere a los problemas vinculados con las máquinas y equipos utilizados.

- **Falta de un mantenimiento preventivo a causa de la falta de tiempo por exceso de *tickets*:** la falta de mantenimiento preventivo debido a una alta carga de trabajo (*tickets*) incrementa el riesgo de fallas en las máquinas y genera paradas no programadas.
- **Mal estado de las máquinas:** el mal estado general de las máquinas afecta su rendimiento y puede generar errores en el ensamblado que son difíciles de contrarrestar con un ajuste del técnico.
- **Diseño desactualizado u obsoleto:** el uso de máquinas con tecnología obsoleta o con diseños desactualizados puede limitar la eficiencia y la calidad del proceso.

#### 4.3.3 Multivoto

El multivoto es la herramienta empleada para dar un valor cuantitativo a cada causa identificada que afecta al proceso Fill, de esta manera se pueden determinar las causas con mayor impacto y que provocan la ineficiencia, con el propósito de tomar decisiones según el problema por solucionar.

La forma de aplicar el multivoto es la siguiente:

1. Se elabora una matriz en Excel para el multivoto, que incluye las mismas causas propuestas en la lluvia de ideas y clasificadas como subcausas en el diagrama de Ishikawa.
2. El libro de Excel se guarda en la nube de datos de la empresa para luego enviar el enlace del documento a las personas previamente encuestadas, con el fin de que otorguen la valoración correspondiente.

3. Cada uno de los 12 técnicos encuestados previamente otorga un valor a las 18 subcausas, de modo que entre todos los puntos que asignen la suma del total sea 100 puntos como máximo.
4. Al finalizar, se hace una sumatoria del total de los puntos por cada causa, lo que se valora seguidamente para definir las causas críticas.

A continuación, se indica la matriz multivoto en la que los técnicos valoran las causas en análisis:

Tabla 4.43: Multivoto de las causas identificadas

Multivoto posibles causas de ineficiencia del proceso Fill																
Con las causas posibles derivadas de la lluvia de ideas se procede a elaborar el siguiente multivoto en donde se asigna 100 puntos a cada participante para que los asigne de acuerdo al nivel de impacto que representa cada una provocando la ineficiencia del proceso Fill.																
# ítem	Causa	Sub - causa	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	Total	%
1	Personas	Falta de personal técnico	4	6	4	5	8	20	8	8	6	5	10	20	104	9%
2		Falta de capacitación de los operarios	8	9	9	20	10	10	7	15	11	20	5	10	134	11%
3	Máquina	Falta de mantenimiento preventivo a causa de falta de tiempo por exceso de tickets	5	2	3	3	3	8	4	0	2	2	10	5	47	4%
4		Diseño desactualizado u obsoleto	2	1	3	2	1	8	3	0	5	4	6	2	37	3%
5		Mal estado de las máquinas	2	0	1	5	1	8	7	0	5	2	6	5	42	4%
6	Método	Dependencia de personal técnico para ajustes en el proceso	8	9	9	5	5	5	8	15	8	8	15	5	100	8%
7		Parámetros de velocidad del CAM no están bien definidos respecto al conector que se procesa	1	0	0	0	2	1	1	8	2	2	5	5	27	2%
8		Demoras debido a la necesidad de un criterio por parte de control de calidad	9	10	10	10	10	2	10	10	10	10	5	10	106	9%
9		Variabilidad de set up en las máquinas	8	9	10	10	10	20	15	20	15	10	20	10	157	13%
10	Medio ambiente	Paros en el proceso debido a distracciones del personal	8	9	8	10	8	2	7	5	7	5	1	7	77	6%
11		Paros por falta de electricidad	1	3	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	8	1%
12	Medición	Falta de equipo de medición	1	0	1	0	3	3	1	4	2	5	2	3	25	2%
13		Diferentes criterios con respecto al uso de las tolerancias para aceptar el producto	9	9	9	12	10	2	10	5	8	10	2	2	88	7%
14		No se sigue el procedimiento de medición como corresponde	8	7	7	5	5	2	5	2	4	5	2	3	55	5%

15	Materia prima	Se insiste en trabajar con material que no cumple la calidad	7	8	7	3	8	3	3	0	3	2	2	3	49	4%
16		Falta de control de calidad de los materiales en los procesos de incoming	7	7	8	5	5	3	3	8	3	5	2	5	61	5%
17		Demoras para recibir la materia prima	8	7	7	2	8	1	7	0	7	5	2	3	57	5%
18		Mal manejo interno de la materia prima lo cual produce daños que afectan al proceso	4	4	3	3	3	1	1	0	2	0	4	1	26	2%
Total			100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	1200	100%

Fuente: Autor, 2025.

La aplicación de esta técnica sirve para poder presentar las causas raíz del problema de ineficiencia del proceso Fill y, con ello, buscar las soluciones que se consideren necesarias.

#### **4.3.4 Diagrama de Pareto**

El objetivo de esta herramienta se basa en poder representar gráficamente los resultados del multivoto. Al respecto, en este diagrama se ordenan las causas de mayor a menor relevancia para poder enfocar las soluciones a lo más crítico.

Ahora bien, el diagrama de Pareto se elabora de la siguiente forma:

1. Se utiliza la información del multivoto para crear una matriz en la que se ordena el valor de las causas de mayor a menor, según la puntuación total obtenida por cada una.
2. Se calcula la frecuencia acumulada colocando el valor de la primera causa y sumándole el siguiente valor. Se acumula la suma de manera consecutiva hasta completar en la última causa los 1200 puntos totales asignados.
3. Se calcula el porcentaje de cada causa tomando el puntaje obtenido por cada una y dividiéndolo por el puntaje total, que como se menciona con anterioridad es 1200.
4. Se obtiene el porcentaje acumulado al hacer lo mismo que en el paso 2, pero esta vez con el porcentaje previamente calculado.

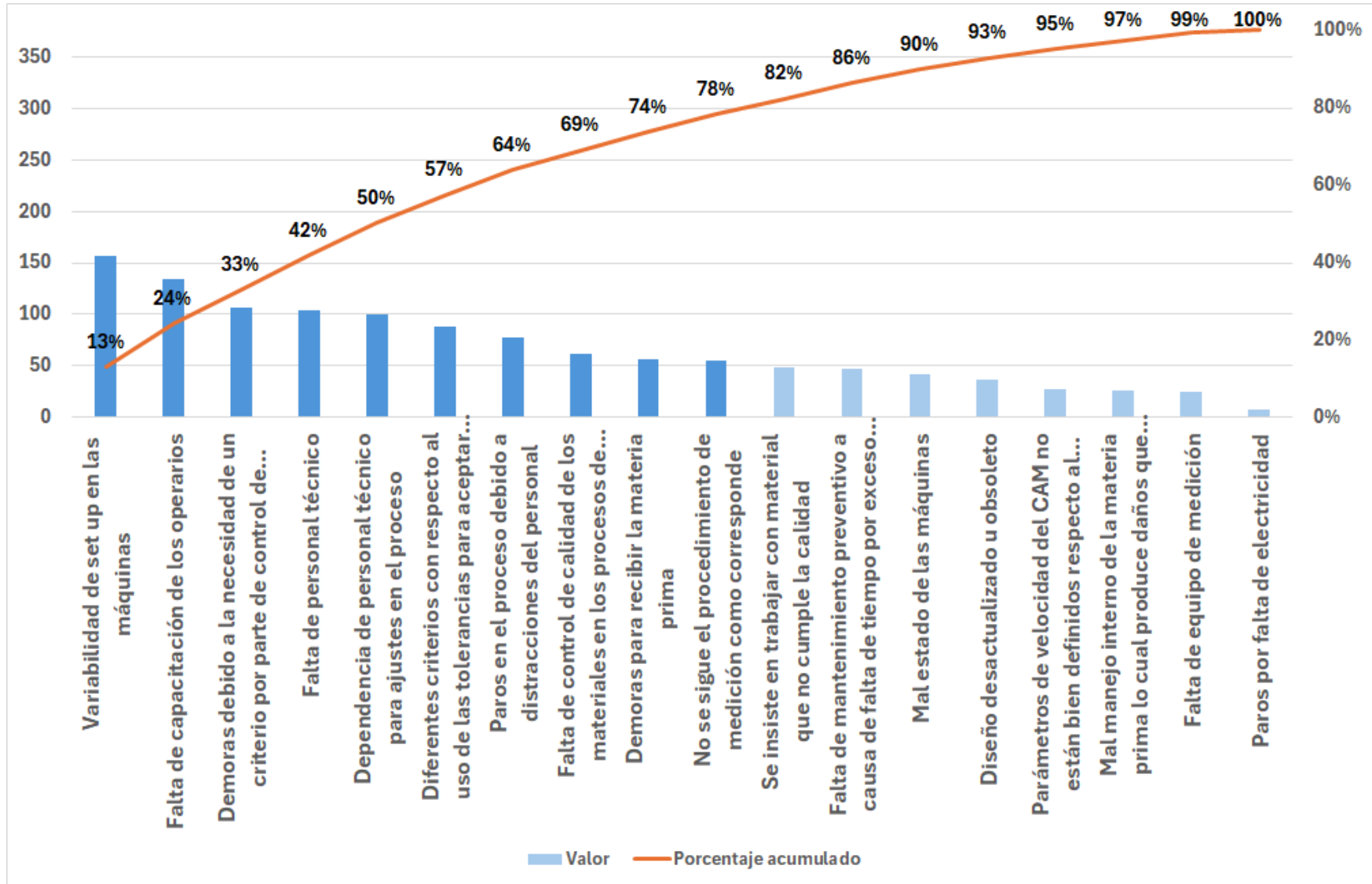
En la siguiente tabla se muestran los cálculos indicados:

Tabla 4.44: Causas clasificadas para generar el diagrama de Pareto

# ítem	Causas en orden según puntuación	Valor	Frecuencia acumulada	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Variabilidad de set up en las máquinas	157	157	13%	13%
2	Falta de capacitación de los operarios	134	291	11%	24%
3	Demoras debido a la necesidad de un criterio por parte de control de calidad	106	397	9%	33%
4	Falta de personal técnico	104	501	9%	42%
5	Dependencia de personal técnico para ajustes en el proceso	100	601	8%	50%
6	Diferentes criterios con respecto al uso de las tolerancias para aceptar el producto	88	689	7%	57%
7	Paros en el proceso debido a distracciones del personal	77	766	6%	64%
8	Falta de control de calidad de los materiales en los procesos de incoming	61	827	5%	69%
9	Demoras para recibir la materia prima	57	884	5%	74%
10	No se sigue el procedimiento de medición como corresponde	55	939	5%	78%
11	Se insiste en trabajar con material que no cumple la calidad	49	988	4%	82%
12	Falta de mantenimiento preventivo a causa de falta de tiempo por exceso de tickets	47	1035	4%	86%
13	Mal estado de las máquinas	42	1077	4%	90%
14	Diseño desactualizado u obsoleto	37	1114	3%	93%
15	Parámetros de velocidad del CAM no están bien definidos respecto al conector que se procesa	27	1141	2%	95%
16	Mal manejo interno de la materia prima lo cual produce daños que afectan al proceso	26	1167	2%	97%
17	Falta de equipo de medición	25	1192	2%	99%
18	Paros por falta de electricidad	8	1200	1%	100%

Fuente: Autor, 2025.

Figura 4.94: Diagrama de Pareto del problema en estudio



Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con la regla de Pareto, en la que se indica que el 80 % del problema proviene del 20 % de las causas, se identifica que 10 de las 18 causas analizadas conforman el 78 % del problema en estudio, denominado como ineficiencia en el proceso de ensamblado de pines.

A continuación, se desglosan los porcentajes de las 10 causas identificadas:

1. Variabilidad del *set up* en las máquinas obtiene un 13 % acumulado del valor total.
2. Falta de capacitación de los operarios suma un 11 % para un 24 % acumulado.
3. Demoras debido a la necesidad de un criterio por parte de control de calidad representa un porcentaje del 9 % y un acumulado del 33 %.
4. Falta de personal técnico suma 9 %, para un acumulado del 42 %.
5. Dependencia del personal técnico para ajustes en el proceso obtiene un 8 %, para completar un 50 % acumulado.
6. Diferencia de criterios con respecto al uso de las tolerancias para aceptar el producto suma un 7 %, para un total acumulado de 57 %.
7. Distracciones del personal suma otro 6 %, para un total acumulado de 63 %.
8. Por último, falta de control de calidad al recibir materiales, demoras para recibir la materia prima y no seguir el procedimiento de medición como corresponde obtienen un 5 % de los puntos cada una, para sumar un acumulado total del 78 %.

En conclusión, las 10 causas críticas del proceso Fill derivadas del diagrama de Pareto se relacionan o se derivan de sí mismas; por consiguiente, es necesaria otra herramienta de calidad que permita analizar con mayor detalle esta situación, con el fin de simplificar y enfocar las decisiones por tomar eficientemente.

#### **4.3.5 Diagrama de relaciones**

Se elige esta herramienta por la necesidad de simplificar las 10 causas críticas derivadas del diagrama de Pareto anterior. De esta manera, se pueden analizar a profundidad las verdaderas causas asociadas a la ineficiencia del proceso Fill.

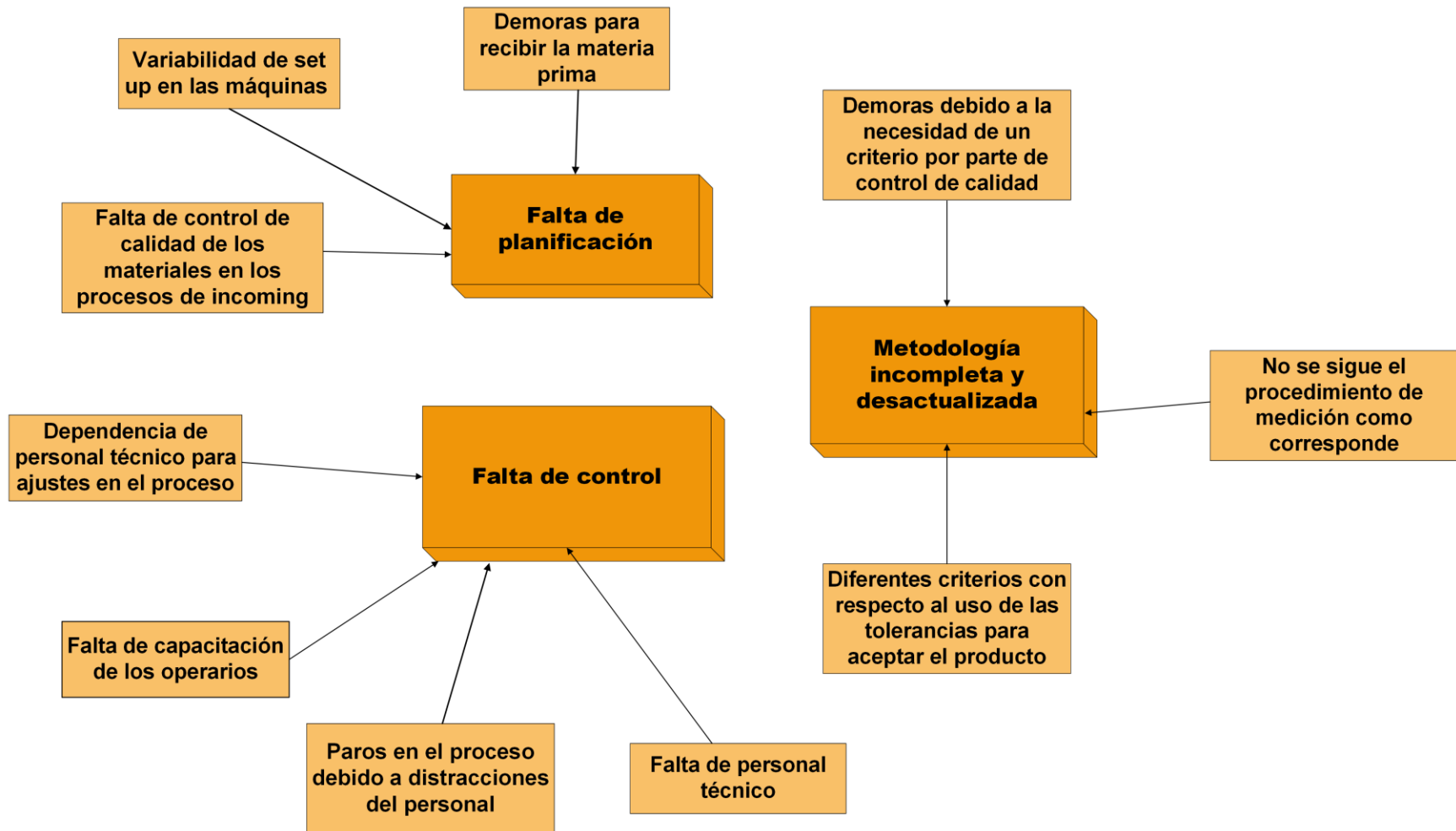
El criterio para el desarrollo de este análisis se basa en el conocimiento adquirido durante toda la investigación mediante herramientas eficientes para la recolección de datos que facilitan comprender las variables en estudio señaladas en el capítulo 3.

Así, el diagrama de relaciones se elabora de la siguiente forma:

- 1. Identificación de las causas principales:** se realiza un análisis de contexto y de relación entre cada una de las ideas derivadas del diagrama de Pareto, en el que se destacan las de mayor número de entradas o las que son el resultado de otras causas.
- 2. Revisión de la clasificación de causas:** se hace una comprobación de acuerdo con la información recolectada del proceso, en la que se analiza por qué una causa se produce o puede relacionarse con otra.
- 3. Representación gráfica de la herramienta:** se efectúa la representación de lo analizado con anterioridad para mostrar a detalle las causas principales y sus relaciones.

A continuación, se aprecia gráficamente cómo se vinculan las causas:

Figura 4.95: Diagrama de relaciones del problema en estudio



Fuente: Autor, 2025.

Luego de elaborar el diagrama de relaciones para los resultados obtenidos del Pareto, se reducen las causas a 3, a saber:

- **Falta de control:** se asocian las causas del diagrama de Pareto en las que se toma en cuenta la falta de capacitación de los operarios para realizar tareas más allá del proceso productivo, tales como cambio de material y cambios de herramientas o accesorios de las máquinas. Esto termina influyendo en otras causas planteadas como la dependencia del personal técnico, paros en el proceso y la necesidad de cubrir una mayor demanda de *tickets* por parte de Mantenimiento en relación con ajustes que los operarios podrían llevar a cabo a partir de una debida capacitación.
- **Falta de planificación:** la pérdida de tiempo por falta de material, la variabilidad del *set up* y los problemas con la materia prima revelan que la planificación puede ser mejor para minimizar los contratiempos a la hora de producir.
- **Metodología incompleta y desactualizada:** la metodología actual consta de procedimientos muy generales en los que no se detallan parámetros exactos para cada tipo de pieza o soluciones ante cierto tipo de problemas específicos, tampoco se incluyen tiempos de inspecciones en el documento de trabajo, entre otros. Para las partes en estudio, se revela que sus tiempos estándar varían de acuerdo con lo registrado previamente, por lo tanto, hace falta incluir procedimientos específicos que den mayor fluidez al trabajo sin necesidad de hacer búsquedas muy complejas de procedimientos por separado.

En esta parte de “analizar” aún falta realizar un último paso con el propósito de revelar los parámetros específicos y adecuados para cada una de las partes en estudio; de este modo, se utiliza la siguiente herramienta estadística.

#### **4.3.6 Diseño de experimentos**

El diseño de experimentos se basa en la aplicación del método científico para conocer más acerca de un proceso; en cuanto a esto, el éxito se obtiene al planificar adecuadamente las pruebas por llevar a cabo.

En el estudio, el diseño de experimentos se emplea para tratar de encontrar los parámetros de velocidad del CAM más adecuados con la intención de mejorar los tiempos de ciclo del proceso Fill o hallar deficiencias en el sistema que no permiten llevar los parámetros de velocidad al límite o determinar, por el contrario, que no se puede hacer porque las condiciones ya están llevadas al máximo de su capacidad.

Según Gutiérrez y De La Vara (2008), para que un estudio experimental tenga éxito, es necesario ejecutar diferentes etapas, pero la etapa de mayor importancia y a la que se le debe dedicar más tiempo es la planeación. Por lo anterior, para realizar este diseño de experimentos, se desarrolla lo siguiente:

1. Definir y delimitar el problema en estudio.
2. Elegir las variables de respuesta por medir de manera confiable.
3. Definir los factores de estudio de acuerdo con la influencia que generan ante la respuesta.
4. Seleccionar los niveles de cada factor.
5. Elegir el diseño experimental adecuado según los factores y el objetivo del estudio.
6. Planear y organizar las pruebas por llevar a cabo.
7. Realizar el experimento.
8. Analizar e interpretar el experimento.

#### **4.3.6.1 Definir y delimitar el problema en estudio**

El problema en estudio surge ante la necesidad de mejorar la eficiencia en el proceso Fill. Por ello, se toma en cuenta este método, para determinar si las máquinas llevan a cabo el proceso a su máxima capacidad o, por el contrario, se pueden mejorar los tiempos de ciclo al variar los parámetros de velocidad según la parte que se esté corriendo y sus características.

Si se piensa en una pregunta problema para este diseño de experimentos, sería: ¿Cuáles son los parámetros de velocidad máximos que se pueden utilizar para el llenado de pines de las partes en estudio?

#### **4.3.6.2 Elegir las variables de respuesta por medir de manera confiable**

Al ser este un proceso automatizado, se seleccionan las variables de respuesta del tiempo de ciclo y el *scrap*. Al respecto, estas variables se han estudiado a lo largo de esta investigación, pero en este caso se relacionan con diversas pruebas en las que se registran los resultados obtenidos en el lugar de los hechos.

Asimismo, para que estas variables sean confiables, se debe tener cuidado de registrar los datos cuando el proceso se encuentre estable, es decir, que el *set up* esté ajustado debidamente y las condiciones en el campo sean las normales del día tras día. También se toma un promedio de un total de 40 ciclos para cada prueba diseñada por medio de un cronómetro digital en segundos debidamente calibrado y, adicional, se registran las partes defectuosas en ese periodo.

#### **4.3.6.3 Definir los factores de estudio de acuerdo con la influencia que generan ante la respuesta**

En cuanto a la selección de los factores, se utiliza de insumo toda la información obtenida durante la investigación y un criterio por parte de las partes interesadas, además se emplea una encuesta donde en la última pregunta (ver **apéndice 1**) se observan algunas opciones por tomarse en cuenta.

Al final se concluye acerca de la existencia de factores que pueden estar implícitos en la serie, como el tipo de pin, el largo de los *bodies*, el estilo, entre otros; por lo que se decide tomar los siguientes factores que pueden influir en la respuesta de este diseño de experimentos:

1. Serie.
2. Velocidad del CAM.
3. Proceso.

#### **4.3.6.4 Seleccionar los niveles de cada factor**

Para elegir los niveles de los tres factores seleccionados, se muestra la siguiente tabla:

Tabla 4.45: Factores y niveles para DOE

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>		
<b>Serie</b>	<b>BTH RA</b>	<b>MEC8 RA</b>	<b>SFMH</b>
<b>Velocidad del CAM</b>	Alta	Baja	x
<b>Proceso</b>	Fill 1	Fill 2	x

Fuente: Autor, 2025.

Según la tabla anterior, respecto al factor serie, se tienen 3 niveles: BTH RA, MEC8 RA y SFMH; mientras que para el factor velocidad del CAM hay 2 factores: alta y baja; por último, en cuanto al factor proceso, se cuenta con los factores: Fill 1 y Fill 2.

Los niveles de velocidad se consideran como una velocidad baja y alta, debido a que no para las tres series una velocidad alta o baja es el mismo valor de rpm.

A continuación, se muestran los valores de velocidad alta y baja por aplicar en las pruebas, mismas que se seleccionan y analizan con los técnicos y operarios antes de realizar los cambios de parámetros en las máquinas.

Tabla 4.46: Valores de la velocidad alta y baja para DOE según serie

<b>Velocidad</b>	<b>BTH RA</b>		<b>SFMH</b>		<b>MEC8 RA</b>	
<b>RPM</b>	Fill 1	Fill 2	Fill 1	Fill 2	Fill 1	Fill 2
<b>BAJA</b>	100	100	100	100	120	100
<b>ALTA</b>	130	130	145	145	145	120

Fuente: Autor, 2025.

Anteriormente se menciona que los valores de las velocidades para el proceso Fill se establecen solo en un máximo de 170 rpm y el ajuste de ese parámetro depende al 100 % del criterio técnico para cada *set up* por llevar a cabo.

#### **4.3.6.5 Elegir el diseño experimental adecuado según los factores y el objetivo del estudio**

“El objetivo de un diseño factorial es estudiar el efecto de varios factores sobre una o varias respuestas, cuando se tiene el mismo interés sobre todos los factores” (Gutiérrez y De La Vara, 2008, p. 128).

Gutiérrez y De La Vara (2008) indican que un diseño factorial sirve para estudiar el efecto de los factores sobre la respuesta de un experimento y eso es justo el objetivo de este estudio, en el cual se desea saber el efecto que tiene la serie del conector, el proceso ejecutado y los parámetros de velocidad usados en la máquina para que la magnitud de variables de respuesta de tiempo y *scrap* sea mayor o menor.

Debido a la cantidad de factores seleccionados y a la desigualdad de los niveles, se toma la decisión de aplicar el diseño de experimentos factorial completo general con dos réplicas, de esta manera se puede obtener un error experimental, el cual permite observar si la diferencia entre estas tiene validez estadística; se comprueba la significancia estadística y se estudian todas las combinaciones posibles para una mayor precisión.

#### **4.3.6.6 Planear y organizar las pruebas por llevar a cabo**

Según lo acordado con anterioridad, para el estudio se aplican las pruebas exclusivamente a las partes que estén corriendo en máquina en ese momento. Por consiguiente, se coordina con los supervisores del Área Micro el día y el momento en que estarían ensamblando las partes en estudio. Así, las pruebas se planean en el siguiente orden:

- Tomar los factores y respuestas para crear la matriz de pruebas necesarias en el *software* Minitab.
- Presentar la matriz ante los supervisores con el objetivo de coordinar el momento en que se correrían las pruebas y el operario disponible para el proceso.
- Coordinar con Mantenimiento para contar con un técnico que pueda variar los parámetros de velocidad de la máquina.
- Tener los instrumentos necesarios:
  - Cronómetro.
  - Matriz del diseño de experimentos.

- Lapicero para apuntes.

Cabe destacar que para obtener el tiempo de cada operación, se utiliza un promedio de 40 tomas de tiempos para cada prueba. Se considera este número de ciclos basándose en el teorema central del límite. En cuanto a este, Martínez (2012) señala: “La distribución de las medias muestrales al azar, se aproxima a una distribución normal a medida que aumenta el tamaño de la muestra” (p. 320). Asimismo, se determina que un tamaño grande para una muestra es  $n > 30$ .

Tabla 4.47: Matriz para el diseño de experimentos

OrdenEst	Orden Corrida	TipoPt	Bloques	Serie	Proceso	Velocidad	# de prueba
1	2	1	1	SFMH	Fill 2	Baja	1
2	8	1	1	MEC8 RA	Fill1	Baja	1
3	7	1	1	SFMH	Fill 2	Alta	1
4	18	1	1	SFMH	Fill1	Alta	1
5	24	1	1	BTH RA	Fill 2	Alta	1
6	19	1	1	SFMH	Fill 2	Baja	2
7	10	1	1	BTH RA	Fill1	Baja	2
8	12	1	1	MEC8 RA	Fill 2	Alta	1
9	1	1	1	MEC8 RA	Fill1	Alta	1
10	13	1	1	MEC8 RA	Fill 2	Baja	2
11	15	1	1	BTH RA	Fill1	Alta	2
12	21	1	1	MEC8 RA	Fill 2	Alta	2
13	16	1	1	BTH RA	Fill 2	Baja	1
14	23	1	1	BTH RA	Fill1	Baja	1
15	11	1	1	SFMH	Fill1	Alta	2
16	22	1	1	MEC8 RA	Fill1	Baja	2
17	3	1	1	MEC8 RA	Fill1	Alta	2
18	5	1	1	BTH RA	Fill1	Alta	1
19	20	1	1	BTH RA	Fill 2	Alta	2
20	6	1	1	SFMH	Fill1	Baja	1
21	9	1	1	SFMH	Fill1	Baja	2
22	17	1	1	MEC8 RA	Fill 2	Baja	1
23	14	1	1	SFMH	Fill 2	Alta	2
24	4	1	1	BTH RA	Fill 2	Baja	2

Fuente: Autor, 2025.

Por último, se puede consultar la matriz del diseño de experimentos con el registro de los datos en el **apéndice 2**.

#### 4.3.6.7 Realizar el experimento

Al efectuar el experimento con un nivel de confianza del 95 %, se obtienen las siguientes respuestas:

Tabla 4.48: Respuestas del DOE

Serie	Proceso	Velocidad	# de prueba	Respuestas	
				Tiempo promedio	Scrap
SFMH	Fill 2	Baja	1	0,0186	18
MEC8 RA	Fill1	Baja	1	0,0244	0
SFMH	Fill 2	Alta	1	0,0103	3
SFMH	Fill1	Alta	1	0,0095	6
BTH RA	Fill 2	Alta	1	0,0277	0
SFMH	Fill 2	Baja	2	0,0213	1
BTH RA	Fill1	Baja	2	0,0338	0
MEC8 RA	Fill 2	Alta	1	0,0088	12
MEC8 RA	Fill1	Alta	1	0,0186	6
MEC8 RA	Fill 2	Baja	2	0,0279	0
BTH RA	Fill1	Alta	2	0,0296	1
MEC8 RA	Fill 2	Alta	2	0,0122	18
BTH RA	Fill 2	Baja	1	0,0345	0
BTH RA	Fill1	Baja	1	0,0359	0
SFMH	Fill1	Alta	2	0,0132	6
MEC8 RA	Fill1	Baja	2	0,0252	6
MEC8 RA	Fill1	Alta	2	0,0203	12
BTH RA	Fill1	Alta	1	0,0274	8
BTH RA	Fill 2	Alta	2	0,0280	1
SFMH	Fill1	Baja	1	0,0131	6
SFMH	Fill1	Baja	2	0,0156	3
MEC8 RA	Fill 2	Baja	1	0,0293	0
SFMH	Fill 2	Alta	2	0,0131	5
BTH RA	Fill 2	Baja	2	0,0336	0

Fuente: Autor, 2025.

Estos datos se analizan seguidamente con la ayuda del *software* Minitab.

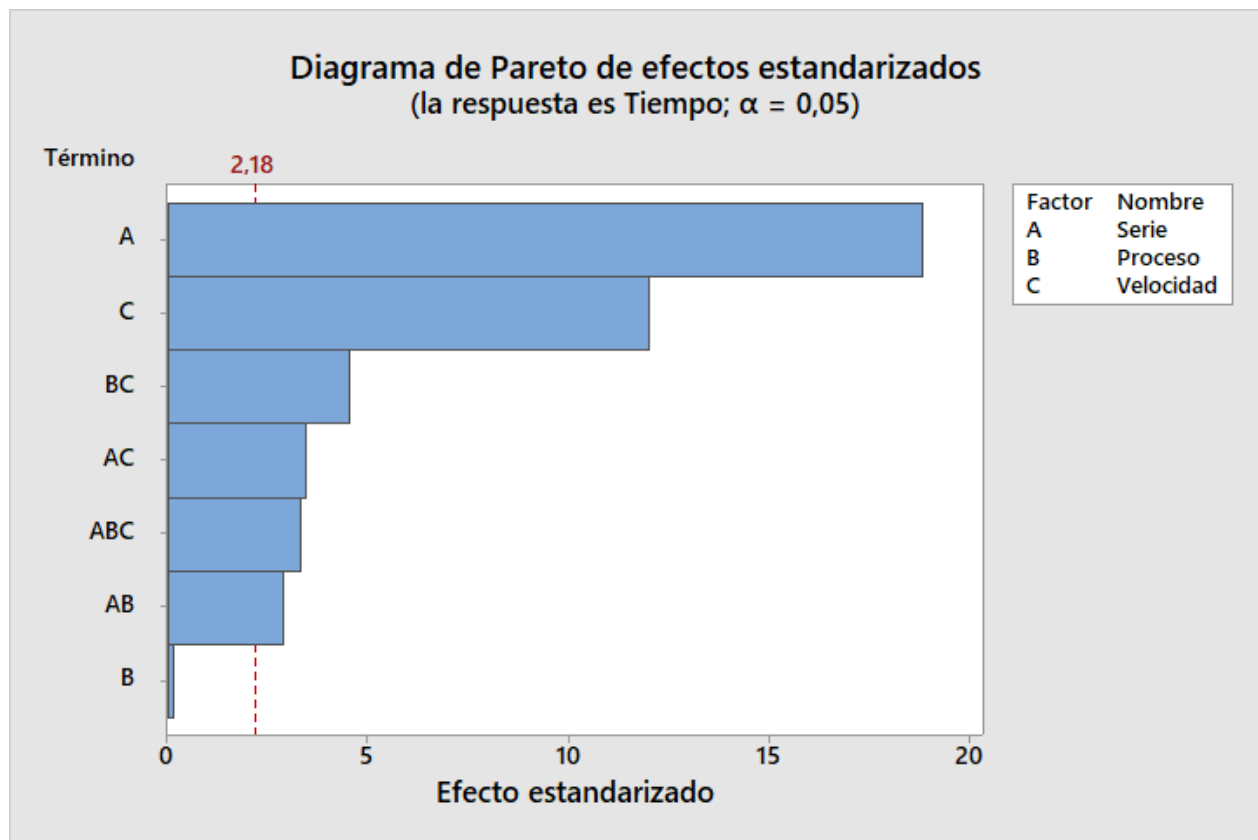
#### 4.3.6.8 Analizar e interpretar el experimento

En esta última etapa se analizan los resultados obtenidos. Al respecto, las hipótesis para la respuesta “tiempo” son:

- **Hipótesis nula (H0):** no hay un efecto significativo del factor o interacción en la variable de respuesta.
- **Hipótesis alternativa (H1):** hay un efecto significativo del factor o interacción en la variable de respuesta.

Ahora bien, para realizar el análisis, se utiliza el *software* Minitab en el cual se confecciona previamente el modelo de los experimentos. En relación con los resultados obtenidos, en primer lugar se presenta la gráfica de Pareto:

Figura 4.96: Gráfica de Pareto para los efectos de la respuesta “tiempo”



Fuente: Autor, 2025.

A partir de la gráfica anterior, se efectúa el siguiente análisis:

- A: serie de conectores.
- B: proceso.
- C: velocidad.
- BC: interacción entre proceso y velocidad.
- AC: interacción entre serie de conector y velocidad.
- ABC: interacción entre serie de conector, proceso y velocidad.
- AB: interacción entre serie de conexión y proceso.

Donde:

Todas las interacciones y los factores, excepto “proceso”, son significativos, por ende, sobrepasan la línea de referencia de 2.18 que representa el valor crítico para la significancia estadística  $\alpha=0.05$ , de esta manera cualquier efecto que sobrepase ese límite puede considerarse significativo.

Para reforzar este resultado, se expone el análisis de varianza obtenido en Minitab:

Figura 4.97: Análisis de la varianza para la respuesta “tiempo”

### Análisis de Varianza

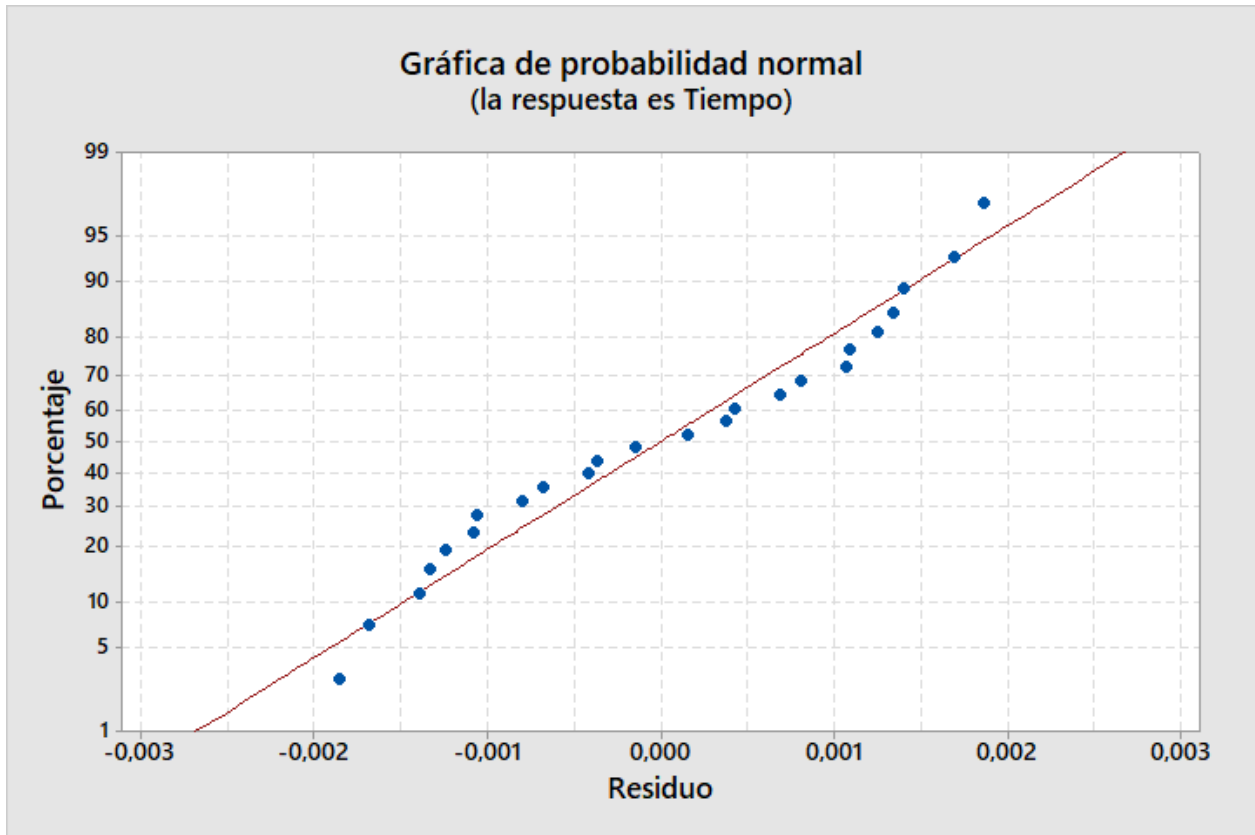
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	0,001712	0,000156	60,67	0,000
Lineal	4	0,001541	0,000385	150,17	0,000
Serie	2	0,001170	0,000585	227,98	0,000
Proceso	1	0,000000	0,000000	0,02	0,883
Velocidad	1	0,000371	0,000371	144,69	0,000
Interacciones de 2 términos	5	0,000130	0,000026	10,10	0,001
Serie*Proceso	2	0,000032	0,000016	6,28	0,014
Serie*Velocidad	2	0,000045	0,000022	8,71	0,005
Proceso*Velocidad	1	0,000053	0,000053	20,54	0,001
Interacciones de 3 términos	2	0,000042	0,000021	8,10	0,006
Serie*Proceso*Velocidad	2	0,000042	0,000021	8,10	0,006
Error	12	0,000031	0,000003		
Total	23	0,001743			

Fuente: Autor, 2025.

Se confirma el rechazo de  $H_0$  porque los factores e interacciones destacados tienen significancia para la variable de respuesta "tiempo", al verificarse que el valor  $p$  es menor a  $\alpha=0.05$ .

A continuación, se analiza la gráfica de normalidad para comprobar que el análisis de varianza o ANOVA es confiable:

Figura 4.98: Gráfica de normalidad para los residuos de "tiempo"



Fuente: Autor, 2025.

La gráfica de probabilidad normal de los residuos para la respuesta "tiempo" muestra que los residuos se distribuyen de manera bastante normal, lo cual es favorable para la validez del análisis de varianza.

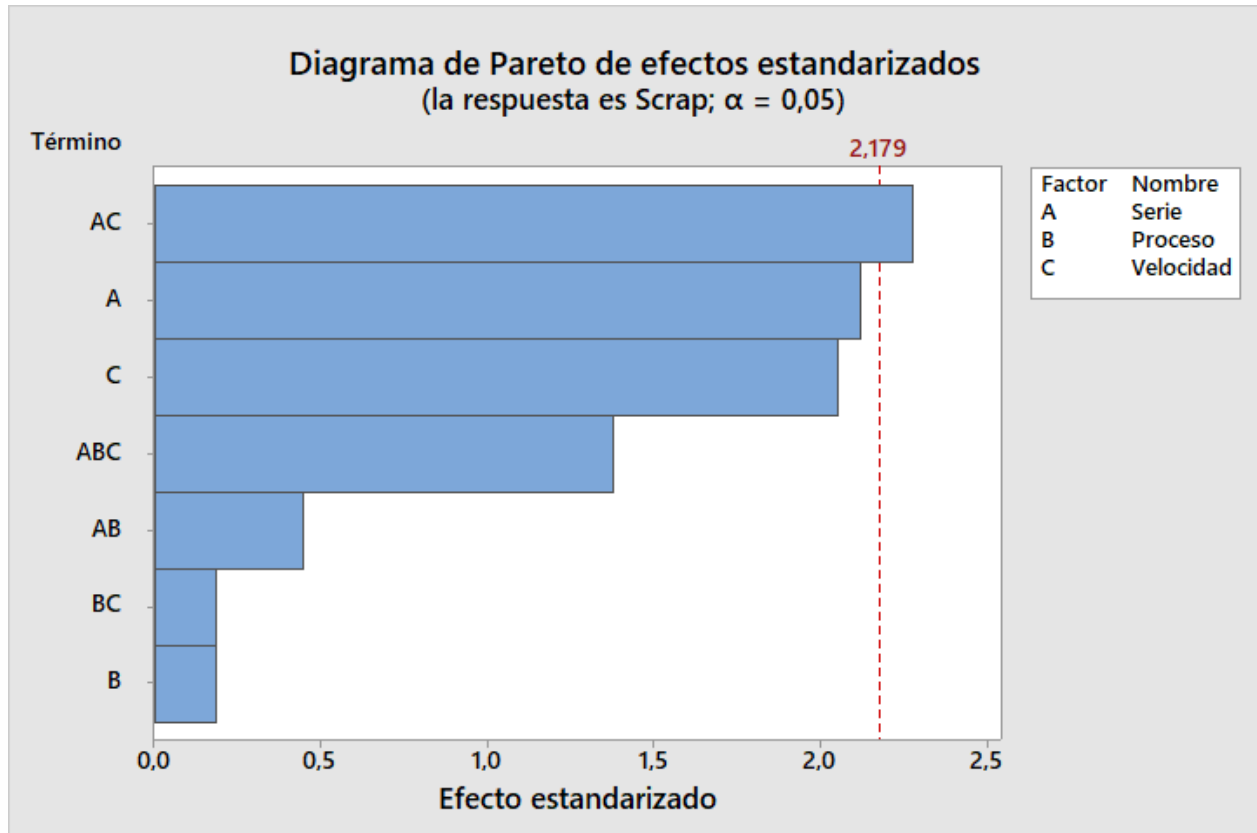
A continuación, se analiza la respuesta "scrap"; de igual forma, las hipótesis son:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** no hay un efecto significativo del factor o interacción en la variable de respuesta.

- **Hipótesis alternativa (H1):** hay un efecto significativo del factor o interacción en la variable de respuesta.

Seguidamente, se expone la gráfica de Pareto correspondiente:

Figura 4.99: Gráfica de Pareto para los efectos de la respuesta "scrap"



Fuente: Autor, 2025.

Analizando la gráfica anterior, se obtiene:

- AC: interacción entre serie de conector y velocidad.
- A: serie de conectores.
- C: velocidad.
- ABC: interacción entre serie de conector, proceso y velocidad
- AB: interacción entre serie de conexión y proceso.
- BC: interacción entre proceso y velocidad.
- B: proceso.

Donde:

Solo la interacción AC sobrepasa el límite de significancia de 2.179, es decir, la interacción “serie-velocidad” tiene significancia en el nivel de *scrap* producido, por lo que se deben hallar las velocidades óptimas para cada número de serie.

Con el fin de sustentar lo anterior, se brinda el análisis de varianza correspondiente:

Figura 4.100: Análisis de varianza para la respuesta de scrap

### Análisis de Varianza

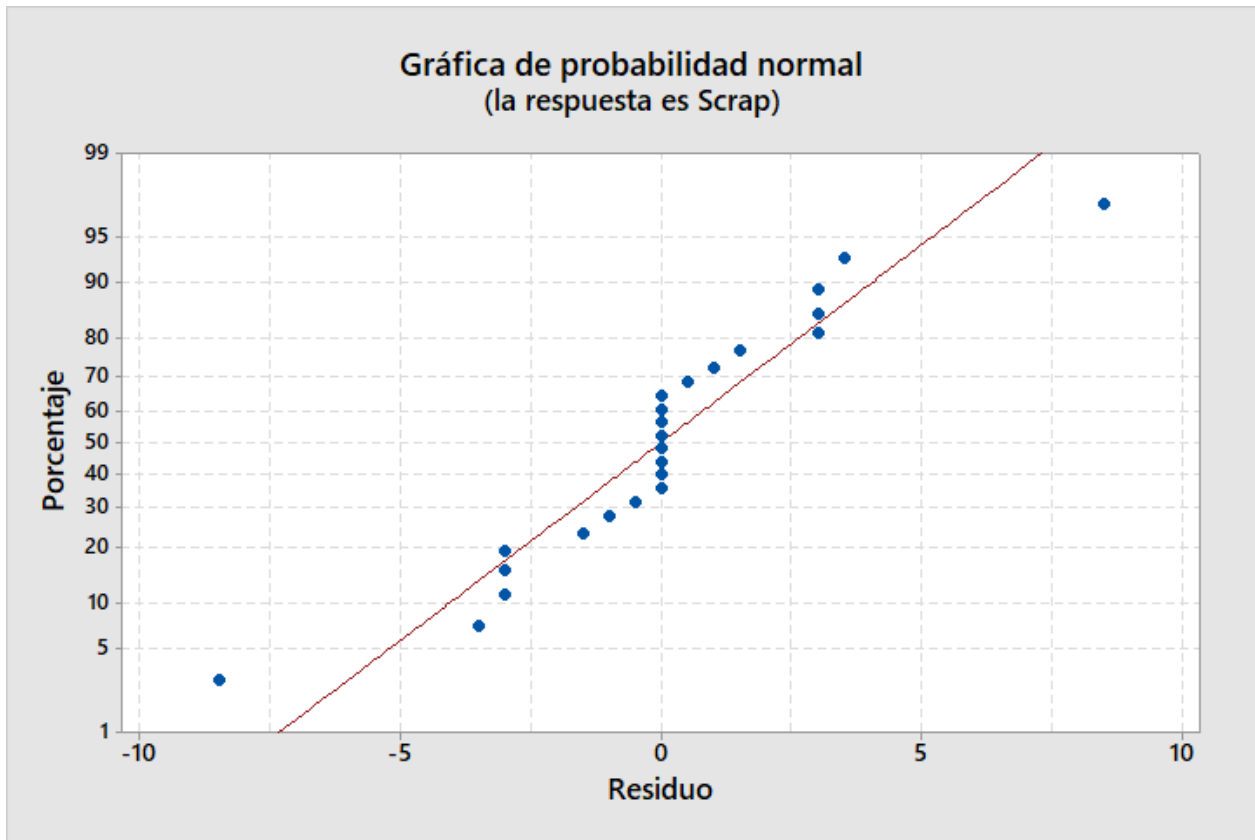
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	11	473,333	43,0303	2,25	0,090
Lineal	4	223,667	55,9167	2,92	0,067
Serie	2	142,333	71,1667	3,71	0,056
Proceso	1	0,667	0,6667	0,03	0,855
Velocidad	1	80,667	80,6667	4,21	0,063
Interacciones de 2 términos	5	177,333	35,4667	1,85	0,177
Serie*Proceso	2	16,333	8,1667	0,43	0,663
Serie*Velocidad	2	160,333	80,1667	4,18	0,042
Proceso*Velocidad	1	0,667	0,6667	0,03	0,855
Interacciones de 3 términos	2	72,333	36,1667	1,89	0,194
Serie*Proceso*Velocidad	2	72,333	36,1667	1,89	0,194
Error	12	230,000	19,1667		
Total	23	703,333			

Fuente: Autor, 2025.

Se confirma que el único valor p inferior a  $\alpha=0.05$  es el correspondiente a la interacción “serie-velocidad”, por lo cual es la única interacción con significancia comprobada.

Por último, se analiza la gráfica de normalidad para comprobar que el análisis de varianza o ANOVA es confiable:

Figura 4.101: Gráfica de normalidad para los residuos de “scrap”

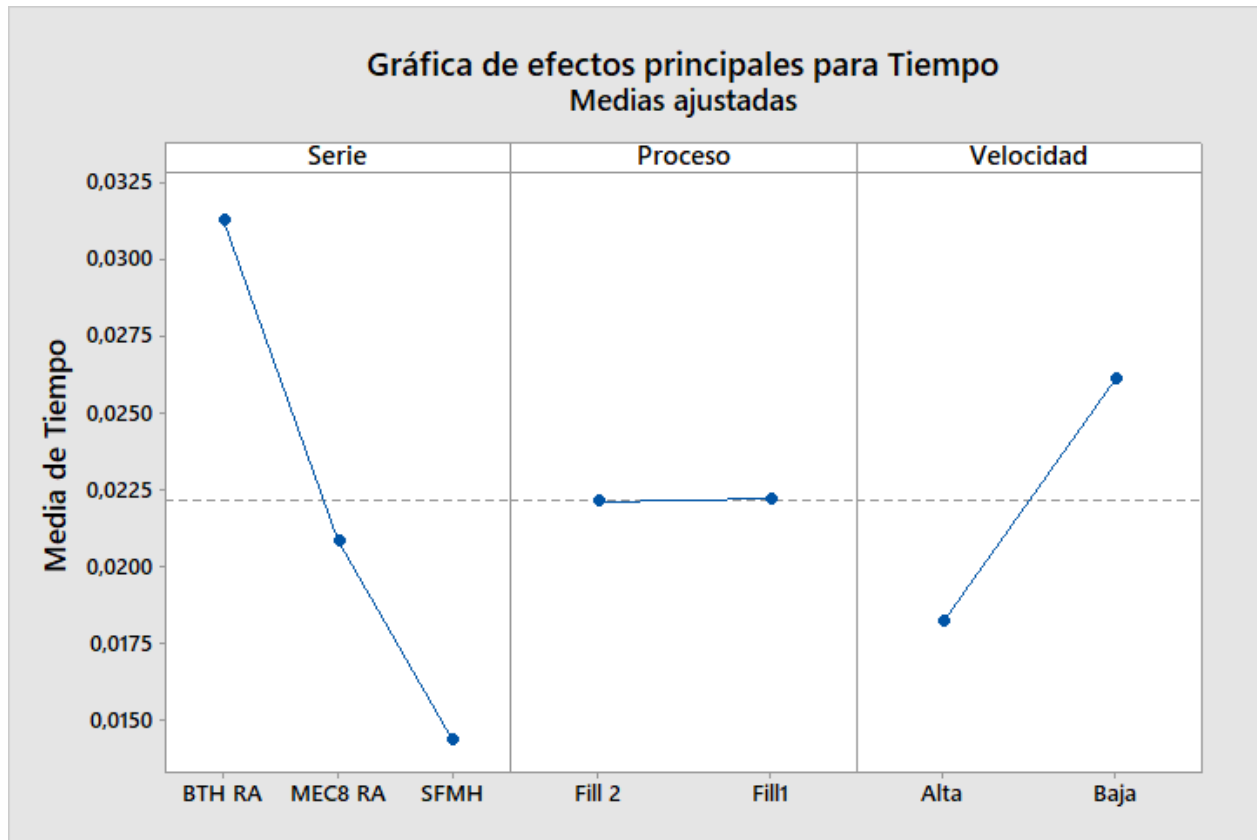


Fuente: Autor, 2025.

En la gráfica se notan dos puntos dispersos en los extremos que representan la reacción del proceso al aumentar la velocidad, el resto de los puntos reflejan una distribución bastante normal.

Continuando con el análisis, ahora se procede a evaluar los gráficos de los efectos principales para “tiempo”:

Figura 4.102: Gráfica de los efectos principales para la respuesta “tiempo”



Fuente: Autor, 2025.

La interpretación de estos efectos ayuda a confirmar la necesidad de ajustar los parámetros de velocidad para poder mejorar el tiempo de ciclo.

### Serie

- La línea tiene una pendiente negativa pronunciada, lo cual indica que el tiempo disminuye a medida que se cambia la serie de BTH RA a MEC8 RA y luego a SFMH.
- **SFMH** posee la media de tiempo más baja; así, esta serie puede ser la mejor opción para minimizar el tiempo.
- **BTH RA** cuenta con la media de tiempo más alta, por lo tanto, esta serie puede ser la peor opción para minimizar el tiempo. De hecho, se descarta usar una velocidad mayor porque el *scrap* se incrementa significativamente, por esto se decide trabajar con velocidades coherentes que mantengan el proceso estable.

## Proceso

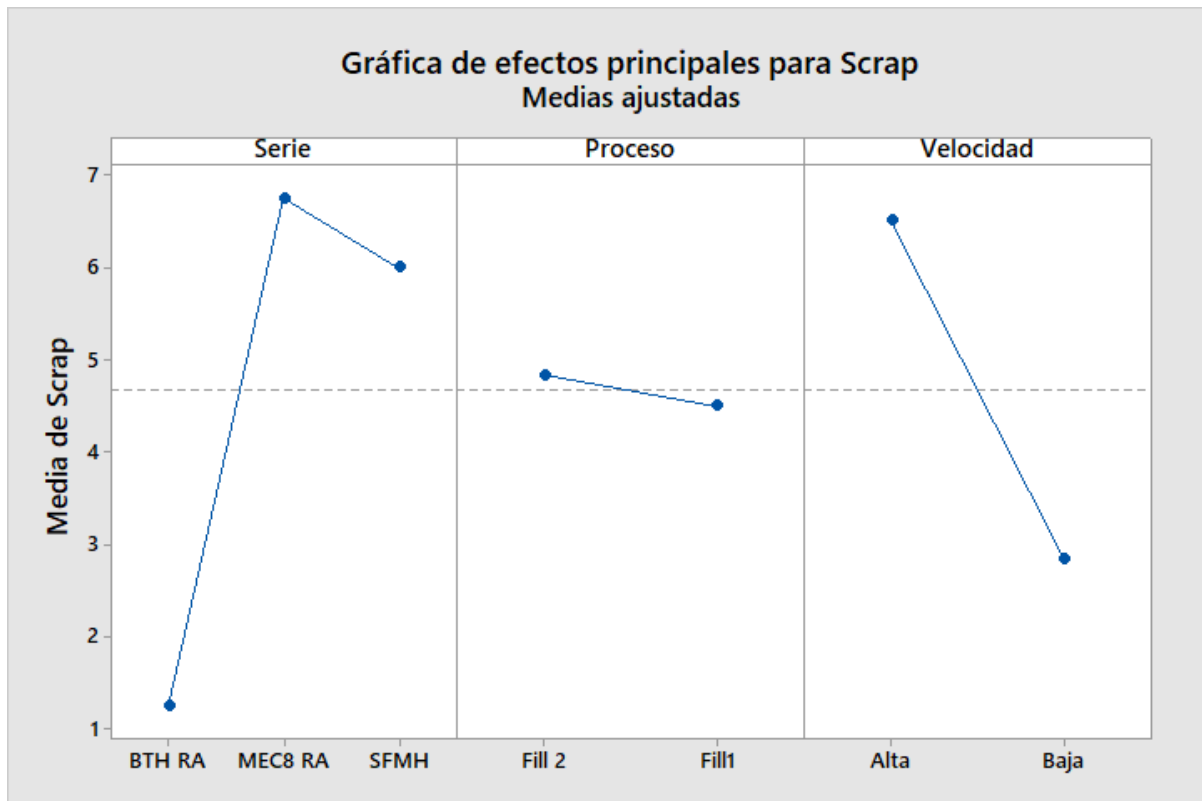
- La línea está casi horizontal, por consiguiente, el proceso tiene poco o ningún efecto en el tiempo.
- Las medias de tiempo para Fill 2 y Fill 1 son muy similares.

## Velocidad

- La línea posee una pendiente positiva, esto indica que el tiempo aumenta cuando la velocidad cambia de alta a baja.
- **Baja velocidad** tiene la media de tiempo más alta, lo cual sugiere que esta velocidad puede ser la peor opción para minimizar el tiempo.
- **Alta velocidad** cuenta con la media de tiempo más baja, por ende, esta velocidad puede ser la mejor opción para minimizar el tiempo.

A continuación, se analizan los efectos principales de la respuesta “scrap”.

Figura 4.103: Gráfica de los efectos principales para la respuesta “scrap”



Fuente: Autor, 2025.

En cuanto a la interpretación de los efectos principales para la respuesta “*scrap*”, se obtiene una conclusión más clara acerca de lo que debe ser lo óptimo para el proceso.

### **Serie**

- La línea indica que la serie MEC8 RA tiene la media de *scrap* más alta, mientras que BTH RA y SFMH poseen medias de *scrap* más bajas.
- **MEC8 RA** es la peor opción para minimizar el *scrap*.
- **BTH RA** y **SFMH** son opciones más favorables para minimizar el *scrap*; incluso, BTH RA muestra la menor media de *scrap*.

Esto puede ayudar a verificar cuáles de los tres son los procesos más estables, o bien, cuáles máquinas se encuentran en mejor estado para trabajar.

### **Proceso**

- La línea cuenta con una ligera pendiente negativa, por lo tanto, el proceso Fill 1 tiene una media de *scrap* ligeramente menor que Fill 2.
- El efecto del proceso en el *scrap* no es tan pronunciado como el de la serie.

En cuanto a las tres partes analizadas, el proceso Fill 1 es ligeramente más estable que Fill 2.

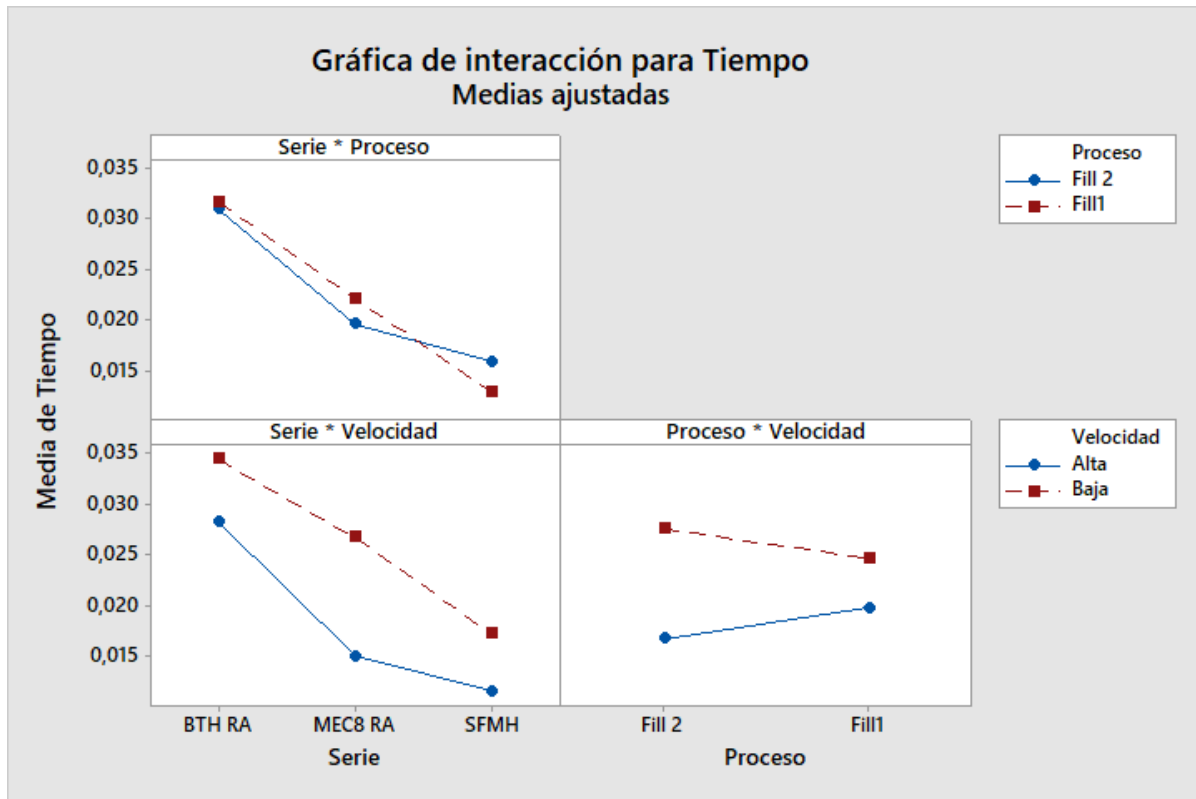
### **Velocidad**

- La línea cuenta con una pendiente negativa, esto indica que el *scrap* aumenta cuando la velocidad cambia de baja a alta.
- **Velocidad alta** tiene la media de *scrap* más alta, por ende, esta velocidad puede ser la peor opción para minimizar el *scrap*.
- **Velocidad baja** posee la media de *scrap* más baja; así, esta velocidad puede ser la mejor opción para minimizar el *scrap*.

De este modo, al aumentar la velocidad, se disminuye el tiempo de ciclo, pero implica un incremento en el *scrap*.

Para finalizar el análisis de este diseño de experimentos, se exponen las gráficas de las interacciones para cada una de las respuestas.

Figura 4.104: Gráfica de las interacciones para la respuesta “tiempo”



Fuente: Autor, 2025.

En la gráfica anterior se muestran las interacciones correspondientes a la respuesta del tiempo promedio, donde se detalla lo siguiente:

**Serie \* Proceso**

- Las medias de tiempo son ligeramente más altas para el proceso Fill 1 y se muestra una tendencia negativa al cambiar de la serie BTH-MEC8-SFMH.
- Se presenta la peculiaridad de que en el proceso Fill 2 la media de tiempo es más baja que Fill 1 para BTH y MEC8, pero no es así para SFMH, donde la media de tiempo es mayor para Fill 2 que para Fill 1.

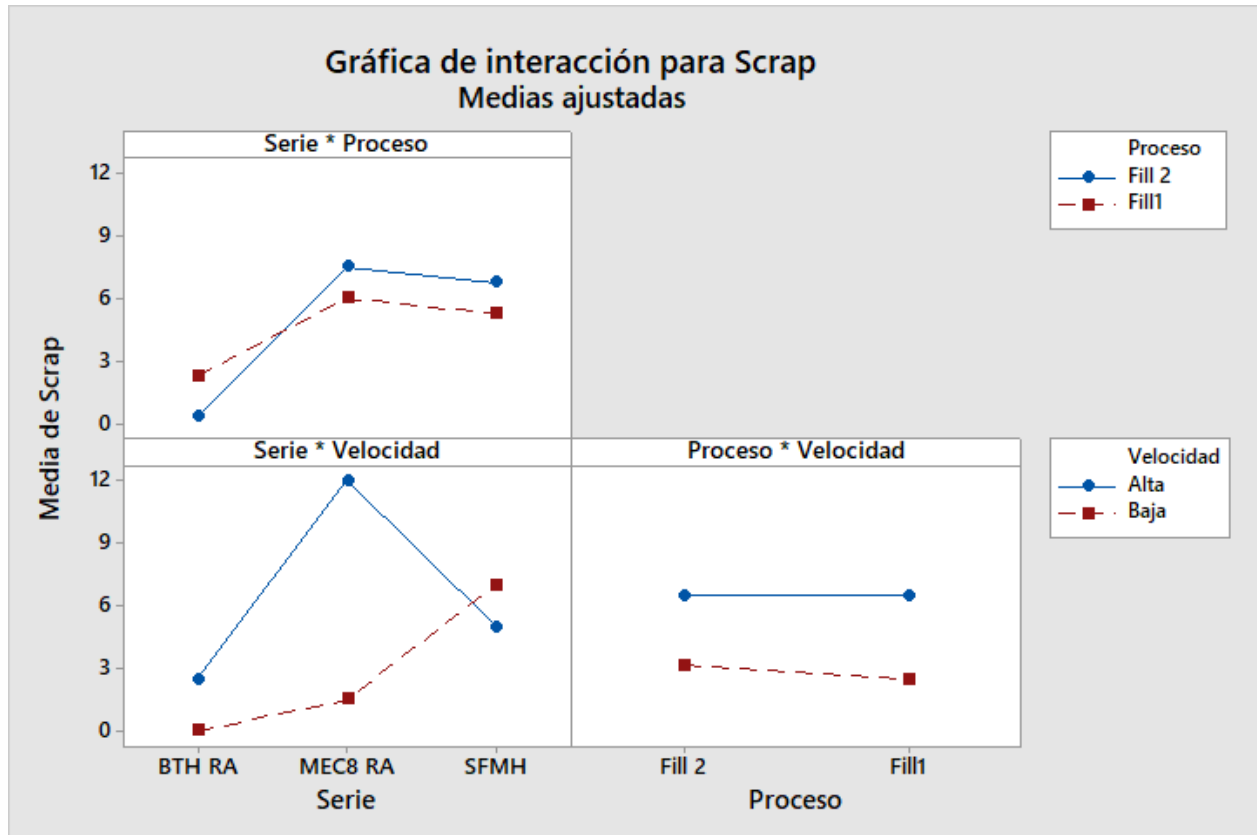
**Serie \* Velocidad**

- Al cambiar de serie en el orden BTH-MEC8-SFMH, las medias de tiempo son descendentes con la velocidad baja o alta, es decir, la serie con mayor tiempo es BTH, mientras que SFMH es la de menor duración.

## Proceso \* Velocidad

- El proceso Fill 2 posee una mejora más significativa en cuanto a su media de tiempo cuando se cambia de una velocidad baja a alta (el espacio entre los puntos es mayor), esto se puede deber a que el proceso Fill 2 soporta de mejor manera los cambios de velocidad para las tres partes en estudio.

Figura 4.105: Gráfica de interacciones para la respuesta “scrap”



Fuente: Autor, 2025.

## Serie \* Proceso

- Las líneas para Fill 2 y Fill 1 se cruzan, esto indica una interacción entre la serie y el proceso.
- El efecto de la serie en el *scrap* depende del proceso utilizado, y viceversa.
- La serie MEC8 RA genera más *scrap* con el proceso Fill 2, pero menos *scrap* con el proceso Fill 1.
- La serie BTH crea mayor *scrap* en el proceso Fill 1.

- La serie SFMH, al igual que MEC8, origina más *scrap* en el proceso Fill 2.

### **Serie \* Velocidad**

- Las líneas para alta velocidad y baja velocidad se cruzan, esto sugiere una interacción significativa entre la serie y la velocidad.
- El efecto de la serie en el *scrap* depende de la velocidad utilizada. Por ejemplo, la serie BTH RA genera mucho menos *scrap* con la velocidad baja, pero crea más *scrap* con la velocidad alta. Sucede lo mismo con MEC8, pero es todo lo contrario para la serie SFMH, donde se produce menos *scrap* con una velocidad alta, lo cual es una oportunidad de mejora en el tiempo de ciclo sin sacrificar la calidad.

### **Proceso \* Velocidad**

- Las líneas para alta velocidad y baja velocidad son casi paralelas, esto implica poca o ninguna interacción entre el proceso y la velocidad.
- El efecto del proceso en el *scrap* es similar para ambas velocidades.

En general se concluye que para disminuir el tiempo de ciclo aumentando la velocidad, se debe tener especial cuidado porque esto puede incrementar el *scrap*, excepto en la serie SFMH, pues en este caso aunque se aumenta la velocidad, el proceso aún se muestra estable. Por consiguiente, debe revisarse el estado de las máquinas o algún otro factor que influya al aumento de *scrap* al subir las velocidades.

También se observa que el proceso Fill 2 es más estable al subir los parámetros de velocidad. Por otro lado, se logran identificar los parámetros adecuados para cada parte en estudio.

## **CAPÍTULO V. PROPUESTA**

Este capítulo se desarrolla con base en los resultados obtenidos del análisis de las causas raíz del problema en estudio. Al respecto, en el anterior diagrama de relaciones se determinan 3 causas que se abordan seguidamente para formular las propuestas y controles que ayuden a calcular la eficiencia lo más preciso posible a la realidad y actualizar el método para dirigir al Área Micro hacia una mejora continua.

## **5.1 MEJORAR**

En cuanto a la etapa “mejorar”, se plantean cuatro propuestas fundamentadas en las causas críticas identificadas en el capítulo IV, con el fin de encontrar una mejora al problema de esta investigación que sea factible para la empresa.

### **5.1.1 Propuesta 1: Crear un manual de procedimientos para la preparación del proceso Fill**

Esta propuesta se formula con el propósito de mitigar el efecto de la causa “metodología incompleta y desactualizada”. Con relación al manual de procedimientos, Palma (2009) menciona que permite conocer el funcionamiento de un proceso con base en la descripción de tareas, ubicación, requerimientos y puestos responsables de su ejecución. Tomando lo anterior como referencia, en el estudio se elabora un manual de procedimientos que complementa los actuales al establecer el paso a paso desde la fase previa al proceso, lo cual mejoraría el rendimiento de los responsables de ejecutar el proceso Fill al poder aprovechar tiempos de *set up* de las máquinas o tiempos de espera por ajustes para contar con lo necesario y no experimentar ningún retraso durante las operaciones por realizar.

Con la intención de crear el manual de procedimientos, se sigue una estructura que posibilita una herramienta eficiente y de fácil comprensión para el operario. A continuación, se explica el proceso para elaborar el manual:

- 1. Establecer el objetivo:** el objetivo de este manual se basa en la necesidad que tiene el proceso Fill de contar con responsabilidades y tareas bien definidas para mejorar el flujo del trabajo. Por lo tanto, se debe crear un manual de procedimientos que establezca desde la fase previa las consideraciones y responsabilidades del operario, para garantizar el flujo continuo de las

operaciones. Adicional, definir los objetivos está a cargo del personal de ingeniería de procesos.

- 2. Considerar el proceso como un todo para luego crear tareas específicas:** este paso es responsabilidad del ingeniero a cargo de la creación del manual junto con los operarios que pueden proporcionar información relevante y proponer opciones de mejora.

En primer lugar, se deben tener claros los involucrados o responsables de ejecutar las tareas detalladas en el manual. Aquí los responsables son exclusivamente los operarios de producción del Área Micro, sin embargo, es necesario definir hasta qué punto y en qué momento requieren el soporte de Calidad y el Área Técnica.

Luego, se deben considerar los recursos disponibles. En este aspecto, se identifican las necesidades de los operadores como la inclusión de un nuevo método de sujeción de los *tubes* en el que los operarios puedan insertar con un mejor tiempo las partes mientras se lleva a cabo el proceso en máquina; esto se determina gracias al estudio de métodos y tiempos. Por último, se considera que no seguir un estándar de estas tareas previas les da libertad a los colaboradores de tomar decisiones que retrasan el proceso en la etapa de ensamble de pines y empaque manual, donde se detectan deficiencias por diferencia de criterios; esta información se conoce a partir del estudio de trabajo realizado y la encuesta aplicada.

- 3. Describir los procesos y su alcance:** es necesario comprender el orden de las operaciones por documentar; para esto, se debe consultar con los supervisores a cargo y el personal operativo, quienes conocen el proceso y deben ejecutarlo o supervisarlo a diario. El estudio de trabajo también es una etapa fundamental para detectar cada operación, además de la observación durante el proceso.
- 4. Incluir normas del proceso:** en este caso se considera como norma principal el uso del EPP (equipo de protección personal), al tratarse de un procedimiento operativo en la máquina.
- 5. Señalar a los responsables:** en este manual de procedimientos se destaca como responsables al personal de producción del Área Micro, ellos son quienes deben

velar por el cumplimiento de los pasos específicos para garantizar el orden al inicio del proceso.

- 6. Redactar el documento de manera estructurada:** en esta fase se procede a la redacción del documento, tomando en cuenta todas las pautas descritas. El responsable de redactar el manual debe ser el Departamento de Ingeniería de Procesos de Automation. Este manual puede consultarse en el **apéndice 3**.

Los beneficios obtenidos de esta propuesta son:

- 1. Mejor adaptación a los cambios:** al definir instrucciones claras, los colaboradores pueden identificar oportunidades para continuar con las mejoras e, igualmente, adaptarse y aprender con más facilidad.
- 2. Optimización del proceso:** una buena planificación del proceso da como resultado un trabajo que fluye con mayor rapidez al contar con todo lo necesario para el proceso desde el inicio.
- 3. Aprovechamiento del tiempo:** con instrucciones claras se pueden encomendar tareas al personal mientras no se tiene una máquina habilitada para producir. De esa forma, cuando llegue el momento, no se pierde tiempo en improvisaciones.
- 4. Fortalecimiento de las debilidades:** al contar con este manual, se hace más fácil la capacitación del personal inexperimentado, además de ser una guía en caso de tener dudas ante la preparación del proceso.
- 5. Mejora continua:** este documento puede ser revisado y actualizado ante cambios futuros o identificación de oportunidades de mejora.

### **5.1.2 Propuesta 2: Estandarización del tiempo y el método estándar**

Asimismo esta propuesta busca minimizar el impacto de la causa “metodología incompleta y desactualizada”. Al estandarizar el método o tiempos, se establece una base para evaluar y administrar los procesos (Socconini, 2019).

Con base en lo anterior, un método o tiempo se estandariza con el fin de establecer el mejor modo de realizar un trabajo y, también, el punto de partida desde donde se pueden identificar oportunidades de mejorar continuamente.

Durante la elaboración de este documento, se observan algunas oportunidades de mejora para los procedimientos actuales y hasta la oportunidad de complementarlos como en la propuesta anterior.

Ahora bien, esta propuesta de estandarización de la metodología actual se lleva a cabo mediante la siguiente estructura, tomando como insumo las herramientas ingenieriles desarrolladas en el capítulo IV:

### 1. Análisis del proceso

- **Mapeo del proceso:** se efectúa mediante el estudio de trabajo anterior, en el cual se identifica el paso a paso de cada proceso y se elabora un diagrama sinóptico del proceso en general y un estudio del método que detalla el proceso de cada parte con exactitud.
- **Recopilación de datos:** se realiza en la etapa del estudio de tiempos y en el diseño de experimentos; acá, se toman los tiempos del proceso y se observa el método para documentar lo identificado.
- **Análisis de la información:** se hacen comparaciones y se sacan conclusiones de los resultados obtenidos.

### 2. Definir los parámetros y métodos específicos

- **Definir objetivos:** el objetivo se define en la mejora de la razón de producción de los procesos de las partes ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR, BTH-060-01-X-D-RA-WT-K y ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR.
- **Determinación de los tiempos estándar:** se retoman los resultados obtenidos y el análisis hecho, para luego presentar las propuestas de estandarización.

La información obtenida del estudio de trabajo y el diseño de experimentos es el medio para lograr los parámetros de velocidad que se adecuen más al tiempo estándar establecido.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de los resultados obtenidos en la que se detallan los tiempos estándar actuales y los calculados:

Tabla 5.1: Tiempos actuales vs. los calculados y propuestos

Partes	Tiempo estándar min Samtec/ rpm no definido		Tiempo estándar calculado min/rpm				¿Cumple tiempo estándar?	¿DOE indica mejora en RPM?	¿E.T indica mejora?	Tiempo estándar propuesto min/rpm				Mejora	
	Fill 1	Fill 2	Fill 1	rpm	Fill 2	rpm				Fill 1	rpm	Fill 2	rpm	Fill 1	Fill 2
ASP-110859-03-SUB / MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	01:42,8	02:09,6	02:06,1	120	01:37,6	120	Fill 1 No/Fill 2 excede	No	Sí, en Fill 2	02:06,1	120	01:20,4	100	N/A	00:48,7s
BTH-060-01-X-D-RA-WT-K	01:53,7	01:53,7	02:17,0	130	02:08,7	130	No	No	Sí	02:17,1	130	02:08,7	130	N/A	N/A
ASP-191063-01 / SFMH-110-02-XX-D-LC-TR	0:48,31 s	01:02,4	0:54,22s	100	01:22,8	100	No	Sí	No	00:40,2	145	01:08,3	145	00:08,8s	N/A

Fuente: Autor, 2025.

La tabla anterior muestra el comportamiento de los procesos Fill 1 y Fill 2 a lo largo de este estudio, tomando como referencia el tiempo estándar actual establecido por Samtec. Así, al principio no se tiene un parámetro rpm definido, pero al finalizar el estudio de tiempos se detecta que solo el proceso Fill 2, para la parte con serie MEC8, cumple y excede el tiempo estándar actual, esto conduce a un estudio del método de trabajo que resulta en 2 oportunidades de mejora para MEC8 Fill 2 (puede aún superar el tiempo excedido) y una mejora del método para BTH.

Para conocer los tiempos estándar y la mejora del método de los siguientes procesos, se puede consultar el **apéndice 4**:

- Fill 2 para ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR (estudio de tiempos).
- Fill 1 y Fill 2 para ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR (estudio de tiempos).
- Método para Fill 2 de ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR (estudio del método).

Cabe destacar que en los procesos donde no se puede aplicar una mejora del tiempo, se debe a que el factor *scrap* incrementa al configurar la máquina para un parámetro más alto de velocidad.

Seguidamente, se muestran los parámetros, tiempos y métodos específicos.

- **ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR**

A continuación, se describe la propuesta de estandarización para los procesos.

Tabla 5.2: Parámetros rpm y tiempos para las partes ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

<b>ASP-110859-03-SUB / MEC8-150-02-S-D-RA2-TR</b>		
Proceso	Tiempo estándar	Parámetro rpm
Fill 1	2:06,1 min	120
Fill 2	1:20,4 min	100

Fuente: Autor, 2025.

Los parámetros rpm deben agregarse a la instrucción de trabajo para realizar el *set up* del Departamento de Mantenimiento y es su responsabilidad verificarlos cada vez que se haga el ajuste.

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular la razón de producción con la propuesta:

Figura 5.1: Fórmula para el cálculo de la razón de producción

$$RP = \frac{1}{Tiempo\ Est\acute{a}ndar \times 6}$$

Fuente: Autor, 2025.

Se multiplica por 6, debido a que por cada ciclo se obtienen 6 piezas.

En la siguiente tabla se presenta la razón de producción calculada con la propuesta vs. la razón de producción demandada en la actualidad:

Tabla 5.3: Razón de producción de la propuesta vs. la demandada actualmente

<b>Razón de producción</b>			
Según estándar actual		Propuesta	
Fill 1	210 p/h	Fill 1	171 p/h
Fill 2	221 p/h	Fill 2	268 p/h

Fuente: Autor, 2025.

Hoy la máquina no es capaz de cumplir con la demanda para el proceso Fill 1, a saber, la demanda actual es de 210 partes por hora, pero en realidad se pueden producir 171 partes por hora.

Por otro lado, para el proceso Fill 2, se logra un incremento de 47 partes por hora, por lo que es capaz de producir 268 partes por hora en total, pues en la actualidad se demandan 221 partes por hora.

Cabe destacar que en cuanto a la mejora del tiempo, para el proceso Fill 2 también se considera la mejora del método al incorporar en el Manual del Operario de la propuesta 1 la utilización de la herramienta *tube holder*.

Figura 5.2: Tube holder



Fuente: Autor, 2025.

Como se muestra en el **apéndice 3**, en el Manual del Operario, esta herramienta ayuda a quien realiza el trabajo a colocar las partes en los *tubes* con mayor facilidad y fluidez en lugar de tener que sujetar los *tubes* con las manos, lo cual provoca distracción durante el proceso y retrasos.

Esta es una herramienta usada actualmente en otro departamento de la empresa para el mismo fin, pero en un proceso por completo manual. Por esta razón, se necesita fabricar

al menos 5 con un costo de \$ 165 por cada uno, lo que genera una inversión total de \$ 825 (ver cotización en el **anexo 1**).

- **BTH-060-01-F-D-RA-WT-K**

En los siguientes párrafos, se detalla la propuesta de estandarización para el proceso.

Tabla 5.4: Parámetros rpm y tiempos para la parte BTH-060-01-F-D-RA-WT-K

<b>BTH-060-01-F-D-RA-WT-K</b>		
Proceso	Tiempo estándar	Parámetro rpm
Fill 1	2:17,1 min	130
Fill 2	2:08,7 min	130

Fuente: Autor, 2025.

Los parámetros rpm deben agregarse a la instrucción de trabajo para realizar el *set up* del Departamento de Mantenimiento y es su responsabilidad verificarlos cada vez que se haga el ajuste.

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular la razón de producción con la propuesta:

Figura 5.3: Fórmula para el cálculo de la razón de producción

$$RP = \frac{1}{Tiempo\ Est\acute{a}ndar \times 5}$$

Fuente: Autor, 2025.

Se multiplica por 5, debido a que por cada ciclo se obtienen 6 piezas.

Ahora bien, se presenta la razón de producción calculada con la propuesta vs. la razón de producción demandada en la actualidad:

Tabla 5.5: Razón de producción de la propuesta vs. la demandada actualmente

<b>Razón de producción</b>			
Según estándar actual		Propuesta	
Fill 1	158 p/h	Fill 1	131 p/h
Fill 2	158 p/h	Fill 2	139 p/h

Fuente: Autor, 2025.

Se identifica que la máquina hoy no es capaz de cumplir con la demanda para los procesos Fill 1 y Fill 2; al respecto, la demanda actual es de 158 partes por hora, pero en realidad se pueden producir 131 partes por hora para Fill 1 y 139 partes por hora para Fill 2.

Sin embargo, mediante el estudio del método llevado a cabo en la etapa de “medir”, se comprueba que existe una operación manual, la cual el operario es capaz de realizar durante el tiempo de ciclo de la máquina.

La propuesta consiste en eliminar esa operación como un tiempo adicional y tomarla en cuenta como una operación concurrente que puede ejecutarse paralela al llenado automatizado de pines.

Tabla 5.6: Tiempo por ciclo de la operación fill spacers by hand

<b>Fill spacers by hand</b>
Tiempo estandar por ciclo
1:15,0 min

Fuente: Autor, 2025.

De esta manera, se comprueba que si el tiempo de ciclo para Fill 1 es 2:17 min, el operario sí es capaz de ejecutar esa tarea durante el trabajo de la máquina.

Tabla 5.7: Incremento de la productividad

<b>BTH-060-01-F-D-RA-WT-K</b>		
Proceso	Tiempo estándar	Fill spacers
Fill 1	02:17,1	01:15,0
Fill 2	02:08,7	
Total antes	05:40,8	Ahorro
<b>Total ahora</b>	<b>04:25,8</b>	<b>22%</b>

Fuente: Autor, 2025.

Lo anterior significa que este tiempo se va a reflejar en una disminución del tiempo total de la pieza, por consiguiente, es una mejora de aproximadamente un 22 % del tiempo de cada orden de producción.

- **ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR**

A continuación, se describe la propuesta de estandarización para los procesos.

Tabla 5.8: Parámetros rpm y tiempos para las partes ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

<b>ASP-191063-01 / SFMH-110-02-XX-D-LC-TR</b>		
Proceso	Tiempo estándar	Parámetro rpm
Fill 1	0:40,2 s	145
Fill 2	1:08,3 min	145

Fuente: Autor, 2025.

Los parámetros rpm deben agregarse a la instrucción de trabajo para realizar el *set up* del Departamento de Mantenimiento y es su responsabilidad verificarlos cada vez que se haga el ajuste.

Se utiliza la siguiente fórmula para calcular la razón de producción con la propuesta:

Figura 5.4: Fórmula para el cálculo de la razón de producción

$$RP = \frac{1}{\text{Tiempo Estándar} \times 6}$$

Fuente: Autor, 2025.

Se multiplica por 6, debido a que por cada ciclo se obtienen 6 piezas.

Ahora bien, se procede a presentar la razón de producción calculada con la propuesta vs. la razón de producción demandada en la actualidad.

Tabla 5.9: Razón de producción de la propuesta vs. la demandada actualmente

Razón de producción			
Según estándar actual		Propuesta	
Fill 1	447 p/h	Fill 1	537 p/h
Fill 2	346 p/h	Fill 2	316 p/h

Fuente: Autor, 2025.

Se determina que la máquina hoy no es capaz de cumplir con la demanda para el proceso Fill 2; en cuanto a esto, la demanda actual es de 346 partes por hora, pero en realidad se pueden producir 316 partes por hora. Por otro lado, para Fill 1 se obtiene un incremento de 90 partes por hora a razón de la producción con esta mejora de parámetros.

### 3. Verificación de la estandarización

El tiempo estándar debe validarse por los operarios y supervisores involucrados en el proceso, lo cual ayuda a garantizar que este tiempo sea aceptado y se pueda cumplir.

### 4. Implementación de la estandarización

Luego de definir los parámetros por estandarizar, se debe hacer lo siguiente:

- **Comunicación:** se les deben comunicar claramente a todos los involucrados (operarios, supervisores, gerentes) los objetivos de la estandarización, los nuevos parámetros específicos y los beneficios que se esperan obtener.
- **Capacitación:** capacitar a los operarios en los nuevos procedimientos y estándares de tiempo.
- **Documentación:** documentar los nuevos procedimientos y estándares de tiempo en manuales, guías o instrucciones de trabajo.

El departamento encargado de la implementación es Ingeniería de Procesos, el mismo debe actualizar los manuales de procedimientos para asegurarse de que se cumpla con la estandarización propuesta, definir las capacitaciones y comunicarse con los gerentes. Asimismo, el Departamento de Control's Engineer debe actualizar los parámetros de las máquinas y aprobar los cambios.

Por último, los beneficios por obtener con esta propuesta son:

1. Incremento de la productividad en los procesos, al recibir la mayoría una mejora en la razón de producción.
2. Proceso más robusto, ya que se definen parámetros específicos y esto puede ayudar a reducir la variabilidad cuando se cambia de un *set up* a otro.
3. Proceso más estable al considerar el factor *scrap*, esto permite reducir problemas de defectos.

### **5.1.3 Propuesta 3: Capacitación del personal operativo mediante los modelos OJT (en el puesto de trabajo) y ADDIE**

La propuesta 3 se enfoca en atacar los efectos de la causa “falta de control”. Según Torres (2015), “Se dice que control es el proceso que dirige las actividades de los individuos hacia el cumplimiento de los objetivos de la organización” (p. 281).

Basándose en lo anterior y en lo registrado por medio de este estudio, se identifican varios hallazgos que señalan una falta de control del proceso Fill en el Área Micro, por ejemplo:

- El problema identificado es el no cumplimiento de la razón de producción, al no conseguir la cantidad de producción por hora demandada para los procesos.
- Respecto a la etapa “definir”, con la ayuda del análisis FODA, se hallan debilidades en el aspecto del control, a saber, inexperiencia de una gran parte del personal y cuellos de botella.
- Con relación a la etapa “medir”, se evidencia que los procesos de las partes en estudio son inestables, además de la particularidad de que la mayoría de los puntos fuera de control se localizan en el personal del turno de la tarde.
- En la encuesta aplicada se identifica y reafirma esta causa como crítica para el problema en estudio.

De acuerdo con Torres (2015), una actividad que ayuda a los colaboradores a lograr el cumplimiento de los objetivos de producción es la capacitación, por lo tanto, es necesario proponer un plan de capacitación para el personal del Área Micro de la empresa Samtec. Si bien en el análisis FODA se destaca como una debilidad la inexperiencia de una parte de los asociados, también se resalta la experiencia de otros a quienes inclusive se les reconoce por llevar una identificación verde. Dicho esto, según la matriz de estrategias FODA, se sugiere aprovechar este recurso en la propuesta de capacitación. Cabe mencionar que las identificaciones verdes son de planes de capacitación hechos con anterioridad que ahora, de acuerdo con los operarios, se dejaron de hacer.

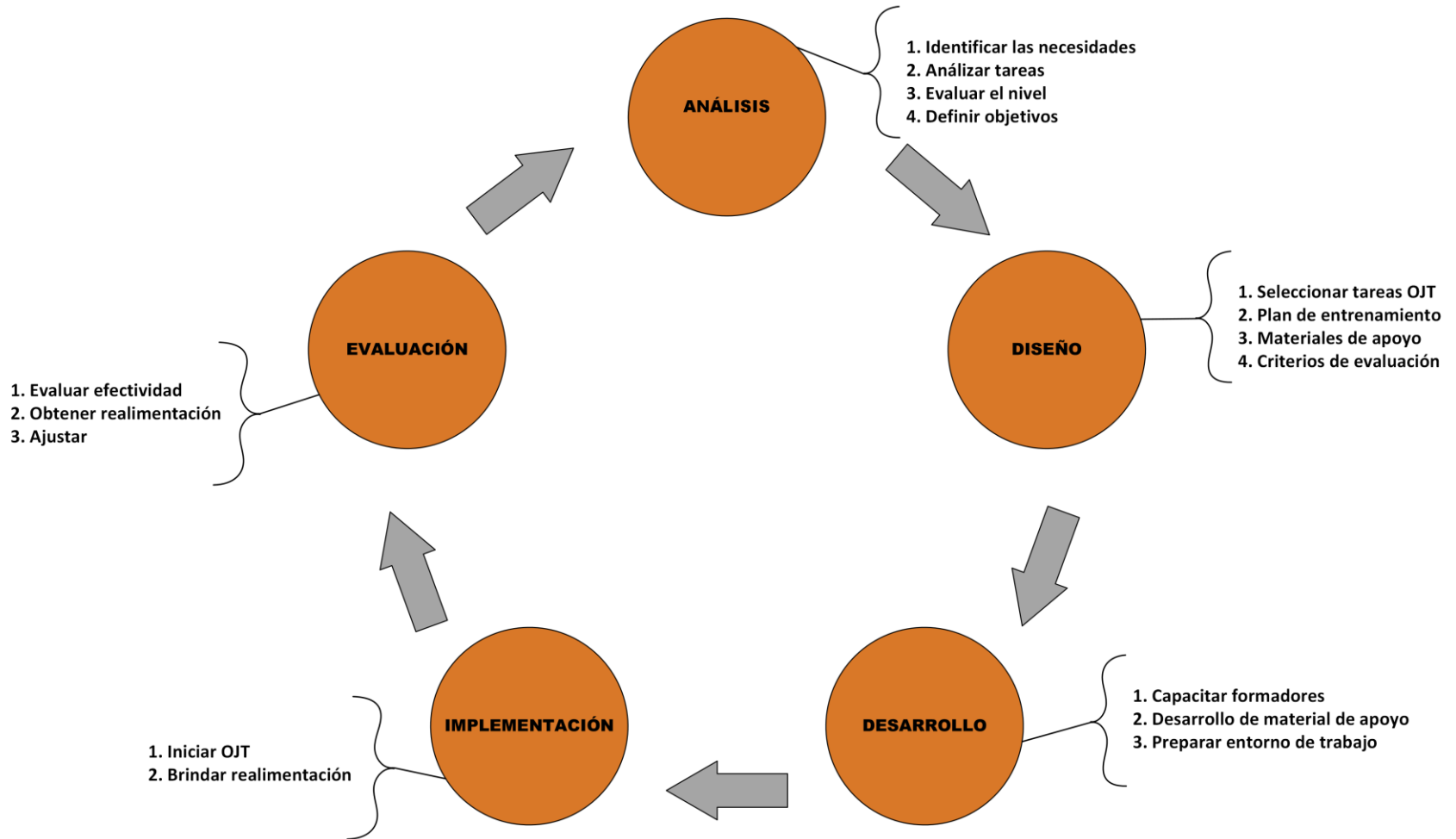
Torres (2015) indica: “El recorte o eliminación de capacitación disminuye la productividad” (p. 281). Por esto, se deben retomar las capacitaciones con un modelo OJT (*on job training*), definido como: “Una formación o aprendizaje en el puesto de trabajo mientras se realizan las tareas, en otras palabras, es aprender haciendo” (Cohen, 2025).

Este método de capacitación se adapta perfectamente al contexto del proceso Fill, pues es un conjunto de tareas que se ejecutan en el Área de Producción con máquinas automatizadas, adicional el operador debe ser el complemento de la máquina y tener muy claro su rol en el proceso.

Se considera que OJT es una opción ideal para la capacitación, sin embargo, no solo se debe enviar a una persona para supervisar y acompañar; de este modo, se toma en cuenta una estructura llamada ADDIE para que la propuesta sea efectiva. ADDIE es un modelo de diseño instruccivo que consta de cinco etapas: análisis, diseño, desarrollo, implementación y evaluación (Oana, 2024).

Según todo lo anterior, la capacitación del personal operativo del Área Micro se lleva a cabo en 5 etapas explicadas a continuación:

Figura 5.5: Ciclo del método OJT + ADDIE



Fuente: Autor, 2025.

## 1. Fase de análisis

- **Identificar las necesidades de entrenamiento:** se definen las habilidades y conocimientos que necesitan desarrollar los operarios para formarse de una manera efectiva, por lo que se consideran habilidades blandas y habilidades técnicas.
  - Se deben reforzar habilidades blandas como la gestión del tiempo, pensamiento crítico, comunicación, gestión del cambio, liderazgo, resolución de conflictos y trabajo en equipo.
  - La parte de conocimiento técnico es importante para que el personal de producción sea capaz de efectuar ajustes mínimos que no requieran un grado de dificultad alta.
- **Analizar las tareas:** los manuales de procedimientos existentes, como el CO-AU-CM-3064-T-CR Rev C, CO-AU-WI-3041-T-CR Rev AB y el Manual del Operario elaborado en la propuesta 1, son parte de las tareas por realizar en la capacitación. Muchas veces los procedimientos quedan en el olvido, pero en una capacitación su utilidad puede aprovecharse.
- **Evaluar el nivel de los operarios:** es necesario hacer una evaluación previa del nivel de conocimiento de los operarios. Así, se evalúa en dos partes: quienes ya ejecutan algunas operaciones técnicas y quienes aún no lo hacen. De este modo, se pueden perfeccionar las habilidades técnicas de los más experimentados sin tener que empezar de cero.
- **Definir los objetivos de aprendizaje:** los objetivos son:
  - Realizar, por parte de los operarios, una preparación efectiva del proceso Fill, con el fin de evitar retrasos y distracciones, lo que posibilita un mejor flujo del producto terminado.
  - Reforzar las habilidades blandas para que puedan aplicarse al trabajo diario.
  - Realizar, por parte de los operarios, ajustes como: cambios de material, cambios de nido, ajuste del *pin feed* y monitoreo de la velocidad del *payoff*.
  - Crear confianza en el personal al entregarles herramientas que les permitan cumplir con sus tareas de una forma eficiente.

## 2. Fase de diseño

- **Seleccionar las tareas para el OJT:** las tareas por hacer son:
  - Interpretación de documentos.
  - Alistar materiales y herramientas.
  - Operar la máquina.
  - Resolución de problemas.
  - Ajustes de menor dificultad.
- **Desarrollar un plan de entrenamiento:**
  - Interpretación de la hoja de trabajo.
  - Realizar la preparación eficiente del proceso comprendiendo lo que solicita la hoja de trabajo.
  - Operación de la máquina.
  - Identificación de defectos.
  - Aplicación de las habilidades blandas mencionadas en el puesto de trabajo para aprovechar las situaciones que se presenten.
  - Efectuar ajustes de menor dificultad acompañados de un integrante formador seleccionado por el Departamento de Mantenimiento.
- **Crear materiales de apoyo:** se utilizan los manuales:
  - CO-AU-CM-3064-T-CR Rev C.
  - CO-AU-WI-3041-T-CR Rev AB.
  - Manual del Operario, elaborado en la propuesta 1.
- **Definir los criterios de evaluación:** los capacitados son evaluados por el formador a cargo, quien define si está adquiriendo los conocimientos impartidos durante la capacitación.

## 3. Fase de desarrollo

- **Capacitar a los formadores:** se debe asegurar que comprendan cómo impartir los conocimientos mediante su nivel de experiencia y una evaluación de habilidades previa por parte de los supervisores.
- **Realizar materiales de apoyo:** se crea el Manual del Operario que se revisa durante el proceso junto con los manuales mencionados.

- **Preparar el entorno de trabajo:** se debe asegurar que el entorno de trabajo sea seguro, organizado y propicio para el aprendizaje.

#### 4. Fase de implementación

- **Iniciar el OJT:** los operarios laboran en el puesto de trabajo bajo la guía de un formador.
- **Brindar realimentación:** los formadores observan el desempeño de los operarios y les brindan críticas constructivas.

#### 5. Fase de evaluación

- **Evaluar la efectividad del programa:** se debe reflejar la efectividad de la capacitación con indicadores.
- **Obtener realimentación:** recopilar opiniones de los participantes sobre la capacitación.
- **Realizar ajustes:** modificar el programa con base en los resultados de la evaluación.

Los responsables de la capacitación son:

- Departamento de Recursos Humanos: se encarga del análisis y selección de los formadores junto con la supervisión de cada área.
- Departamento de Training: es responsable de que los entrenamientos formen parte de los registros en el sistema y de la evaluación de cada participante.
- Ingeniería de Procesos: es el departamento encargado del diseño de los procedimientos y sus modificaciones, además de cuantificar los resultados.
- Producción: los operarios de producción deben llevar a cabo las tareas encomendadas recibiendo la realimentación correspondiente para obtener el conocimiento necesario durante la capacitación y adquirir las habilidades que se esperan. Asimismo, los supervisores del área colaboran en el desarrollo y control de la capacitación.
- Mantenimiento: provee un formador por turno para la capacitación, quien debe instruir y guiar a los aprendices.

- Salud ocupacional: debe velar porque el proceso sea seguro para los participantes.

A continuación, se expone el presupuesto de la capacitación:

Tabla 5.10: Presupuesto de la capacitación

<i>Etapas</i>	<i>Encargados</i>	<i>Tiempo invertido horas</i>	<i>Salario por hora</i>	<i>Total costo por horas de capacitación</i>
<i>Análisis</i>	<i>Supervisor talentos de Recursos Humanos</i>	5	₡7.211,54	₡36.057,69
	<i>Supervisor turno 1</i>	2	₡4.326,92	₡8.653,85
	<i>Supervisor turno 2</i>	2	₡4.975,96	₡9.951,92
	<i>Supervisor turno 3</i>	2	₡7.463,94	₡14.927,88
<i>Diseño</i>	<i>Operario formador T1</i>	2	₡1.998,46	₡3.996,92
	<i>Supervisor turno 1</i>	2	₡4.326,92	₡8.653,85
	<i>Formador de Mantenimiento T1</i>	2	₡3.297,46	₡6.594,92
	<i>Ingeniero de Procesos</i>	5	₡5.288,46	₡26.442,31
<i>Desarrollo</i>	<i>Persona de Training</i>	2	₡3.605,77	₡7.211,54
	<i>Ingeniero de Procesos</i>	10	₡5.288,46	₡52.884,62
	<i>Formador de Mantenimiento T1</i>	2	₡3.297,46	₡6.594,92
	<i>Colaborador Salud Ocupacional</i>	2	₡3.846,15	₡7.692,31
	<i>Operario formador T1</i>	2	₡1.998,46	₡3.996,92
<i>Implementación</i>	<i>2 Operarios formadores T1</i>	48	₡3.996,92	₡191.852,31
	<i>2 Operarios formadores T2</i>	48	₡4.596,46	₡220.630,15
	<i>2 Operarios formadores T3</i>	48	₡6.894,69	₡330.945,23
	<i>1 Formador de Mantenimiento T1</i>	24	₡3.297,46	₡79.139,08
	<i>1 Formador de Mantenimiento T2</i>	24	₡3.792,08	₡91.009,94
	<i>1 Formador de Mantenimiento T3</i>	24	₡5.688,12	₡136.514,91
<i>Evaluación</i>	<i>Ingeniero de Procesos</i>	10	₡5.288,46	₡52.884,62
	<i>Persona de Training</i>	5	₡3.605,77	₡18.028,85
	<i>Supervisor turno 1</i>	1	₡4.326,92	₡4.326,92
	<i>Supervisor turno 2</i>	1	₡4.975,96	₡4.975,96
	<i>Supervisor turno 3</i>	1	₡7.463,94	₡7.463,94
<b>Costo total capacitación</b>				<b>₡ 1.331.431,56</b>

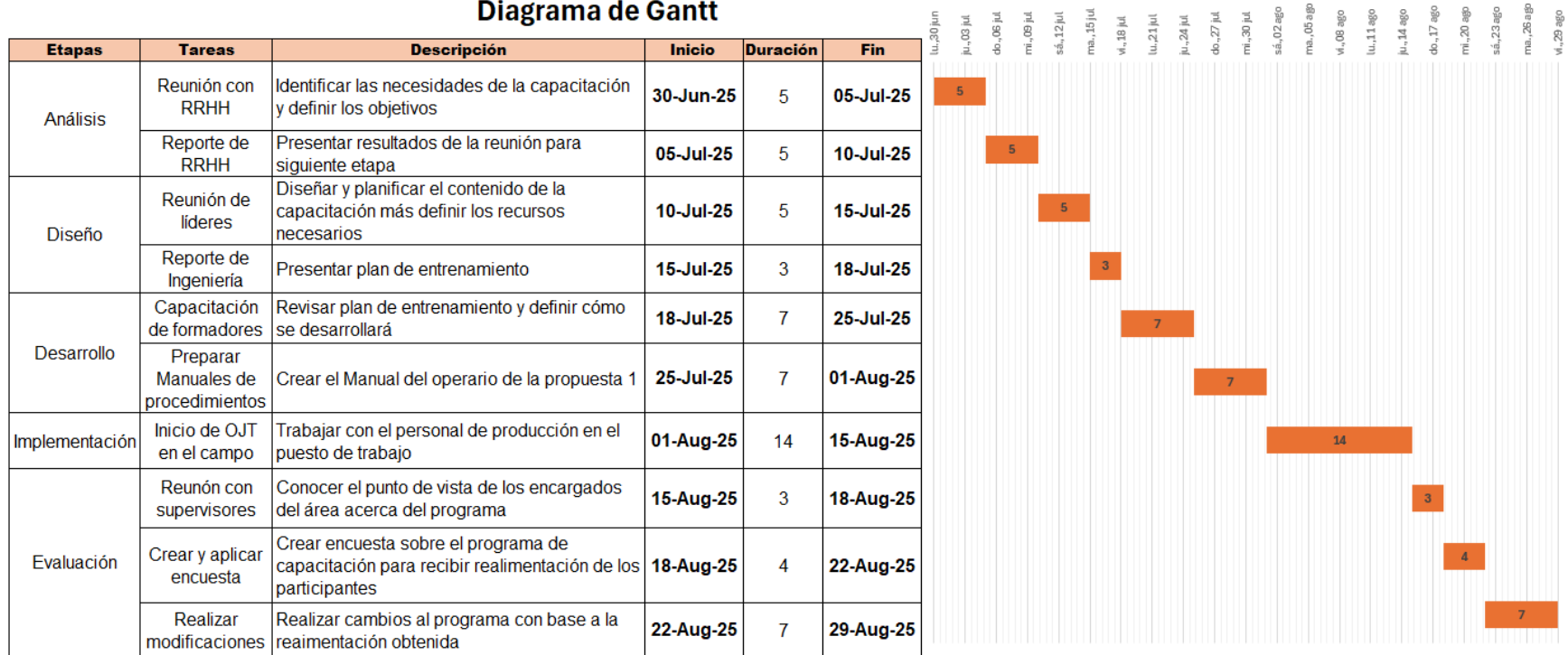
Fuente: Autor, 2025.

El costo total de la capacitación es un aproximado de ₡ 1 331 431.56 al completar las 5 etapas de la metodología ADDIE y OJT.

Seguidamente, se muestra el diagrama de Gantt del programa de capacitación propuesto:

Figura 5.6: Diagrama de Gantt de la capacitación OJT + ADDIE

**Diagrama de Gantt**



Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con el diagrama de Gantt, la capacitación tiene una duración aproximada de 2 meses desde su etapa de análisis hasta su etapa de evaluación, tiempo en el que se programan reuniones y se elaboran reportes para el análisis, diseño y desarrollo del programa con los participantes de las áreas de Recursos Humanos, Training, Ingeniería, Mantenimiento, Salud Ocupacional y Producción, que son las partes interesadas del programa de capacitación. Después se lleva a cabo la implementación con el inicio del método OJT, cuando los formadores instruyen y realimentan a los operadores en el puesto de trabajo para que finalmente Ingeniería, Training y Supervisión de la Producción evalúen los resultados obtenidos.

Con este programa de capacitación, la empresa logra los siguientes beneficios:

- Aumento de la eficiencia: los operarios obtienen una mayor habilidad para ejecutar sus tareas.
- Retención de empleados: las capacitaciones motivan al personal y les hace proponerse retos personales.
- Fomento de la mejora continua: el plan de capacitación está hecho para evaluar el proceso y mejorarlo.
- Aumento en la calidad: con colaboradores capacitados los defectos disminuyen.
- Fortalecimiento del trabajo en equipo: participan varios departamentos, lo que promueve el trabajo en equipo.
- Reducción en los costos de capacitación: el OJT es una de las estrategias de menor costo al realizarse con los mismos recursos de la empresa.

#### **5.1.4 Propuesta 4: Aplicación de la técnica ABC para planificar el mantenimiento preventivo de las máquinas en el Área Micro**

Esta propuesta se dispone a atacar el efecto de la causa “falta de planificación”, pues se identifica que una de las principales falencias es la falta de tiempo o espacio para dar un mantenimiento preventivo a las máquinas del Área Micro, esto provoca variabilidad en el funcionamiento y decisiones imprevistas como cambios de *set up*, improvisación, tiempos muertos, entre otros.

Debido a lo expuesto, el método ABC puede ayudar a planificar un mantenimiento preventivo que sea controlable y sostenible en el tiempo. Al respecto, Torres (2015) señala: “El desempeño de la organización resulta de la alineación de estos elementos interdependientes, de modo que individuos, máquinas y equipos, departamentos, etc., se armonicen para alcanzar resultados específicos que ayudan a la organización a cumplir con su misión” (p. 227). Así, esta propuesta pretende alinear las anteriores propuestas y complementarlas con un plan de mantenimiento preventivo que mantenga los equipos en óptimas condiciones para trabajar y cumplir con los objetivos de la empresa.

Además, EasyMaint (s.f.) indica que el método ABC es una estrategia que permite priorizar y asignar recursos de manera eficiente en función de la importancia de los activos para la empresa. En cuanto a lo dicho, este método es muy utilizado en la

planificación de los flujos de inventarios, lo que da como resultado una rotación óptima; sin embargo, tomando en cuenta la definición anterior, al reconocer que las máquinas son activos de la empresa, se justifica el uso de esta técnica para el mantenimiento de los equipos.

Para la propuesta, se debe seguir la siguiente estructura:

1. Identificar las máquinas que corresponden al Área Micro.
2. Filtrar en los reportes la cantidad de *run hours* u horas corriendo de cada máquina.
3. Con base en la cantidad de horas trabajadas, generar el ABC.
4. Presentar los resultados.
5. Planificar las acciones correspondientes dando la prioridad según el método ABC.

### 1. Identificar las máquinas que corresponden al Área Micro

Tabla 5.11: Máquinas del Área Micro


Máquinas
M-628
M-625
M-138
M-120
M-125
M-147
M-218
M-568
M-48
M-627
M-56
M-630
M-629
M-139
M-146
M-122
M-571
M-1993
M-54
M-166

Fuente: Autor, 2025.

En la figura 5.11 se aprecian 20 máquinas que pertenecen al Área Micro, las cuales son objeto de estudio.

## 2. Filtrar en los reportes la cantidad de run hours u horas corriendo de cada máquina durante el año en estudio

Tabla 5.12: Run hours por máquina

Etiquetas de fila 	Suma de Standard Hours
M-628	3247,09
M-625	3151,06
M-138	2908,49
M-120	2602,47
M-125	2297,02
M-147	2170,66
M-218	1960,30
M-568	1958,69
M-48	1941,76
M-627	1876,43
M-56	1832,54
M-630	1444,14
M-629	1287,65
M-139	1068,98
M-146	1057,66
M-122	1014,33
M-571	258,66
M-1993	225,13
M-54	81,20
M-166	2,19
<b>Total general</b>	<b>32386,46</b>

Fuente: Autor, 2025.

De acuerdo con la información filtrada, se colocan en orden descendente las máquinas del Área Micro con sus respectivos números de horas trabajadas, siendo M-628 la que ha trabajado más y M-166 la que menos horas ha trabajado.

### 3. Con base en la cantidad de horas trabajadas, generar el ABC

Tabla 5.13: Run hours por máquina

Máquinas	Run hours en año de estudio	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Clasificación
M-628	3247,09	10,03%	10,03%	A
M-625	3151,06	9,73%	19,76%	A
M-138	2908,49	8,98%	28,74%	A
M-120	2602,47	8,04%	36,77%	A
M-125	2297,02	7,09%	43,86%	A
M-147	2170,66	6,70%	50,57%	A
M-218	1960,30	6,05%	56,62%	A
M-568	1958,69	6,05%	62,67%	A
M-48	1941,76	6,00%	68,66%	A
M-627	1876,43	5,79%	74,46%	A
M-56	1832,54	5,66%	80,12%	A
M-630	1444,14	4,46%	84,57%	B
M-629	1287,65	3,98%	88,55%	B
M-139	1068,98	3,30%	91,85%	B
M-146	1057,66	3,27%	95,12%	B
M-122	1014,33	3,13%	98,25%	C
M-571	258,66	0,80%	99,05%	C
M-1993	225,13	0,70%	99,74%	C
M-54	81,20	0,25%	99,99%	C
M-166	2,19	0,01%	100,00%	C
<b>Total general</b>	<b>32386,46</b>			

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla anterior, se genera el ABC según las *run hours* para cada máquina. También, se distinguen como clasificación A las casillas de un color gris oscuro, seguidas de las clasificaciones B y C en tonos grises más claros.

Tabla 5.14: Resumen ABC

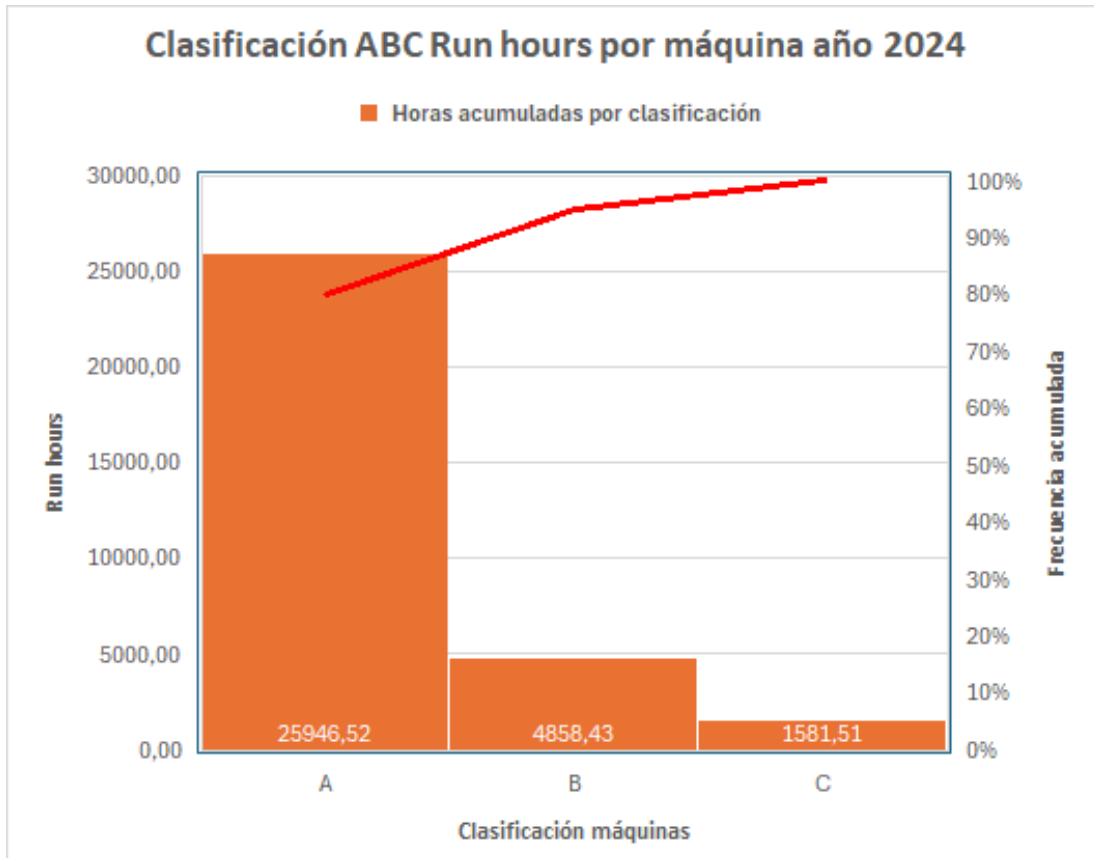
<b>Clasificación</b>	<b>Cantidad de máquinas</b>	<b>% de máquinas por categoría</b>	<b>Horas acumuladas por clasificación</b>	<b>% acumulado por clasificación</b>
A	11,00	55%	25946,52	80%
B	4,00	20%	4858,43	15%
C	5,00	25%	1581,51	5%

Fuente: Autor, 2025.

En la tabla resumen se observa que 11 máquinas se encuentran en la clasificación A, para un 55 % y un total de horas acumuladas de trabajo de 25 946.52. Por su parte, 4 máquinas son clasificación B, para un 20 % y un total de horas trabajadas de 4858.43. Por último, la clasificación C está compuesta por 5 máquinas, para un 25 % y un total de horas de 1581.51.

#### 4. Presentar los resultados

Figura 5.7: Diagrama de Gantt de la capacitación OJT + ADDIE



Fuente: Autor, 2025.

Al emplear la regla del 80/20, la cual indica que el 80 % del problema proviene del 20 % de las causas, se identifica que un 80 % del problema, es decir, la “falta de planificación del mantenimiento preventivo”, proviene principalmente de las máquinas M-628, M-625, M-138, M-120, M-125, M-147, M-218, M-568, M-48, M-627 y M-56, debido a que son las máquinas con mayor trabajo durante el año y se les debe dar prioridad para aplicar el plan de mantenimiento preventivo.

#### 5. Planificar las acciones correspondientes dando la prioridad según el método ABC

El método ABC señala que se deben tomar las siguientes acciones de acuerdo con la clasificación de las máquinas:

- Categoría A: son las máquinas con la necesidad más crítica. Estas representan el 20 % que genera el 80 % de los productos, requieren mayor inversión en recursos y mantenimiento para garantizar su óptimo funcionamiento, y se les debe dar prioridad en el plan de mantenimiento preventivo y hacerlo con una mayor frecuencia.
- Categoría B: máquinas con importancia media que ejecutan aproximadamente el 30 % del trabajo o generan el 30 % de los productos. Su mantenimiento debe realizarse con regularidad, pero no con la misma frecuencia que la categoría A.
- Categoría C: su contribución a la producción es limitada (menos del 5 %). Por ende, su mantenimiento es esporádico y de baja complejidad. La inversión en estas máquinas debe ser mínima.

El plan de mantenimiento preventivo por aplicar se ubica en el **anexo 2**.

Ahora bien, el plan de mantenimiento preventivo indica que el tiempo dedicado cada 6 meses es de 6 horas por máquina, por lo que se origina la siguiente inversión:

Figura 5.8: Cálculo de la inversión en mantenimiento preventivo por cada 6 meses

$$\mathbf{Inversión = 6 \text{ horas} \times 11 \text{ máquinas} \times \text{₡}3300,00 \text{ salario por hora técnico}}$$

$$\mathbf{Inversión = \text{₡}217800,00}$$

Fuente: Autor, 2025.

La inversión total en mantenimiento preventivo de las máquinas A es de ₡ 217 800,00 cada 6 meses; en cuanto a B, es la mitad de ese monto, o sea, ₡ 108 900,00, y es menos riguroso para C. Adicional, aún no se invierte en repuestos.

Por lo tanto, el costo total del mantenimiento preventivo para todas las máquinas es de **₡ 435 600,00** cada 6 meses con 132 horas invertidas.

A consecuencia de la falta de mantenimiento preventivo, es posible que haga falta revisar si algunas piezas de las máquinas necesitan ser reemplazadas o reparadas, por esto se efectúa una estimación de su costo.

Tabla 5.15: Inversión inicial para la reparación de máquinas

Repuestos	Cantidad	Precio por unidad	Costo total repuestos	Tiempo de reemplazo y ajuste min	Salario medio x minuto	Costo total
<i>Casquillos del Jaw</i>	9	€15.000,00	€135.000,00	30	€55,00	€136.650,00
<i>Pilots pins</i>	15	€3.500,00	€52.500,00	15	€55,00	€53.325,00
<i>Die insert</i>	8	€25.000,00	€200.000,00	20	€55,00	€201.100,00
<i>Bushing del Jaw</i>	5	€8.000,00	€40.000,00	20	€55,00	€41.100,00
<i>Reparación Bushing de brida</i>	6	30 min, lo repara mantenimiento	€9.900,00	25	€55,00	€11.275,00
<i>Dowell pins</i>	20	€2.500,00	€50.000,00	10	€55,00	€50.550,00
<i>Roles</i>	11	€30.000,00	€330.000,00	35	€55,00	€331.925,00
<b>Total</b>			<b>€817.400,00</b>	<b>155</b>		<b>€825.925,00</b>

Fuente: Autor, 2025.

La inversión inicial antes del primer mantenimiento preventivo es de aproximadamente € 825 925,00, tomando en cuenta el tiempo invertido en el cambio de las piezas. Además, el departamento responsable de cumplir con esta propuesta es Mantenimiento y los beneficios para la empresa son:

- Priorización de activos: las máquinas de mayor uso se mantienen en óptimas condiciones.
- Reducción de costos: al enfocar el mantenimiento en los activos críticos, se minimizan los costos asociados a fallas inesperadas y tiempos *down*. También se evita el mantenimiento excesivo en activos menos críticos.
- Mejora la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas.
- Mejora la calidad de la producción.
- Mejora la planificación y control: permite administrar mejor el tiempo y mantener un control sobre el inventario de repuestos.

## 5.2 CONTROLAR

A continuación, se detallan las herramientas aplicadas para lograr y mantener en el tiempo la eficacia de las propuestas.

### 5.2.1 Diagrama de Gantt de toda la propuesta

El diagrama de Gantt permite visualizar las tareas específicas de un proyecto, quién es el responsable y su tiempo para cumplir con lo establecido.

Previo a la implementación de las 4 propuestas, se debe presentar el proyecto a la Gerencia de la empresa Samtec, la cual es la encargada de revisar y aprobar el proyecto. La presentación se lleva a cabo el entre las fechas del 30 de mayo de 2025 al 2 de junio de 2025.

### **Tareas de la propuesta 1**

- Visita al puesto de trabajo: debe recolectarse la información necesaria para la creación del manual, esto se realiza entre las fechas del 3 al 5 de junio de 2025.
- Elaboración del manual: el ingeniero de procesos a cargo confecciona el manual y lo hace un documento oficial de la empresa entre las fechas del 5 al 8 de junio del 2025.

### **Tareas de la propuesta 2**

- Se desarrollan 3 tareas relacionadas a la estandarización de la metodología actual existente. Primero, verificar con Producción los tiempos estándar y métodos de la propuesta para que sean aceptados y comunicados, concluyendo con el período de modificación de los parámetros, tiempos y métodos, para finalmente consolidarse. Esto se implementa entre las fechas del 8 de junio de 2025 al 28 de junio de 2025.

### **Tareas de la propuesta 3**

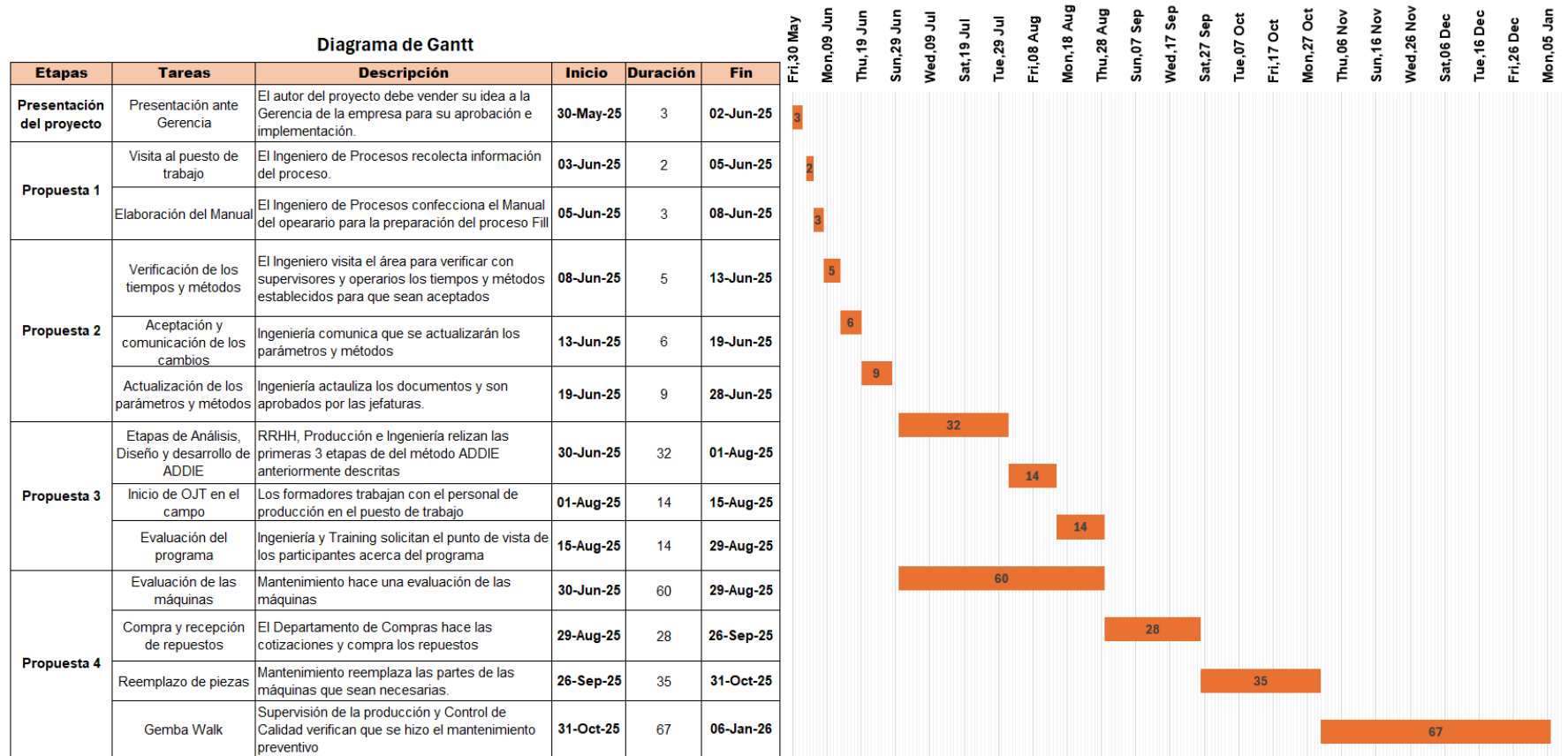
- Este es el proceso de capacitación OJT + modelo ADDIE que consta de 5 etapas efectuadas desde el 30 de junio de 2025 al 29 de agosto de 2025.

### **Tareas de la propuesta 4**

- La última propuesta se realiza en simultáneo con el período de capacitación. Aquí, los técnicos revisan las máquinas para buscar repuestos que deben reemplazarse. Esto lo hacen en las mismas tareas cotidianas desde el 30 de junio de 2025 al 29 de agosto de 2025.

- Las siguientes tareas consisten en la compra, recepción y reemplazo de los repuestos, por lo que el Departamento de Compras colabora con Mantenimiento entre el 29 de agosto de 2025 al 31 de octubre de 2025.
- Como última tarea, se llevan a cabo *gemba walks* para controlar el mantenimiento preventivo que debe seguirse ejecutando. Esto se hace entre el 31 de octubre de 2025 al 6 de enero de 2026.

Figura 5.9: Diagrama de Gantt de la propuesta



Fuente: Autor, 2025.

### **5.2.2 Diagrama de flujo del manual de preparación para controlar la propuesta 1**

Considerando que un manual de procedimientos debe ser claro para ayudar a su fácil interpretación y ejecución, se procede a elaborar un diagrama de flujo de las actividades descritas para el proceso de preparación del proceso Fill.

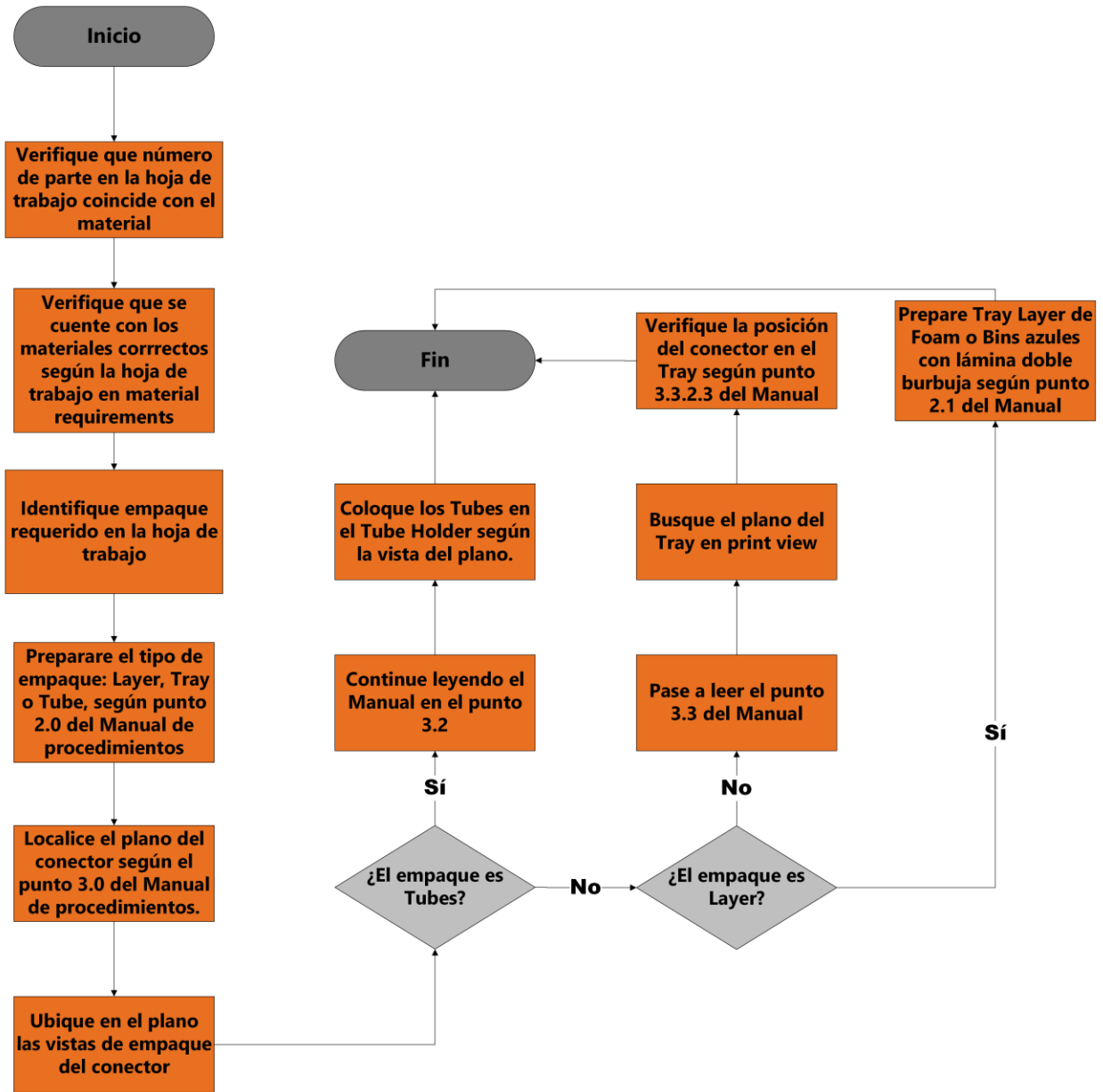
Este diagrama se realiza con el fin de no dejar dudas sobre la propuesta y puede agregarse al manual, o bien, colocarlo como un vínculo para consultarse en caso de duda. De esta manera, se puede controlar que la interpretación sea la correcta.

Para crear el diagrama, se siguen los siguientes pasos:

1. Se define el proceso por representar, el cual es la preparación para el proceso Fill.
2. Identificar las tareas: esto se desarrolla en el Manual del Operario.
3. Clasificar las tareas: se debe interpretar y definir qué pasos son importantes de incluir en el diagrama de flujo para que sea una guía al leer el manual.
4. Dibujar el diagrama colocando los símbolos correspondientes y uniéndolos con flechas.
5. Verificar que el diagrama funciona como guía para comprender mejor el manual.

A continuación, se expone el diagrama de flujo para el control del manual de procedimientos por utilizarse para la preparación eficiente del proceso Fill.

Figura 5.10: Diagrama de flujo para el Manual del Operario



Fuente: Autor, 2025.

Al leer el manual de procedimientos para la preparación del proceso Fill, se comprueba que este diagrama es una herramienta que dirige y agiliza su interpretación.

### 5.2.3 OEE para controlar las propuestas 2 y 3

La implementación de las propuestas 2 y 3 solo puede controlarse con una evidencia contundente como un indicador. Por consiguiente, se desarrolla un libro de Excel en el que se pueden ingresar los datos de la producción.

La elaboración del libro de Excel se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Identificación de la fórmula para el cálculo de OEE (*overall equipment effectiveness* o eficiencia de los equipos).

Figura 5.11: Fórmula para el cálculo de OEE

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Fuente: Autor, 2025.

2. Identificación de los factores que con relación a la naturaleza del proceso pueden ayudar a representar cuantitativamente los componentes de la fórmula.

Figura 5.12: ¿Cómo obtener disponibilidad, eficiencia y calidad?

$$Disponibilidad = Tiempo disponible \div Tiempo operativo$$

$$Rendimiento = Capacidad productiva \div Producción real$$

$$Calidad = Unidades buenas \div defectos$$

Fuente: Autor, 2025.

3. Se define la forma de obtener los datos:

- **Tiempo disponible:** Es el tiempo de la jornada laboral menos los tiempos planeados. En este caso son 45 minutos de descanso por una jornada de 8 horas.
- **Tiempo operativo:** Es el tiempo de la jornada menos los tiempos planeados, menos el total de tiempos muertos (otros paros de la máquina además de los planeados).
- **Capacidad productiva:** Es la cantidad de producción que se establece según el estándar de tiempos. En este caso se usan los calculados en el estudio.

- **Producción real:** La producción que los operarios alcancen a hacer incluyendo el *scrap*.
  - **Unidades buenas:** Producto sin defectos.
  - **Defectos:** Este es el *scrap* o productos defectuosos.
4. El siguiente paso es elaborar el libro de Excel con las fórmulas definidas anteriormente y rellenar la información solicitada.
  5. Por último, se pueden realizar gráficas de barras para representar los números y llevar el control de una manera más gráfica.

Una consideración importante es que, durante el llenado del libro de Excel, para el cálculo del OEE de las máquinas M-629, M-139, M-125 y M-146, debido a que el proceso Fill se divide en 2 procesos diferentes, Fill 1 y Fill 2, se deben sumar sus tiempos estándar para obtener un total de tiempo por pieza con los dos procesos completos.

Seguidamente, se presenta el libro de Excel para el cálculo del OEE:

Tabla 5.16: Tabla para el cálculo del OEE

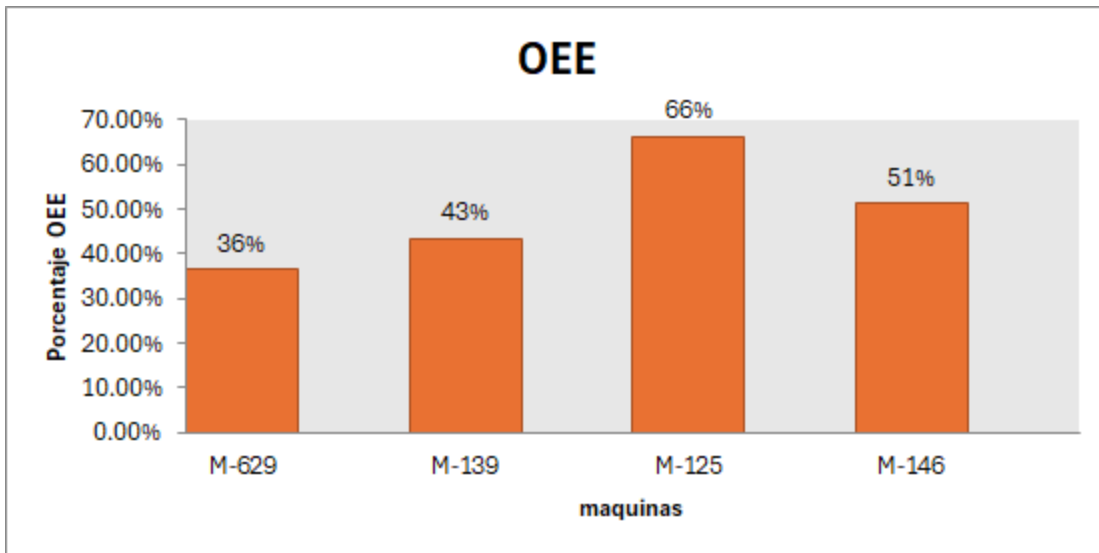
EFECTIVIDAD TOTAL DE LOS EQUIPOS																
MÁQUINA	TIEMPO PLANEADO (COMIDA, REUNIONES, ETC.)	TIEMPO DE AJUSTES	TIEMPO DE CAMBIO DE PRODUCTO	TIEMPO TOTAL	TIEMPO MUERTO	TIEMPO DISPONIBLE	TIEMPO OPERATIVO	PRODUCCIÓN REAL	CAPACIDAD PRODUCTIVA	PRODUCCIÓN REAL	UNIDADES BUENAS	DEFECTOS	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
M-629	56,25	95	5,28	425	100,3	368,75	268,47	28149	29500	28149	14730	13419	73%	95%	52%	36%
M-139	56,25	78,42	8,046	325	86,47	268,75	182,28	43879	56436	43879	36034	7845	68%	78%	82%	43%
M-125	56,25	47,58	20,01	325	67,59	268,75	201,16	43879	44792	43879	39679	4200	75%	98%	90%	66%
M-146	56,25	71	30,25	425	101,3	368,75	267,5	60452	71923	60452	50754	9698	73%	84%	84%	51%

Fuente: Autor, 2025.

La tabla anterior muestra datos extraídos del sistema SGN de Samtec, como ejemplo del cálculo, donde se pueden apreciar los valores del OEE. Con las mejoras se espera subir este valor de OEE a un porcentaje de entre 65 % a 75 % al equilibrar los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad.

A continuación, se adjuntan las gráficas de los resultados que ayudan a su interpretación y presentación:

Figura 5.13: Gráfico del porcentaje OEE

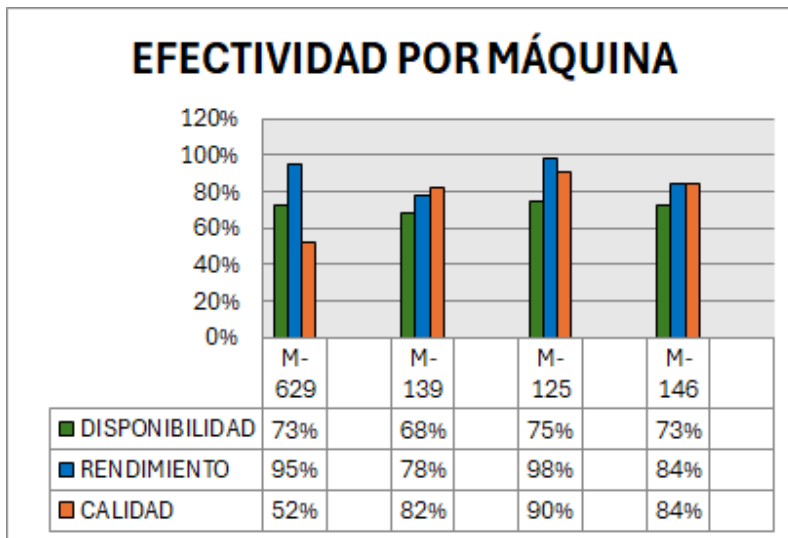


Fuente: Autor, 2025.

En el gráfico se aprecian los porcentajes del OEE por máquina, correspondientes al año de estudio. El objetivo de este control es monitorear su incremento ya que para las máquinas M-629, M-139 y M-146 los números son muy bajos, razón por la cual a la Gerencia le urge mejorar la situación para aprovechar mejor los recursos.

Seguidamente, se muestra un gráfico que permite analizar los tres componentes de este indicador por separado:

Figura 5.14: Gráfico del porcentaje de disponibilidad, rendimiento y calidad



Fuente: Autor, 2025.

El anterior gráfico posibilita analizar tres factores por separado; de esa manera, al hacer el control, se puede interpretar en cuál de los tres (disponibilidad, rendimiento o calidad) se necesita mejorar para subir el porcentaje de eficiencia. Entre las particularidades que destacan, se encuentran:

- M-629: corresponde al producto BTH. Su calidad es la más baja y su rendimiento es el valor más alto, pero esto puede ser engañoso debido a que una operación concurrente suma al tiempo para fabricar el conector. Su disponibilidad está por debajo del 80 %.
- M-139: se procesa Fill 2 de MEC8. La disponibilidad y el rendimiento están por debajo del 80 %. La calidad es el valor más alto, pero apenas sobrepasa el 80 %.
- M-125: se procesa Fill 1 de MEC8. Su OEE es el más alto de las 4 máquinas, destaca un alto rendimiento que coincide con que su tiempo estándar es más alto que la medición hecha en este estudio.
- M-146: se procesa SFMH. Su valor de rendimiento y calidad son equilibrados, sobrepasando el 80 %. Su disponibilidad es una de las más bajas, se considera una de las piezas que da más problemas.

Por último, se realiza la ficha técnica de este indicador para su mejor control:

Figura 5.15: Ficha técnica del OEE

Rubro	Descripción
Nombre del Indicador	<b>Eficiencia en los equipos</b>
Descripción	Mide la eficiencia de los equipos a través de tres factores: disponibilidad, rendimiento y calidad.
Objetivo	Controlar las mejoras obtenidas del proyecto para el calculo de la eficiencia del proceso Fill
Fórmula	$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$ (utilizar libro de Excel)
Tipo de Indicador	Eficiencia
Unidad de Medida	Porcentaje
Frecuencia de Medición	Semanal
Fuente de Datos	Reportes del sistema SGN que son ingresados por los operarios y el reporte de mantenimiento.
Responsable de Medición	Supervisión de la Producción
Valor de Referencia	$\geq 75\%$ se considera eficiente
Rango Aceptable	65% - 100%
Acciones Correctivas	Verificar el cumplimiento de los estándares del proyecto para el cálculo de la eficiencia del proceso Fill

Fuente: Autor, 2025.

Una ficha técnica contiene la información necesaria para que los responsables puedan consultarla y saber qué acciones deben tomar ante la situación de que no se cumpla con lo esperado. Es una herramienta de control que complementa al indicador.

#### 5.2.4 Gemba walks periódicas para control de la propuesta 4

Un *gemba walk* es una herramienta que se centra en la observación. En este caso, se implementa esta herramienta como control y verificación de que el mantenimiento preventivo se lleva a cabo correctamente y se cumple con la frecuencia establecida.

La forma de aplicarlo para el control de esta propuesta es la siguiente:

1. El supervisor del Área de Micro es el responsable de estar pendiente de las fechas en que corresponde efectuar el mantenimiento.
2. Ir al campo en que se está realizando el trabajo y verificar el cumplimiento de los procedimientos.
3. Hacer preguntas a los técnicos y estar pendiente por si necesitan colaboración.
4. Revisar la ficha de control del mantenimiento elaborada para cada máquina y determinar que cumpla con su clasificación ABC establecida.

5. Actualizar la clasificación ABC de acuerdo con lo observado y los datos del SGN, donde se consulta la cantidad de *run hours* de cada máquina. Esto se puede realizar cada año.

A continuación, se muestra la ficha de mantenimiento que se coloca en cada máquina para revisar el cumplimiento del mantenimiento preventivo (consultar la frecuencia en el **anexo 2**):

Figura 5.16: Ficha para el control del mantenimiento preventivo

MANTENIMIENTO PREVENTIVO													
Maquina													
											AÑO		
ACTIVIDADES		meses											
Cada 2 meses		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Revisar temperatura del Pin feed servo												
2	Verificar que la direccion del reostato												
3	Revisar sujeción de cobertores												
4	Revisar líneas de aire												
5	Revisar presión de aire												
6	Revisar que no existan fugas de aire												
7	Verificar condición de los bushing del jaw												
8	Lubricación de la máquina												
9	Limpiar gabinete eléctrico con aire												
10	Limpieza de Touch Plates												
Cada 6 meses													
1	Revisión sistema de Pin feed												
2	Comprobar ajuste del nido												
3	Comprobar sistema de transmisión												
4	Mantenimiento Clam Jaw Actuator												
5	Atiempado de la máquina												
Supervisión													
Comentarios:													

Fuente: Autor, 2025.

Se debe rellenar cada espacio, donde corresponda, con la firma del técnico que efectúa el mantenimiento y la fecha.

### 5.2.5 FMEA luego de las propuestas

En una sección anterior se emplea un FMEA (análisis de modos de fallas y efectos) para conocer las condiciones del proceso antes de las propuestas, ahora se utiliza esta herramienta para evidenciar el cambio que se puede adquirir al implementar estas propuestas.

El análisis se ejecuta de acuerdo con los resultados esperados al implementar las mejoras. La estimación se hace de la siguiente manera:

1. Se analiza cuál es la función y el modo de falla.
2. La severidad se mantiene.
3. Se verifica si surge una mejora que ayude a eliminar causas potenciales. De ser así, se baja de uno a dos puntos la ocurrencia dependiendo de lo que se considere, debido a la dificultad del proceso.
4. Se verifica si se implementa un control para detectar las posibles fallas. De ser así, se mejora la detectabilidad, por lo que se baja el nivel.
5. Se obtiene el nuevo RPN, el cual se analiza.

Seguidamente, se presenta el FMEA actualizado con las propuestas:

Tabla 5.17: Escala de evaluación del FMEA

	Severidad	FMEA	Frecuencia	FMEA	Detectabilidad	FMEA
<b>Baja</b>	El cliente no nota el problema o no se molesta por ello	1 - 2	Ocurrencia mensual (Ocurrencia 0% - 45% del tiempo)	1 - 2	Los controles tienen una buena posibilidad de detectar (Sin detección 0% a 45% del tiempo)	1 - 2
<b>Media</b>	El cliente nota el problema y está molesto	3	Ocurrencia Semanal (Ocurrencia 45% - 75% del tiempo)	3	Los controles pueden detectar la existencia de un fallo. (Sin detección del 45% al 75% del tiempo)	3 - 4
<b>Alta</b>	La empresa pierde el negocio con el cliente; satisfacción del cliente	4	Ocurrencia Diaria (Ocurrencia 75% - 100% del tiempo)	4 - 5	Sin controles conocidos o posibilidad de detección muy remota (sin detección)	5
<b>Critica</b>	El cliente emprende acciones legales contra la empresa	5	n/a		n/a	

Fuente: Autor, 2025.

Los aspectos por calificar son los mismos que en el FMEA anterior y se analiza, según la tabla anterior, si la severidad, frecuencia y detectabilidad han mejorado su condición luego de las propuestas.

Tabla 5.18: FMEA después de las propuestas

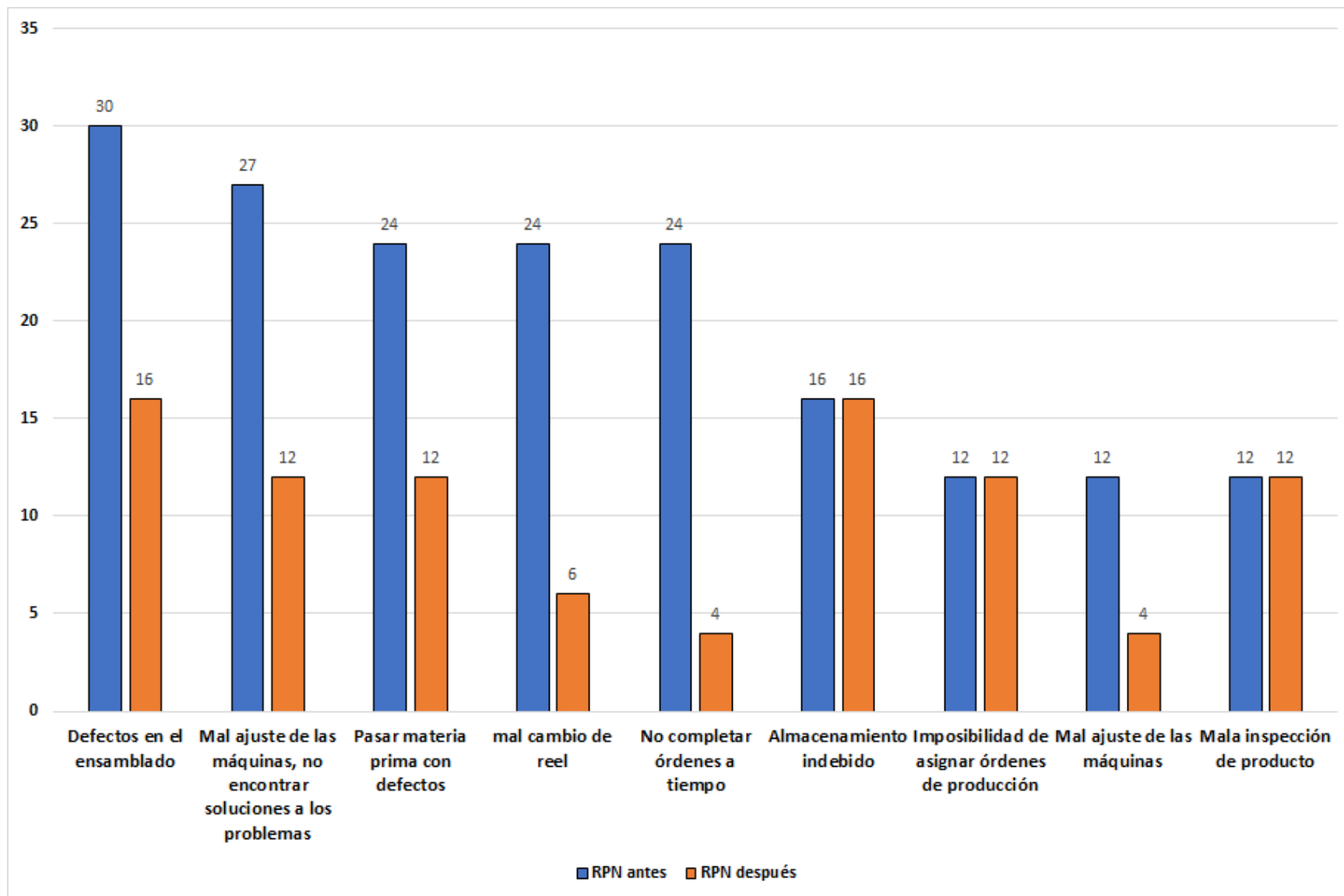
Modo de falla potencial y análisis de efectos								
Función	Modo de Falla Potencial	Efectos potenciales o fallas	Sever	Causa potencial	Ocurre	Controles actuales	Detec	RPN
Recepción de materia prima	Pasar materia prima con defectos	Trabajar con materia prima que no cumple con la calidad	2	No inspección de los materiales o mala inspección	2	Inspección de materia prima por parte de control de calidad	3	12
Almacenamiento de la materia prima	Almacenamiento indebido	Daños a la materia prima	2	Falta de espacio o mal manejo de los materiales	2	Almacenamiento adecuado y rotación de inventario	4	16
Asignar órdenes de producción	Imposibilidad de asignar órdenes de producción	Reprogramación de órdenes de producción, asignación de órdenes a otros sites	3	Escasez de materia prima	2	Monitoreo por parte del materialista en Sistema de visualización Shoop Floor Control,	2	12
Set up de las máquinas XOLC y CSD	Mal ajuste de las máquinas	Producción de scrap y daños a la máquina	2	Desinterés o falta de capacitación de los técnicos	2	Seguir el procedimiento para el set up y verificación por parte del operario	1	4
Ensamblado de pines	Defectos en el ensamblado	Producción de scrap, ineficiencia del proceso.	2	Mal ajuste de la máquina, defectos de materia prima, mal uso de la máquina por parte del operario, mal estado de las máquinas	4	Tickets a mantenimiento para realizar ajustes, mantenimiento preventivo, operarios capacitados	2	16
Cambios de reels en las máquinas	mal cambio de reel	Desajuste de la máquina y producción de scrap	2	Falta de capacitación de los operarios	3	Tickets a mantenimiento para realizar ajustes, seguimiento de procedimientos y capacitación de los operarios	1	6
Atención de tickets de mantenimiento	Mal ajuste de las máquinas, no encontrar soluciones a los problemas	Tiempos muertos prolongados, reprogramación de órdenes	3	Problemas con materiales, no se siguen los procedimientos.	2	Seguir troubleshooting, mantenimiento preventivo	2	12

Inspección de producto	Mala inspección de producto	Pasar producto con defectos	3	Proceso inestable, falta de conocimiento sobre el proceso de medición	2	Inspecciones específicas según producto(MLV), máquinas de vision	2	12
Completar órdenes a tiempo	No completar órdenes a tiempo	Reprogramación de las órdenes de producción	4	Scrap elevado, escasez de materiales y tiempos muertos elevados	1	Control de indicador OEE y ficha de indicador, mantenimiento preventivo, patrametros estándar	1	4
								94

Fuente: Autor, 2025.

Como resultado, se obtiene que el RPN o riesgo de falla disminuye significativamente, antes era de 181 y ahora es un 94. Esto se logra debido a las mejoras y controles implementados para reducir la ocurrencia y la detectabilidad de las fallas.

Figura 5.17: Gráfico comparativo del número de prioridad de riesgo antes vs. después



Fuente: Autor, 2025.

Las columnas de color azul representan el RPN antes de las propuestas y las columnas naranjas son el RPN después, cuando se reduce:

- **Defectos en el ensamblado:** su número de prioridad de riesgo es 30, pero con la propuesta de la capacitación de los operarios más la estandarización de parámetros se prevé que los procesos sean más estables y con los controles más robustos para detectar los defectos.
- **No encontrar soluciones a los problemas:** su nivel de prioridad baja de un 27 a un 12, gracias a que los operarios ahora cuentan con procedimientos y parámetros estándar, por lo cual los problemas deben ser menores.
- **Pasar materia prima con defectos:** baja de un 24 a un 12, debido a que el proceso de preparación ayuda a darse cuenta de los fallos antes de comenzar el llenado de pines y la capacitación refuerza la interpretación de los procedimientos, por lo tanto, se solicita ayuda ante un problema con materiales defectuosos.
- **Mal cambio del reel:** baja considerablemente de un 24 a un 6. Acá es evidente que la capacitación ayuda a detectar un problema y a disminuir su ocurrencia en este aspecto.
- **No completar órdenes a tiempo:** la mejora en los tiempos y el método hacen bajar este riesgo, aunque también la reducción de tiempos muertos proyectada con la capacitación y el mantenimiento preventivo bajan el RPN de un 24 a un 4.
- **Mal ajuste de las máquinas:** baja de un 12 a un 4 porque los operarios son capaces de detectar problemas con el *set up* y, además, los técnicos están más alertas ante un error, lo que disminuye su ocurrencia.
- Hay números que permanecen igual debido a la complejidad del proceso, pero son fallos con un valor de detectabilidad aceptable.

### 5.2.6 Modelo de ADKAR para el control y gestión del cambio organizacional

Esta es una metodología que se compone de 5 fases en las cuales el objetivo principal es guiar a los individuos para adaptarse y recibir de buena manera el proceso de transición hacia el cambio.

En cuanto a este proyecto, se realizan mejoras que incluyen cambios drásticos para los involucrados, a saber: técnicos de mantenimiento, operarios de producción, supervisores

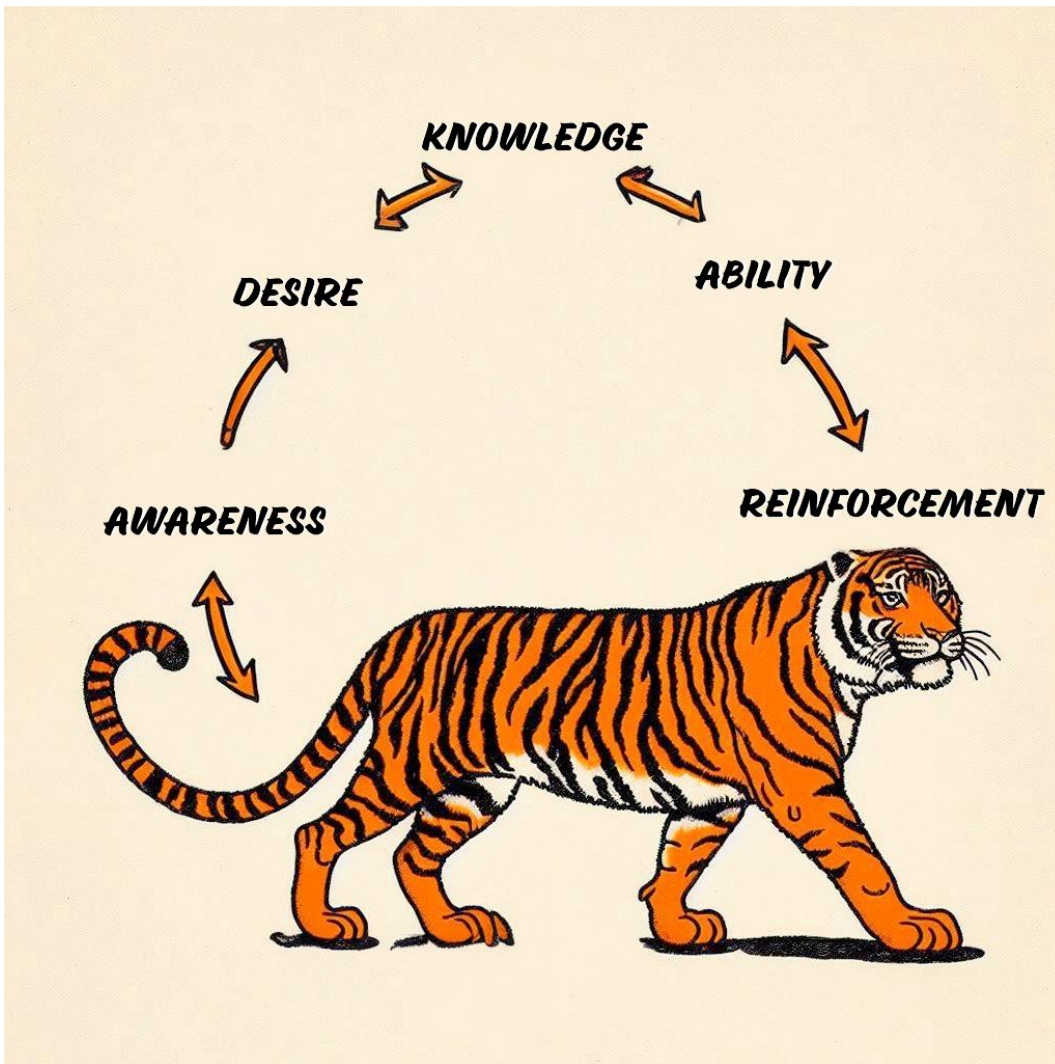
del Área Micro, Gerencia, Recursos Humanos y Salud Ocupacional. Todos ellos están expuestos ante un proceso de cambio que se debe controlar con la ayuda de una estructura como esta.

Ahora bien, la forma de implementar esta estrategia se detalla seguidamente:

1. **Crear conciencia:** el equipo de ingeniería junto con el Departamento de Recursos Humanos debe tener una comunicación asertiva con el equipo de producción para hacerles conciencia de que el cambio con las propuestas del proyecto es necesario y debe implementarse desde la colaboración de cada uno.
2. **Crear el deseo de participar:** el Departamento de Training debe crear actividades para que el equipo y cada uno esté motivado y empiece a querer el cambio por el bien de sí mismos y la empresa. Esto se puede conseguir al reforzar las habilidades blandas y al hacerlos sentir parte del proceso.
3. **Crear conocimiento:** el equipo debe valorar que la empresa se esfuerza para darles el conocimiento necesario con el fin de obtener el éxito en el cambio. En esta etapa se trabaja por medio de la técnica OJT.
4. **Seguir los procedimientos y tener paciencia para lograr la habilidad:** esto requiere tiempo, pero se puede mejorar con el trabajo en equipo y empatía por parte de los más experimentados.
5. **Reforzar el método:** la metodología ADDIE se sincroniza con este modelo para recibir realimentación constante y una crítica constructiva.

A continuación, se muestra un arte que representa el compromiso de la empresa para lograr el cambio con éxito:

Figura 5.18: Arte de las fases de la gestión y control del cambio según el método ADKAR



Fuente: Autor, 2025.

Se debe tener en cuenta que este modelo se adapta a la metodología de entrenamiento creada en la propuesta 3 del estudio. Así, se ahorran recursos al utilizar las mismas técnicas, pues la guía para gestionar el cambio es el modelo ADKAR.

La única inversión adicional es un taller de habilidades blandas a cargo del Departamento de Training, que se refleja en el siguiente análisis de costos.

### 5.2.7 Análisis del retorno de inversión ROI

El análisis del retorno de la inversión calculado para las propuestas de este proyecto tiene la particularidad de que se basa en supuestos, si se contempla cuánto va a ser el

beneficio de una capacitación que no se ha implementado aún, y en los números de horas en las que el Departamento de Mantenimiento mantiene a sus recursos trabajando en ajustes de la máquina. Si bien es cierto los *tickets* de mantenimiento no se pueden eliminar al 100 %, sí es posible predecir una mejora mínima para proyectar cuánto sería el beneficio.

Para las demás propuestas, sí se poseen números mayormente sólidos, solo es necesario estimar cuánto trabajo del total que lleva un conector acapara los procesos Fill 1 y Fill 2.

Los costos del plan de mantenimiento preventivo se toman en cuenta a partir de los repuestos que se deben cambiar antes para que el mantenimiento preventivo tenga sentido, además de las horas invertidas de mano de obra.

En los siguientes puntos se detallan los pasos específicos de cómo se calcula el costo de toda la propuesta:

1. La relación entre las propuestas 1 y 3 posibilita incluir un solo costo para las 2.
2. Se definen los participantes de la propuesta de capacitación y su salario por hora.
3. Se establecen las horas que debe invertir cada uno.
4. Se incluye aquí el costo de la confección del Manual del Operario de la propuesta 1.
5. Se multiplican las horas invertidas por el salario por hora de cada participante.
6. Se estima un porcentaje de disminución de la producción por el periodo de entrenamiento en el puesto de trabajo.
7. Se suman todos los totales y se obtiene un total del costo de las propuestas 1 y 3.
8. Para la propuesta 2, se incluyen los participantes más sus salarios por hora y el tiempo que se debe invertir para la actualización de los parámetros y métodos.
9. Se considera el precio de la confección de los 5 *tube holder*.
10. Se obtiene un total del costo por las horas invertidas de cada responsable y se suma el costo de la adquisición de los *tube holder*.
11. Se obtiene el total de la propuesta 2 al sumar esos montos.
12. En cuanto a la propuesta 4, se suma el costo total de todos los repuestos por comprar más la mano de obra, lo que implica la misma operación de las propuestas

anteriores, es decir, se definen las horas que se deben invertir y se multiplican por el salario por hora de los técnicos.

13. Se incluye el costo del mantenimiento preventivo, calculado por un periodo de 6 meses. Este toma en cuenta el tiempo invertido por el técnico responsable en las 11 máquinas con clasificación A y también en las de categoría B y C, aunque es menor.

14. Se suman los montos y se obtiene el total de la propuesta 4.

15. Se considera el costo del taller de habilidades blandas impartido por el Departamento de Training; al respecto, se determina a partir del salario por hora multiplicado por las horas invertidas.

16. A ese monto se le suma un estimado del costo de los materiales para el taller, como pueden ser afiches o premios para actividades.

17. Se suman esos montos y se obtiene el total del taller.

18. Por último, se suman todos los totales.

En la siguiente tabla, se presentan los cálculos descritos:

Tabla 5.19: Análisis de los costos de las propuestas

<b>Propuesta 1 y 3</b>				
<b>Responsables</b>	<b>Salario por hora</b>	<b>Horas invertidas</b>	<b>Costo Herramientas</b>	<b>Total de la inversión</b>
<b>Supervisor talentos de Recursos Humanos</b>	₪7.211,54	5		₪36.057,69
<b>Supervisor turno 1</b>	₪4.326,92	5		₪21.634,62
<b>Supervisor turno 2</b>	₪4.975,96	3		₪14.927,88
<b>Supervisor turno 3</b>	₪7.463,94	3		₪22.391,83
<b>Ingeniero de Procesos</b>	₪5.288,46	25		₪132.211,54
<b>Persona de Training</b>	₪3.605,77	7		₪25.240,38
<b>Operario formador T1</b>	₪1.998,46	100		₪199.846,15
<b>Operario formador T2</b>	₪2.298,23	96		₪220.630,15
<b>Operario formador T3</b>	₪3.447,35	96		₪330.945,23
<b>Formador de Mantenimiento T1</b>	₪3.297,46	28		₪92.328,92
<b>Formador de Mantenimiento T2</b>	₪3.792,08	24		₪91.009,94
<b>Formador de Mantenimiento T3</b>	₪5.688,12	24		₪136.514,91
<b>Colaborador Salud Ocupacional</b>	₪3.846,15	2	<b>Hora máquina</b>	₪7.692,31
<b>Reducción de la producción 30%</b>		216	<b>₪188.833,33</b>	₪16.315.200,00
<b>Total propuesta 1 y 3</b>		418		<b>₪17.646.631,56</b>
<b>Propuesta 2</b>				
<b>Responsables</b>	<b>Salario por hora</b>	<b>Horas invertidas</b>	<b>Costo Herramientas</b>	<b>Total de la inversión</b>
<b>Ingeniero de Procesos</b>	₪5.288,46	40		₪211.538,46
<b>Control Engineer</b>	₪7.150,00	15		₪107.250,00
<b>Fabricación Tube Holder</b>			\$825,00	₪424.050,00
<b>Total propuesta 2</b>		55		<b>₪742.838,46</b>
<b>Propuesta 4</b>				
<b>Responsables</b>	<b>Salario por hora</b>	<b>Horas invertidas</b>	<b>Costo Herramientas</b>	<b>Total de la inversión</b>
<b>Técnicos de Mantenimiento</b>	₪3.300,00	132		₪435.600,00
<b>Repuestos y mano de obra</b>				₪825.925,00
<b>Total propuesta 2</b>				<b>₪1.261.525,00</b>
<b>Taller de habilidades blandas para la etapa ABILITY de ADKAR</b>				
<b>Responsables</b>	<b>Salario por hora</b>	<b>Horas invertidas</b>	<b>Costo materiales</b>	<b>Total de la inversión</b>
<b>Persona de Training</b>	₪3.605,77	8	₪100.000,00	₪128.846,15
<b>Total</b>			<b>Inversión total</b>	<b>₪19.779.841,17</b>

Fuente: Autor, 2025.

Con el color amarillo se destaca el total de la inversión, o sea, ₪ 19 779 841.17; monto que se obtiene al ejecutar los pasos descritos.

Seguidamente, se deben hacer las estimaciones de los ahorros por obtener con la implementación de la propuesta. Para el cálculo, se realiza lo siguiente:

1. Calcular un estimado del beneficio obtenido con las propuestas 1 y 3, referentes al manual y la capacitación; para ello, se toma el dato de horas invertidas por el mantenimiento en *tickets* de ajuste en el año de estudio, a saber, 7246 horas (ver

la tabla 4.8 del capítulo IV), dividido entre 12 y se obtiene el tiempo invertido por mes en esos *tickets*.

2. Se estima un costo de producción por hora al tomar el valor total de cada conector y obtener un promedio que se multiplica por un 25 % para determinar el trabajo de uno de los procesos en una hora (esto es equivalente a las ganancias obtenidas en una hora en la que se ejecutan las tres partes en estudio).
3. Con estos dos valores se puede obtener el costo del tiempo *down* por mes al multiplicar cada valor (horas de tiempo de ajuste por mes por costo de producción por hora).
4. Se estima un porcentaje de ahorro mínimo para esas horas de ajuste, considerando que la capacitación debe tener un efecto positivo, por lo cual se definen dos escenarios en los que la reducción de esas horas puede ser de 1 % al mes o 2 % al mes.
5. Se multiplican las horas del tiempo invertido en *tickets* de ajuste por mes por los porcentajes estimados con anterioridad.
6. Se obtienen dos valores en dinero al multiplicar las horas de ahorro en tiempos de *tickets* por el costo de producción por hora (el ahorro se obtiene en el tiempo que los técnicos ya no deben invertir en ajustes menores).
7. Respecto a la propuesta 2, se toma como referencia el insumo de la razón de producción por hora obtenida luego de hacer el estudio de tiempos y del método de la propuesta (ver la propuesta 2 y el **apéndice 4**).
8. Se obtiene la diferencia de las partes por hora entre lo que se puede producir antes de la propuesta y después de esta.
9. Se estima que el conector está completado a un 50 % luego de los procesos Fill 1 y Fill 2, para calcular el ingreso adicional al multiplicar la diferencia en partes por hora con la propuesta por la mitad del precio del conector.
10. Se multiplica el valor obtenido por 17 horas, correspondiente al tiempo definido en el que se trabajan estas partes por día, y luego se multiplica el resultado por 25, correspondiente a los días definidos por Samtec que se trabajan estas partes al mes, pues se trabaja todo el ahorro por mes.

11. Se suman los valores de los ingresos por cada parte y se obtiene el ahorro total de la propuesta 2.
12. En cuanto a la propuesta 4, se toma el insumo del costo del mantenimiento correctivo antes calculado y, con la ayuda de un técnico experimentado, se valora el estado de las partes para estimar una reducción del costo del mantenimiento correctivo al implementar un mantenimiento preventivo controlable.
13. Se presenta el ahorro de la cantidad de repuestos y mano de obra para obtener un total del ahorro de la propuesta 4 al multiplicar el costo de cada repuesto por la cantidad estimada de repuestos ahorrados.
14. Se considera la mano de obra al tomar el tiempo invertido en el trabajo correctivo por técnico dividiendo su salario por hora entre 60 minutos para obtener la conversión, ya que todos los tiempos de reemplazo están en minutos.
15. De esa manera se obtiene el ahorro de la propuesta 4, teniendo en cuenta el ahorro en repuestos y mano de obra del mantenimiento correctivo.
16. Se suman los totales de todas las propuestas para obtener el total ahorrado.

A continuación, se aprecia la tabla con los cálculos descritos para obtener el total de ahorros con las propuestas:

Tabla 5.20: Cálculo del ahorro total con las propuestas

<b>Propuesta 1 y 3</b>									
Rubro	Horas actuales por mes	Costo de producción x hora	Costo actual Down Time al mes	Mejora en % de horas escenario 1	Mejora en % de horas escenario 2	Ahorro en horas con las propuestas esc 1	Ahorro en horas con las propuestas esc 2	Ahorro por mes escenario 1	Ahorro por mes escenario 2
<i>Tickets por ajuste</i>	603,83	₺188.833,33	₺114.023.861,11	2%	1%	12,08	6,04	₺2.280.477,22	₺1.140.238,61
<b>Propuesta 2</b>									
Parte	P/h actuales	P/h propuesta	Incremento de P/h	50% Costo por parte	Ingresos actuales	Ingresos propuesta	Ingreso adicional P/h	Ingreso adicional por día (17 h)	Ingreso adicional por mes (25 días)
<i>BTH-060-01-F-D-RA-WT-K</i>	316	335	19	₺1.950,00	₺616.200,00	₺653.250,00	₺37.050,00	₺629.850,00	₺15.746.250,00
<i>ASP-110859-03-SUB/ MEC8-150-02-S-D-RA2-TR</i>	431	439	8	₺1.850,00	₺797.350,00	₺812.150,00	₺14.800,00	₺251.600,00	₺6.290.000,00
<i>ASP-191063-01/ SFMH-110-02-XX-D-LC-TR</i>	793	853	60	₺1.350,00	₺1.070.550,00	₺1.151.550,00	₺81.000,00	₺1.377.000,00	₺34.425.000,00
<i>Total ingreso adicional</i>							₺132.850,00	₺2.258.450,00	₺56.461.250,00
<b>Propuesta 4</b>									
Repuestos	Cantidad	Precio por unidad	Costo total repuestos	Tiempo de reemplazo y ajuste min	Salario medio x minuto	Costo total mantenimiento correctivo actual	Cantidad repuestos con mantenimiento preventivo	Costo total mantenimiento correctivo con la propuesta	Ahorro en mantenimiento correctivo
<i>Casquillos del Jaw</i>	9	₺15.000,00	₺135.000,00	30	₺55,00	₺136.650,00	3	₺46.650,00	
<i>Pilots pins</i>	15	₺3.500,00	₺52.500,00	15	₺55,00	₺53.325,00	7	₺25.325,00	
<i>Die insert</i>	8	₺25.000,00	₺200.000,00	20	₺55,00	₺201.100,00	0	₺1.100,00	
<i>Bushing del Jaw</i>	5	₺8.000,00	₺40.000,00	20	₺55,00	₺41.100,00	3	₺25.100,00	
<i>Reparación Bushing de brida</i>	6	30 min, lo repara mantenimiento	₺9.900,00	25	₺55,00	₺11.275,00	2	₺4.675,00	
<i>Dowell pins</i>	20	₺2.500,00	₺50.000,00	10	₺55,00	₺50.550,00	5	₺13.050,00	
<i>Roles</i>	11	₺30.000,00	₺330.000,00	35	₺55,00	₺331.925,00	5	₺151.925,00	
<i>Total</i>			₺817.400,00	155		₺825.925,00		₺267.825,00	₺558.100,00
<i>Ahorro total escenario 1</i>	₺59.299.827,22								
<i>Ahorro total escenario 2</i>	₺58.159.588,61								

Fuente: Autor, 2025.

Se definen dos escenarios donde las propuestas provocan un ahorro de ₺ 59 299 827,22 o ₺ 58 159 588,61 al mes.

Por último, se debe aplicar la siguiente fórmula para calcular el tiempo del retorno de la inversión:

Figura 5.19: Fórmula para el cálculo del ROI

$$ROI = \frac{\textit{Costo de la propuesta}}{\textit{Ahorros obtenidos}}$$

Fuente: Autor, 2025.

Al sustituir los valores de la fórmula por los valores obtenidos, estas quedan de la siguiente manera:

Figura 5.20: Fórmula ROI para el escenario 1

$$ROI = \frac{\textit{¢19.779.841,17}}{\textit{¢59.299.827,22}}$$
$$ROI = 0.33 \times 30.4167$$
$$ROI = 10 \textit{ días}$$

Fuente: Autor, 2025.

Figura 5.21: Fórmula ROI para el escenario 2

$$ROI = \frac{\textit{¢19.779.841,17}}{\textit{¢58.159.588,61}}$$
$$ROI = 0.34 \times 30.4167$$
$$ROI = 10 \textit{ días}$$

Fuente: Autor, 2025.

Aplicando la fórmula, se obtiene un retorno de la inversión en 10 días sin importar el supuesto establecido. Lo anterior si las máquinas trabajan 17 horas al día luego de implementar el total de la propuesta.

## **CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

## Conclusiones

- Se llevó a cabo un *focus group* en el que se identificaron las partes interesadas del proyecto y se hicieron preguntas para adquirir un mayor conocimiento del problema.
- Se recolectó información del *focus group* que sirvió como insumo para realizar un análisis FODA de la situación actual, el cual permitió determinar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del Área Micro y la empresa Samtec.
- A partir de la matriz de estrategias FODA, se eligieron dos relaciones que se aprovecharon durante el desarrollo de este estudio, a saber, debilidades/oportunidades y debilidades/amenazas.
- Las estrategias elegidas consideraron las debilidades del personal inexperto y la falta de entrenamientos robustos para convertirlas en una oportunidad de mejora que posibilitara enfrentar las amenazas.
- De acuerdo con el análisis de *stakeholders*, se identificó la influencia y el impacto de estos para el proyecto; al respecto, se trabajó en conjunto con Ingeniería, Producción y Mantenimiento.
- Mediante el diagrama SIPOC se visualizaron elementos que ayudan a crear el producto final; de este modo, se comprendió mejor el proceso desde sus suplidores de materia prima (pueden ser los mismos departamentos de la empresa), proceso (*bodies, reels*), producto (conectores) y clientes, que en este caso son los clientes finales o pueden ser los clientes internos de la empresa.
- Por medio de un árbol de CTQ, se determinó lo que es crítico para el cliente: conectores de calidad en el menor tiempo posible, aspecto que caracteriza a Samtec, un servicio rápido.
- Se creó un diagrama de flujo, el cual permitió mapear el proceso productivo de conectores eléctricos en la empresa Samtec.
- Se efectuó un análisis de datos que destacó información cualitativa como: las partes principales de la máquina ensambladora de pines (esta puede ser tipo

XOLC, que es de una tecnología y control diferente al tipo CSB) y los tipos de defectos derivados del proceso.

- Por otro lado, se presentó información cuantitativa de QP o *quality plan*, que consiste en no conformidades detectadas, de manejo interno (no llega a manos del cliente) o de manejo externo (ya llegó a manos del cliente). En relación con lo expuesto, el defecto de mayor importancia fue pines faltantes con 12 QP, 1 externo y 11 internos.
- Se detalló información extraída del sistema SGN de Samtec por medio de gráficos de barras. Acá, se ubicaron 3 factores determinantes para llevar a cabo el estudio: tiempo de ajuste de las máquinas, cantidad de *scrap* y tiempo de las partes produciéndose en la máquina. Estos tres factores representan horas y producto desperdiciado por la empresa durante el desarrollo del proceso Fill. Series como LSS, MEC8, BTH, BSH, SFMH son las de mayores problemas en estos aspectos.
- Se identificó que los *tickets* de mantenimiento ingresados con mayor frecuencia son los de ajuste, correspondientes a más de 7000 horas invertidas.
- Al seleccionarse 3 partes para el estudio, se elaboró una matriz de criticidad, esta dio como resultado que las partes de las series LSS, BTH y MEC8 son las de mayor estado crítico según sus mudas. Sin embargo, se debió descartar la parte LSS porque su proceso no se asemeja al de las demás partes y podía causar conflictos estadísticos para realizar el proyecto. Adicional, se descartó la parte BSH al ser muy similar a la parte BTH y se consideró que la parte SFMH en sexto lugar de la matriz sería de mejor provecho al ser estudiada junto con las demás.
- Se crearon gráficos de control estadístico tipo p de Laney debido a la alta variabilidad del proceso. En estos se obtuvo como resultado que las tres partes en estudio presentan un estado de inestabilidad en el proceso Fill, tanto con el proceso en estado natural como con la especificación de la fracción defectuosa deseada de 1 %. Asimismo, el turno de la tarde experimentó mayores registros en los que el nivel de *scrap* se dispara y sale de los límites de control.
- En específico, se presentó un índice o porcentaje de inestabilidad del proceso de cada parte. Al respecto, ASP-110859-03-SUB/MEC8-150-02-S-D-RA2-TR logró un porcentaje de inestabilidad de 6.48 %, BTH-060-01-F-D-RA-WT-K de 10.83 %

y ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR de 7.14 %. Estos resultados se obtuvieron del proceso Fill, incluyendo las etapas 1 y 2.

- El estudio de trabajo realizado mostró el proceso Fill de manera más detallada con sus operaciones manuales y de la máquina. Aquí se midieron los tiempos actuales de los procesos Fill 1 y Fill 2 de cada parte en estudio y se compararon con los tiempos estándar definidos por Samtec en las hojas de trabajo. También se midió el método de los 6 procesos (dos por parte).
- Con relación a la parte BTH, los tiempos demandados fueron 0.03158 horas para Fill 1 y Fill 2 contra la medición obtenida del estudio, a saber, 0.03807 y 0.03575 horas para Fill 1 y Fill 2 respectivamente. Ninguno de los dos procesos cumple con el tiempo establecido.
- Acerca de la parte MEC8, los tiempos, según Samtec, deben ser 0.02857 y 0.03600 horas para Fill 1 y Fill 2 respectivamente, contra los obtenidos en este estudio de 0.03503 y 0.02711 de Fill 1 y Fill 2 respectivamente. Fill 1 no cumplió, pero Fill 2 obtuvo un mejor tiempo que el establecido.
- Respecto a la parte SFMH, se obtuvieron tiempos de 0.01506 y 0.02299 horas para los procesos Fill 1 y Fill 2 respectivamente, contra lo ya establecido de 0.01342 y 0.01734 horas de Fill 1 y 2 respectivamente. Fill 1 no cumplió, mientras Fill 2 fue mejor al demandado.
- En el estudio del método, se hizo un mapeo de cada actividad ejecutada en los procesos Fill 1 y Fill 2. Así, se detectó que una operación concurrente para la parte BTH es tomada como tiempo adicional del proceso Fill 1. Además, en el proceso Fill 2 de la parte MEC8, la operaria que efectúa la operación de empaque en los tubos tiene problemas para sujetarlos e introducir las piezas, esto causa una demora de unos segundos antes de reanudar el ciclo de la máquina. Por último, en cuanto al método de los procesos SFMH, no se determinó alguna particularidad.
- Se aplicó una encuesta al personal técnico para recolectar información y se generó una lluvia de ideas para el análisis de las causas. También se tomó información para crear un FMEA con el propósito de conocer el riesgo de las fallas. Las

preguntas fueron abiertas en su mayoría y la muestra fue del 80 % del total de la población escogida debido a su conocimiento sobre el tema.

- A partir del insumo de la encuesta se creó un FMEA. En este se obtuvo un número de prioridad de riesgo de 181 total y los modos de fallo con puntaje más alto fueron: defectos en el ensamblado con un RPN de 30 y pasar materia prima defectuosa, mal cambio de *reel* y no completar órdenes a tiempo con un RPN de 24 puntos cada una.
- Mediante las respuestas de la encuesta, se generó la lluvia de ideas con 18 posibles causas para el problema de la ineficiencia del proceso Fill.
- Se clasificaron las 18 ideas en un diagrama de Ishikawa y las causas se dividieron en 6 clases: personas o mano de obra, método, medición, materia prima, medio ambiente y máquinas.
- Se aplicó un multivoto en el que participaron las mismas personas de la encuesta y se le dio valor a cada causa propuesta por ellas.
- En un diagrama de Pareto se representaron los resultados del multivoto. Al respecto, del 78 % de las causas, 10 de las 18 totales, es de donde proviene el problema. Por lo tanto, se realizó un diagrama de relaciones en el que se identificaron 3 causas raíz del problema en estudio: falta de planificación, falta de control, y metodología incompleta y desactualizada.
- Se llevó a cabo un DOE factorial completo. En cuanto a este, se pusieron a prueba las velocidades y el factor *scrap* como respuesta para poder definir los parámetros más adecuados donde exista un equilibrio entre la duración de los procesos y la estabilidad de estos para las tres partes en estudio.
- Se realizaron 4 propuestas que se complementaron entre sí para mitigar el efecto de las causas identificadas. Primero, se buscó complementar los procedimientos existentes con un manual que ayudara a asegurar un flujo continuo del trabajo. Luego, este manual se complementó con una estandarización creada desde el insumo del diseño de experimentos y el estudio del método en el que se definieron los parámetros estándar para cada parte y proceso en estudio. Todo lo expuesto se utilizó para proponer una capacitación OJT con la metodología ADDIE para atacar la falta de control. Por último, se propuso una clasificación ABC para

planificar un mantenimiento preventivo que se pueda controlar y mantener en el tiempo, con el objetivo de minimizar la variabilidad de los procesos y reducir los tiempos muertos junto con las propuestas anteriores.

- Como propuesta de control, en primer lugar se elaboró un diagrama de Gantt que prevé una duración para la implementación de las propuestas de 7 meses aproximadamente. Asimismo, se propuso un indicador de OEE con un libro de Excel que el supervisor del área pueda utilizar para monitorear el rendimiento de los equipos. También, se propuso realizar *gemba walks* para controlar que el mantenimiento se lleve a cabo según lo planeado y sigue los procedimientos. Además, se creó un FMEA actual en el cual se valoró el impacto de las propuestas en la detectabilidad, frecuencia y severidad de las fallas, que redujo el RPN de un 181 a un 94.
- Se propuso un modelo ADKAR para el control de la resistencia al cambio por parte de las áreas involucradas. Este consiste en 5 etapas: conciencia, deseo, conocimiento, habilidad y refuerzo del proceso.
- Mediante el cálculo hecho en el análisis de costos al aplicar la fórmula para el ROI, se prevé que la inversión del proyecto se recupere en 10 días, tiempo en el que las máquinas deben trabajar al 100 % de eficiencia las 17 horas establecidas por día. Esto es posible debido a la cantidad de dinero por percibir con la mejora de la razón de partes por hora.
- Por último, se logró dar respuesta a la pregunta problema: ¿Cuáles son las propuestas que van a generar un estándar del cálculo de la eficiencia del proceso Fill para definir tiempos exactos que contribuyan al mejoramiento de la productividad?, pues las propuestas formuladas en este estudio van a generar un estándar para calcular la eficiencia del proceso Fill, ya que se identificaron las causas raíz en las cuales los desperdicios son minimizados y los parámetros de velocidad se establecieron para poder controlar el cumplimiento de estos y que, junto con los controles, aseguran mantener en el tiempo los resultados obtenidos.

## Recomendaciones

- Realizar los futuros diseños de experimentos por serie de conector hasta acabar con el total de partes que se trabajan en el área, para sacar provecho a otras variables y evitar diferencias entre los procesos.
- En el caso de las partes con un proceso de inspección más riguroso, añadir el tiempo de medición a la hoja de trabajo como un tiempo de medición del proceso, pues en partes que no fueron objeto de este estudio no se contempla ese tiempo que el operario va a medir.
- En la capacitación, prestar importancia al nivel de conocimiento de los operarios del turno de la tarde ya que, según el estudio, fueron quienes reportaron mayor *scrap* cuando el proceso se salió de los límites de control.
- Implementar un proceso de selección de personal robusto para que los operarios del Área Micro tengan ciertas habilidades blandas y la experiencia requerida, o bien, identificar y seleccionar del mismo personal de la empresa a las personas con la habilidad necesaria.
- Solicitar a Control's Engineer una manera de bloquear las máquinas para que no se puedan variar los parámetros ya estandarizados.
- Realizar un estudio de teoría de colas en el cual se pueda definir cuántos técnicos son necesarios para brindar el soporte al Área Micro luego de haber implementado las mejoras.
- Empezar a dar el seguimiento del OEE de forma semanal y solicitando ayuda a los operarios, con el fin de que todo el equipo se haga responsable de brindar datos confiables. Luego, se puede emitir un *ticket* a Ingeniería para crear el reporte de OEE por medio de los reportes del SGN de manera automática.
- Ingresar QP a los materiales cuando los problemas persisten para, de ese modo, poder exigirle calidad al proveedor y no perder tiempo productivo.
- Determinar si los parámetros estándar de las partes que fueron objeto de estudio en esta investigación pueden funcionar en partes similares.
- Valorar el cambio de tecnología del equipo de medición, un cambio de Micro Vu a Keyence podría aumentar el tiempo productivo y automatizar la inspección para evitar la diferencia de criterios.

- Continuar con la metodología ADDIE como un ciclo de capacitación en toda la empresa donde se pueda aplicar OJT.

## REFERENCIAS

## Libros

Barrantes, R. (2014). *Investigación: un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. EUNED.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. (3° ed.). Prentice Hall.

Caraballo, J. A. (2018). *Implementación de metodología “lean” en celda de manufactura*.  
Manufacturing Competitiveness.  
[https://prcrepository.org/bitstream/handle/20.500.12475/240/WI-18\\_Articulo%20Final\\_Jose%20Caraballo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://prcrepository.org/bitstream/handle/20.500.12475/240/WI-18_Articulo%20Final_Jose%20Caraballo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Cruelles, J. A. (2012). *Mejora de métodos y tiempos de fabricación*. Marcombo.

Escalona, I. (2009). *Ingeniería de métodos: métodos y diseños del trabajo*. El Cid Editor.

Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw Hill.

Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*.  
McGraw Hill.

Hernández, R. y Mendoza, P. (2008). *Ampliación y fundamentación de los métodos mixtos. Fundamentos de metodología de la investigación*. McGraw Hill.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodologías de la investigación*.  
(6° ed.). McGraw Hill.

Ingenium. (2022). *Introducción a las gemba walks*.  
<https://ingenium.edu.pe/blog/calidad/introduccion-a-las-gemba-walks/>

Lefcovich, M. L. (2009). *Seis sigma, hacia un nuevo paradigma en gestión*. El Cid Editor.

Martínez, C. (2012). *Estadística y muestreo*. (13° ed.). Ecoe Ediciones.

Moore, D. S. (2005). *Estadística aplicada básica*. (2 ed.). Antoni Bosch Editor.

Palma, J. (2009). *Manual de procedimientos*. El Cid Editor.

Parra, C., Tino, G., Parra, J., Crespo, A., Viveros, P., Kristjanpoller, F. y González-Prida, V. (2021). *Metodología básica de análisis de riesgo para evaluar la criticidad de activos industriales. Caso de estudio: línea de manufactura de envases biodegradables*. INGEMAN. [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Parra-19/publication/348394507\\_METODOLOGIA\\_BASICA\\_DE\\_ANALISIS\\_DE\\_RIESGO\\_PARA\\_EVALUAR\\_LA\\_CRITICIDAD\\_DE\\_ACTIVOS\\_INDUSTRIALES\\_CASO\\_DE\\_ESTUDIO\\_LINEA\\_DE\\_MANUFACTURA\\_DE\\_ENVASES\\_BIODEGRADABLES/links/60146b3e45851517ef268e26/METODOLOGIA-BASICA-DE-ANALISIS-DE-RIESGO-PARA-EVALUAR-LA-CRITICIDAD-DE-ATIVOS-INDUSTRIALES-CASO-DE-ESTUDIO-LINEA-DE-MANUFACTURA-DE-ENVASES-BIODEGRADABLES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Parra-19/publication/348394507_METODOLOGIA_BASICA_DE_ANALISIS_DE_RIESGO_PARA_EVALUAR_LA_CRITICIDAD_DE_ACTIVOS_INDUSTRIALES_CASO_DE_ESTUDIO_LINEA_DE_MANUFACTURA_DE_ENVASES_BIODEGRADABLES/links/60146b3e45851517ef268e26/METODOLOGIA-BASICA-DE-ANALISIS-DE-RIESGO-PARA-EVALUAR-LA-CRITICIDAD-DE-ATIVOS-INDUSTRIALES-CASO-DE-ESTUDIO-LINEA-DE-MANUFACTURA-DE-ENVASES-BIODEGRADABLES.pdf)

Socconini, L. V. (2019). *Lean Manufacturing: paso a paso*. Marge Books.

Socconini, L. V. (2020). *Lean six sigma green belt*. Marge Books.

Torres, Z. (2015). *Planeación y control*. Grupo Editorial Patria.

Vasilachis, I. (2014). *Estrategias de investigación cualitativa*. Editorial Gedisa.

### **Proyectos de investigación**

Buestan, M. (2004). *Diseño de experimentos aplicado para la mejora de un proceso de tratamiento térmico*. [Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Tecnológico de Monterrey]. [https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/572256/DocsTec\\_2001.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/572256/DocsTec_2001.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Castrillo, B., Chavarría, G. y Ríos, A. (2020). *Propuesta para la implementación de un sistema automatizado industrial para mejorar el control de pesaje y llenado en la línea 2, Yara Costa Rica durante el periodo 2018-2019*. [Trabajo de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, Universidad Técnica Nacional]. <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/2efb5e48-dce4-47ce-b880-d865a02e6f2b/content>

Elizondo, M., Ferreto, M. y Barrantes, L. (2021). *Diseño de herramientas para el control del proceso productivo en la línea de alimentos peletizados de la empresa Megatrópico S. A., durante el periodo de junio hasta diciembre de 2020*. [Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, Universidad Técnica Nacional]. <https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/869f1e96-8bb4-4a5f-8d00-33d63c51ad59/content>

Garibo, A. P. (2021). *Control estadístico de proceso para la reducción de desperdicio en una empresa aeroespacial*. [Tesis de Maestría en Administración, Instituto Tecnológico de Tijuana]. <http://51.143.95.221/bitstream/TecNM/6108/1/TESIS%20ANA%20PATRICIA%20GARIBO%20RODRIGUEZ.pdf>

Ivankovich, C. I. y Araya, Y. (2011). Focus groups: técnica de investigación cualitativa en investigación de mercados. *Revista de Ciencias Económicas*, 29(1). <https://doi.org/10.15517/rce.v29i1.7057>

Jaramillo, A. y Restrepo, J. (2010). Diseño de experimentos aplicado al análisis de datos obtenidos en un laboratorio de metrología. *Scientia et Technica*, 2(45), 103-107. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/321/195>

Loría, J. A. y Quirós, K. (2021). *Optimización del funcionamiento de los equipos, mediante el diseño de un plan de mantenimiento preventivo en la Fábrica de Harinas de*

*Centroamérica, durante un período de 8 meses.* [Trabajo final de graduación de Licenciatura en Ingeniería en Producción Industrial, Universidad Técnica Nacional Sede Regional del Pacífico].  
<https://repositorio.utn.ac.cr/server/api/core/bitstreams/955df8a0-eba3-49fd-908c-a13e7e837cf0/content>

Luna, S. y Rojas, B. (2018). *Diseño de un sistema de control estadístico de procesos para las variables críticas del área de producción de salsas en UL.* [Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad de Costa Rica].  
<https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/items/ee0f8800-d7e1-43c7-920b-c78dbc3caa6c>

Márquez, R. (2020). *Una metodología para la planificación y programación de la producción en la industria de componentes plásticos usando modelos de optimización.* [Tesis de Maestría en Organización Industrial y Gestión de Empresas, Universidad de Sevilla].  
<https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/71902/fichero/TFM-1902+M%C3%81RQUEZ+BUENO%2C+RAFAEL.pdf>

Mateos, E. y Mateos, J. (2019). Salud mental y salud laboral. Relaciones. Revisión, diagrama y análisis DAFO para una visión global. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 28(2), 159-168.  
<https://scielo.isciii.es/img/revistas/medtra/v28n2//1132-6255-medtra-28-02-159-gf1.jpg>

Otoya, C. J. (2016). *Disminución en índices de rotura durante el transporte del producto terminado.* [Trabajo de pregrado, Universidad de los Andes].  
[https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UNIANDES2\\_88268b65264db73f2daffbf374a1433a](https://redcol.minciencias.gov.co/Record/UNIANDES2_88268b65264db73f2daffbf374a1433a)

Ponce, H. (2007). La matriz FODA: alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones. *Enseñanza e*

*Investigación en Psicología*, 12(1), 113-130  
<https://www.redalyc.org/pdf/292/29212108.pdf>

Prieto, M. A. y March, J. C. (2002). Paso a paso en el diseño de un estudio mediante grupos focales. *Atención Primaria*, 29(6), 366-373. <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-paso-paso-el-diseno-un-13029750>

Rodríguez, L. G. (2016). *Diseño de un sistema de control estadístico para el proceso de moldeo por inyección de Half Spool*. [Proyecto de graduación de Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica]. <https://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/0566049e-acab-4787-8aa1-c95a4092bc00/content>

Román, R. y Zúñiga, R. C. (2018). *Estandarización de procesos operativos y su influencia en la productividad de la empresa "Industria S. & B." S.R.L Trujillo 2018*. [Tesis de Ingeniería Empresarial, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/21290>

Sarduy, Y. (2007). El análisis de información y las investigaciones cuantitativa y cualitativa. *Revista Cubana de Salud Pública*, 33(3). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-34662007000300020](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-34662007000300020)

### **Fuentes de Internet**

ACMP. (2022). *El análisis de métodos y tiempos: una herramienta para incrementar la productividad industrial*. <https://acmplean.com/el-analisis-de-metodos-y-tiempos-una-herramienta-para-incrementar-la-productividad-industrial/>

AdminITEMSA. (2016). *Análisis, mejora y determinación de los métodos de trabajo*. <https://www.grupoitemsa.com/analisis-mejora-y-determinacion-de-los-metodos-de-trabajo/>

Aguiar, E. (2024). *Modelo ADDIE: la fórmula ideal para la creación de contenidos e-learning*. <https://www.iseazy.com/es/blog/modelo-addie/>

Alzamora, J. (2022). *¿Por qué es importante el análisis de stakeholders en proyectos de cambio o innovación?* <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/por-que-es-importante-el-analisis-de-stakeholders-en-proyectos-de-cambio-o-innovacion>

Betancourt, D. F. (2016). *Cómo hacer un diagrama de relaciones paso a paso*. [www.ingenioempresa.com/diagrama-de-relaciones](http://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-relaciones)

Borsalli, B. (2025). *FMEA, qué es y cómo implementarlo en su empresa*. <https://blog.softexpert.com/es/fmea-que-es/>

Business Audit Compliance. (2019). *¿Qué es el diagrama SIPOC (proveedores, entradas, procesos, salidas, clientes)?* <https://auditandcompliance.wordpress.com/2019/01/02/what-is-sipoc-diagram-suppliers-inputs-process-outputs-customers/>

Cohen, D. (2025). *¿Cómo maximizar las oportunidades de capacitación en el lugar de trabajo (OJT) con eLearning?* <https://www.shiftelearning.com/blogshift/aprendizaje-efectivo-elarning>

Cova, N., Díaz, A. y Leonet, S. (2016). *Estudio de ingeniería de métodos repuestos, Covygam C. A.* <https://www.monografias.com/trabajos109/estudio-ingenieria-metodos-repuestos-covygam-c-a/estudio-ingenieria-metodos-repuestos-covygam-c-a2>

Crece Negocios. (2023). *¿Qué es ROI o retorno de la inversión? (definición, cálculo y ejemplos)*. <https://crecenegocios.com/roi/>

DigiKey. (s.f.). *Productos.*

[https://www.digikey.com/es?gclid=Cj0KCQjwv\\_m-BhC4ARIsAlqNeBsnW4VQQqK4wGdadYG\\_HycsqQxAL2GVIRtra8pxDWAf0JIH4aW0KZkaAtrqEALw\\_wcB&utm\\_adgroup=Misspellings&utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=ES\\_Costa%20Rica\\_Brand&utm\\_term=digi%20keys&utm\\_content=Misspellings&utm\\_id=go\\_cmp-208396098\\_adg-14371411818\\_ad-647568105481\\_kwd-298628584705\\_dev-c\\_ext-\\_prd-\\_sig-Cj0KCQjwv\\_m-BhC4ARIsAlqNeBsnW4VQQqK4wGdadYG\\_HycsqQxAL2GVIRtra8pxDWAf0JIH4aW0KZkaAtrqEALw\\_wcB](https://www.digikey.com/es?gclid=Cj0KCQjwv_m-BhC4ARIsAlqNeBsnW4VQQqK4wGdadYG_HycsqQxAL2GVIRtra8pxDWAf0JIH4aW0KZkaAtrqEALw_wcB&utm_adgroup=Misspellings&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=ES_Costa%20Rica_Brand&utm_term=digi%20keys&utm_content=Misspellings&utm_id=go_cmp-208396098_adg-14371411818_ad-647568105481_kwd-298628584705_dev-c_ext-_prd-_sig-Cj0KCQjwv_m-BhC4ARIsAlqNeBsnW4VQQqK4wGdadYG_HycsqQxAL2GVIRtra8pxDWAf0JIH4aW0KZkaAtrqEALw_wcB)

EasyMaint. (s.f.). *ABC de mantenimiento: optimizando recursos y prioridades.*

<https://www.easymaint.net/cmms/blog/abc-de-mantenimiento-optimizando-recursos-y-prioridades.html>

Emaze. (2024). *Coopenae.* <https://www.emaze.com/@aoltzzqqw/Coopenae>

Escuela Universitaria de Ventas. (2025). *On Job Training: qué es y por qué debes aplicarlo en tu empresa.* <https://www.escuelafuerzacomercial.com/on-job-training-que-es-y-por-que-debes-aplicarlo-en-tu-empresa/>

Global Trust Association. (2019). *El árbol CTQ (critical to quality).* <https://globaltrustassociation.org/es/el-arbol-ctq-critical-to-quality/>

Google Maps. (2023). *Samtec Interconnect, Alajuela.* <https://maps.app.goo.gl/a1Z5f2ba2K2KdefU9>

Grandes Pymes. (2021). *Análisis de los stakeholders.* <https://www.grandespymes.com.ar/2021/04/10/analisis-de-los-stakeholders/#!prettyphoto/0/>

HostingTG. (2025). *Guía completa del ROI: fórmula, ejemplos y estrategias para maximizar el retorno de inversión*. <https://www.hostingtg.com/blog/guia-roi/>

IBM. (2024). *Anotaciones históricas*. <https://www.ibm.com/docs/es/i/7.5?topic=logs-history>

Instituto Mudanai. (2022). *DMAIC: qué es y cuáles son sus pasos*. <https://blog.mudanai.org/kaizen-mejora-continua/calidad/dmaic-que-es-y-cuales-son-sus-pasos/>

La Web del Ingeniero Industrial. (2016). *Estudio de tiempos: valoración del ritmo del trabajo*. <https://lawebdelingenieroindustrial.blogspot.com/2016/08/estudio-de-tiempos-valoracion-del-ritmo.html>

Learn Statistics Easily. (2025). *¿Qué es la inestabilidad en estadística y ciencia de datos?* <https://es.statisticseasily.com/glossario/what-is-instability-statistics-data-science/>

Martínez, I. (2019). *El modelo ADKAR® de Prosci*. <https://www.linkedin.com/pulse/el-modelo-adkar-de-prosci-ivan-javier-martinez-galindo/>

Meardon, E. (2025). *¿Qué son los diagramas de Gantt?* <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/gantt-chart>

Ministerio de Comercio Exterior [COMEX]. (2021). *Samtec contratará 200 personas en puestos de operarios, técnicos de mantenimiento y supervisores de producción*. <https://www.comex.go.cr/sala-de-prensa/comunicados/2021/mayo/cp-2609-samtec-contratar%C3%A1-200-personas-en-puestos-de-operarios-t%C3%A9cnicos-de-mantenimiento-y-supervisores-de-producci%C3%B3n/>

Minitab. (2023). *Revisión general de gráfica P' de Laney*. <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/help-and-how-to/quality-and-process-improvement/control-charts/how-to/attributes-charts/laney-p-chart/before-you-start/overview/>

Oana, C. (2024). *Modelo ADDIE: qué es y cómo aplicarlo [todo lo que debes saber]*. <https://es.venngage.com/blog/modelo-addie/>

OCCMundial. (2021). *¿Qué es un análisis FODA, cómo se hace, para qué sirve? Guía 2021*. <https://www.occ.com.mx/blog/que-es-un-analisis-foda-y-como-se-hace/>

Ortega, C. (s.f.). *Diagrama SIPOC: ¿qué es y cómo crearlo?* <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-sipoc/>

Pérez, M. (2017). *Multivoto*. [https://prezi.com/3\\_sg5e8g8zhh/multivoto/#:~:text=La%20multivotacion%20es%20una%20t%C3%A9cnica,lista%20larga%20que%20necesita%20reducirse](https://prezi.com/3_sg5e8g8zhh/multivoto/#:~:text=La%20multivotacion%20es%20una%20t%C3%A9cnica,lista%20larga%20que%20necesita%20reducirse)

RACTEM. (2021). *Método ABC de inventarios. ¿En qué consiste esta clasificación?* <https://www.ractem.es/blog/metodo-abc-inventarios-consiste-clasificacion>

Raeburn, A. (2025). *Diagrama de flujo de trabajo: qué es y cómo hacerlo con ejemplos*. <https://asana.com/es/resources/workflow-diagram>

Rau, J. A. (1-4 de junio de 2010). *Evaluación agregada: una innovación en la gestión de inventarios en una empresa de alimentos de consumo masivo*. 8th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Arequipa, Perú. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_3334\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3334_IN.pdf)

Reyes, M. P. (2015). *La encuesta*. <http://files.sld.cu/bmn/files/2015/01/laencuesta.pdf>

Rodrigues, N. (2024). *Manual de procedimientos: qué es y cómo hacer uno (con ejemplos)*. <https://blog.hubspot.es/sales/manual-de-procedimientos-empresa>

Rosales, J. (2023). *¿Qué es el OEE y cómo se calcula?* <https://www.fractal.com/es/mantenipedia/oeo-oportunidades-para-mejorar-los-procesos>

Salazar, B. (2019a). *Cálculo del número de observaciones*. <https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/calculo-del-numero-de-observaciones/>

Salazar, B. (2019b). *Suplementos del estudio de tiempos*. <https://ingenieriaindustrialonline.com/estudio-de-tiempos/suplementos-del-estudio-de-tiempos/>

Samtec. (2024). *Valoramos su privacidad*. <https://www.samtec.com/support/sitemap/>

SPCgroup. (2015). *Gráfica de Pareto*. <https://spcgroup.com.mx/grafica-de-pareto/>

SYDLE. (2021). *Estandarización de procesos: ¿cómo aplicarla y cuál es la mejor herramienta para ello?* <https://www.sydle.com/es/blog/estandarizacion-de-procesos-60f723cfb2503757979bb13b>

TAKTIC. (2022). *Diagrama de Gantt: ¿qué es y para qué sirve?* <https://taktic.es/blog/diagrama-de-gantt-que-es-y-para-que-sirve/>

Tu Maestros. (2024). *Cómo aplicar la lluvia de ideas en el aula*. <https://tumaestros.co/la-lluvia-de-ideas-en-el-aula/>

Visual Paradigm. (2025). *CTQ Tree Example*. <https://online.visual-paradigm.com/es/diagrams/templates/critical-to-quality-tree/ctq-tree-example/>

Yepes, V. (2013). *¿Qué es el diseño de experimentos?*  
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2013/04/21/que-es-el-diseno-de-experimentos/>

Yepes, V. (2022a). *Número de observaciones a realizar en un cronometraje.*  
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2022/05/04/numero-de-observaciones-a-realizar-en-un-cronometraje/>

Yepes, V. (2022b). *Suplementos por descanso.*  
<https://victoryepes.blogs.upv.es/files/2022/03/03-elt-Suplementos-por-descanso-040325.pdf>

## **APÉNDICES Y ANEXOS**

## APÉNDICE 1: FORMATO DE LA ENCUESTA APLICADA

Sección 1 de 3

### Encuesta sobre problemas con el proceso Fill en máquinas XOLC y CSD



Con esta encuesta se trata de entender mejor lo que sucede durante el proceso Fill de ensamblado de pines durante el proceso automatizado y durante su operación y ajuste, por lo que se le solicita su ayuda para responder estas preguntas según su criterio y conocimiento adquirido en el día a día

Mencione de uno a tres fallos o problemas que se presentan en las máquinas XOLC y CSD durante el proceso de ensamblado de pines \*

Texto de respuesta largo

¿Cuáles pueden ser las causas de esos fallos del proceso? \*

Texto de respuesta largo

¿Qué consecuencias se podrían dar debido a esos fallos en el proceso?

Texto de respuesta largo

¿Conoce algún control para evitar que los problemas mencionados en la pregunta 1 se repitan? \*

1. Sí
2. No

Sección 2 de 3

**Si su respuesta fue sí, responda**



Descripción (opcional)

Mencione los controles que conoce \*

Texto de respuesta largo

Sección 3 de 3

**Ineficiencia del Proceso**



**Responda las siguientes preguntas referentes a los problemas que afectan a la eficiencia del proceso Fill según su criterio**

Tomando en cuenta el factor **personas(operarios, técnicos)** mencione las causas que usted considere retrasan el proceso Fill \*

Texto de respuesta largo

Tomando en cuenta el factor **máquina** mencione las causas que usted considere retrasan el proceso Fill \*

Texto de respuesta largo



Tomando en cuenta el factor **método de trabajo** mencione las causas que usted considere retrasan el proceso Fill \*

Texto de respuesta largo

Tomando en cuenta el factor **medio ambiente** mencione las causas que usted considere retrasan el proceso Fill \*

Texto de respuesta largo

Tomando en cuenta el factor **medición** mencione las causas que usted considere retrasan el proceso Fill \*

Texto de respuesta largo

Tomando en cuenta el factor **materia prima** mencione las causas que usted considere retrasan el proceso Fill \*

Texto de respuesta largo

Sobre factores según características del conector, responda:

Descripción (opcional)



De los siguientes factores presentes en los elementos del proceso seleccione todos los que cree tienden a dar mayores problemas \*

- bodys largos
- bodys cortos
- Conectores estilo RA
- Conectores estilo DV
- Pines largos
- pines cortos

Plating

Velocidad del CAM

Reel dañado


Otra...

## APÉNDICE 2: DATOS TOMADOS PARA EL DISEÑO DE EXPERIMENTOS

	Serie	Proceso	Velocidad	# prueba	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
1	MEC8 RA	Fill1	Alta	1	01:07,46	01:05,21	00:57,56	01:05,72	01:00,65	01:05,24	00:57,32	01:12,63	01:10,31	00:58,40	00:59,75	01:06,02	01:10,54	01:01,45	01:15,86	01:08,23	00:58,94	01:07,14	01:20,11	01:17,24
2	SFMH	Fill 2	Baja	1	01:15,23	01:05,09	01:08,45	00:59,03	01:02,15	01:00,34	00:58,69	00:59,45	00:58,18	01:01,06	01:01,24	01:15,25	01:17,20	01:08,43	00:49,52	00:51,27	01:10,00	01:09,34	01:15,04	01:01,56
3	MEC8 RA	Fill1	Alta	2	01:15,15	01:30,48	01:12,75	01:35,02	01:05,89	00:59,58	01:17,32	01:16,24	01:24,66	01:27,71	01:33,14	01:40,35	01:06,21	01:01,28	01:21,86	01:32,52	01:15,33	01:14,36	01:13,59	01:41,02
4	BTH RA	Fill 2	Baja	2	01:50,01	01:58,78	02:01,65	01:59,34	01:45,87	02:05,24	02:04,45	02:02,74	01:52,32	01:55,27	01:47,23	01:57,98	01:58,35	02:01,24	02:06,10	01:58,94	01:51,23	02:10,35	02:15,25	02:00,08
5	BTH RA	Fill1	Alta	1	01:34,99	01:39,52	01:45,00	01:37,60	01:39,92	02:03,53	01:42,75	01:31,73	01:46,70	01:40,28	01:49,83	01:24,24	01:39,51	01:38,04	01:31,34	01:40,32	01:35,14	01:45,16	01:30,18	01:29,78
6	SFMH	Fill1	Baja	1	00:45,71	00:40,23	00:30,41	00:38,25	00:48,32	00:41,02	00:50,83	00:45,35	00:47,38	01:01,02	00:57,23	00:55,24	00:45,10	00:46,27	00:44,22	00:51,55	00:58,09	00:43,74	00:29,30	00:31,12
7	SFMH	Fill 2	Alta	1	00:34,00	00:30,98	00:59,42	00:55,50	00:36,99	00:49,75	00:21,45	00:18,24	00:16,62	00:25,17	00:17,24	00:45,12	00:32,05	00:37,72	00:35,07	00:37,02	00:38,01	00:37,42	00:41,45	00:45,07
8	MEC8 RA	Fill1	Baja	1	01:19,53	01:32,66	01:34,12	01:24,01	01:39,41	01:28,21	01:25,65	01:16,30	01:32,63	01:33,21	01:27,49	01:27,47	01:27,84	01:28,64	01:27,44	01:26,33	01:25,21	01:45,51	01:27,72	01:32,17
9	SFMH	Fill1	Baja	2	01:01,58	01:08,45	00:50,10	00:48,04	00:45,46	00:48,25	00:49,52	00:52,31	00:58,02	00:57,18	00:59,34	00:58,47	00:57,65	00:54,04	00:51,06	00:52,52	01:00,00	01:04,30	01:01,08	01:09,10
10	BTH RA	Fill1	Baja	2	02:01,25	01:59,45	02:15,32	02:20,85	02:05,61	02:15,74	02:03,12	02:10,48	01:50,14	01:55,65	01:58,32	01:57,06	01:58,75	01:59,03	02:02,01	02:15,08	02:05,24	02:01,47	02:01,28	01:48,02
11	SFMH	Fill1	Alta	2	00:44,38	00:38,27	00:45,25	00:38,02	00:40,12	00:42,19	00:43,16	00:45,87	00:46,32	00:48,95	00:43,28	00:44,01	00:40,15	00:47,65	00:48,21	00:58,69	00:55,34	00:54,25	00:35,12	00:47,32
12	MEC8 RA	Fill 2	Alta	1	00:31,05	00:27,63	00:25,14	00:28,95	00:35,47	00:32,83	00:33,41	00:30,62	00:28,49	00:29,14	00:27,08	00:35,74	00:36,81	00:32,15	00:30,16	00:29,55	00:28,96	00:34,96	00:32,01	00:33,58
13	MEC8 RA	Fill 2	Baja	2	01:35,16	01:42,35	01:38,47	01:39,52	01:43,01	01:44,85	01:41,63	01:37,41	01:39,72	01:44,02	01:42,05	01:39,08	01:35,07	01:38,21	01:37,03	01:45,64	01:46,06	01:33,97	01:35,56	01:38,40
14	SFMH	Fill 2	Alta	2	00:37,68	00:40,28	00:49,12	00:55,50	00:47,21	00:50,29	00:45,74	00:49,57	00:46,34	00:47,02	00:47,03	00:44,01	00:49,57	00:55,03	00:57,09	00:58,54	00:53,21	00:59,13	00:57,20	01:01,08
15	BTH RA	Fill1	Alta	2	01:45,02	01:51,37	01:55,28	01:40,15	01:48,65	01:44,63	01:38,58	01:29,34	01:48,56	01:35,02	01:44,05	01:46,92	01:48,90	01:40,50	01:43,66	01:58,21	01:47,63	01:41,23	01:38,71	01:59,01
16	BTH RA	Fill 2	Baja	1	01:58,37	01:59,87	02:01,65	02:05,46	02:03,93	02:04,66	02:06,82	02:07,39	02:02,26	02:00,98	02:01,74	02:03,64	02:09,85	01:55,03	01:59,22	01:59,97	01:59,34	02:00,80	02:03,19	02:02,70
17	MEC8 RA	Fill 2	Baja	1	02:05,39	1:59.04	01:45,84	01:37,48	01:58,02	01:33,59	01:51,84	01:38,72	01:48,17	01:44,21	01:39,44	01:41,68	01:54,39	00:46,88	01:43,47	01:56,94	01:55,12	01:58,32	02:01,09	02:05,64
18	SFMH	Fill1	Alta	1	0:031.24	00:30,98	00:55,50	00:59,42	00:36,99	00:49,75	00:25,90	00:25,62	00:27,16	00:33,88	00:35,18	00:33,55	00:32,49	00:35,88	00:29,71	00:31,41	00:29,12	00:28,43	00:29,46	00:33,47
19	SFMH	Fill 2	Baja	2	01:15,23	01:12,36	01:25,87	01:23,46	01:18,89	01:20,34	01:16,41	01:05,39	01:08,87	01:15,01	01:30,45	01:28,56	01:16,32	01:17,14	01:08,23	01:02,54	01:00,82	01:05,63	01:18,29	01:16,81
20	BTH RA	Fill 2	Alta	2	01:34,95	01:39,51	01:40,28	01:31,73	01:42,69	01:45,91	01:36,27	01:49,83	01:38,35	01:31,83	01:34,62	01:39,64	01:40,02	01:42,55	01:43,01	01:37,65	01:46,32	01:42,85	01:35,06	01:37,23
21	MEC8 RA	Fill 2	Alta	2	00:45,23	00:50,74	00:46,33	00:42,31	00:40,89	00:47,09	00:38,66	00:41,61	00:43,82	00:49,87	00:48,63	00:42,39	00:39,65	00:51,38	00:49,68	00:50,04	00:52,06	00:55,31	00:45,02	00:44,18
22	MEC8 RA	Fill1	Baja	2	01:19,53	01:32,66	01:34,12	01:25,01	01:39,41	01:28,21	01:26,65	01:29,30	01:32,63	01:33,21	01:27,49	01:27,47	01:28,64	01:27,44	01:26,23	01:35,32	01:32,87	01:29,86	01:27,27	01:29,63
23	BTH RA	Fill1	Baja	1	02:10,06	02:05,34	02:17,41	02:01,35	02:15,44	02:06,09	02:11,68	02:13,54	02:16,04	02:00,02	01:59,68	01:55,38	02:01,51	02:06,34	02:15,67	02:04,31	02:03,96	02:07,05	02:11,34	02:08,94
24	BTH RA	Fill 2	Alta	1	01:47,92	01:40,02	01:34,26	01:37,89	01:35,48	01:45,79	01:28,41	01:44,38	01:41,06	01:51,17	01:42,32	01:36,53	01:39,51	01:38,95	01:45,00	01:38,92	01:31,37	01:51,43	01:42,03	01:39,62

T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29	T30	T31	T32	T33	T34	T35	T36	T37	T38	T39	T40	Promedio	Scrap
01:09,83	01:10,78	01:04,61	01:18,01	00:58,52	00:59,99	00:57,45	00:57,38	01:12,09	01:30,21	01:25,51	01:02,70	01:13,22	01:20,73	00:58,84	01:01,45	01:10,53	01:05,02	00:56,85	01:05,47	01:07,12	6
01:20,18	01:40,25	01:17,19	01:01,03	01:02,14	01:12,08	01:14,23	01:17,16	01:30,15	01:05,24	01:02,07	01:02,36	01:01,48	01:08,09	01:07,65	01:04,01	01:02,95	01:05,05	00:59,99	01:01,73	01:07,04	18
01:08,47	01:02,03	01:17,24	01:16,40	01:11,18	01:25,32	01:01,24	00:58,96	00:59,88	00:57,25	00:58,01	01:01,35	01:05,69	01:03,78	00:59,91	00:59,57	01:01,04	01:09,07	01:15,96	01:00,12	01:12,92	12
02:08,55	02:20,47	02:05,87	02:01,54	02:02,77	02:03,01	02:01,46	02:05,86	02:07,66	02:00,08	02:14,12	02:11,21	01:57,43	01:58,50	01:59,34	02:00,15	02:05,18	02:01,78	01:57,32	01:52,59	02:01,43	0
01:33,54	01:44,87	01:33,25	01:37,80	01:30,98	01:43,21	01:30,02	01:28,54	01:44,05	01:41,03	01:46,25	01:50,12	01:42,02	01:38,27	01:36,32	01:31,96	01:37,65	01:51,03	01:30,71	01:29,81	01:38,67	8
00:30,02	00:46,05	00:54,89	00:55,97	00:52,90	00:43,04	00:44,29	00:48,35	00:49,51	00:41,07	00:39,25	00:57,21	00:55,24	00:58,65	00:54,87	00:47,03	01:01,88	00:54,86	00:40,61	00:42,93	00:47,23	6
00:44,04	00:43,18	00:50,01	00:55,40	00:51,05	01:01,02	00:37,08	00:42,33	00:45,51	00:40,56	00:34,54	00:30,25	00:28,03	00:27,00	00:29,30	00:28,55	00:35,41	00:31,02	00:30,58	00:29,99	00:37,23	3
01:21,18	01:32,42	01:21,32	01:30,24	01:28,87	01:29,64	01:38,12	01:36,15	01:19,64	01:18,42	01:25,87	01:40,58	01:15,02	01:18,70	01:19,23	01:34,45	01:23,40	01:21,51	01:27,65	01:32,95	01:27,92	0
01:05,37	01:04,52	01:02,03	01:00,01	00:59,60	00:58,95	00:57,14	00:46,40	00:45,03	00:49,57	00:42,34	00:45,18	00:50,01	00:55,33	00:55,78	00:48,94	01:00,84	01:05,23	01:05,07	01:04,07	00:56,20	3
01:49,33	01:57,02	01:56,15	01:55,37	01:49,52	01:51,07	01:47,62	01:50,19	02:13,26	02:01,86	01:54,29	01:58,17	01:53,21	01:59,03	02:05,29	02:10,02	02:14,38	02:20,49	02:04,92	02:05,01	02:01,50	0
00:43,28	00:40,33	00:40,58	00:45,36	00:41,32	00:48,59	00:47,23	00:55,17	00:58,93	00:59,84	00:51,27	00:53,48	00:38,98	00:39,65	00:59,00	00:52,19	00:50,80	00:56,06	00:55,91	00:53,54	00:47,45	6
00:37,81	00:40,60	00:41,44	00:35,92	00:32,44	00:33,58	00:31,20	00:28,29	00:27,03	00:29,05	00:25,09	00:30,16	00:32,41	00:31,12	00:33,65	00:27,49	00:29,89	00:32,51	00:34,14	00:33,53	00:31,78	12
01:40,87	01:44,77	01:41,09	01:38,17	01:39,28	01:34,15	01:33,88	01:34,53	01:47,36	01:46,39	01:44,02	01:41,31	01:51,81	01:43,89	01:38,66	01:37,04	01:39,82	01:35,43	01:45,01	01:44,07	01:40,47	0
00:38,34	00:33,01	00:45,47	00:47,05	00:48,23	00:49,66	00:40,44	00:51,50	00:53,14	00:55,27	00:58,57	00:45,97	00:39,49	00:38,15	00:35,32	00:36,41	00:32,02	00:33,54	00:50,28	00:49,35	00:47,30	5
01:34,10	01:36,05	01:42,47	01:45,68	01:45,03	01:49,51	01:57,58	01:50,20	01:55,36	01:58,41	01:55,64	01:54,07	01:58,39	01:39,41	01:37,39	01:41,54	01:42,41	01:59,32	01:48,97	01:43,85	01:46,52	1
02:04,35	02:01,29	02:06,51	02:15,15	01:57,58	01:59,05	02:08,33	02:09,54	02:10,92	02:11,66	02:18,44	02:07,26	02:01,48	02:02,37	02:03,66	02:05,01	02:03,83	02:06,84	02:00,33	02:02,07	02:04,06	0
02:15,08	01:50,31	01:48,35	01:39,57	01:42,33	01:51,43	01:38,95	01:37,61	01:35,28	01:34,84	01:37,21	01:39,32	01:54,27	01:36,28	01:45,62	01:47,03	01:52,39	01:37,09	01:44,25	01:35,44	01:45,36	0
00:31,61	00:27,49	00:41,31	00:39,27	00:32,03	00:28,57	00:29,34	00:45,65	00:40,64	00:29,62	00:28,52	00:27,98	00:29,31	00:28,56	00:28,75	00:33,05	00:36,21	00:35,13	00:33,40	00:38,39	00:34,07	6
01:25,89	01:11,04	01:12,67	01:10,53	01:42,03	01:19,81	01:30,01	01:14,16	01:21,08	01:22,66	01:23,87	01:19,45	01:26,52	01:07,03	01:08,63	01:04,06	01:16,39	01:14,02	01:12,34	01:17,07	01:16,65	1
01:46,89	01:36,22	01:35,93	01:46,25	01:44,33	01:47,32	01:33,02	01:38,95	01:42,59	01:34,39	01:45,71	01:46,05	01:47,08	01:46,76	01:38,59	01:31,01	01:41,80	01:39,66	01:44,67	01:50,93	01:40,71	1
00:46,37	00:44,40	00:43,69	00:39,58	00:38,57	00:37,35	00:39,08	00:42,25	00:40,61	00:38,91	00:39,99	00:40,06	00:40,56	00:41,34	00:44,85	00:43,02	00:39,75	00:38,64	00:46,44	00:47,87	00:43,96	18
01:31,47	01:35,68	01:25,68	01:28,64	01:29,18	01:28,14	01:29,12	01:32,56	01:33,27	01:36,24	01:28,46	01:29,88	01:30,55	01:32,65	01:38,24	01:32,19	01:35,24	01:31,66	01:29,11	01:34,28	01:30,63	6
01:59,36	01:58,44	02:00,05	02:02,55	02:15,31	02:20,25	02:15,34	02:30,06	02:25,34	02:18,99	02:06,78	02:01,23	02:14,10	02:09,13	02:10,81	02:02,86	02:03,07	02:01,51	02:22,68	02:17,41	02:09,16	0
01:38,01	01:31,55	01:45,34	01:34,24	01:49,23	01:36,20	01:37,65	01:32,04	01:39,99	01:40,22	01:52,87	01:37,93	01:37,01	01:35,00	01:38,89	01:34,66	01:36,09	01:43,02	01:35,52	01:37,81	01:39,63	0

## APÉNDICE 3: MANUAL DEL OPERARIO PARA LA PREPARACIÓN DEL PROCESO FILL

	Instrucción de trabajo	Documento:  Manual del Operario
Fecha: Febrero 13, 2025	Autor:	Fecha de aprobación:
Departamento: Automation	Aprobador: Automation Manager	Página: 310 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>		

**Propósito:** el propósito de esta instrucción de trabajo es complementar la estandarización del proceso Fill mediante instrucciones claras para la preparación del proceso.

**Alcance:** esta instrucción de trabajo aplica al personal de producción que realiza la operación Fill en la empresa Samtec.

### SEGURIDAD

#### Consideraciones de seguridad

- **Equipo de protección personal (EPP):** utilice gafas de seguridad cuando emplee aire comprimido, para prevenir accidentes.
- **Controles de seguridad:** guardas de seguridad y el botón de emergencia.

### PREPARACIÓN PARA EL PROCESO

#### 1.0 Hoja de trabajo

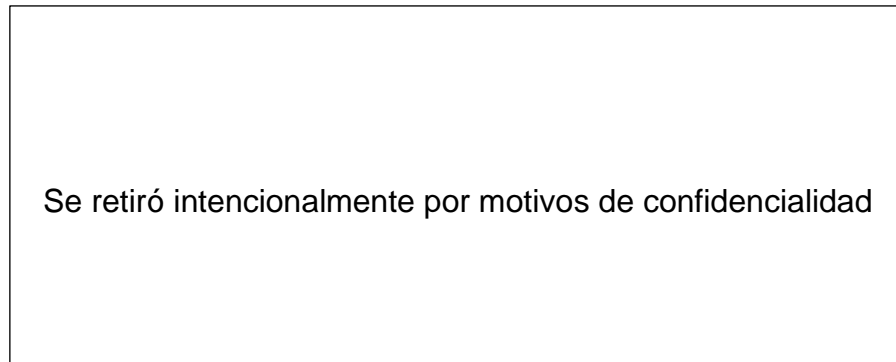
#### 1.1 Interpretación de la hoja de trabajo

##### 1.1.1 Asegurarse de contar con la hoja de trabajo correcta

Tome la hoja de trabajo y verifique que la información coincide con el material.

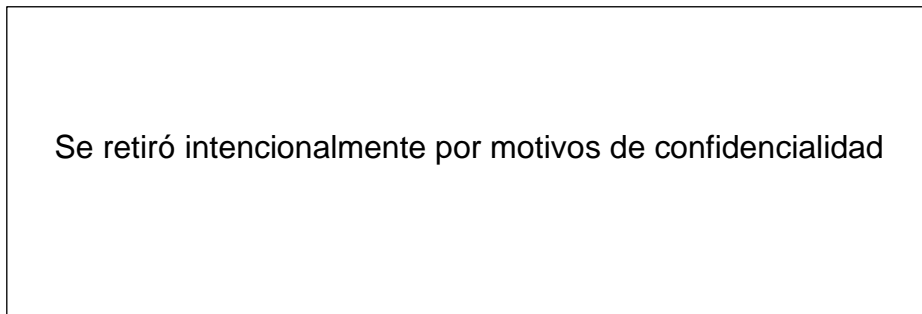
Departamento: Automation	Aprobador: Automation Manager	Página: 2 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>		

**Figura 1.1.1: Ejemplo de un número de parte que se debe verificar**



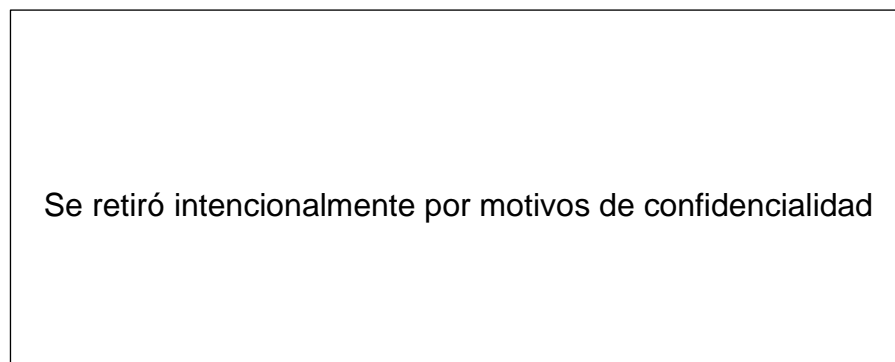
**1.1.2 Verifique que el material coincide con la lista del material en la hoja de trabajo. También este se puede consultar en la hoja de trabajo, en “Material requirements”.**

**Figura 1.1.2: Ejemplo de una lista de materiales**



**1.1.3 Prepare el embalaje requerido, este se puede identificar en la hoja de trabajo, en la sección “Process orders”.**

**Figura 1.1.3: Embalaje requerido**



Departamento: Automation	Aprobador: Automation Manager	Página: 3 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>		

La figura 1.1.3 indica que el proceso Fill 1 lleva *layer*, mientras que Fill 2, *tube*.

## 2.0 Tipos de empaque

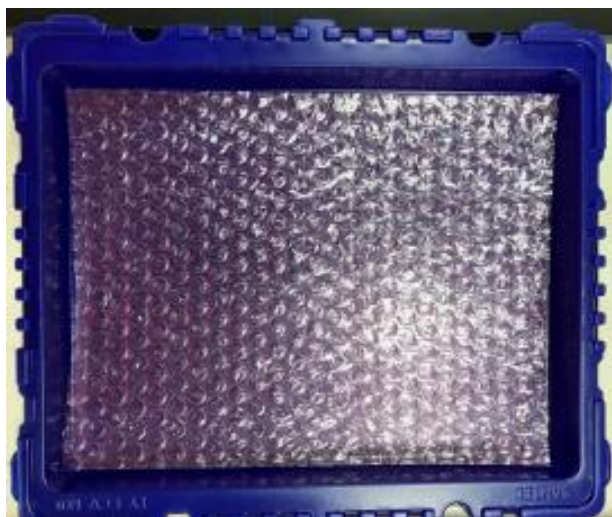
### 2.1 Layer y uniform

- Debe utilizar los siguientes materiales para el empaque *layer*.

**Figura 2.1.1: Bins azules con lámina doble burbuja (3/16" x 6" x 24")**



**Figura 2.1.2: Tray y layer de foam**

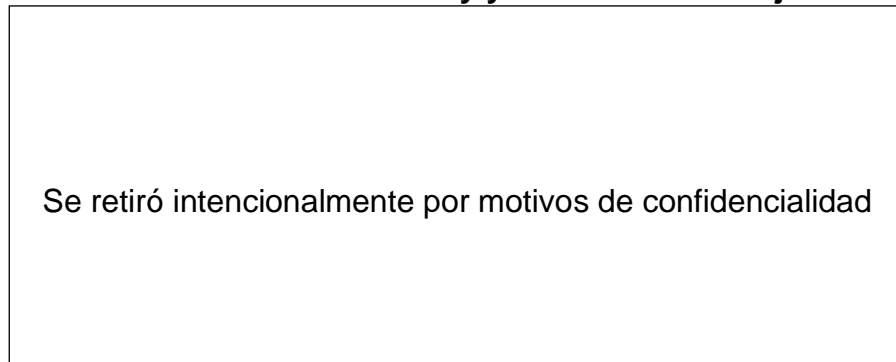


Departamento: Automation	Aprobador: Automation Manager	Página: 4 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>		

## 2.2 Trays

- Diríjase a la sección “Materials requirements” con el prefijo TY-XXXX.
- Ubique el *tray* correcto, como muestra la imagen de abajo.
- Verifique la cantidad requerida.

**Figura 2.2.1: Identificación del tray y cantidad en la hoja de trabajo**



- Tome el *tray* y verifique el número de parte en la parte inferior izquierda.

**Figura 2.2.2: Verificación del part number en tray**

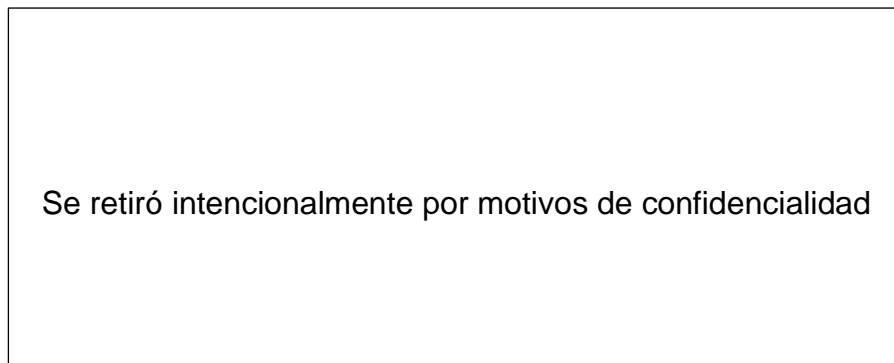


Departamento: Automation	Aprobador: Automation Manager	Página: 5 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>		

### 2.3 Tubes

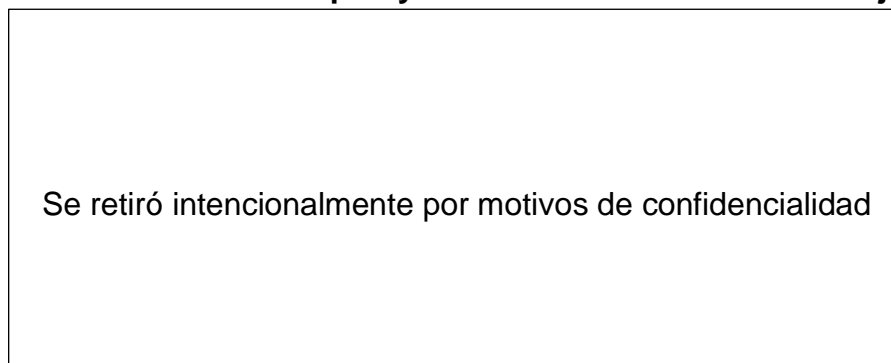
- Diríjase a la sección “Materials requirements” con el prefijo PT-XXXX.
- Ubique el *tube* correcto, como muestra la imagen de abajo.
- Verifique la cantidad requerida.

**Figura 2.3.1: Identificación del tube y cantidad necesaria en la hoja de trabajo**



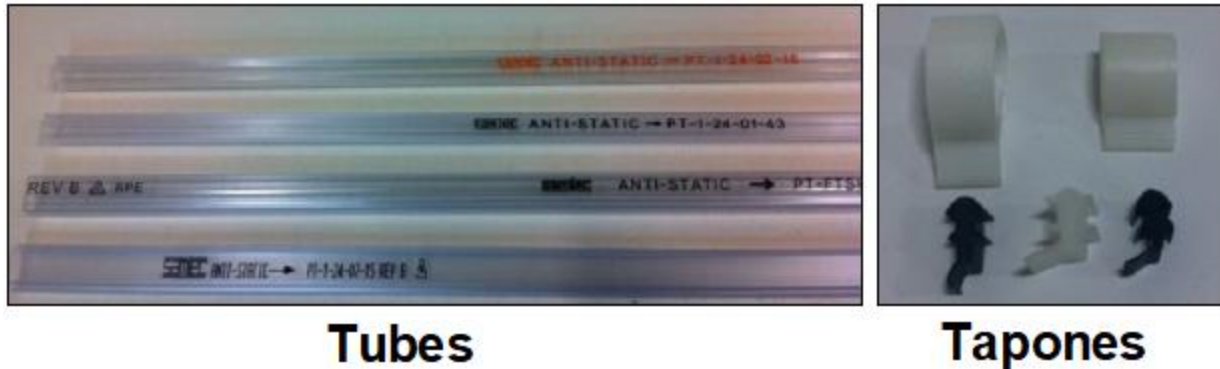
- Localice en la hoja de trabajo los tapones que necesitan los *tubes*.
- Ubique los tapones correctos, como muestra la imagen de abajo.
- Verifique la cantidad requerida.

**Figura 2.3.2: Identificación del tapón y la cantidad necesaria en la hoja de trabajo**



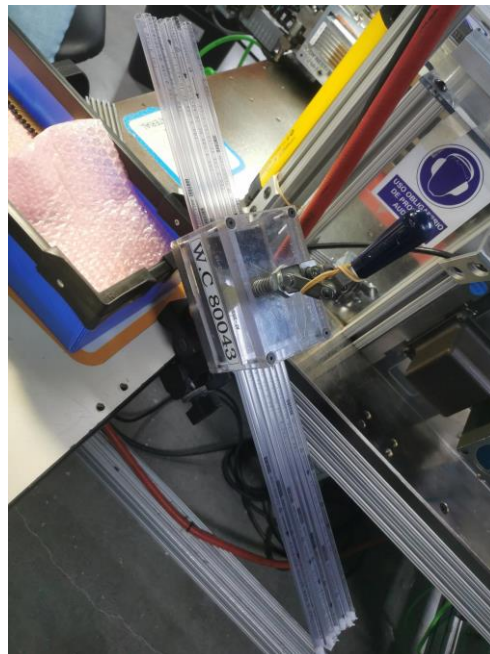
Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	6 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

**Figura 2.3.3: Tubes y tapones**



- Para el proceso de empaque en *tubes*, debe contar con el accesorio *tube holder*. Esto se prepara antes de iniciar el trabajo.

**Figura 2.3.4: Tube holder AT-2524-000-04**

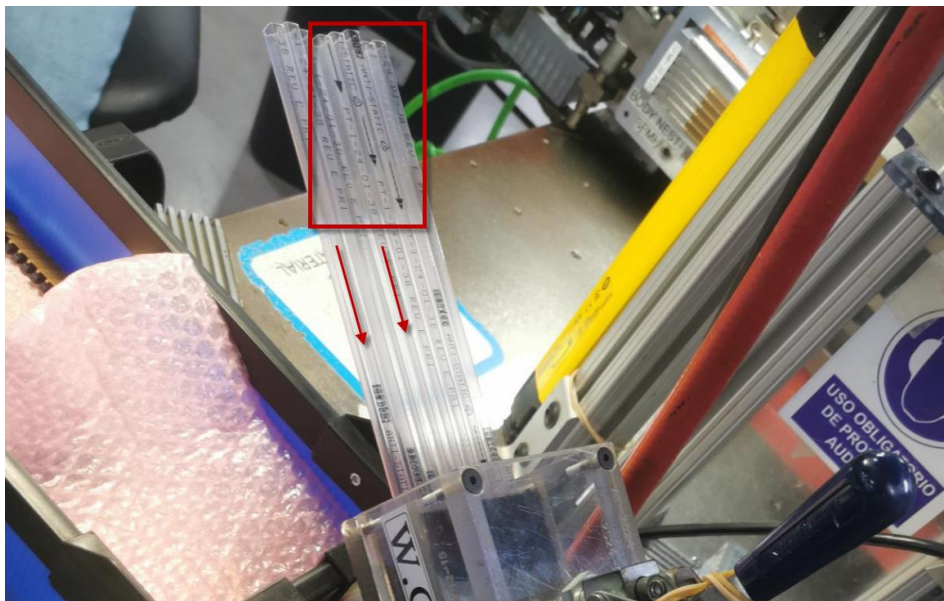


- Debe ubicarse cerca de la estación de trabajo, como se muestra en la figura 2.3.4, con el fin de que el personal alcance a colocar los conectores descargados del nido durante el proceso. Esto agiliza el trabajo al no tener que sostener el *tube* con la mano.

Departamento: Automation	Aprobador: Automation Manager	Página: 7 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>		

- Coloque los *tubes* en el *tube holder* con las flechas hacia abajo y el tapón debidamente colocado en la parte inferior. Asegúrese de que el tapón no esté flojo.

**Figura 2.3.5: Colocación correcta de los tubes en el tube holder**



### 3.0 Interpretación de las vistas de empaque

#### 3.1 ¿Cómo localizar los planos?

3.1.1 Para colocar los *tubes* de manera correcta en el *tube holder*, debe guiarse por la vista de empaque, ubicada en el plano del conector.

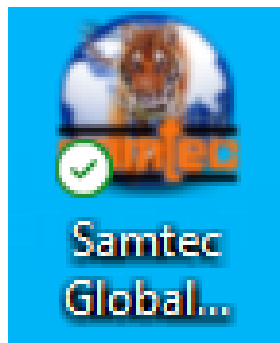
Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	8 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

- Para consultar el plano, debe seguir los siguientes pasos.

### 3.1.1.1 Ingresar a SGN

- Presione el icono del SGN con un clic.

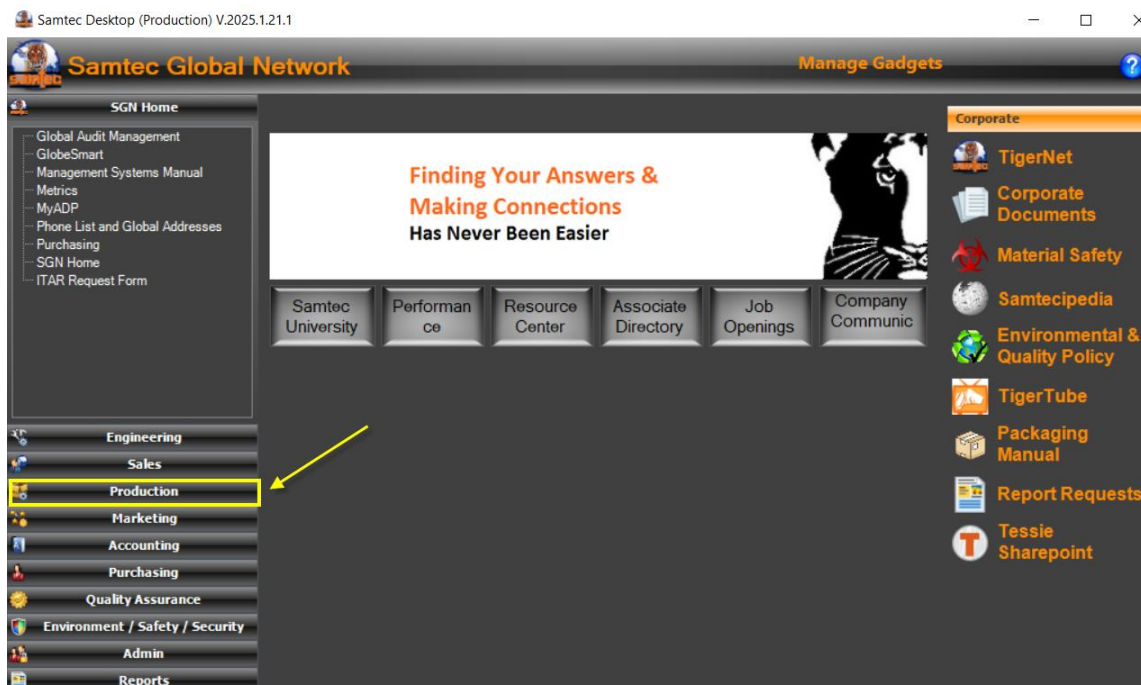
**Figura 3.1.1.1: Acceder a SGN**



### 3.1.1.2 Production

- Presione el botón “Production”, como se muestra en la siguiente imagen:

**Figura 3.1.1.2: Acceder a Production**

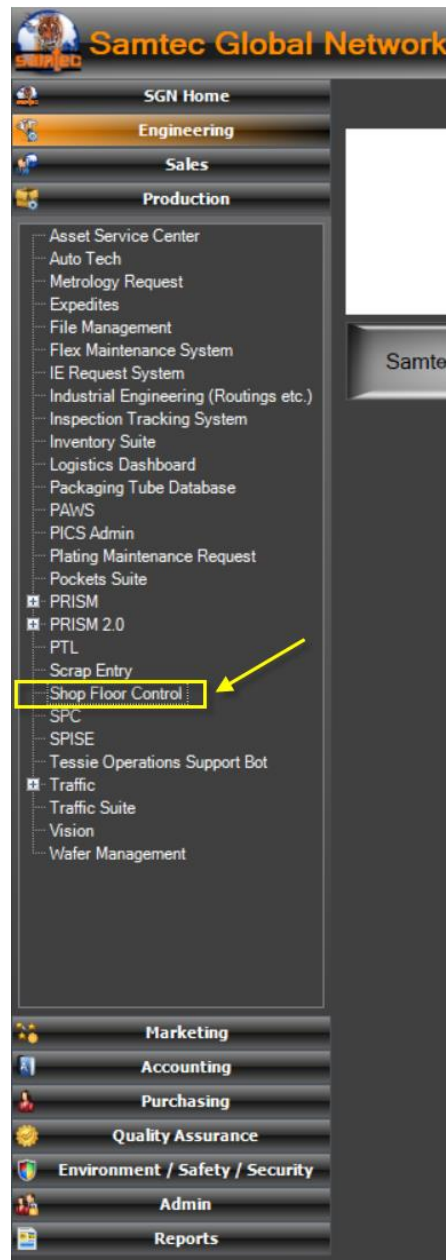


Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	9 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

### 3.1.1.3 Shop Floor Control

- En la siguiente ventana, presione “Shop Floor Control”:

**Figura 3.1.1.3: Acceder a Shop Floor Control**

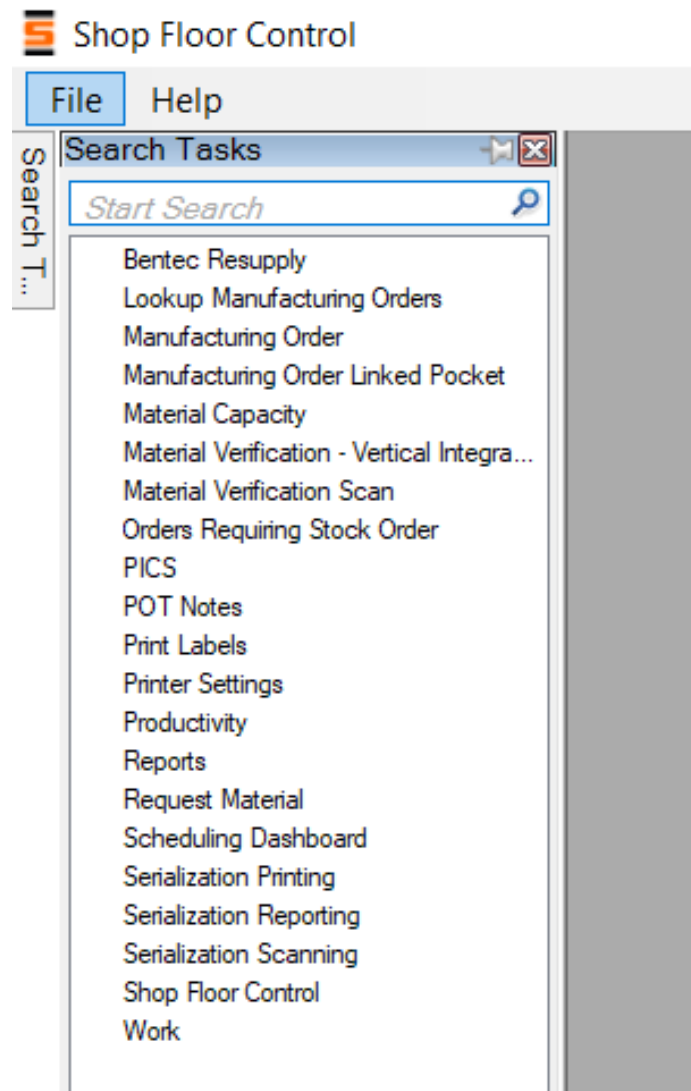


Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	10 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

### 3.1.1.4 Desplegar la pestaña search en la esquina superior izquierda

- En la esquina superior izquierda, se despliega la siguiente ventana:

**Figura 3.1.1.4: Pestaña de opciones**

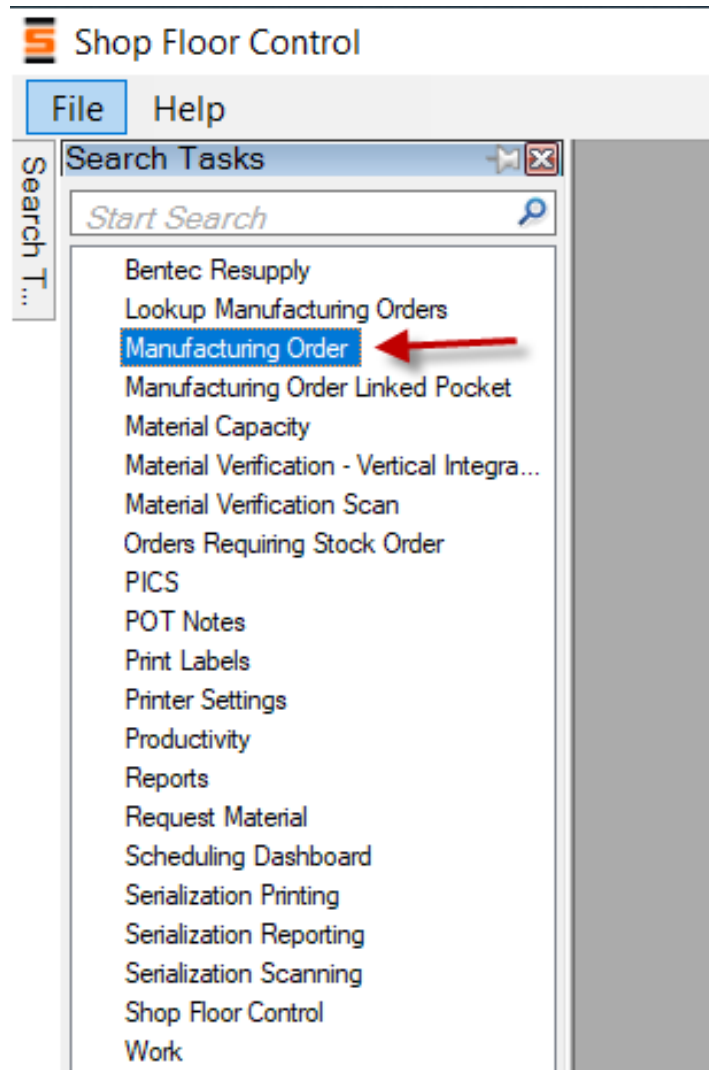


Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	11 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

### 3.1.1.5 Manufacturing order

- Seleccione la opción “Manufacturing order”.

**Figura 3.1.1.5: Manufacturing order**

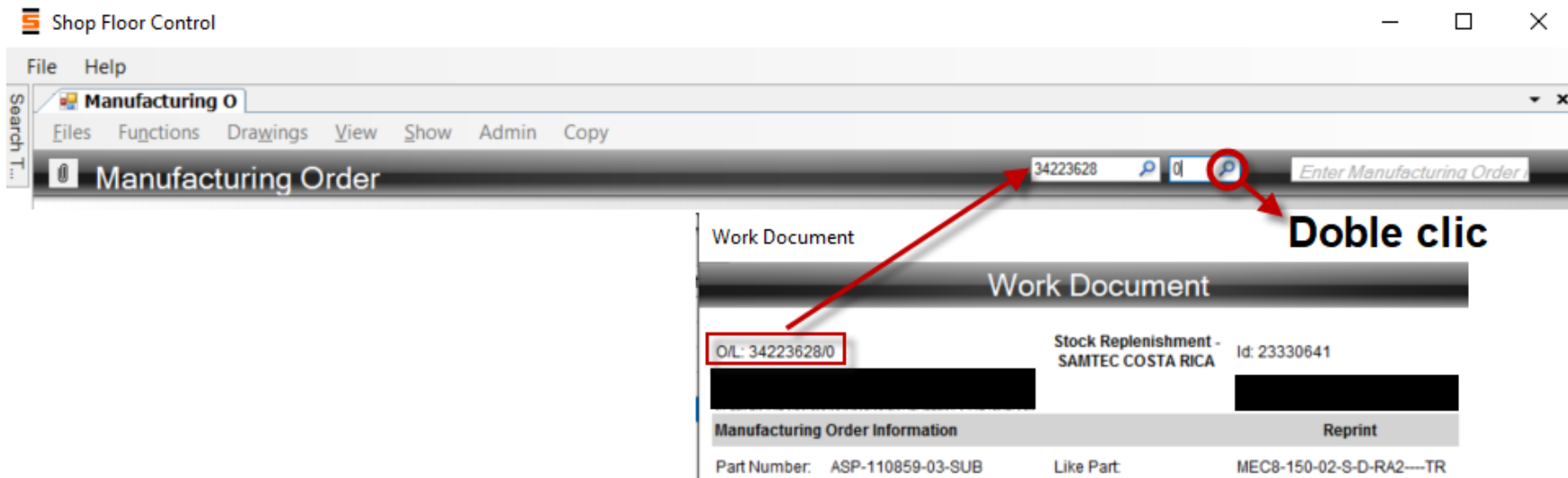


Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	12 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>					

### 3.1.1.6 Ingresar información

- Ingrese la información de la hoja de trabajo en el espacio que se muestra a continuación:

**Figura 3.1.1.6: Información de Manufacturing order**



Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	13 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

### 3.1.1.7 Selección de Drawings

- Seleccione el botón de la primera opción con el nombre “Drawings”.
- Se despliega una lista en la que debe seleccionar el primer plano.

**Figura 3.1.1.7: Selección de Drawings**

The screenshot displays the 'Shop Floor Control' application interface. The 'Manufacturing Order' window is open, and the 'Drawings' menu is selected, showing a list of drawing IDs. The first drawing, 'ASP-110859-03-SUB', is highlighted. The background shows a manufacturing order for part 'ASP-111762-01-B-CR' with various fields for dates, quantities, and work centers. Below the main window, there are two tables: 'Material Requirements' and 'Process Order'.

Part Number	Quantity Requir	Quantity Iss	Quantity Remaini	Manufacturing Start D	FulfillmentSessio	FulfillmentSessionNa	Supplier	OnHandNonQuarantinedMa	Notes
ASP-111763...	275000	275000	0	12/31/2024	0		Samtec...	1983175	
ASP-111765...	275000	275000	0	12/31/2024	0		Samtec...	1943872	
ASP-111762...	5500	5233	267	12/31/2024	0		Samtec...	0	
TP-07- CRCH	834	834	0	12/31/2024	0		Samtec...	7500	
PT-1-24-01-...	417	417	0	12/31/2024	0		Samtec...	1866	

Id	Process	PICS	Work Center	Operation	Order Quant	ProcessQtyReq	Complete	Remainin	Run Hours	Routing	Setup Hour	Hours Remaini	Due Date
10046...	FILL/AUTOMATED (1)/LAYER...	✓	80025: SAM...	1000	5000	5000	5641	0	23.8100	1	0.12	0	01/21/2025
10097...	100% VISUAL INSPECTION		80025: SAM...	1100	5000	5000	2579	2421	5.0000	MA	0.01	2.421	01/21/2025
10046...	FILL/AUTOMATED (2)/LOAD T...	✓	80025: SAM...	30000	5000	5000	5416	0	30.0000	1	0.12	0	01/21/2025

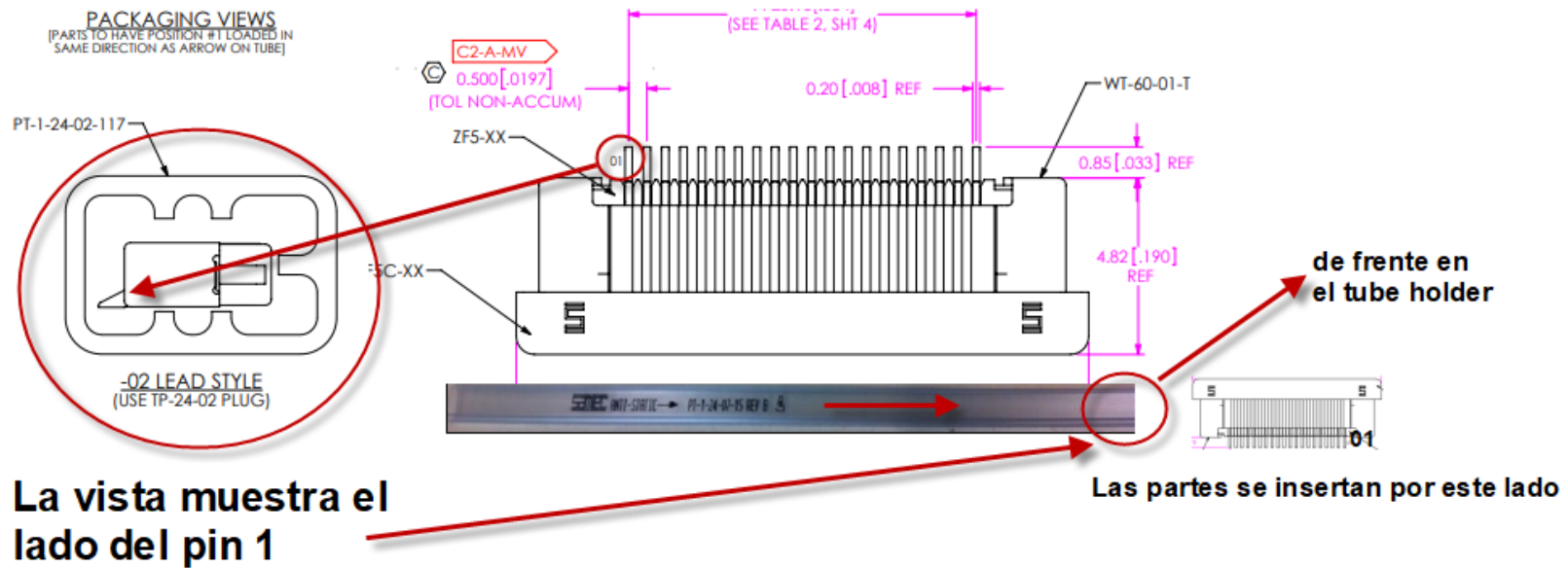
Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	14 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

### 3.2 Interpretación de las vistas para el empaque en *tube*

3.2.1 Al ingresar al plano, debe buscar la vista de empaque, esta puede ser de dos maneras:

3.2.1.1 Vista estándar: muestra de frente el lado del pin #1 (debe dar vuelta al *tube* 180 grados para colocarlo en el *tube holder*).

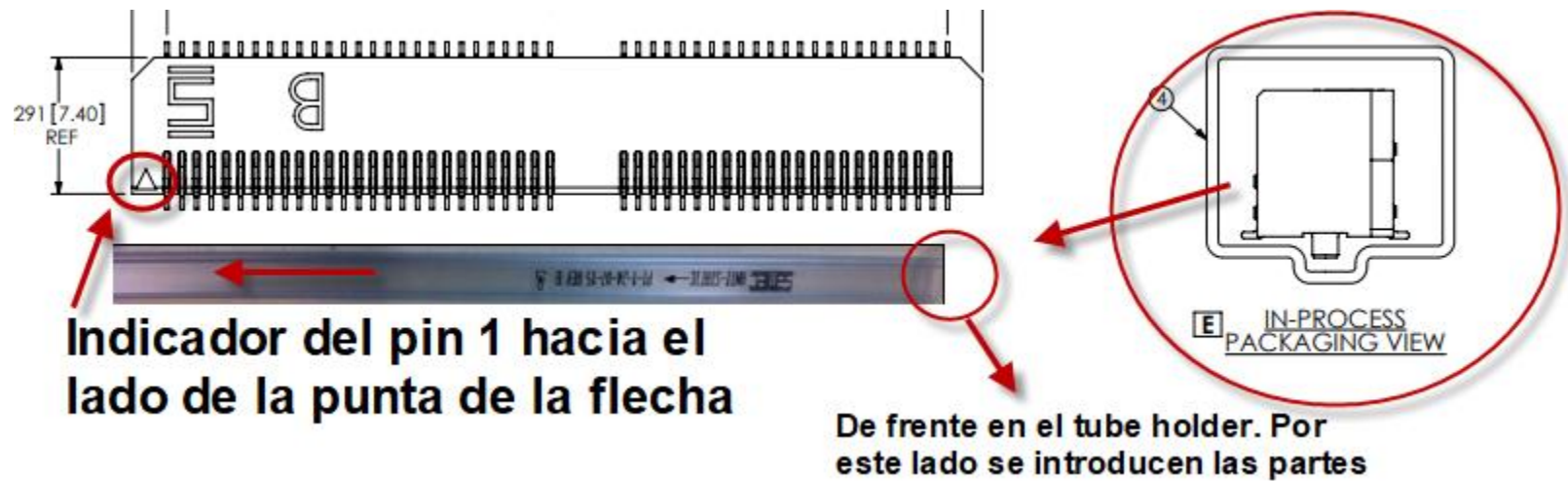
Figura 3.2.1.1: Interpretación de la vista estándar



Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	15 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

**3.2.1.2 In-process view:** indica la manera en que se inserta la parte en el *tube* (se coloca en el *tube holder*, tal como se muestra).

**Figura 3.2.1.2 Interpretación in-process view**



### 3.3 Interpretación del plano para el empaque en tray

- El plano del conector no es muy detallado para este tipo de empaque, por lo tanto, se debe interpretar de forma diferente.


Departamento: Automation	Aprobador: Automation Manager	Página: 16 de 19
Título: <b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>		

### 3.3.1 ¿Cómo asegurarse de que el empaque debe ser tray?

- Debe consultar la parte de notas del plano.

#### Figura 3.3.1: Notas del plano

##### NOTES:

1.  REPRESENTS A CRITICAL DIMENSION.
2. MAXIMUM BURR ALLOWANCE: .0010 [.025]
3. MINIMUM PUSHOUT FORCE: 5 OZ.
4. IF NEEDED, -L PLATING CAN BE SUBSTITUTED FOR -F PLATING.
5. TIPS OF TERMINALS MAY NOT EXTEND BEYOND THIS SURFACE.
6. ASSEMBLIES TO BE PACKAGED IN TRAYS.
7. NOT RECOMMENDED FOR INVERTED REFLOW SOLDER.

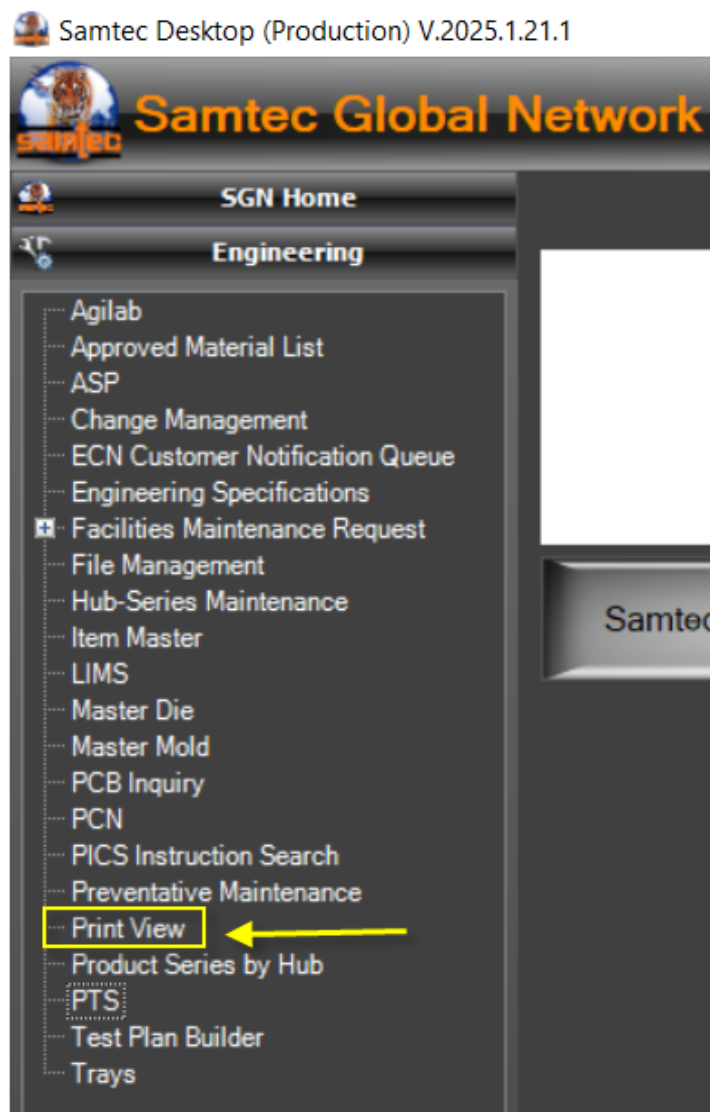
- Como se aprecia en la hoja de trabajo, el empaque debe ser *tray*. Si no encuentra la vista de empaque, debe realizar la búsqueda del plano del *tray*.
- En caso de que se requiera efectuar la búsqueda del plano, lleve a cabo los siguientes pasos:

Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	17 de 19
Título:	<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>				

### 3.3.2 Buscar el plano del tray

#### 3.3.2.1 Ingrese a SGN, luego seleccione “Engineering” y “Print view”.

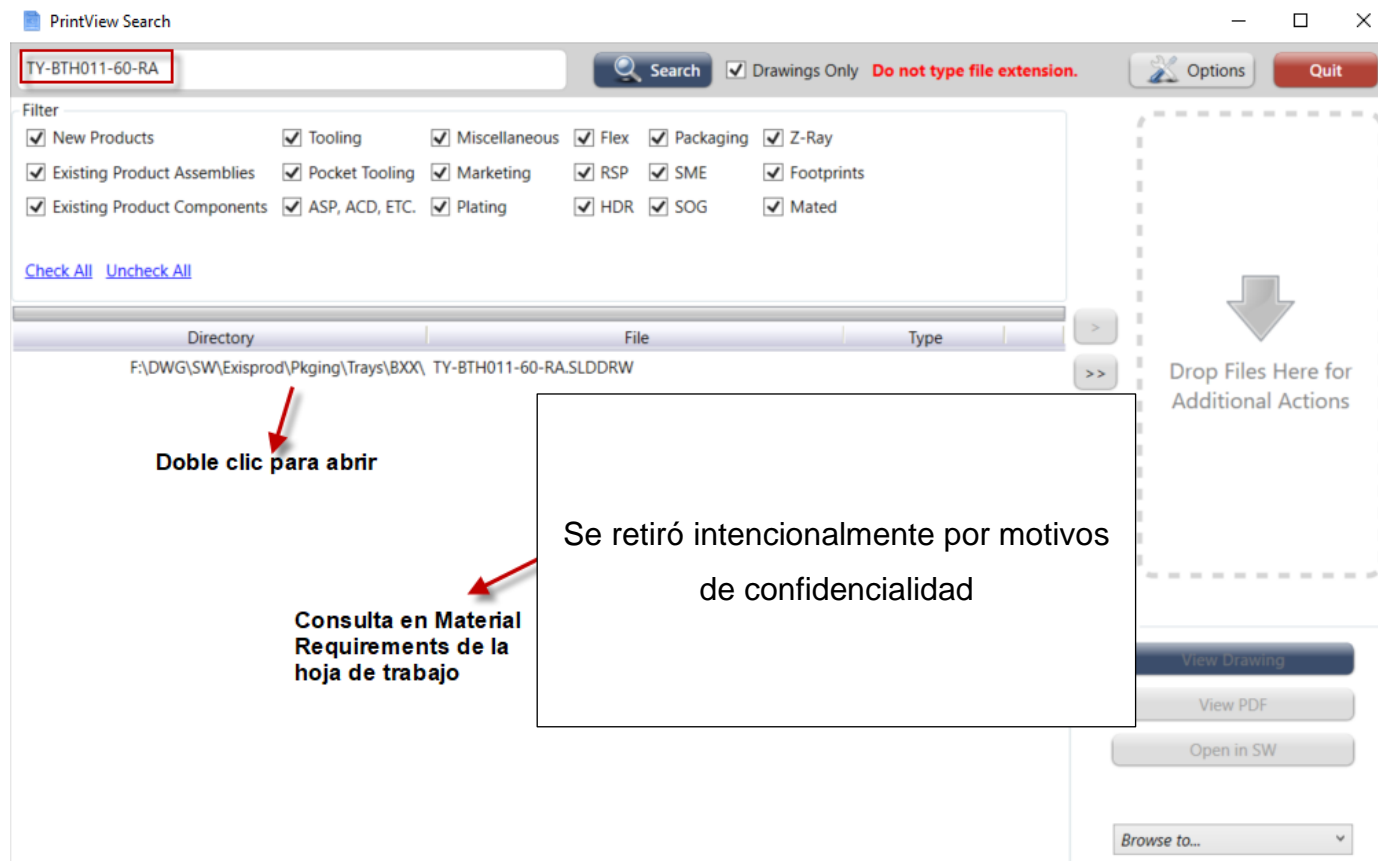
Figura 3.3.2.1: Ingresar a Print view



Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	18 de 19
Título:					
<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>					

### 3.3.2.2 En el buscador, coloque el nombre del *tray*.

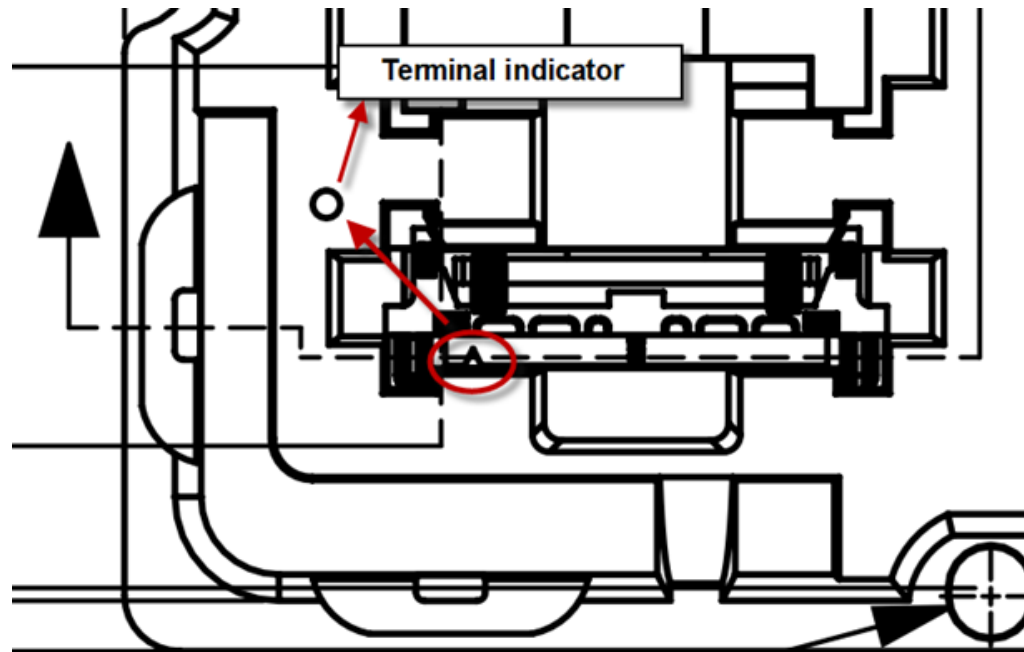
**Figura 3.3.2.2: Buscar el plano del tray en Print view**



Departamento:	Automation	Aprobador:	Automation Manager	Página:	19 de 19
Título:					
<b>Consideraciones previas para el proceso Fill</b>					

**3.3.2.3 Coloque los conectores en la cavidad con el pin #1 hacia el *terminal indicator*, a menos que el plano indique lo contrario. Las cavidades cuentan con características infalibles para evitar errores de colocación, solo debe asegurarse de que las partes se ensamblen de manera correcta en la cavidad.**

**Figura 3.3.2.3: Ejemplo de interpretación del plano del tray**



**Fin del documento.**

## APÉNDICE 4: ESTUDIO DE TIEMPOS Y MÉTODOS DE LA PROPUESTA 2

### Estudio de tiempos ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR

<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por	7%	0,07
Suplemento base por fatiga	4%	0,04
<b>Suplementos variables</b>		
Ligeramente incómoda	1%	0,01
Monotonía	4%	0,04
<b>Total suplementos</b>	<b>16%</b>	<b>0,16</b>

<b>Calificación de actuación proceso Fill</b>		
Habilidad	C1	0,06
Esfuerzo	C1	0,05
Condiciones	C	0,02
Consistencia	C	0,01
<b>Total C</b>		<b>0,14</b>

Estudio de tiempos ASP-191063-01/SFMH-110-02-XX-D-LC-TR				
	Fill 1		Fill 2	
# de corrida	Tiempo vuelta a cero	Tiempo continuo	Tiempo vuelta a cero	Tiempo continuo
1	00:43,05	00:43,05	00:51,16	01:34,21
2	00:35,15	00:35,15	00:48,89	01:24,04
3	00:40,87	00:40,87	00:45,35	01:26,22
4	00:37,06	00:37,06	00:46,74	01:23,80
5	00:35,55	00:35,55	00:38,49	01:14,04
6	00:38,49	00:38,49	00:39,65	01:18,14
7	00:29,51	00:29,51	00:55,23	01:24,74
8	00:32,45	00:32,45	00:53,09	01:25,54
9	00:35,68	00:35,68	00:58,79	01:34,47
10	00:41,14	00:41,14	00:55,21	01:36,35
11	00:43,57	00:43,57	00:48,33	01:31,90
12	00:36,21	00:36,21	00:50,07	01:26,28
13	00:38,25	00:38,25	00:52,18	01:30,43
14	00:45,89	00:45,89	00:56,94	01:42,83
15	00:40,23	00:40,23	00:45,19	01:25,42
16	00:47,38	00:47,38	00:53,68	01:41,06
17	00:40,78	00:40,78	00:59,31	01:40,09
18	00:33,28	00:33,28	00:55,36	01:28,64
19	00:32,19	00:32,19	00:57,10	01:29,29
20	00:30,52	00:30,52	01:01,08	01:31,60
21	00:39,47	00:39,47	00:58,62	01:38,09
22	00:48,01	00:48,01	00:44,27	01:32,28
23	00:38,43	00:38,43	00:58,73	01:37,16
24	00:42,08	00:42,08	00:52,43	01:34,51
25	00:45,63	00:45,63	00:59,41	01:45,04
26	00:46,13	00:46,13	00:57,80	01:43,93
27	00:34,66	00:34,66	00:44,54	01:19,20
28	00:49,54	00:49,54	00:51,31	01:40,85
29	00:55,30	00:55,30	00:49,63	01:44,93
30	00:43,21	00:43,21	00:57,11	01:40,32
T.O	00:30,42		00:51,69	01:22,11
F.C	1,14		1,14	
T.N	00:34,68		00:58,93	01:33,61
Suplementos	1,16		1,16	
T.ES.	00:40,23		01:08,35	01:48,58

<b>Tiempo de ciclo</b>	01:33,61
------------------------	----------

Estudio de tiempos ASP-110859-03-SUB-MEC8-150-02-S-D-RA2-TR

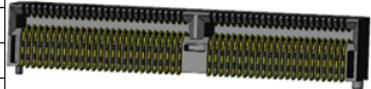





<b>Suplementos constantes</b>	<b>%</b>	<b>Valor</b>
Suplemento por necesidades personales	7%	0,07
Suplemento base por fatiga	4%	0,04
<b>Suplementos variables</b>		
Ligeramente incómoda	1%	0,01
Monotonía	4%	0,04
<b>Total suplementos</b>	<b>16%</b>	<b>0,16</b>

<b>Calificación de actuación proceso Fill</b>		
Habilidad	B1	0,11
Esfuerzo	B1	0,1
Condiciones	C	0,02
Consistencia	C	0,01
<b>Total C</b>		<b>0,24</b>

<b>Estudio de tiempos ASP- 110859-03-SUB-MEC8-150- 02-S-D-RA2-TR</b>	
	<b>Fill 2</b>
<b># de corrida</b>	<b>Tiempo</b>
1	01:01,00
2	00:50,00
3	01:02,51
4	00:50,23
5	00:55,35
6	00:49,74
7	00:53,82
8	00:54,06
9	01:03,26
10	00:53,49
11	00:47,98
12	00:57,59
13	00:58,16
14	00:50,35
15	00:56,05
16	01:02,39
17	00:59,44
18	00:53,32
19	00:57,79
T.O	00:55,93
F.C	1,24
T.N	01:09,35
Suplementos	1,16
T.ES.	01:20,45

<b>Tiempo de ciclo</b>	<b>01:09,35</b>
------------------------	-----------------

Mejora del método ASP-110859-03-SUB-MEC8-150-02-S-D-RA2-TR Fill 2: se elimina el tiempo de espera por el uso del *tube holder*.

Cursograma analítico							
Diagrama Num: 7	Resumen						
Producto: ASP-110859-03-SUB-MEC8-150-02-S-D-RA2-TR	Actividad	Actual	Propuesta	Economía			
Actividad: Fill 2	Operación	7	7	0			
Método: Actual	Transporte	0	0	0			
Lugar: M-125	Espera	1	0	1			
Operario (s): Operaria 6	Inspección	1	1	0			
	Almacenamiento	1	1	0			
	Distancia (m)	0 m	0	0			
Compuesto por: Jorge Jiménez Jiménez	Tiempo total	1:13 min	0:57s	16s			
Aprobado por:	Tiempo de espera	16 s	0s	16s			
Descripción	Tiempo	Símbolo					Observaciones
							
Cargar bodies en el nido	5s	X					Se colocaron manualmente sin magazine
Colocar end cap	3s	X					Se coloca tapa que sostiene los bodies plásticos
Pulsar los dos botones de palma para activar máquina	2s	X					El operario acciona la máquina
Máquina ejecuta el proceso de llenado de pines	36s	X					La máquina inicia el ciclo
Inspección visual de los conectores	10s		X				Se realiza mientras la máquina trabaja
Limpieza de conectores anteriormente procesados	6s	X					Se realiza mientras la máquina trabaja
Almacenar conectores terminados en tubes	15s					X	Operario sostiene tubes con su mano
Retiro del carrier	5s	X					Se ejecuta luego de que la máquina se detiene
descargar nido con bodies procesados	6s	X					Se finaliza un ciclo y vuelve a empezar
Total	0:57s						

# ANEXO 1: COTIZACIÓN DEL TUBE HOLDER

Datum, Inc.

Remit To:  
 PO Box 206  
 Henryville, IN 47126  
 812-294-1221 Fax 812-294-1552

## Quotation

DATE	Quotation NO.
8/24/2016	7987

NAME / ADDRESS
Samtec P.O. BOX 1147 New Albany, IN 47150-1147

DESCRIPTION	P.O. NO.	JOB NUM	
	E-81411-12	876	
	QTY	RATE	TOTAL
WE ARE PLEASED TO QUOTE THE FOLLOWING COMPONENTS FOR SAMTEC. NOTE THIS QUOTE IS BASED ON PRINTS RECEIVED ON 8/2/16.  AT-2524-000-04 ASSY. (NOTE PRINTS ARE STILL BEING UPDATED AND THIS PRICE IS BASED ON WHAT HAS BEEN DISCUSSED)  TERMS: BALANCE DUE NET 30 DAYS FROM DELIVERY. DELIVERY: DELIVERED TO SAMTEC9/7/16	10	165.00	1,650.00
<b>TOTAL</b>			\$1,650.00

Thank you for your business Please call if we can serve you in the future.

**ANEXO 2: PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LAS MÁQUINAS XOLC**

Se retiró intencionalmente por motivos de confidencialidad

Se retiró intencionalmente por motivos de confidencialidad

Se retiró intencionalmente por motivos de confidencialidad

Se retiró intencionalmente por motivos de confidencialidad