

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO



**PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ**

**MEJORA DE LA EFICIENCIA DE FORMACIÓN DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN
DE ENVASES DE VIDRIO**

Tesis para optar el grado de Magíster en Ingeniería Industrial con mención en Gestión de
Operaciones

RENZO FRANCISCO CARDENAS LINO

Asesor: César Augusto Stoll Quevedo

Lima, Noviembre 2019

RESUMEN

La presente investigación titulada “Mejora de la eficiencia de formación en una planta de fabricación de envases de vidrio” tiene el objetivo de determinar como la metodología Lean Six Sigma bajo la estructura DMAIC mejora la eficiencia de formación en la línea A2 de la zona caliente de producción en donde se forman los envases de boca ancha.

Para la sustentación del estudio se siguió la metodología sugerida por los profesores canadienses Salah Rahim y carretero en su investigación “The integration of Six Sigma and Lean management”, la cual fue publicada en la International Journal of Lean Six Sigma. La investigación ofrece un estudio de las diversas metodologías de Lean Six Sigma aplicadas a diversos problemas alrededor del mundo. Los autores definen 6 tipos de modelos aplicados según el estudio de todas las metodologías aplicadas. Incluso, las herramientas usadas en cada uno de los estudios revisados no son los mismos. Es decir, hay una elaboración de receta según el tipo de problema en investigación.

Dada la situación explicada en el párrafo anterior, los autores sugieren el Modelo 6 de Lean Six Sigma, en donde se aplican las herramientas de Lean y Six Sigma de manera simultánea. Además, se enfocan en un mismo problema, se definen los objetivos y se busca mejorar la eficiencia reduciendo la variabilidad y reduciendo los tiempos improductivos. Esta metodología propuesta sigue la estructura DMAIC. Sin embargo, los autores sugieren elaborar la propia receta del uso de herramientas, según el tipo del problema en estudio.

Por lo descrito en párrafos anteriores, en la aplicación de la metodología en las 5 fases de la estructura DMAIC, se define el alcance y los objetivos y se encuentra que el principal problema de la eficiencia de formación está asociado a los errores de inspección en la zona caliente o primera fase de inspección, errores asociados a los equipos de moldura, equipos variables en mal estado, la generación de calibraciones inadecuadas, falta de registros de control, entre otras.

La metodología establecida permitió establecer planes de mejora para generar un ahorro producto del incremento de la eficiencia actual de 78.76% a 82%.

INDICE

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO	14
1.1. Ingeniería de Métodos.....	14
1.1.1. El Estudio de Métodos	15
1.1.2. La Medición del Trabajo.....	16
1.1.3. Ergonomía	18
1.1.4. Herramientas del Estudio del Trabajo	19
1.1.4.1. Diagramada de Operaciones de Proceso (DOP)	19
1.1.4.2. Diagrama de Actividades de Proceso (DAP)	20
1.1.4.3. Diagrama de Recorrido.....	21
1.1.4.4. Análisis de métodos	22
1.2. Filosofía de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)	22
1.2.1. La gestión por procesos.....	22
1.2.2. Descripción de la Manufactura Esbelta	24
1.2.2.1. Estructura del Sistema Lean.....	25
1.2.2.2. Despilfarro vs valor añadido	27
1.2.2.3. Mejora continua y Kaizen	27
1.2.3. Principios de Manufactura Esbelta.....	28
1.3. Herramientas de Manufactura Esbelta.....	29
1.3.1 Value Stream Mapping.....	29
1.3.2. Cambio Rápido SMED (Sigle Minute Exchange or Die)	31
1.3.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)	33
1.3.4. Poka Yoke	34
1.3.5. Las 5S	35
1.3.5.1. Seiri – Clasificar	35
1.3.5.2. Seiton – Ordenar	36
1.3.5.3. Seiso – Limpieza	36
1.3.5.4. Seiketsu – Estandarizar.....	37
1.3.5.5. Shitsuke – Disciplina	37
1.3.6. Justo a tiempo.....	38
1.3.7. Gestión Visual.....	38
1.4. Six Sigma.....	41
1.4.1. El enfoque Six Sigma y el DMAIC	42

1.4.2. Herramientas de la calidad.....	45
1.4.2.1. Diagrama de flujo	46
1.4.2.2. Hoja de verificación	46
1.4.2.3. Diagrama causa – efecto.....	47
1.4.2.4. Curva de Pareto	49
1.4.2.5. Histograma	49
1.4.2.6. Diagrama de dispersión.....	50
1.4.2.7. Gráfica de Control	51
1.4.2.8. SIPOC (Supplier – Input – Process – Output – Customer).....	51
1.5. Casos de éxito de plantas de envases de vidrio	52
CAPITULO II MARCO METODOLÓGICO.....	57
2.1. Lean Six Sigma (LSS)	57
2.2. Modelo aplicados de Lean Six Sigma	58
2.2.1. Modelo 1: Six Sigma es parte de Lean.....	58
2.2.2. Modelo 2 Lean es parte de Six Sigma.....	58
2.2.3. Modelo 3: Lean es paralelo a Six Sigma para diferentes problemas	59
2.2.4. Modelo 4: Lean es paralelo a Six Sigma para el mismo problema	60
2.2.5. Modelo 5: Aplicación de un modelo después del otro – en serie	60
2.3. Estructura de implementación	62
CAPITULO III ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	69
3.1. Descripción de la empresa	69
3.2. Descripción del proceso de producción	69
3.2.1. Máquinas y equipos principales que intervienen en producción	71
3.2.2. Descripción del proceso de formación	71
3.3. Términos relacionados al proceso de producción	74
CAPÍTULO IV IDENTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	76
A. Análisis cualitativo.....	76
B. Comparación de las metodologías	83
C. Análisis Multicriterio Discreta (AHP).....	85
4.1 FASE DEFINIR.....	95
4.1.1. Identificación de oportunidades de mejora	95
4.1.2. Identificación de los clientes y sus necesidades.....	96
4.1.2.1. La Voz del Cliente (VOC).....	96

4.1.3. Determinación de los CT1 – Critical to Quality	97
4.1.4. Identificación de los Stakeholders y formación del equipo de trabajo	97
4.1.5. Desarrollo de flujos a alto nivel	99
4.1.5.1. Mapa de proceso.....	99
4.1.5.2. Diagrama de operaciones de proceso (DOP) de la producción	100
4.1.5.3. Diagrama de Flujo de la producción	102
4.1.5.4. Diagrama SIPOC.....	103
4.1.6 Revisión del problema.....	103
4.1.6.1 Descripción de la línea de producción en estudio	103
4.1.6.2 Descripción del cambio de referencia	104
4.1.7. Definición del Plan de Proyecto	107
4.2. FASE MEDIR	108
4.2.1. Plan de recolección de datos	108
4.2.2. Relevamiento de procesos As Is (situación actual)	109
4.2.3. Medición del desempeño	112
4.2.3.1. Fase Cambio de formato	113
4.2.3.2. Fase Estabilización.....	114
4.2.3.3. Eficiencia de formación.....	114
4.2.3.4. Tipos de cambio de formato	117
4.2.3.5. Tiempos en cada tipo de cambio de formato	117
4.2.3.6. Eficiencias según cada tipo de cambio formato	118
4.2.4. Medición de muda: defectos	123
4.2.5. Medición de muda: tiempos improductivos.....	127
4.2.5.1. Estudio de tiempo de las inspecciones en zona caliente	128
4.2.5.2. Diagrama de actividades del proceso actual.....	140
4.2.6. Medición de la capacidad del proceso	143
Fase cambio de formato (12 primeras horas).....	144
Gráfica de control fase cambio de formato	144
Gráfica por atributos “p” - fase cambio de formato.....	145
Gráfica por atributos “p” - fase cambio de formato en la Hora 6”	146
Cálculo de la capacidad del proceso - fase cambio de formato	147
4.2.6.2. Medición del nivel Six Sigma del proceso actual.....	148
4.2.7. Impacto económico.....	149

4.3. FASE ANALIZAR	151
4.3.1. Determinación de posibles causas.....	151
4.3.1.1. Brainstorming	151
4.3.1.2. Diagrama de causa efecto (Ishikawa).....	154
4.3.2. Determinación de causas raíces por juicio de expertos.....	156
4.3.3. Justificación de las causa raíces.....	159
4.3.3.1. Justificación causa 1: Falla detección de defectos en la zona caliente ...	160
4.3.3.2. Justificación causa 2: Equipo variable en mal estado	167
4.3.3.3. Justificación causa 3: Equipo de moldura en mal estado	168
4.3.3.4. Justificación causa 4: Calibraciones inadecuadas	174
4.3.3.5. Justificación causa 5: Falta registros de inspección.....	175
4.3.3.6. Justificación causa 5: Falta de entrenamiento	175
4.3.3. Análisis 5 Why's.....	175
4.4. FASE MEJORAR	180
4.4.1. MEJORA I: Aplicado a las inspecciones.....	180
4.4.1.1. Implementación de las 5'S.....	180
4.4.2. MEJORA II: Certificación del equipo variable	190
4.4.2.1. SMED.....	190
4.4.3. MEJORA III: Verificación del tiempo de vida del equipo de moldura y cambio del proceso de reparación de piezas	196
4.4.4. MEJORA IV: Preparar un programa de capacitación con el involucramiento de los especialistas en la realización de calibraciones correctas	200
4.4.5. MEJORA V: Crear registros de inspección electrónicos y físicos de los defectos en la zona caliente.....	202
4.4.6. MEJORA VI: Crear un plan de capacitación con las necesidades encontradas en todas las actividades de mejora.	203
4.5. FASE CONTROL	204
4.5.1. Gráficas de control proceso actual	204
4.5.2. Capacidad del proceso actual	207
4.5.3. Gráfica de control del proceso mejorado.....	208
4.5.4. Capacidad del proceso mejorado.....	209
4.5.5. SIPOC, controles e indicadores	210
5. SIMULACIÓN DEL PROCESO	212
6. ANÁLISIS ECONÓMICO	216

6.1. Ahorros generados.....	216
6.2. Flujo de caja.....	217
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	218
7.1. Conclusiones.....	218
7.2 Recomendaciones.....	219
BIBLIOGRAFÍA.....	220



Índice de Figuras

Figura 1: Esquema del Estudio del Trabajo	14
Figura 2: Etapas del Estudio de Métodos.....	15
Figura 3: Descomposición del tiempo en una tarea.....	16
Figura 4: Etapas del Estudio de Métodos.....	17
Figura 5: Factores físicos en puesto de trabajo.....	18
Figura 6: Modelo de DOP	19
Figura 7: Modelo de DAP.....	20
Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Recorrido	21
Figura 9: Adaptación de la Casa Toyota	26
Figura 10: Ejemplo de Value Stream Mapping	30
Figura 11: Estructura del SMED.....	32
Figura 12: Ejemplo de Poka Yoke.....	34
Figura 13: Situación antes y después de implementación de las 5S	37
Figura 14: Modelo de Gestión Visual	39
Figura 15: Modelo Metodología para implementación Lean	40
Figura 16: Mapeo Visual de $Y = f(X)$	42
Figura 17: Ejemplo de Diagrama de Flujo	46
Figura 18: Modelo de Hoja de Verificación.....	47
Figura 19: Modelo de un Diagrama de Ishikawa	48
Figura 20: Modelo de Diagrama de Pareto	49
Figura 21: Histograma	50
Figura 22: Tipos de correlación.....	50
Figura 23: Estructura de una gráfica de control.....	51
Figura 24: Ejemplo de SIPOC.....	52
Figura 25: Modelo 1 Six Sigma es parte del Lean	58
Figura 26: Modelo 2 Lean es parte de Six Sigma.....	59
Figura 27: Modelo 3 Lean es paralelo a Six Sigma para diferentes problemas	59
Figura 28: Modelo 4 Lean es paralelo a Six Sigma para el mismo problema	60
Figura 29: Modelo 5 Aplicación de un modelo después del otro – en serie	61
Figura 30: Modelo 6 Lean y Six Sigma aplicados a la misma vez para el mismo problema	61
Figura 31: Esquema del DMAIC para la metodología Lean Six Sigma.....	68
Figura 32: Proceso de producción de envases de vidrio	69
Figura 33: Subproceso Proceso soplo y soplo	73
Figura 34: Subproceso Prensa y Soplo.....	73
Figura 35: Uso de metodologías de mejora	76
Figura 36: Herramientas en común de Six Sigma y Lean	78
Figura 37: Herramientas en común de Six Sigma y Lean	82
Figura 38: Flujo de los pasos de la técnica AHP	86
Figura 39: Árbol jerárquico de criterios y factores	87
Figura 40: Aproximaciones de mejora continua de procesos	88
Figura 41: Envases retenidos en el proceso de producción	95
Figura 42: Mapa de procesos	100
Figura 43: Diagrama de operaciones de la producción	101
Figura 44: Diagrama de Flujo de producción de envases de vidrio	102
Figura 45: Evolución de la eficiencia durante el proceso de formación	106
Figura 46: Diagrama de flujo actual del proceso de formación.....	110
Figura 47: Diagrama de operaciones del proceso de formación (DOP) actual	111
Figura 48: Fase cambio referencia y fase estabilización	112

Figura 49: Ejemplo de evolución de la eficiencia actual vs eficiencia ideal.....	113
Figura 50: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 1	118
Figura 51: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 2	119
Figura 52: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 3	119
Figura 53: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 4	120
Figura 54: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 5	120
Figura 55: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 6	121
Figura 56: Pareto de la frecuencia del tipo de cambios en el histórico	122
Figura 57: Evolución general de las eficiencias de formación	122
Figura 58: Histórico del 80% de defectos encontrados en producción	126
Figura 59: Selección de tipo de gráfico de control.....	144
Figura 60: Gráfica P para el JCI 12 primeras horas de producción	145
Figura 61: Gráfica P para el JCI en la sexta hora de producción.....	146
Figura 62: Capacidad del proceso fase cambio de referencia	147
Figura 63: Gráfica P para zona estable.....	148
Figura 63: Diagrama de Ishikawa.....	155
Figura 65: Diagrama de Pareto causas posibles	159
Figura 66: Pareto defectos encontrados en los envases 2018 no detectados	161
Figura 67: Flujo de inspecciones en zona caliente (Situación actual).....	162
Figura 68: Flujo de limpieza y reparación de moldes (situación actual).....	170
Figura 69: Identificación de la ubicación de las herramientas en la zona caliente	181
Figura 70: Pizarra donde se registran y borran los defectos encontrados en inspección	183
Figura 70: Formato de seguimiento de las 5's.....	186
Figura 72: Flujo propuesto Inspecciones en zona caliente	187
Figura 73: Esquema tiempo de preparación.....	191
Figura 74: Flujo propuesto limpieza y reparación de equipos de moldura	199
Figura 73: Seguimiento de la vida útil del equipo de moldura	200
Figura 76: DOP Cambio de formato considerando mejoras en el flujo del proceso	201
Figura 77: Formato de seguimiento de las variables de operación de la máquina IS	202
Figura 78: Gráfica P en zona estable proceso actual	205
Figura 79: Informe de la Gráfica P de Laney	205
Figura 80: Informe de estabilidad P de Laney	206
Figura 81: Informe de resumen P de Laney	206
Figura 82: Capacidad del proceso para atributos proceso actual	208
Figura 83: Informe de estabilidad la Gráfica P de Laney caso mejorado	208
Figura 84: Informe de resumen P caso mejorado	209
Figura 85: Gráfica de capacidad del proceso mejorado	209
Figura 86: SIPOC, indicadores y controles	210
Figura 87: Flujo propuesto para la generación de la simulación.....	212
Figura 88: Simulación en arena	214

Índice de Tablas

Tabla 1: Espíritu Kaizen: La mejora continua	27
Tabla 2: Esquema 1 herramientas de calidad en DMAIC	43
Tabla 3: Esquema 2 herramientas de calidad en DMAIC	44
Tabla 4: Esquema 3 herramientas de calidad en DMAIC	45
Tabla 5: Estructura de la fase Definir	63
Tabla 6: Estructura de la fase Medir	64
Tabla 7: Estructura de la fase Analizar.....	65
Tabla 8: Estructura de la fase Mejorar	66
Tabla 9: Estructura de la fase Control.....	67
Tabla 10: Descripción de las etapas de producción	70
Tabla 11: Máquinas de inspección automática.....	71
Tabla 12: Tipos de subproceso.....	72
Tabla 13: Identificación de las necesidades del cliente	85
Tabla 14: Escala de Saaty	87
Tabla 15: Matriz de comparación para el criterio ROI	88
Tabla 16: Matriz de comparación para el criterio ROI	89
Tabla 17: Matriz de comparación para el criterio ROI	89
Tabla 18: Matriz de comparación para el criterio ROI	89
Tabla 19: Matriz de comparación para el criterio ROI	89
Tabla 20: Matriz de normalización para el criterio ROI.....	90
Tabla 21: Matriz de normalización para el criterio ROI.....	90
Tabla 22: Matriz de normalización para el criterio ROI.....	91
Tabla 23: Matriz de normalización para el criterio ROI.....	91
Tabla 24: Matriz de normalización para los criterios ROI, RISK, COST, TIME	91
Tabla 25: Datos del Índice Aleatorio (RI).....	92
Tabla 26: Matriz de consistencia ROI.....	92
Tabla 27: Matriz de consistencia RISK.....	93
Tabla 28: Matriz de consistencia COST	93
Tabla 29: Matriz de consistencia TIME	93
Tabla 30: Matriz de consistencia Criterios.....	93
Tabla 31: Resultados de la ponderación de factores por importancia	94
Tabla 32: Identificación de las necesidades del cliente	96
Tabla 33: Identificación de CTQ's	97
Tabla 34: Equipo de trabajo	98
Tabla 35: Matriz RACI.....	98
Tabla 36: Descripción del roles en el equipo de trabajo	99
Tabla 37: SIPOC del proceso de formación de envases de vidrio.....	103
Tabla 38: Cavidades y secciones de la máquina formadora a doble gota	104
Tabla 39: Fases de la operación de cambio de referencia	105
Tabla 40: Acta de Constitución (Project Charter)	107
Tabla 41: Plan de recolección datos eficiencia de formación	108
Tabla 42: Plan de recolección datos defectos en producción.....	108
Tabla 43: Plan de recolección datos defectos en producción.....	109
Tabla 44: Planificación de la producción planificada vs producción real hora a hora.....	115
Tabla 45: Eficiencias para la línea A2 para un tipo de cambio 5	116
Tabla 46: Definición y tipos de cambio de formato	117
Tabla 47: Tiempos de cambio de formato aproximados	117
Tabla 48: Número de cambios de formato	121

Tabla 49: Defectos tipo A (en unidades)	123
Tabla 50: Defectos tipo B (en unidades)	124
Tabla 51: Defectos tipo C (en unidades)	125
Tabla 52: Operaciones dentro del proceso de formación	127
Tabla 53: Fases de inspección	129
Tabla 54: Inspecciones realizadas que influyen en el proceso de formación.....	129
Tabla 55: General Electric – Cantidad de ciclos a observar	130
Tabla 56: Tiempos en inspecciones “muestra 01” (minutos)	131
Tabla 57: Tiempos en inspecciones “muestra 02” (minutos)	132
Tabla 58: Tiempos en inspecciones “muestra 03” (minutos)	133
Tabla 59: Valoración de la Habilidad.....	134
Tabla 60: Valoración esfuerzo	135
Tabla 61: Valoración de las condiciones ambientales	135
Tabla 62: Valoración de la consistencia	136
Tabla 63: Resumen de valoraciones para la operación en estudio	136
Tabla 64: Suplementos constantes	137
Tabla 65: Suplementos variables añadidas al suplemento básico por fatiga	137
Tabla 66: Suplemento variable para uso de la fuerza	138
Tabla 67: Resumen de los suplementos	138
Tabla 68: Resumen de la medición de tiempos para las inspecciones en zona caliente	139
Tabla 69: Resumen de tiempos promedios por inspección de secciones.....	140
Tabla 70: Diagrama de Actividades del Proceso de Formación	140
Tabla 71: Resumen del DAP.....	143
Tabla 72: Cálculo del nivel Six Sigma del proceso	149
Tabla 73: Resumen del costo generado por la baja eficiencia de formación en A2	150
Tabla 74: Grupo de entrevistados	156
Tabla 75: Matriz frecuencia.....	157
Tabla 76: Matriz impacto.....	157
Tabla 77: Resultados de la encuesta del factor frecuencia	157
Tabla 78: Resultados de la encuesta del factor impacto	158
Tabla 79: Resultados de la encuesta de análisis de criticidad.....	158
Tabla 80: Defectos encontrados en los envases en el año 2018 (unidades).....	160
Tabla 81: Descripción de las etapas de la inspección en zona caliente	163
Tabla 82: DAP de las inspecciones en zona caliente	163
Tabla 83: Resultados de DAP inspecciones.....	165
Tabla 84: Evaluación de las actividades destinadas a la inspección	166
Tabla 85: Efectos en el envase de las piezas del equipo variable en mal estado.....	167
Tabla 86: Defectos asociados con el equipo variable.....	168
Tabla 87: Defectos asociados a piezas en mal estado zona molde	168
Tabla 89: Defectos asociados con el equipo moldura	169
Tabla 90: Recolección y determinación de tiempos en taller de reparación de moldura.	172
Tabla 91: DAP de la reparación de los equipos de moldura	172
Tabla 92: Resumen DAP Equipo de moldura.....	174
Tabla 93: Tipos de calibraciones inadecuadas.....	174
Tabla 94: Defectos asociados a las calibraciones inadecuadas	175
Tabla 95: 5 Por qué – Falla detección de defectos en zona caliente	176
Tabla 96: 5 Por qué – Equipo de moldura en mal estado.....	176
Tabla 97: 5 Por qué – Equipo variable en mal estado	177
Tabla 98: 5 Por qué – Calibraciones inadecuadas	178
Tabla 99: 5 Por qué – Falta de entrenamiento del personal	179
Tabla 100: 5 Por qué – Pocos registros de inspección.....	179

Tabla 101: Herramientas de inspección	180
Tabla 102: Ubicación de las herramientas de inspección.....	182
Tabla 103: Establecimiento de turnos de limpieza	185
Tabla 104: DAP mejorado inspecciones en zona caliente.....	188
Tabla 105: Resumen del DAP inspecciones en zona caliente.....	190
Tabla 106: Identificación de las operaciones asociadas a la preparación de la máquina IS	192
Tabla 107: Identificación de las actividades de preparación.....	192
Tabla 108: Identificación de actividades internas y externas.....	194
Tabla 109: Inclusión y migración de operaciones internas en externas.....	195
Tabla 110: DAP proceso mejorado de la reparación equipos de moldura	196
Tabla 111: Resumen DAP mejora de reparación de equipos de moldura	198
Tabla 112: Plan propuesto de capacitación e inversión de la propuesta	203
Tabla 113: Resultados obtenidos en simulación	215
Tabla 114: Ahorro esperado producto de la mejora	216
Tabla 115: Flujo de caja del estudio.....	217
Tabla 116: Indicadores financieros y Payback	217



INTRODUCCIÓN

La empresa en estudio se dedica a la producción de envases de vidrio. En la actualidad opera en la planta de Lima Norte y cuenta con 3 líneas de producción: línea A1, línea A2 y línea A3. Mientras en la línea A1 y A3 se producen envases de boca ancha o de boca angosta, en la línea A2 se producen solo envases de boca ancha de manera exclusiva.

En los últimos años, la eficiencia de formación, que mide la cantidad de envases conformes que salen del proceso de formación, que salen de la línea A2 ha ido disminuyendo de forma considerable. Esta disminución de la eficiencia ha generado grandes pérdidas económicas en la empresa producto de la gran cantidad de envases rechazados por las máquinas de inspección automáticas.

En la actualidad, hay un incremento de la demanda de envases de vidrio, lo cual ha sido determinado por la disminución de la demanda de los envases y bolsas de plástico por el establecimiento de patrones que buscan dar una mayor importancia del impacto hacia el medio ambiente. La relación entre el incremento de la demanda de envases de vidrio y la baja eficiencia de formación es directa, puesto que mientras se generan mayores ingresos a la compañía, también se incrementan sus gastos operativos producto de la gran cantidad de reprocesos que se generan día a día.

Por tal motivo se propone la implementación de la metodología Lean Six Sigma bajo la estructura DMAIC, con el objetivo de incrementar la eficiencia de formación y disminuir la cantidad de defectos encontrados en los envases producidos. Además, se expone la viabilidad económica con la presentación de los indicadores financieros como el TIR, VAN y el retorno de la inversión o PAYBACK.

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Ingeniería de Métodos

El Estudio del Trabajo, mejor conocido como la Ingeniería de Métodos, es el uso de ciertas técnicas, particularmente el Estudio de Métodos y la Medición del Trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores a fin de mejorarla (Caso, 2006:16).

El Estudio del Trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando (Kanawaty, 1996 : 9)

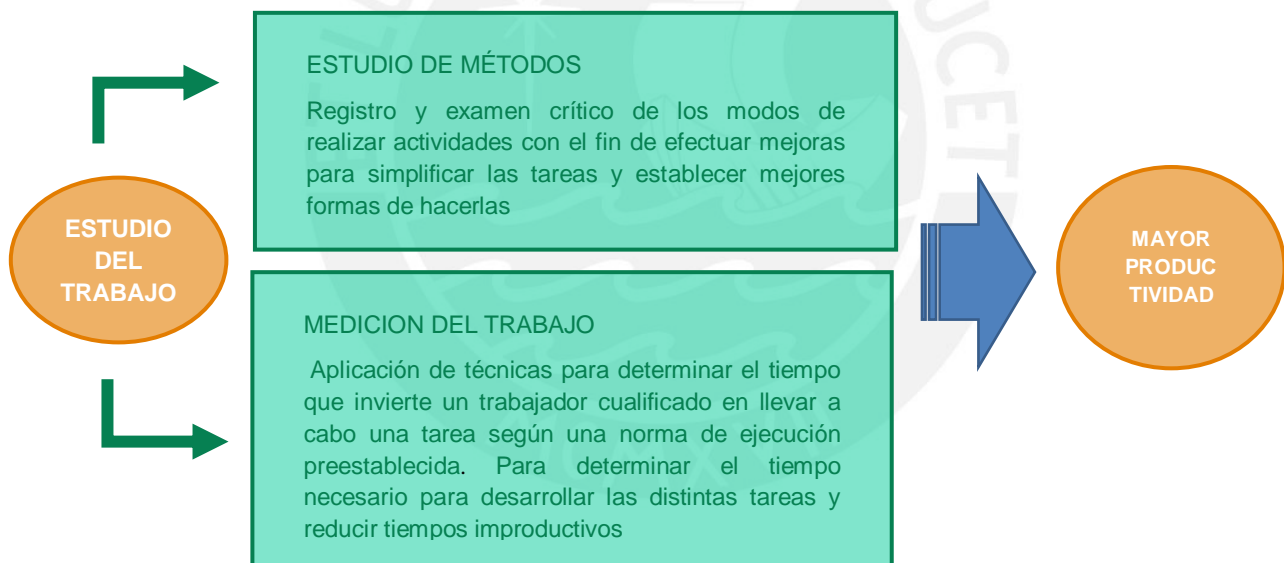


Figura 1: Esquema del Estudio del Trabajo
Fuente: Adaptado de López (2010: 9)

El Estudio de Métodos y la Medición del Trabajo, cuyas definiciones se presentan en el esquema de la Figura 1, se encuentran estrechamente vinculados. El Estudio de Métodos se relaciona con la reducción del contenido de trabajo de una tarea u operación. Por otro lado, la Medición del Trabajo relaciona la investigación de cualquier tiempo improductivo con su consecuente determinación de las normas para ejecutar la operación de manera mejorada, según lo definido en el Estudio de Métodos (Kanawaty, 1996, 21)

La Ingeniería de Métodos permite la implementación de mejoras para que el trabajo se desarrolle más fácilmente, en términos de salud y seguridad del trabajador, y permite que el trabajo se realice en menos tiempo con una menor inversión por unidad (Niebel y Freivalds, 2009: 6)

1.1.1. El Estudio de Métodos

Como se había mencionado anteriormente, el Estudio de Métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos actuales y proyectados de llevar a cabo un trabajo como medio de idear y aplicar métodos más sencillos y eficaces para reducir costos. Las etapas del estudio se pueden observar en el esquema de la Figura 2.



Figura 2: Etapas del Estudio de Métodos
Fuente: Adaptado de López (2010: 3)

El campo de estas actividades comprende: el diseño, formulación y selección de los mejores métodos, procesos, herramientas, equipos diversos y especialidades necesarias para fabricar un producto (Caso, 2006: 14).

La relación del estudio de trabajo y los operarios indican que son las personas que más sufren en intensidad con la modificación de los métodos de trabajo. Los operarios ofrecen una resistencia inicial al cambio o a lo desconocido y requiere una intensa labor de información y formación (López, 2010:11).

1.1.2. La Medición del Trabajo



Figura 3: Descomposición del tiempo en una tarea
Fuente: Adaptado de Kanawaty (1996:344)

La Medición del trabajo busca el establecimiento de un estándar que será asignado para la realización de un trabajo concreto. Esta técnica se basa en la medida del contenido de trabajo que se establece para realizar una operación, teniendo en cuenta la fatiga y otros factores (Caso, 2006: 16). Los factores son considerados como valoraciones y suplementos que se pueden gráficamente observar en la Figura 3.

Se entiende como contenido del trabajo la cantidad de trabajo que debe realizarse para realizar una tarea. El trabajo no es únicamente labor física o mental, sino que también

incluye el descanso necesario para recuperarse de la fatiga, si bien busca reducir tiempos muertos no se pueden eliminar los descansos del todo (Caso, 2006: 16)

Las etapas del Estudio de Métodos en la Medición del Trabajo tienen dos tipos de técnica: las directas y las indirectas. Dentro de las directas se encuentran el muestreo del trabajo y el estudio de tiempos con cronómetro, el cual considera varios pasos desde la evaluación de la tarea a estudiar hasta la determinación de los tiempos de la tarea. Las técnicas indirectas implican las normas de tiempos predeterminadas y los datos normalizados (López, 2010: 29).



Figura 4: Etapas del Estudio de Métodos
Fuente: Adaptado de López (2010: 4)

El esquema de la Figura 4 presenta la forma de cómo se realiza la medición del trabajo. Los estándares de tiempo pueden determinarse mediante el uso de estimaciones, registros históricos y procedimientos de Medición del Trabajo. Incluso, se puede

considerar trabajos similares realizados anteriormente (Niebel y Freivalds, 2009: 7). Esto permite tener un precedente para que luego se considere en los criterios que se tomarán a la hora de la planificación.

1.1.3. Ergonomía

La ergonomía es el estudio del ser humano en su ambiente laboral; es decir, ergonomía es el estudio de la interacción entre la gente y las máquinas, así como de los factores que afectan esa interacción (Romero y otros, 2006: 183)

Los principios del diseño de trabajo deben utilizarse con el objetivo de adaptar la tarea ergonómicamente al operador humano (Niebel y Freivalds, 2009: 139), el cual permitirá futuras lesiones y/o enfermedades. Un ejemplo de esto se puede observar en la Figura 5, donde se observa al trabajador expuesto a factores físicos del trabajo como pueden ser el ruido, el calor, la humedad, entre otros.

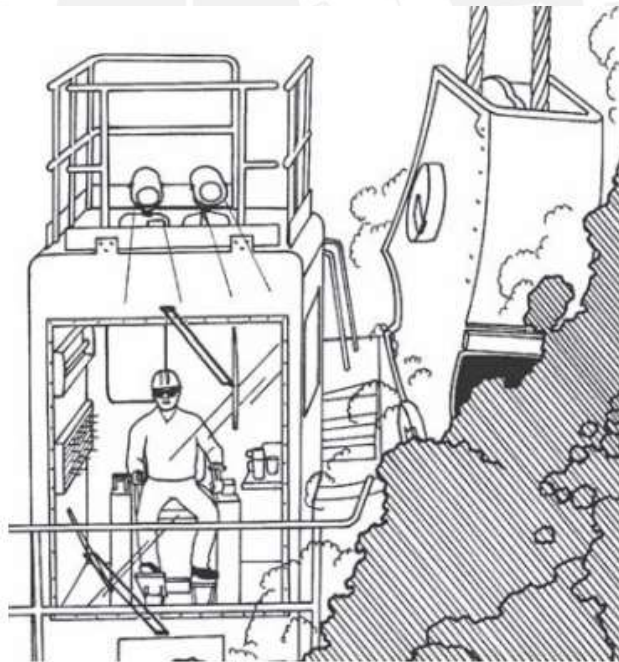


Figura 5: Factores físicos en puesto de trabajo
Fuente: Cruz y Garnica (2010)

El estudio ergonómico está cimentado en la comprobación de lo presupuestado con la realidad, en el uso del objeto que ha sido verificado por los individuos que conforman el grupo de usuarios; si éstos aprueban su uso o utilidad, significa que el producto fue bien concebido, es una ciencia basada en prueba y error (Cruz y Garnica, 2010: 22)

Cuando se diseña un sistema donde los humanos y las máquinas interactúan juntos para producir algo, se necesita conocer las características de las personas involucradas y aplicar este conocimiento al diseño. Esta actividad es fundamental en la ergonomía (Bridger, 1995: 3).

1.1.4. Herramientas del Estudio del Trabajo

1.1.4.1. Diagramada de Operaciones de Proceso (DOP)

El Diagrama de Operaciones de Proceso representa gráficamente un cuadro general de cómo se realizan procesos o etapas, considerando únicamente todo lo que se refiere a las principales operaciones e inspecciones. El Diagrama de Operaciones de Proceso es aplicable a la elaboración de un producto nuevo y a la elaboración de nuevas instalaciones, así como al análisis de operaciones existentes (Janania, 2013: 41)

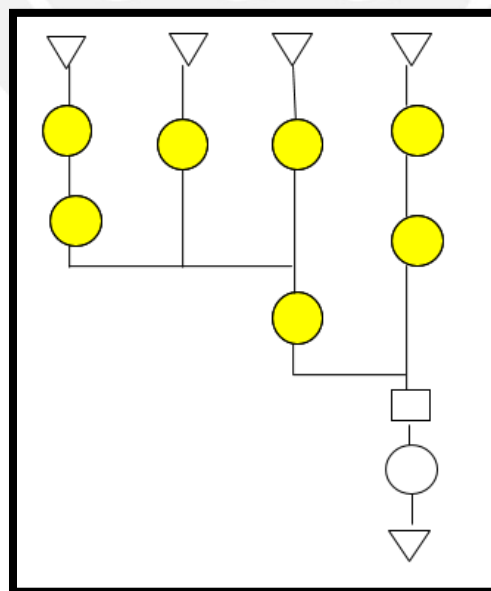


Figura 6: Modelo de DOP

La Figura 6 expone un modelo de DOP, el cual solo consta de operaciones (circunferencias) e inspecciones (cuadrados).

El diagrama muestra a los analistas a visualizar el método en curso con todos sus detalles, de tal forma que se pueden identificar nuevos y mejores procedimientos (Niebel, Freivalds, 2009: 26-27). El modelo del diagrama se puede visualizar en la Figura 6.

1.1.4.2. Diagrama de Actividades de Proceso (DAP)

También conocido como Diagrama de Flujo de Proceso, es una representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, inspecciones, esperas y almacenamientos que ocurren durante un proceso (López, 2010: 16). Además, incluye la información que se considera deseable para el análisis. Por ejemplo, el tiempo necesario y la distancia recorrida por los trabajadores.

Nro.	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	DISTANCIA (m)	TIEMPO					
								

Figura 7: Modelo de DAP

El propósito principal es proporcionar una imagen clara de toda la secuencia de acontecimientos del proceso y mejorar la distribución de los locales y el manejo de los materiales. La Figura 7 expresa un modelo de DAP con los principales elementos.

También sirve para disminuir las esperas, estudiar las operaciones y otras actividades interrelacionadas. Del mismo modo, ayuda a comparar métodos, eliminar el tiempo improductivo y escoger operaciones para su estudio detallado (Janania, 2013: 25)

La información puede dar como consecuencia una reducción en la cantidad y duración de elementos improductivos, los cuales son considerados como desperdicios. Para la selección de la tarea a estudiar es necesario considerar factores económicos y técnicos (López, 2010: 12).

1.1.4.3. Diagrama de Recorrido

El Diagrama de Recorrido se define como los pasos que se siguen dentro de un determinado local o establecimiento desde que inicia un proceso o actividad hasta terminar. Además, ofrece una visión clara de todo lo que sucede en una determinada área y se complementa con el Diagrama de Actividades de Proceso (Janania, 2013: 14)

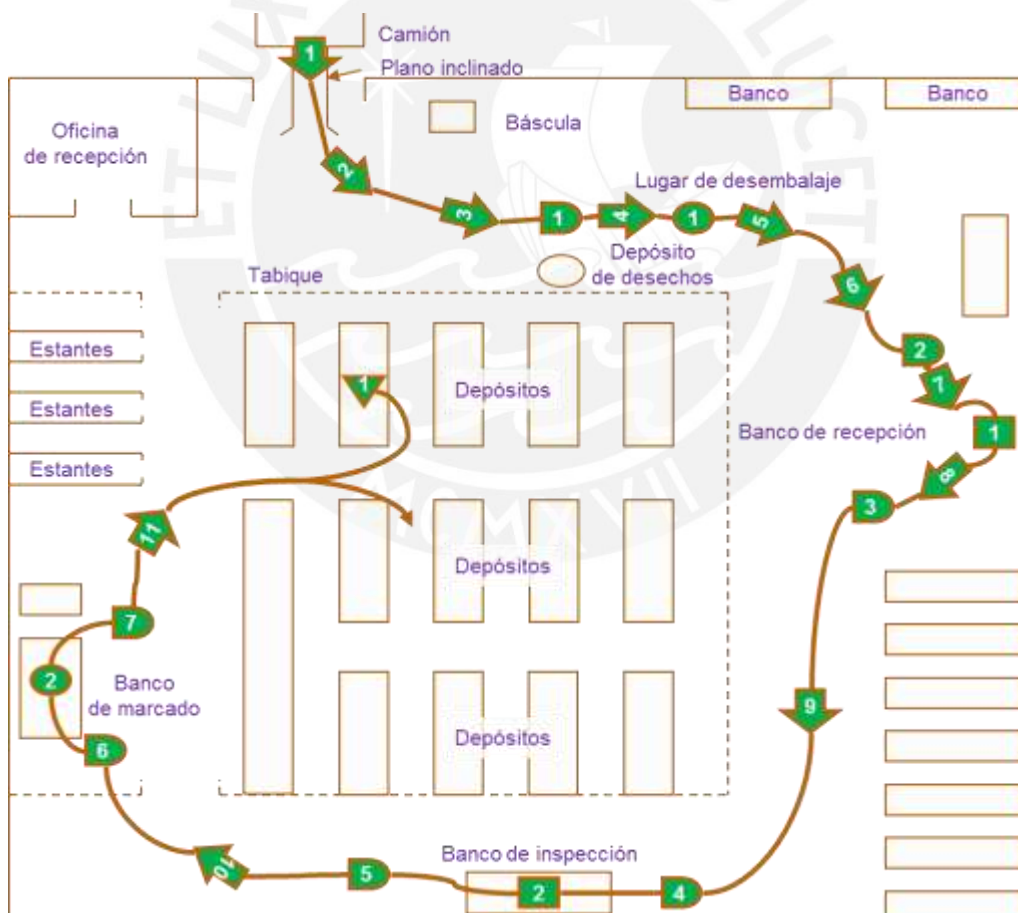


Figura 8: Ejemplo de Diagrama de Recorrido
Fuente: Adaptado de López (2010: 21)

El Diagrama de Actividades de Proceso y el Diagrama de Recorrido presentan una visión clara de lo que está sucediendo en un determinado lugar. Los símbolos y los números que aparecen en el DAP son registrados en el DR (López, 2010: 21). La representación del diagrama se puede observar en la Figura 8.

1.1.4.4. Análisis de métodos

Una vez que se termina con el Estudio de Métodos de la tarea, se debe proceder a analizar el método a fin de mejorarlo. Básicamente se detectan las operaciones que no añaden valor y luego se detectan potenciales mejoras (Cruelles, 2013: 161). Esto requerirá de un análisis del método estudiado y graficado anteriormente.

1.2. Filosofía de Manufactura Esbelta (Lean Manufacturing)

La metodología Lean, permite ir por el camino de la mejora continua en los procesos de forma que se consiga su objetivo final que es hacer más con menos por medio de la mejora del proceso. Por ello, es necesario conocer la definición de la gestión por procesos.

El objetivo de una mejora es que mantenga constante en el sistema productivo suprimiendo los despilfarros que generan un incremento en los costes, de este modo se consigue aumentar la eficacia.

1.2.1. La gestión por procesos

La gestión de procesos concibe a la organización como un sistema interrelacionado de procesos que contribuyen conjuntamente a incrementar la satisfacción del cliente. Esto implicaría implementar los indicadores de forma tal que la gerencia pueda conocer el estado actual de sus procesos y gestionar la documentación generada a partir de los flujos de trabajos definidos y los responsables en cada caso (Anido y otros, 2009: 29)

Una gestión por procesos implica llevar a cabo actividades que tengan coherencia entre la forma en que se trabaja y la forma en que se dirige. Esto es necesario para lograr la integración entre el diseño organizativo y la gestión por procesos. Esto implica una etapa

para la preparación del personal, una etapa para la selección de los procesos como base para el diseño, la documentación del proceso y una etapa para la representación gráfica global de los procesos. Es decir, es una propuesta de la estructura organizativa basada en procesos (Lujan y otros, 2009: 18)

La gestión por procesos aporta un nuevo enfoque de gestión, al superar la tradicional organización jerárquica en la que cada integrante tiene una tarea relacionada con su departamento funcional, para introducir una nueva organización orientada al cliente final a través del conocimiento, control, y mejora de los procesos internos que se desarrollan y cuyo resultado es el servicio o producto ofrecido, logrando eliminar aquellas actividades que no aportan valor pero generan coste (Giner y Ripoll, 2011: 116)

Por otra parte, administrar por procesos está orientado a gestionar la organización desde la misma mirada del cliente. La gestión por procesos conduce a la estandarización de los procesos del negocio. Los procesos facilitan la sinergia de tres dimensiones críticas en las empresas: gente, los procedimientos y métodos, y las herramientas y equipos (Tabares y Lochmuller, 2013: 223)

Además, a partir de un enfoque basado en procesos, se implementan procedimientos que estructuran organizativa y tecnológicamente las actividades. Inclusive, contribuye a la detección de oportunidades de mejora de la eficacia y eficiencia de los resultados (Estrada, De la Cruz y Gonzáles, 2013: 3)

La aplicación del enfoque basado en procesos o gestión por procesos es la forma más eficaz para desarrollar acciones que satisfagan las necesidades de los usuarios, tanto internos como externos. Asimismo, permite identificar y gestionar numerosos procesos interrelacionados, analizar y seguir coherentemente su desarrollo en conjunto, así como obtener una mejora continua de los resultados por medio de la erradicación de errores y procesos redundantes en las diferentes funciones de la organización (Moreira, 2006: 4)

Los principios de la gestión por procesos se pueden resumir en cuatro fundamentos: el primero establece que toda organización debe estar compuesta por procesos; el segundo sostiene que prácticamente cualquier actividad tiene ubicación en algún proceso; el punto tercero manifiesta que para que se produzca la existencia de un proceso es necesario un

producto o servicio y viceversa; y el cuarto y último principio establece que tiene que darse la coexistencia cliente, producto y servicio (Gonzales 2010: 68)

Además, se pueden definir cuatro componentes importantes en los efectos del enfoque por procesos relacionados con los sistemas de información: los procesos, las entradas, las salidas y los flujos de información. Cualquiera de esos cuatro componentes se vincula con diversos recursos: humanos, físicos, materiales, tecnológicos (hardware y software), e información en su acepción más amplia (Moreira, 2007)

1.2.2. Descripción de la Manufactura Esbelta

La Manufactura Esbelta, mejor conocida como Lean Manufacturing, es el conjunto de herramientas orientadas a retirar del proceso productivo todo lo que no añade valor al producto, proceso o servicio. Esto conlleva a reducir costos, generar satisfacción en los clientes y mejorar la rentabilidad de la empresa, objetivo principal de toda industria. El pensamiento Lean brinda una manera de hacer más con menos; menor esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo, menos espacio (Womack, 2005: 2)

Según Shingo (1993), anteriormente la producción en masa dominaba la filosofía de manufactura de las empresas productoras. Se contaba con enormes bodegas donde almacenar la materia prima, partes y producto terminado, lo cual implicaba empresas poco flexibles ante cambios, alto costos de inventarios y uso de espacios inmensos para la masificación de la producción. A fin de superar todos estos obstáculos planteados por la producción en masa la industria japonesa cayó en la necesidad de buscar nuevos planteamientos productivos. La empresa Toyota y su Director de Producción Taiichi Ohno emprendieron una búsqueda que dio como resultado el famoso Toyota Production System. Este fue un punto de cambio total de la industria manufacturera hacia una filosofía que buscaba todo lo contrario, reducir y reducir y hacer un proceso más Lean o esbelto.

El sistema de manufactura esbelta se basa en la eliminación de todo tipo de muda o desperdicio, es decir todo lo que no agrega valor para el cliente interno o externo. El enfoque de la mejora continua no solo debe estar en incrementar la productividad, sino también la calidad.

Algunos de los beneficios de la aplicación de la filosofía Lean y que fueron comprobados durante su aplicación en Toyota, según Shingo (1993), son:

- ✓ Reducción de los desperdicios
- ✓ Reducción de inventario y como consecuencia, reducción de espacio
- ✓ Sistema de producción más flexible
- ✓ Disminución de costos de producción
- ✓ Reducción del tiempo de entrega
- ✓ Mejora de eficiencia de maquinaria
- ✓ Disminución de la Muda

Además, se menciona que en el ámbito de la Manufactura Esbelta se hace recurrente un término, la muda, que es todo aquello que no agrega valor al producto, proceso o servicio y representa las pérdidas o desperdicio presente en los procesos productivos. Se identifican siete tipos de muda (Hernández y Vizán, 2013):

- ✓ Despilfarro por sobreproducción
- ✓ Despilfarro por tiempos de espera
- ✓ Despilfarro por transporte
- ✓ Despilfarro por movimientos innecesarios
- ✓ Despilfarro por exceso de almacenamiento
- ✓ Despilfarros por defectos, rechazos y reprocesos
- ✓ Despilfarro por sobreprocesamiento

1.2.2.1. Estructura del Sistema Lean

El techo de la Casa Toyota está constituido por las metas relacionadas con la mejor calidad, costos bajos y menores tiempos de entrega o “lead time”. Según la figura, se distingue que la casa la soportan las columnas JIT y Jidoka, así como las bases las cuales son la estandarización y estabilidad de los procesos, el Heijunka o nivelación de la producción y la mejora continua o Kaizen. Por último, la base de las bases es el factor humano. El JIT significa producir solo lo requerido, en cantidades exactas, y el Jidoka se enfoca en empoderar a los operadores y las máquinas para detener el proceso en caso de condiciones anormales, para detectar la causa raíz y evitar que los defectos pasen a

otra área. Además, de las bases expuestas en la casa, se incorpora el factor humano, el cual incluye el compromiso de y liderazgo de la dirección, así como el foco sobre la participación del personal. (Hernández y Vizán, 2013: 18).

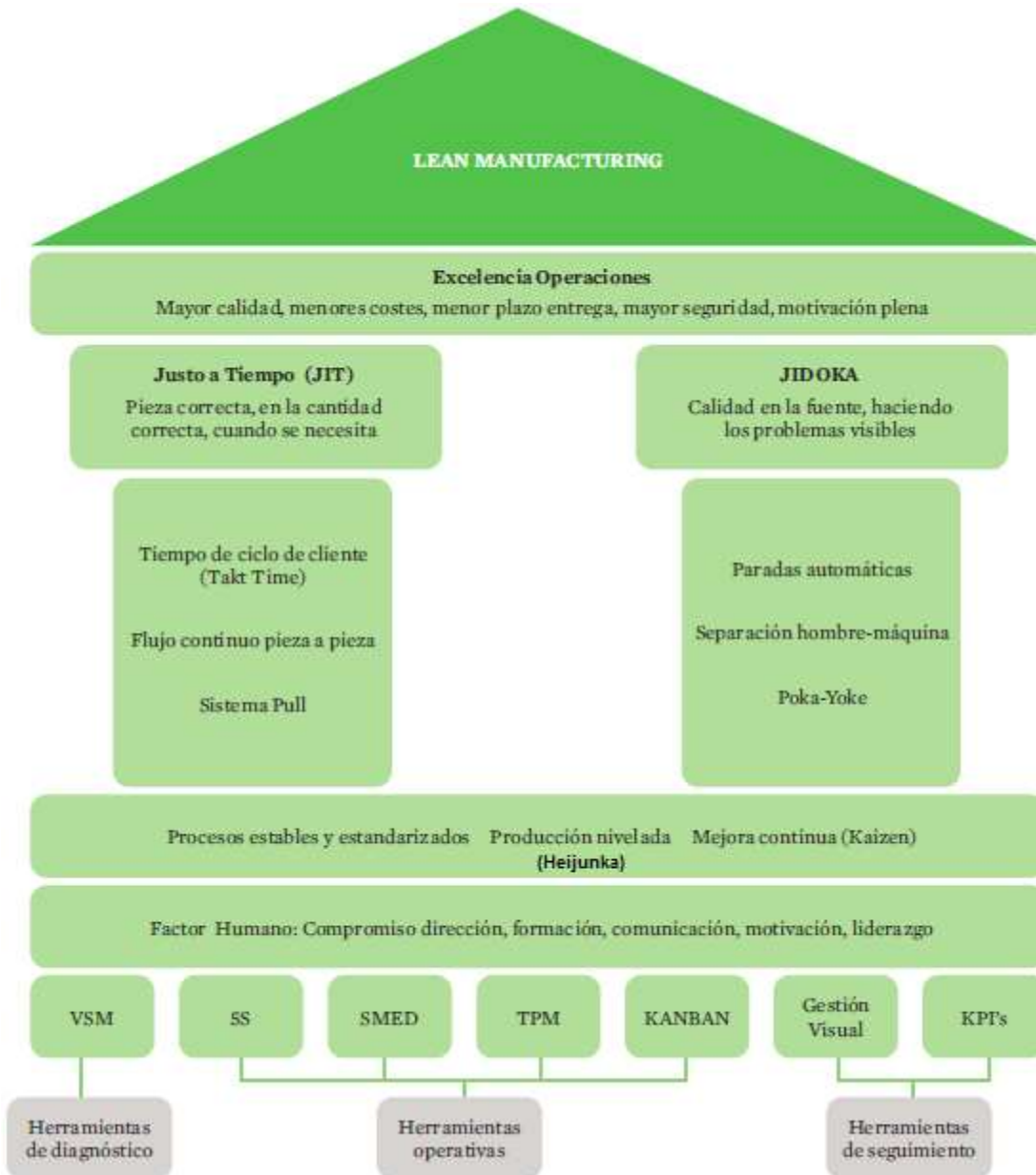


Figura 9: Adaptación de la Casa Toyota
Fuente: Hernández, J., y Vizán, A. (2013: 18)

La Figura 9 expone herramientas de diagnóstico, operativa y de seguimiento, las cuales son la base de la metodología Lean.

1.2.2.2 Despilfarro vs valor añadido

En la filosofía Lean, la eliminación del desperdicio tiene como objetivo la erradicación total de todo aquello que resulte improductivo, inútil o que no aporte valor añadido, el modelo recibe el nombre de Hoshin o brújula y sigue tres pasos:

- Reconocer el desperdicio y el valor añadido de los procesos.
- Actuar para eliminar el desperdicio aplicando la técnica Lean más adecuada.
- Estandarizar el trabajo con la mayor carga de valor añadido para luego iniciar otra vez el ciclo de mejora.

(Hernández y Vizán, 2013: 23-24)

El modelo Hoshin busca soluciones inmediatas para la mejora de la organización del puesto, de las instalaciones o del flujo de producción (Hernández y Vizán, 2013: 24). Para llevar a cabo esta tarea es necesario el involucramiento del personal y el reconocimiento de las mudas o despilfarros.

1.2.2.3. Mejora continua y Kaizen

El cuadro de la Tabla 1 expone los puntos clave que se tienen en cuenta en el equipo de trabajo cuando se quiere lograr la mejora continua con el método Kaizen.

Tabla 1: Espíritu Kaizen: La mejora continua

Los 10 puntos clave del espíritu Kaizen
1. Abandonar las ideas fijas, rechazar el estado actual de las cosas.
2. En lugar de explicar los que no se puede hacer, reflexionar sobre cómo hacerlo.
3. Realizar inmediatamente las buenas propuestas de mejora.
4. No buscar la perfección, ganar el 60% desde ahora.
5. Corregir un error inmediatamente e in situ.
6. Encontrar las ideas en la dificultad.
7. Buscar la causa real, plantearse los 5 porqués y buscar la solución.
8. Tener en cuenta las ideas de diez personas en lugar de esperar la idea genial de una sola.
9. Probar y después validar.
10. La mejora es infinita.

Fuente: Hernández, J., y Vizán, A. (2013: 29)

El Kaizen es el cambio de actitud de las personas hacia la mejora e implica el uso de las capacidades de todo el personal. Sin embargo, las dificultades se presentan con el cambio de mentalidad de directivos y operarios, en donde los últimos citados son los que están mejor preparados para la identificación de los problemas y los más capacitados para idear las posibles mejoras (Hernández y Vizán, 2013: 29)

1.2.3. Principios de Manufactura Esbelta

Según Shingo (1993), para llegar a la aplicación de esta filosofía se debe tener en cuenta algunos principios como los siguientes:

- ✓ El valor ahora se define según los estándares del cliente. Si antes era la empresa quien le daba valor al producto, ahora la empresa tiene que fabricar productos que tengan valor para el cliente
- ✓ Una vez definido el valor para el cliente, se procede a identificar los procesos y la combinación de estos que logran un producto final que cubre la necesidad del cliente.
- ✓ Crear un flujo de valor. A través de pasos que añaden valor al producto final desde que se inicia el proceso como materia prima hasta que llega al cliente final.
- ✓ Todo lo que se debe producir es porque el cliente lo pide. El cliente es el que pone en marcha los engranajes de la producción. momento.

Los principios del Lean desde el punto de vista del factor humano se enfocan en: (a) la formación de líderes de equipo que enseñen a otros; (b) a la interiorización de la cultura de “parar la línea”; (c) la reflexión constante sobre la mejora continua; (d) desarrollo de personas que sigan la filosofía de la empresa; (e) la identificación y eliminación de funciones y procesos que no son necesarios; (f) la promoción de equipos multidisciplinarios; (g) la obtención del compromiso total de la dirección (Hernández y Vizán, 2013, pág. 20).

Las técnicas operacionales a usar están relacionadas con: (a) la creación de un flujo continuo que visualice los problemas; (b) el uso de un sistema “Pull” para evitar la sobreproducción; (c) la nivelación de la carga de trabajo; (d) la estandarización de tareas; (e) el control visual para la identificación de problemas; (f) la eliminación de inventarios;

(g) la reducción de ciclos de fabricación; (h) la eliminación de defectos (Hernández y Vizán, 2013, pág. 20).

Una vez alcanzado los cuatro pasos anteriores la empresa logra entender que la búsqueda de la perfección es continua. El aprendizaje y las oportunidades de mejora siempre estarán presentes y la opción de alcanzar la perfección es un atractivo

1.3. Herramientas de Manufactura Esbelta

1.3.1 Value Stream Mapping

Es una técnica que ayuda a desarrollar cadenas de valor más competitivas en las empresas manufactureras. El mapeo del flujo del valor consiste en un seguimiento del flujo de materiales e información y lo plasma a través de herramientas gráficas normalizadas. La técnica realiza el seguimiento del producto desde su estado como materia prima en los almacenes hasta la consecución del producto terminado. Se detallan todas las actividades que se realicen, añadan o no valor agregado al producto (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2013: 287).

Al ser un mapeo detallado de todas las actividades se hace posible la ubicación de posibilidades de mejora. Como todas las herramientas de Lean manufacturing su objetivo es proponer mejoras en los procesos y eliminar aquello que no le añade valor. A través del mapeo de flujo de valor se identifican los procesos que generan desperdicios. A través de un equipo de trabajo se generan ideas para mejorar el proceso. En caso hubiesen desechos o muda en el proceso, se procede a eliminarlos del sistema (Womak, 2005: 13)

La cadena de valor está definida por todas las actividades que son necesarias, las cuales otorgan el valor añadido, para que pase por el flujo de producción y el flujo de diseño. El flujo de producción inicia desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto al cliente.

Con el VSM se detecta los desperdicios que hay en el proceso. Una vez identificados los desperdicios mediante un grupo de trabajo con personal involucrado en el proceso se dan iniciativas para hacer más eficiente el proceso.

El VSM ayuda de manera principal poder ver e identificar las actividades que no aportan valor añadido al negocio con el objetivo de reducirlas o eliminarlas, la herramienta permite obtener una visión panorámica de toda la cadena de valor (Hernández y Vizán, 2013, pág. 93).

El mapa de procesos se realiza para rastrear e identificar el proceso de valor de la cadena y suele realizarse para los 3 siguientes estados:

- Estado actual: implica el estudio del estado actual, con la determinación del porcentaje de valor agregado y no agregado.
- Estado futuro: las actividades identificadas como valor no agregado se analizan para realizar las propuestas de mejora.
- Estado ideal: se realiza una estimación de una mejora a largo plazo si es que las actividades que no tienen valor agregado no existieran (Hernández y Vizán, 2013, pág. 93).

La Figura 10 expone un modelo de mapa de flujo de valor (VSM) en donde se puede identificar los procesos que conforman el flujo de valor desde el inicio con la entrega de la materia prima de los proveedores hasta la entrega del producto terminado a los clientes.

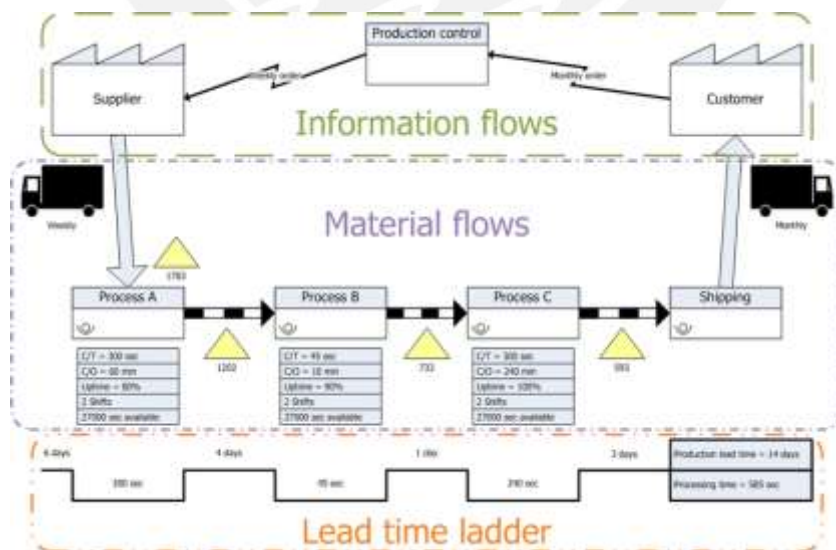


Figura 10: Ejemplo de Value Stream Mapping

1.3.2. Cambio Rápido SMED (Single Minute Exchange or Die)

El SMED es una metodología que busca mejorar el tiempo de las tareas de cambio de máquina e inicio de procesos para aprovechar la máquina a su máxima capacidad, reducir costos, aumentar flexibilidad, entre otros. (Cruelles, 2013) Se basa en la idea que establece que cualquier cambio de máquina o inicialización de proceso no debe durar más de 10 minutos. Asimismo, sus técnicas se proponen reducir drásticamente los tiempos de cambio, preparaciones de máquinas y líneas de producción. Básicamente trabaja con ajustes o tiempos internos que corresponden a operaciones que se realizan a máquina parada y ajustes o tiempos externos que corresponde a operaciones que se realizan (o pueden realizarse) con la máquina en marcha, o sea durante el periodo de producción.

El SMED es una herramienta teoría y técnica, el cual está planteada para ejecutar las proceso de cambio de herramienta y utillaje en un tiempo menor a 10 minutos (Shingo, 1993). El método fue desarrollado por Shigeo Shingo y lo denominó "*Single Minute Exchange of Die*" (SMED).

Cuándo se inició la aplicación del JIT (Just in Time) surgió la necesidad de reducir los tiempos de cambio de utillaje y preparación de máquina, es así que se planteó el sistema SMED como una herramienta importante del sistema Toyota.

Shigeo Shingo (1993), yendo en contra de la metodología vigente en ese momento, señaló que no solo se debe depender de la habilidad de los operarios para los cambios de utillaje sino que se deberían plantear estrategias para mejorar el método de cambio. Es así que Toyota, consiguiendo consigue una gran disminución del tiempo de cambios de utillaje de un periodo de una hora y cuarenta minutos a tan solo tres minutos.

Los principales beneficios que se obtienen con esta herramienta son:

- Lograr fabricar diferentes modelos de productos en la misma línea de producción o maquinaria en el mismo día.
- Disminuir el tamaño del lote de producción.

- Disminuir el tiempo de preparación y el tiempo ganado sea utilización en producir.
- Disminuir el tamaño de los inventarios.

Incluso, la herramienta permite a la organización a tener mayor flexibilidad para adaptarse a los cambios que presenta la demanda del cliente. Asimismo al facilitar la reducción de inventarios los problemas de producción no pueden permanecer ocultos. El SMED está orientado a la reducción de los tiempos de preparación (Hernández y Vizán, 2013: 118)

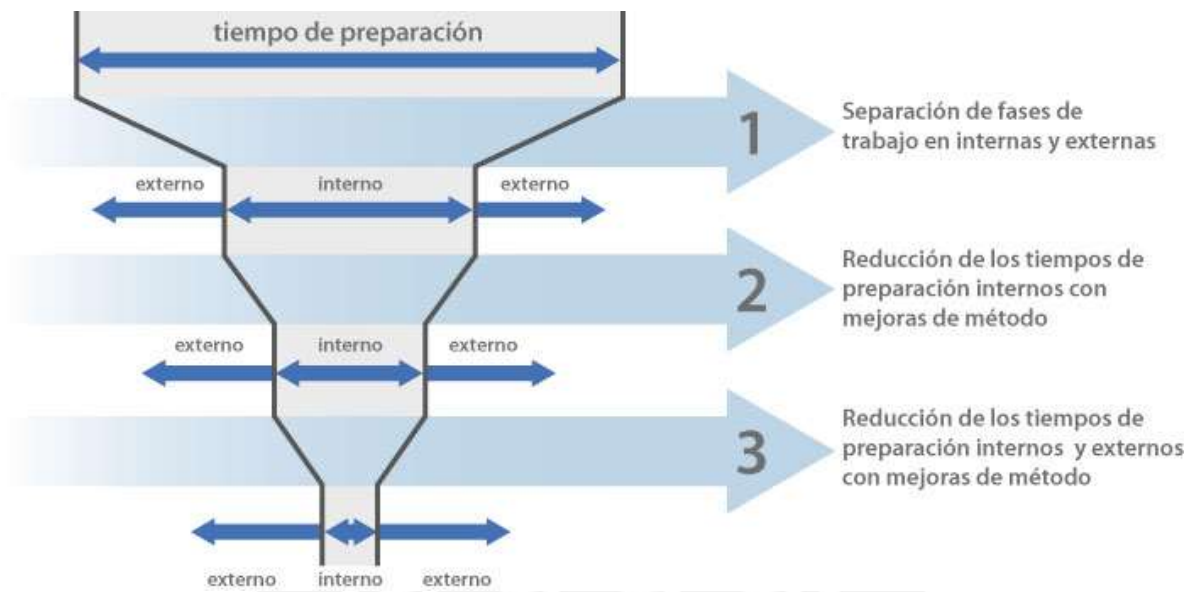


Figura 11: Estructura del SMED
Fuente: Adaptado de Mtm Ingenieros (2019)

Según la Figura 11 se puede observar la estructura del SMED que inicia con la identificación de las actividades internas y externas.

Los tiempos que son un desperdicio son:

- Cuando partes de una máquina que aún no está funcionando son llevadas al área de trabajo.
- Las materia prima se recogen del almacén aun cuando la máquina parada.

- Falta de repuestos y algunas herramientas no son ubicadas cuando se necesitan durante en el cambio de utilaje.

El método SMED se desarrolla en cuatro etapas:

1ª Etapa: No están diferenciadas las preparaciones interna (trabajos realizados mientras la máquina está detenida) y externa (trabajos que pueden hacerse mientras la máquina está en funcionamiento).

2ª Etapa: Separación de la preparación interna y externa.

3ª Etapa: Convertir la preparación interna en externa.

4ª Etapa: Perfeccionar todos los aspectos de la operación de preparación.

(Mtm Ingenieros, 2019)

1.3.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Según Campos (2012), El TPM (Total Productive Maintenance o Mantenimiento Productivo Total) se enfoca en la eliminación de pérdidas ocasionadas o relacionadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción y se basa en 8 pilares:

- Fallos en los equipos principales
- Mejora Focalizada o eliminar las pérdidas considerables del proceso productivo
- Cambios y ajustes no programados
- Ocio y paradas menores
- Reducción de velocidad
- Defectos en el proceso
- Pérdidas de arranque
- TPM en los departamentos de apoyo o eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia

Además, también se le conoce como el mantenimiento preventivo total, en donde se enfoca en cambiar partes durante periodos normales programados de mantenimiento el cual es más sencillo y más rápido que lidiar con cualquier descompostura durante la

producción. El resultado de la inspección y reparación periódica es trabajar con un equipo confiable (Chase y Jacobs, 2014: 426)

1.3.4. Poka Yoke

Poka Yoke es una herramienta que ayuda a garantizar calidad de los productos, Shigeo Shingo fue quien desarrollo esta técnica en los años sesentas. Poka Yoke es un mecanismo o sistema anti-error (Hernández y Vizán, 2013, pág. 27).

Los mecanismos para detectar errores, parar la producción y alertar al operario son instalados con la finalidad de evitar transferir productos defectuosos al siguiente proceso (Hernández y Vizán, 2013, pág. 57).

La Figura 12 muestra un mecanismo poka yoke. Se puede observar que es práctico, de fácil mantenimiento, barato, etc. Por lo general, es recomendado que lo diseñen los operarios.

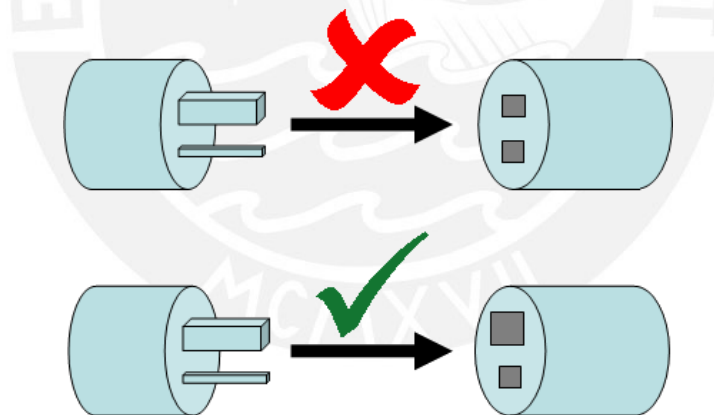


Figura 12: Ejemplo de Poka Yoke
Fuente: Adaptado de Romero (2015)

El sistema de autoinspección o inspección poka yoke son representativos por su simplicidad, dado que resultan ser económicos, y por su eficacia, puesto que permite parar, controlar y avisar si hay defectos (Hernández y Vizán, 2013, pág. 57).

1.3.5. Las 5S

La metodología de las 5S, nos permite organizar, limpiar, desarrollar y mantener las condiciones para un ambiente productivo dentro de la organización. La idea consiste en mejorar la calidad de vida del trabajo y se basa en cinco principios, que mediante su implementación sistemática tienen como propósito implementar una mejor calidad, mejor entorno laboral y aumentar la productividad (Carreira, 2004: 236)

Algunos de los objetivos de la metodología son:

- ✓ Mejora de condiciones laborales. Un lugar de trabajo limpio y ordenado influye en la moral de un trabajador de forma positiva.
- ✓ Minimizar gastos de tiempo. Al localizar las herramientas de trabajo en sus lugares respectivos, la realización de las tareas se efectúan con mayor rapidez.
- ✓ Reducción de peligro de accidentes y mejora de seguridad en el trabajo

La metodología 5S forma una piedra angular en la reducción de desperdicio, así como la eliminación de tareas, actividades y materiales innecesarios. Las prácticas pueden habilitar a los trabajadores para que visualicen todo de manera diferente, den prioridad a las tareas y logren un mayor grado de concentración (Hernández y Vizán, 2013, pág. 36-37).

A continuación las etapas que se deben desarrollar para lograr una implementación óptima son las siguientes:

1.3.5.1. Seiri – Clasificar

Consiste en separar los elementos necesarios de los innecesarios del área de trabajo, eliminando los innecesarios. La idea es mantener en el área de trabajo las herramientas y los elementos que permitan realizar las tareas diarias de una forma productiva y con calidad. Al existir solo los elementos necesarios en el área de trabajo, se optimizan espacios y se trabaja con mayor productividad. Una vez clasificados los elementos se procede a desechar los que no se usan (Neuwirth, 2017).

Se debe seguir un criterio al momento de eliminar o almacenar, en caso desecharlo se torne caro o la reposición sea difícil de realizar se procede a almacenaje de este.

En el inicio de una mejora, más importante que la actual mejora o la contribución individual, el verdadero valor de la mejora continua es la creación de una atmósfera de continuo aprendizaje y una organización que fomente el cambio (Liker, 2003: xii)

1.3.5.2. Seiton – Ordenar

Ordenar o arreglar implica acomodar con cuidado lo que queda, con un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Organizar el área de trabajo para que sea sencillo encontrar lo que se requiere (Madariaga, 2018: 37)

Se procede con la organización del área de trabajo, Se trata de realizar este ordenamiento según criterios de uso de las herramientas u objetos. Los de mayor uso, a mayor alcance del operario. Definir claramente las locaciones de las herramientas de forma que no quede ambigüedad alguna sobre su posicionamiento, dado que eliminaría el desperdicio de movimiento por búsqueda (Neuwirth, 2017).

1.3.5.3. Seiso – Limpieza

Seisio implica asegurar la limpieza regresando las cosas a su lugar de almacenamiento y eliminando las cosas que no corresponden

El objetivo de esta etapa es establecer y mantener un lugar de trabajo limpio, fuera de cualquier tipo de suciedad y polvo en todos los elementos que lo conforman. Para lograr ello se debe identificar las fuentes principales de suciedad y atacarlas hasta eliminarlas o minimizarlas (Madariaga, 2018: 38)

Esta etapa logra, al tener un lugar de trabajo más limpio, un mayor tiempo de vida de la maquinaria y un mejor funcionamiento. Es necesario también mantener el área iluminada (Neuwirth, 2017).

1.3.5.4. Seiketsu – Estandarizar

Se debe asegurar que las condiciones del área de trabajo no vuelvan al estado original y desorganizado. Haga que las tres S anteriores formen parte de sus procedimientos estándar todos los días. Impleméntelos con la ayuda de letreros, pancartas, tableros de sombra, portaherramienta y buscar asegurarse que todos los trabajadores comprendan sus responsabilidades y estén capacitados para realizar todas las tareas (Neuwirth, 2017).

La estandarización establece que se debe establecer programas y métodos para llevar control. Seiketsu también significa “control visual” para identificar y dar respuesta a las situaciones anómalas (Madariaga, 2018: 39)

1.3.5.5. Shitsuke – Disciplina

La Figura 13 muestra un escenario antes y después de la implementación de las 5S.

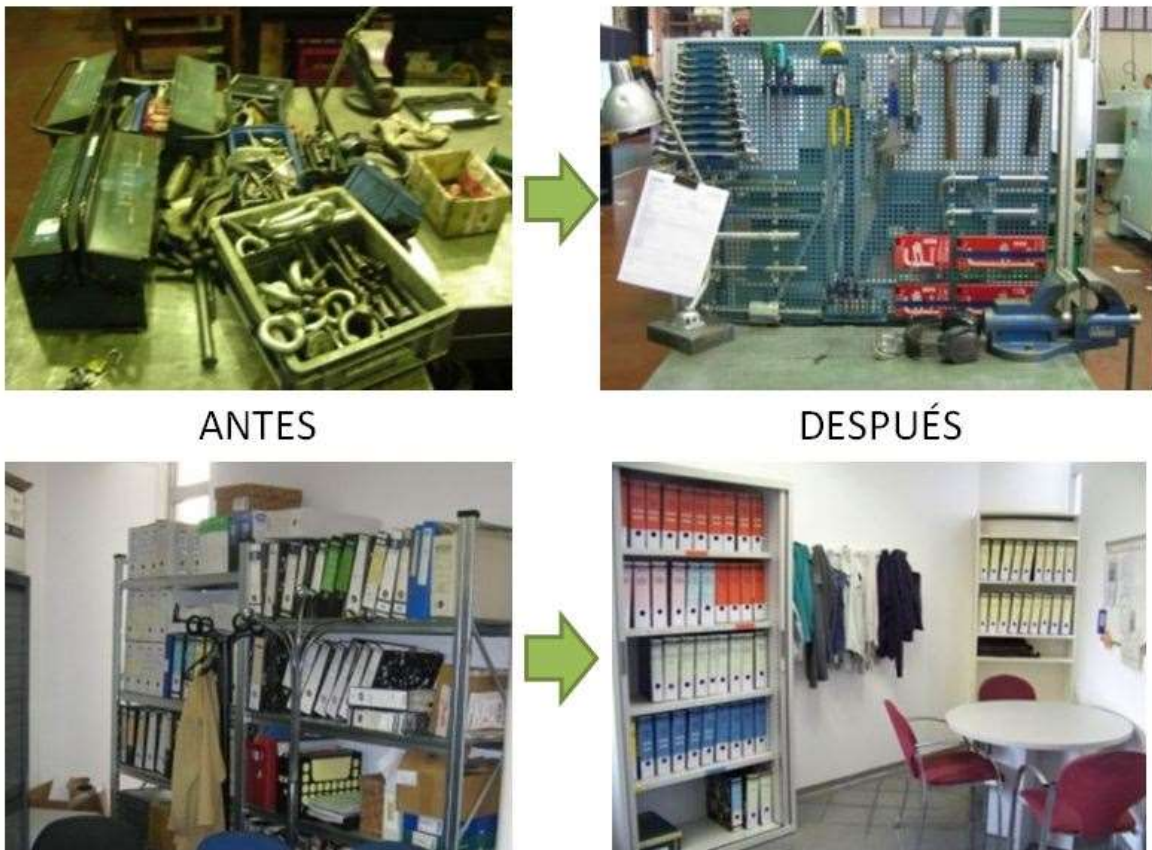


Figura 13: Situación antes y después de implementación de las 5S
Fuente: Franco, Javier (<https://Leanbox.es/ejemplo-de-gestion-visual/>)

Ahora que se lograron establecer las primeras cuatro etapas lo difícil recae en mantener este efecto, ya que desaparecerá todo lo obtenido si no se cuenta con la disciplina adecuada para mantenerlo. Es importante asegurarse de que se hagan todos los días para evitar caer en viejos hábitos (Neuwirth, 2017).

La tarea de esta fase se ciñe a la realización de auditorías periódicas y acciones correctoras para asegurarse de que se alcanza y mantiene el nivel de 5S deseado (Madariaga, 2018: 39).

1.3.6. Justo a tiempo

El JIT (por las siglas en inglés de Just in Time) es una filosofía de trabajo implementada por el Director de Producción de Toyota, Taiichi Ohno, el objetivo principal de la filosofía radicaba eliminar del proceso productivo todo aquello que no agregue valor, todo lo que sea una muda para el producto. Just in Time no es solamente un proyecto más que la compañía debe poner en práctica, se trata de un proceso de implementación que ayuda a la empresa a responder mejor económicamente al cambio (Madariaga, 2018: 75)

Los objetivos principales del JIT (Lefcovich, 2009), son:

- ✓ Atacar los problemas fundamentales.- JIT permite identificar de forma rápida los problemas de producción, dado que no se cuenta con sobre stock ni operaciones que no agregan valor que puedan taparlos.
- ✓ Eliminar muda.- Eliminar todo lo que no añade valor.
- ✓ Buscar la simplicidad
- ✓ Diseñar sistemas para identificar problemas

1.3.7. Gestión Visual

La Gestión Visual, a nivel conceptual es una nueva estrategia laboral que consiste en aplicar diferentes herramientas visuales y técnicas de visualización para combinarlas con las herramientas actuales (Chuquino, 2017).

La Figura 14 sugiere una ruta para la implantación de la metodología Lean en una empresa, la cual describe por medio de post-it el estado de las tareas.

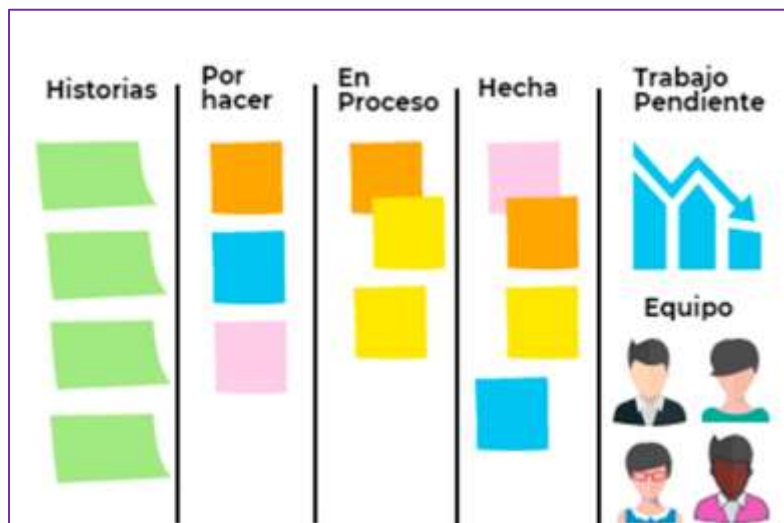


Figura 14: Modelo de Gestión Visual
Fuente: Chuquino, 2017

La gestión visual se basa en 2 componentes. En primer lugar está el factor visual que abarca los colores, los gráficos, los post-it, las pizarras físicas, etc., que representan el “cómo”. En segundo lugar está la gestión del “qué” es lo que se quiere transmitir (Chuquino, 2017)

Según Néstor Braidot (2008), en su libro Neuromanagement nos dice “La percepción visual es extraordinaria en la cantidad y calidad de información que nos aporta sobre el mundo, el 40% de la actividad del cerebro se concentra en la visión, y con ello, un alto porcentaje de la memoria se basa en información visual.”

El 40% dedicado a la visión, nos permite recibir entre el 70%-95% de la información a través de nuestros ojos. Cada ojo humano puede ver 65,000 patrones visuales más rápido en una pintura, que de forma tabular (tablas, letras), esto según los especialistas de Kanbantool una herramienta especializada para crear online board (Braidot, 2008).

La Figura 15 muestra una hoja de ruta para la implementación de la metodología Lean, la cual inicia con la realización del diagnóstico y determinación del problema.

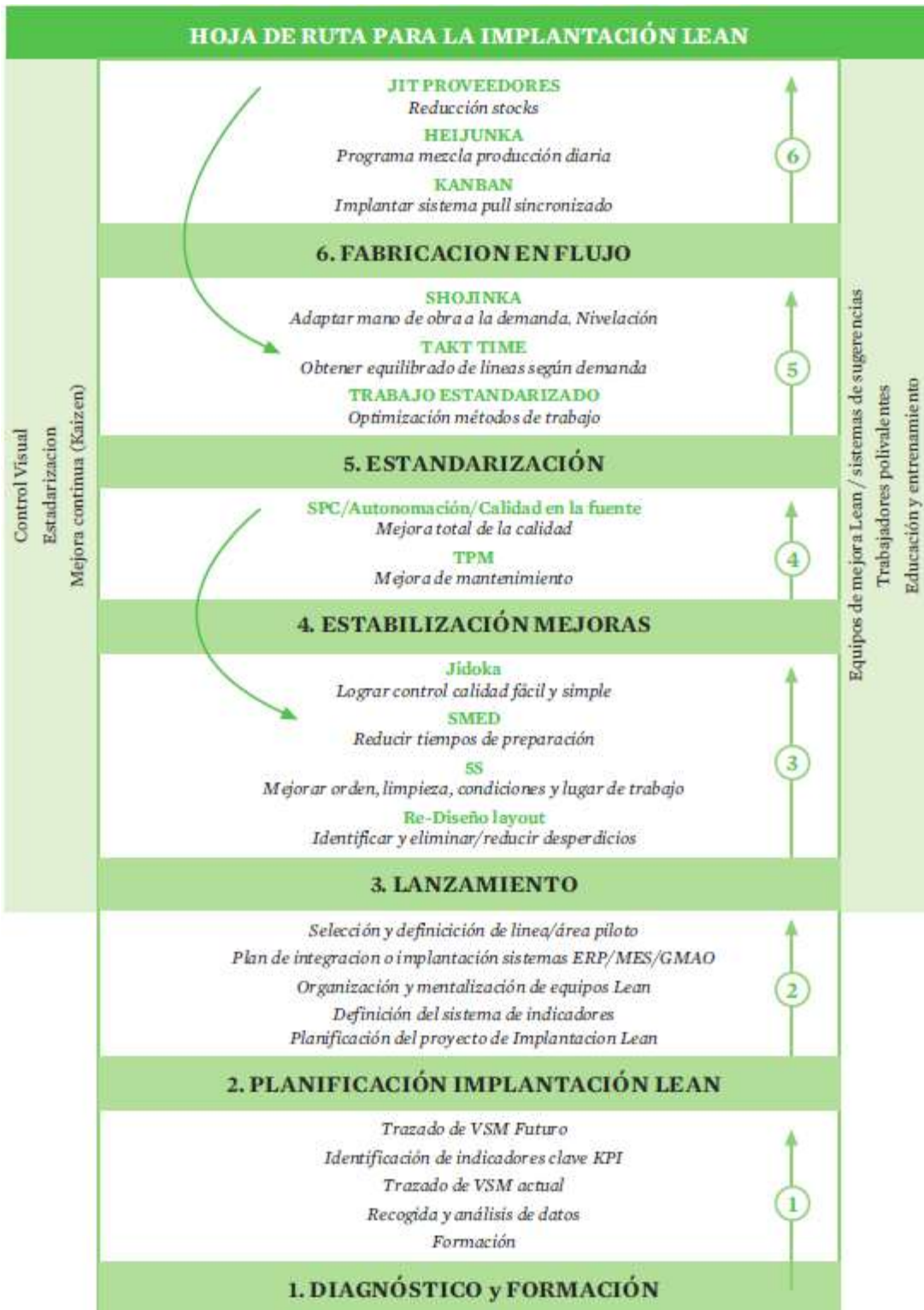


Figura 15: Modelo Metodología para implementación Lean
Fuente: Hernández y Vizán (2013: 82)

En la gestión visual, el jefe y el equipo de trabajo son responsables de la gestión, así como de mantenerla actualizada. La información que se comparte debe ser conocida y acordada por todos los miembros del equipo y son ellos los que deben informar los alcances en los que se está trabajando para llevar con éxito la implementación del Lean (Chuquino, 2017),

1.4. Six Sigma

La metodología Six Sigma representa una manera de medir el desempeño de un proceso en base a su nivel de productos fuera de especificación. La filosofía Six Sigma significa mejoramiento continuo de procesos y de productos apoyado en la metodología DMAIC. (Evans y Lindsay, 2008: 502)

Six Sigma tiene dos importantes impulsores: la reducción de los costes ocasionados por la deficiente calidad y la ruptura de la complacencia, dado que se busca la menor variabilidad. Además, se debe buscar centrar las medidas en el desempeño meta (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2013: 164).

Una medida de la calidad de los resultados son los defectos por unidad:

$$DPU = \frac{\text{Número de defectos descubiertos}}{\text{Número de unidades producidas}}$$

Sin embargo, el indicador se enfoca en el producto final y no en el proceso. Además, es difícil su uso en procesos complejos o en dos procesos distintos, dado que esos procesos pueden tener una cantidad de oportunidades de error distintas. Como meta, un proceso con nivel de calidad Six Sigma significa estadísticamente tener un nivel de clase mundial de 3.4 DPMO (defectos por millón de oportunidades) (Evans y Lindsay, 2008: 502).

$$DPMO = \frac{\text{Número de defectos descubiertos}}{\text{Oportunidades de error}} * 1,000,000$$

Por lo general, Six Sigma utiliza la noción de una función en matemáticas para ilustrar la relación entre el proceso de desempeño y el valor del cliente.

La Figura 16 muestra un ejemplo de la relación de la variable Y con las variables dependiente X como expresión de un mapeo visual,

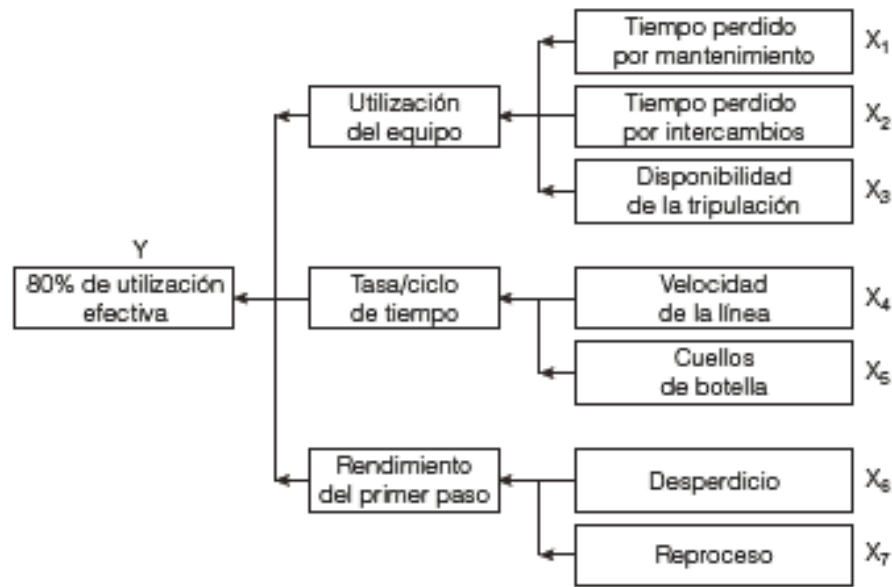


Figura 16: Mapeo Visual de $Y = f(X)$

1.4.1. El enfoque Six Sigma y el DMAIC

El enfoque Six Sigma provee una metodología para abordar los procesos y eliminar lo que no agrega valor, eliminar la variación y centrar el proceso a las especificaciones del cliente (Molteni y Cecchi, 2005)

La metodología DMAIC consiste en cinco pasos que son necesarios para definir y mejorar procesos (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2013: 164). Para esto, también se utilizarán las herramientas y técnicas de Lean Manufacturing y Six Sigma para reducir desperdicios y defectos. Los pasos que conlleva al desarrollo de la metodología son:

Definir: Consiste en la definición del problema o la selección del proyecto con la finalidad de entender la situación actual y definir objetivos. En esta fase se busca identificar procesos sobre los que actuar, detallando las necesidades de los clientes (Huerga, Abad, y Blanco, 2012: 116)

Medir: Consiste en la definición y descripción del proceso. En esta fase se busca desarrollar plan de recogida de datos, obtener información y medir las características de calidad (Huerga, Abad, y Blanco, 2012: 116)

Analizar: Por un lado consiste en la determinación de las variables significativas y la evaluación de la estabilidad y capacidad del proceso. El objetivo es analizar la información para determinar las causas de los problemas (Huerga, Abad, y Blanco, 2012: 116)

Mejorar: Buscar e implementar acciones de mejora (Huerga, Abad, y Blanco, 2012: 116), con la validación de la misma a través de una medición actual de la capacidad.

Controlar: Consiste en controlar y dar seguimiento al proceso. Se debe comprobar y mantener la mejora por un proceso capaz, así como establecer un plan de control. (Huerga, Abad, y Blanco, 2012: 116)

Tabla 2: Esquema 1 herramientas de calidad en DMAIC

FASE	HERRAMIENTAS
Definir	Carta del proyecto
	Costo de análisis de calidad
	Análisis de Pareto
	Proceso de mapeo de alto nivel
Medir	Hojas de chequeo
	Estadística descriptiva
	Medición y sistema de evaluación
	Análisis de la capacidad del proceso
	Benchmarking
Analizar	Mapeo detallado del proceso
	Inferencia estadística
	Diagramas causa - efecto
	Modo de falla y análisis de los efectos
	Análisis de la raíz causa
Mejorar	Diseño de experimentos
	Prueba de errores
	Producción esbelta
	Ciclo Deming
	Siete herramientas de la administración
Controlar	Control estadístico de procesos
	Procedimientos de operación estándar

Fuente: (Molteni y Cecchi, 2005)

La Tabla 2 muestra algunas herramientas utilizadas en cada una de las etapas de DMAIC. Sin embargo, durante la revisión de las herramientas usadas en la estructura DMAIC, la bibliografía muestra que los autores tienen distintos puntos de vista sobre que herramienta se debe usar. Además, establecen en distintas fases el uso de la misma herramienta.

Evans y Lindsay mencionan que Six Sigma creó un enfoque renovado en la mejora de procesos (2008: 506).

La Tabla 3 expone otras herramientas que son utilizadas cuando se usa el DMAIC como esquema de mejora del proceso en estudio.

Tabla 3: Esquema 2 herramientas de calidad en DMAIC

Herramienta	Aplicación en DMAIC
Diagrama de flujo	Definir, Controlar
Hoja de verificación	Medir, Analizar
Histograma	Medir, Analizar
Diagrama causa - efecto	Analizar
Diagrama de Pareto	Analizar
Diagrama de dispersión	Analizar, mejorar
Diagrama de control	Controlar

Fuente: Adaptado de Evans, J y Lindsay, W. (2008: 663)

Por otro lado, (Huerga, Abad, y Blanco, 2012: 112), en su investigación han expuesto que se usan distintas técnicas en la metodología Six Sigma. Aunque las herramientas de tipo estadístico están presentes en prácticamente todas las fases, es evidente que en la fase de análisis resulta imprescindible el uso de la Estadística. Por otro lado, conviene señalar que una misma técnica o herramienta se puede utilizar en distintas fases.

La Tabla 4 expone otra serie de herramientas utilizadas en cada etapa del modelo DMAIC. A comparación de la Tabla 2 y Tabla 3, existen diferencias y similitudes de herramientas usadas en una etapa del modelo. Incluso, en la Tabla 4 se sugiere el uso de una mayor cantidad de herramientas.

Tabla 4: Esquema 3 herramientas de calidad en DMAIC

FASE	HERRAMIENTAS
Definir	- QFD
	- Diagrama de flujo
	- FMEA
Medir	- Plantilla recogida de datos
	- Muestreo estadístico
	- FMEA
	- Brainstorming
Analizar	- Histograma
	- Gráfica de Pareto
	- Diagrama causa - efecto
	- Diagrama de dispersión
Mejorar	- Análisis de regresión
	- Series temporales
	- Prueba de hipótesis
	- Gráficos de control
Controlar	- Estudios de capacidad y nivel sigma
	- ANOVA
	- Brainstorming
	- Diseño de experimentos
	- FMEA
	- Gráficos de control
	- Análisis de capacidad
- Determinación del nivel sigma del proceso	

Nota. Fuente: (Huerga, Abad, y Blanco, 2012: 118)

En resumen, como se observa en los últimos 3 cuadros, las herramientas utilizadas en la estructura DMAIC no sigue un mismo patrón o es estándar. Es decir, cada autor define su necesidad y las herramientas a usar de acuerdo al problema y la industria manufacturera o de servicios en estudio.

1.4.2. Herramientas de la calidad

Entre las numerosas herramientas que comprende la caja de herramientas de Six Sigma se encuentran siete muy sencillas: diagramas de flujo, hojas de verificación, histogramas, diagramas de Pareto, diagramas de causa y efecto, diagramas de dispersión y diagramas de control. Los japoneses las llaman las Siete herramientas del Quality Control (Evans y Lindsay, 2008: 662)

1.4.2.1. Diagrama de flujo

Un diagrama de flujo o mapa de proceso identifica la secuencia de actividades o flujo de materiales e información en un proceso. Los diagramas de flujo son de soporte para las personas del equipo de trabajo puesto que permite el entendimiento de una forma más sencilla y ofrece un panorama del camino necesario para realizar las actividades (Evans y Lindsay, 2008: 663).

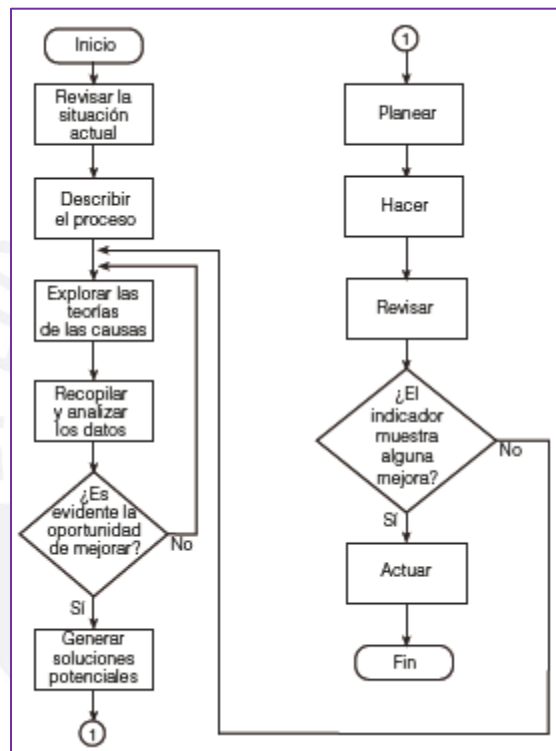


Figura 17: Ejemplo de Diagrama de Flujo
Fuente: Adaptado de Evans y Lindsay (2008: 662)

Si se desea un enfoque cuantitativo, se puede hacer uso de los diagramas de barra en donde se analizan las relaciones cuantitativas de factores del lugar de trabajo como número de defectos que ocurren por proceso, número de clientes que usan el servicio de la empresa, etc., (Bonilla y otros, 2012),

1.4.2.2. Hoja de verificación

Las hojas de verificación son también llamado check list y tienen la finalidad como un medio de registro. El formato es usado para la elaboración de histogramas. En los

formatos se pueden ingresar datos con respecto al tiempo como las ventas de un producto durante el año, índice de defectos por mes, niveles de contaminación ambiental, entre otros (Evans y Lindsay, 2008: 670).

(Uso continuo de datos) No. _____

Hoja de verificación

Nombre del producto	Fecha
Uso	Nombre de la fábrica
Especificación	Nombre de sección
Número de inspecciones	Recopilador de datos
Número total	Nombre del grupo
Número de lote	Comentarios

Dimensiones	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2
40																		
35																		
30																		
25																		
20																		
15																		
10																		
5																		
Frecuencia total	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2	1

Figura 18: Modelo de Hoja de Verificación
Fuente: Evans y Lindsay (2008: 670)

1.4.2.3. Diagrama causa – efecto

El diagrama causa-efecto es una descripción de las causas de un problema, que pueden ser representados en la forma de una espina de pescado. Esto permite el análisis y la discusión de los problemas, principales causas y se agrupan generalmente en seis aspectos, medio ambiente, medios de control , maquinaria, mano de obra, materiales y

métodos de trabajo. Se utiliza para analizar la relación causa-efecto, comunicarla y facilitar la solución de problemas, desde el síntoma, la causa y la solución (Bonilla y otros, 2012)

El diagrama de Ishikawa, el cual se en la Figura 2, es una herramienta que en forma gráfica, ordenada y sistemática permite representar las causas posibles que hay detrás de un efecto.

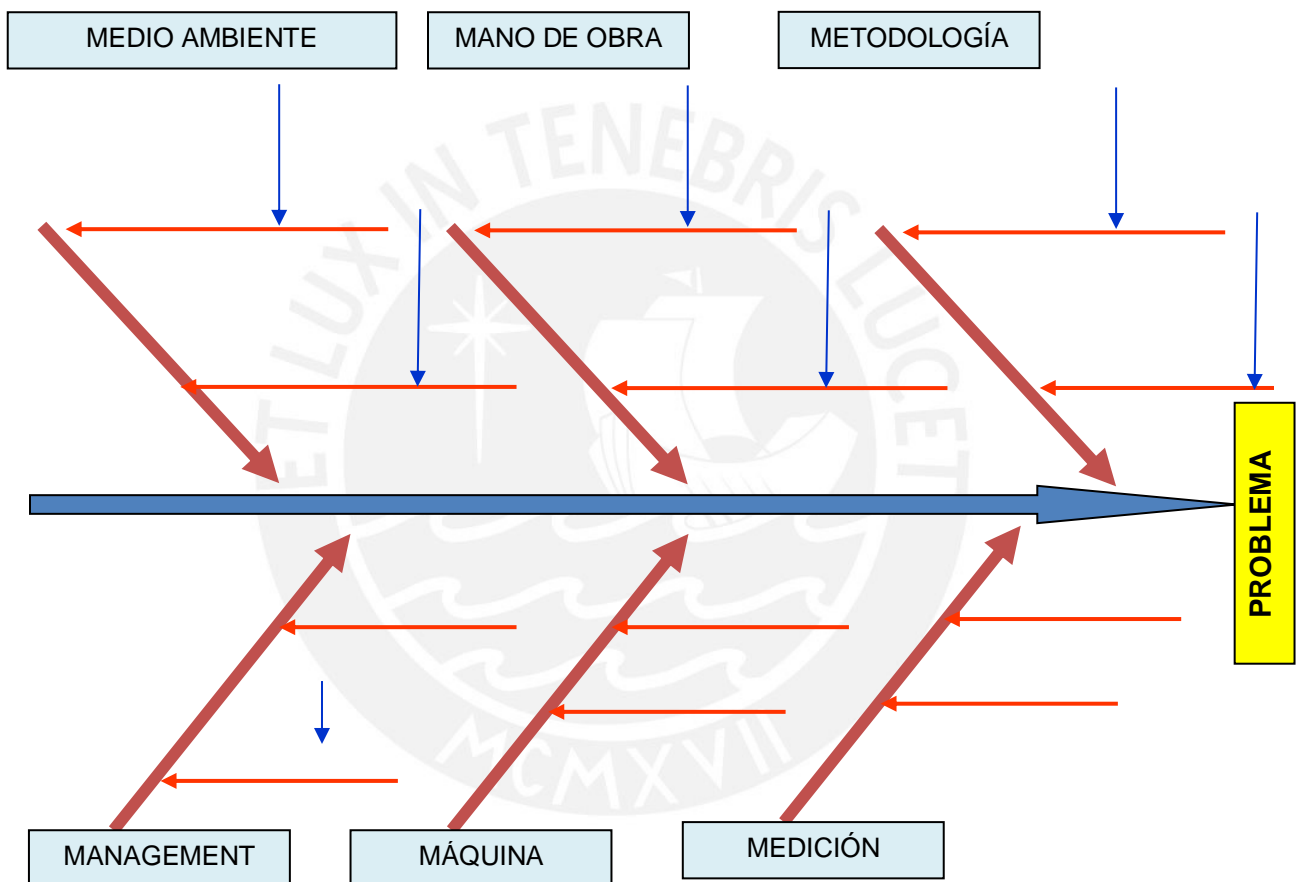


Figura 19: Modelo de un Diagrama de Ishikawa

Algunos autores hacen referencia a las 6M en el diagrama de Ishikawa. Las 6M establece una división en 6 grupos principales de causas relacionadas a los factores de mano de obra, materiales, maquinarias, medio ambiente, metodología y medición. Esto con la finalidad de relacionar las posibles causas que provienen de una tormenta de ideas previas a la determinación de la causa raíz.

1.4.2.4. Curva de Pareto

Es un diagrama que se utiliza para determinar el impacto, influencia o el efecto que tiene determinado s elementos sobre un aspecto. Permite clasificar los elementos (problemas o defectos) en función de su impacto en la organización. La clase A contiene cerca de 20% de los elementos y el 80% de su impacto, en el otro extremo, la clase C contiene 50% de elementos y sólo un 5% de impacto. Con la clase intermedia se encuentran el 30% de los elementos y el 15% de impacto. Es mejor dirigir esfuerzos hacia los elementos de la clase A para reducir los problemas o efectos más significativos o importantes para la organización (Tovar y Mota, 2007)

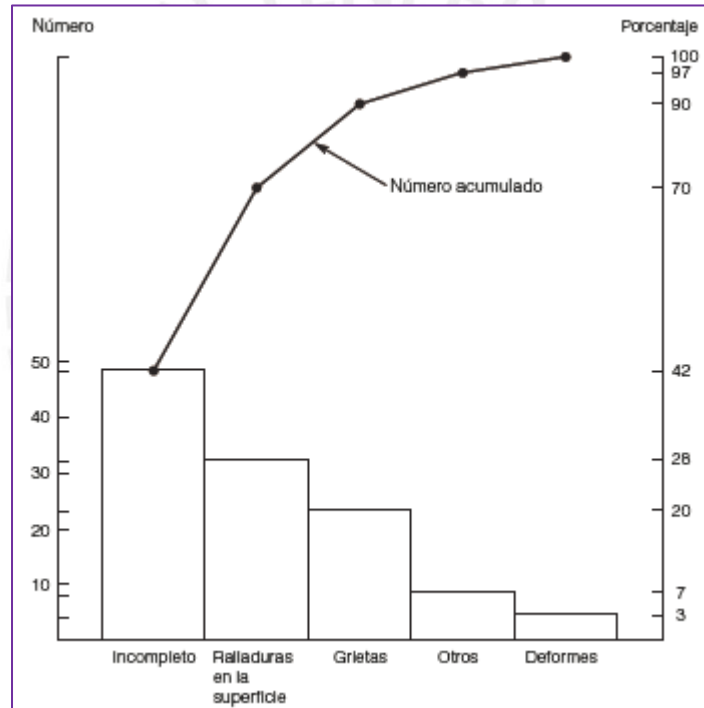


Figura 20: Modelo de Diagrama de Pareto
Fuente: Evans y Lindsay (2008: 673)

1.4.2.5. Histograma

Es una gráfica de barras que permite visualizar y definir el comportamiento de un conjunto de datos de una variable, como altura, peso, densidad, temperatura, tiempo, etc., en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión (Evans y Lindsay, 2008: 671).

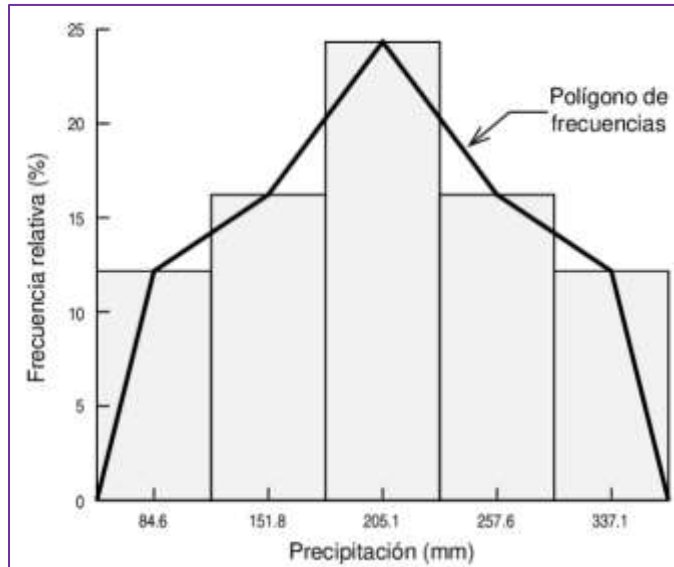


Figura 21: Histograma

1.4.2.6. Diagrama de dispersión

Es una herramienta de la mejora continua para realizar un análisis entre dos variables, donde se estima que existe una relación o patrón de correlación entre ellos (Bonilla y otros, 2012). Además, es una forma de exponer mediante un gráfico la tendencia de una serie de datos en el tiempo. Las gráficas de línea son la mejor opción para mostrar los cambios de una variable con respecto al tiempo como las ventas, la producción, entre otros; con la consideración de que siempre existirá una variable dependiente y otra independiente (Evans y Lindsay, 2008: 677).

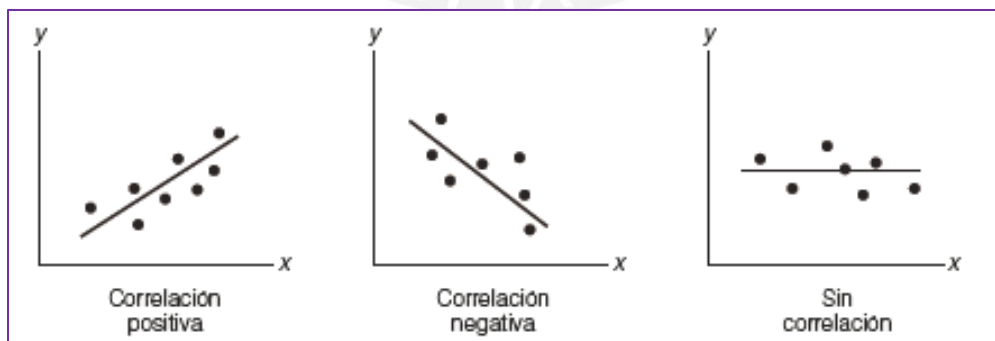


Figura 22: Tipos de correlación
Fuente: Evans y Lindsay (2008: 677)

1.4.2.7. Gráfica de Control

Una Gráfica de Control es una gráfica de líneas donde los datos son representados en función del tiempo. En el eje vertical existe un indicador; el eje horizontal es una escala de tiempo. En estas gráfica se puede analizar la información como volumen de producción, costos e índices de satisfacción del cliente y ver si se está dentro de los límites de control (Evans y Lindsay, 2008: 665)

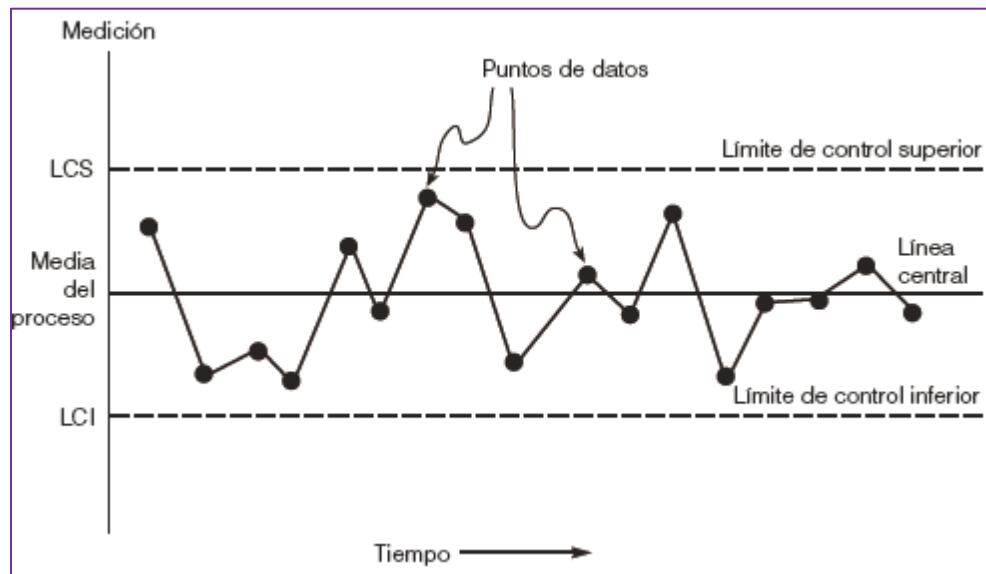


Figura 23: Estructura de una gráfica de control
Fuente: Evans y Lindsay (2008: 667)

Adicional a las herramientas expuestas, la técnica SIPOC es muy usada dentro de la metodología Six Sigma

1.4.2.8. SIPOC (Supplier – Input – Process – Output – Customer)

Es una técnica que resulta muy útil para realizar un diagrama de alto nivel que defina los procesos, es decir establezca la estructura básica que debe existir para identificar la interrelación y delimitación de los procesos (Tovar y Mota, 2007)

- ✓ Proveedor: Cualquier persona o proceso que suministra algún insumo
- ✓ Insumo: Todo aquello que se requiere para llevar a cabo el proceso, puede ser información, materiales, actividades o recursos.

- ✓ Proceso: Las actividades básicas para convertir las entradas en salidas.
- ✓ Salida: Resultado del proceso.
- ✓ Cliente: La persona o proceso que se ve afectada por el resultado del proceso

La Figura 24 expone los 5 elementos del SIPOC, desde el proveedor hasta el cliente.

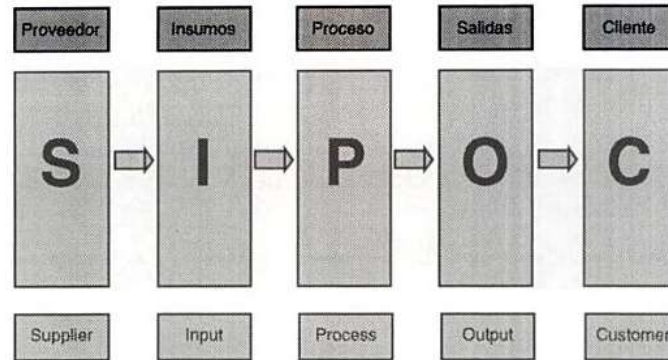


Figura 24: Ejemplo de SIPOC
Fuente: Tovar y Mota (2007)

1.5. Casos de éxito de plantas de envases de vidrio

En la industria nacional e internacional, Owens Illinois (OI) es líder de mercado y el problema de la baja eficiencia crece año a año en sus plantas alrededor del mundo. Con la información encontrada, se puede observar que diversos investigadores proponen diversas metodologías para mitigar los efectos y el impacto económico que conllevan los reprocesos y mermas.

A partir de la búsqueda de información, se exponen los siguientes casos:

En el caso de Ecuador, Pérez (2009), en su trabajo de investigación “Incremento de la eficiencia de una máquina formadora de envases de vidrio utilizando herramientas manufactura esbelta y Six Sigma”, expone su experiencia como líder de proyecto de mejora en una empresa productora de vidrio,

En el caso de Venezuela, Hernández (2006), en su trabajo de investigación “mejoras en el proceso de elaboración de envases de vidrio para alcanzar los niveles de productividad

establecido por la gerencia general”, realiza la experiencia en la Planta Los Guayos de Owens Illinois (OILG).

En el caso de México, Torres (2010), realiza su trabajo de investigación “Automatización de una línea de envases de vidrio” en la empresa Latinoamerica de Vidrios S.A., dedicada a la fabricación de productos de vidrio desde botellas de licores y vinos hasta frascos para perfume y fragancias.

En el caso de Perú, Llanqui y Santillán (2017) realizan un diagnóstico y mejora de procesos en el área de producción de una fábrica de envases de vidrio. El estudio realizado comprende específicamente el proceso de producción de envases de vidrio, dividida a su vez en seis subprocesos principales, los cuales son: Mezcla, Fundición y Acondicionamiento, Formación, Recocido, Inspección y Paletizado.

La problemática y las causas encontradas fueron diversas; sin embargo, es necesario tener presente al indicador de eficiencia indicado en algunas investigaciones.

Para una investigación en OI, la eficiencia de formación está definida como la relación entre la cantidad de botellas que pasan al archa y las gotas que fueron cortadas. Esta eficiencia es un indicativo muy confiable de la calidad de las calibraciones mecánicas y electrónicas que fueron hechas en una maquina formadora de envases previo a la producción de los mismos (Pérez 2009)

En el caso de Ecuador, luego de un análisis, se determinó que la máquina formadora de envases de vidrio tenía el potencial para ser una de las mejores máquinas de Latinoamérica, pero tenía una baja eficiencia en el área de formación razón por la cual se encargó de la determinación y la solución de las causas problema (Pérez 2009)

En el caso de Venezuela, el problema se genera específicamente en el área de formación de envases de vidrio. El problema general era el incumplimiento con las exigencias de productividad exigidas por la Gerencia Global (Hernández, 2006)

En el caso de México, la investigación se centra en el problema de que la empresa no logra satisfacer algunas necesidades de producción y el posterior efecto en el cliente.

Esto generalmente debido al uso de conocimientos tradicionales y tecnología que han dejado de usarse en la industria de vanguardia. Además, analiza el problema de los altos niveles de consumo de energía con un punto de vista tecnológico (Torres, 2010)

En la investigación en Perú, el análisis realizado se centró principalmente en las carencias identificadas en los subprocesos de formación e inspección, tomando como base las diferentes técnicas generales empleadas para definir, medir y analizar los procesos. En la etapa de descripción se definen los procesos de la empresa a detalle. Posteriormente se identifican los subprocesos críticos. Al medir cada uno de estos subprocesos, se identificaron como actividades relevantes la corrección de los defectos en los moldes e inspección electrónica y visual antes del paletizado de los subprocesos de Formación e Inspección respectivamente (Llanqui y Santillán, 2017).

En uno de los trabajos realizados en OI, se encontraron varios factores que afectaban el valor, los cuales eran los tiempos perdidos por fallas en los mecanismos, fallas en el acondicionamiento del vidrio, defectos que se presenten en la producción que provoquen el rechazo de los envases, problemas de manejo en el transportador, cambios de referencia, demoras en la carga de la máquina, descartes por lubricación, descartes por inspección, cortes de energía, fallas en sistemas auxiliares, moldura en mal estado que provoque defectos, mal ajuste en velocidad de los mecanismos, temperatura de equipo de moldes no acordes con la referencia que se está trabajando (Pérez, 2009).

Las investigaciones también expresan los objetivos y algunos posibles resultados luego de la implementación de sus propuestas de mejora.

El objetivo del trabajo en Ecuador fue el incremento de la eficiencia de la máquina formadora de envases mediante la utilización de las herramientas de metodología Lean y Six Sigma. El proyecto propuesto se desarrolla relacionado a cada etapa del DMAIC: medición de la capacidad del proceso, análisis de los factores claves que tienen mayor impacto en el rendimiento del proceso, implementación de las soluciones y la etapa del control la cual ayuda a mantener en el tiempo las mejoras realizadas. El alcance del proyecto fue sobre las actividades relacionadas con la máquina A3 la meta principal fue incrementar la eficiencia en un 0.3% (Pérez, 2009).

El objetivo del trabajo en Venezuela se enfocó en la evaluación y determinación de oportunidades de mejora que tenían incidencias más significativas sobre los resultados de los índices de productividad. Con ello, se diseñaron tres propuestas de mejora presentes en el proceso de producción, todas ellas con respecto al equipo de moldería, al comportamiento de las máquinas y al precalentamiento de los equipos de moldería (Hernández, 2006)

Los beneficios esperados implicaban aumentar el JCI (indicador de eficiencia) un 6.4% y algunos otros indicadores de producción. Además, hace referencia a la ergonomía y su importancia en el trabajo (Hernández, 2006)

En el caso de la investigación en México, la propuesta de mejora es la automatización, lo cual inicia el establecimiento de actividades de planear, diseñar, organizar, programar y controlar el proceso de fabricación de productos de vidrio para la industria en general de una manera semi-automatizada en el principio, pero con la visión de lograr una plena automatización del proceso productivo de la planta en el futuro (Torres, 2010)

El objetivo general del trabajo de la empresa mexicana en estudio era el diseño de manera óptima el proceso de automatizado de la fabricación de envases de vidrio para reducir los tiempos de traslado de vidrio desde el horno de fundición hasta el lugar conformado de vidrio, así como el aseguramiento de un conformado de los productos con un tiempo bajo y alta calidad. Los posibles resultados implican mejorar los tiempos de producción y reducir los riesgos para los operadores humanos que realizan el trabajo (Torres, 2010)

En la investigación de Perú, en la propuesta de mejora se diseñan las propuestas en base a los resultados obtenidos según análisis realizado. Se aplican técnicas generales como la aplicación de un sistema Kanban, simulación de eventos discretos y redes neuronales, las cuales buscan mejorar los tiempos de reposición de moldes, reducir el costo de producto perdido implementando un tipo de mantenimiento preventivo y disminuir la cantidad de producción observada por defectos críticos respectivamente (Llanqui y Santillán, 2017)

Los principales resultados estimados a partir de las mejoras plantadas indican una reducción considerable de tiempo de atención e inventarios por parte del área de moldes, así como ahorros por detección de defectos críticos y en los costos de producto perdido por inspección automática deficiente (Llanqui y Santillán, 2017).

La industria de producción de envases de vidrio está en crecimiento. En Perú, Owens Illinois planea producir envases de vidrio para leche. El Gerente de Inteligencia de Mercados de una empresa conocida, Giancarlo Mazzini, señaló que esperan concretar dicho proyecto en un mediano plazo. Empresa cerrará el año con ventas cercanas a los US\$120 millones (RPP, 2017).

El Gerente Giancarlo Mazzini indicó que otro sector que está creciendo mucho en demanda de productos de vidrio es el de alimentos de agro exportación, especialmente envases para espárrago, pimiento piquillo, entre otros, productos que son altamente demandados por mercados como el europeo. Además, señaló que esta mayor demanda generó que su patrocinada inaugure, en setiembre último, un tercer horno de producción en su planta de Lurín, lo que demandó una inversión de US\$60 millones y les ha permitido incrementar su capacidad de producción en un 35% (RPP, 2017).

CAPITULO II MARCO METODOLÓGICO

2.1. Lean Six Sigma (LSS)

Lean Six Sigma puede describirse como una metodología que se enfoca en la eliminación de desperdicios y variaciones, siguiendo la estructura DMAIC, para lograr la satisfacción del cliente con respecto a la calidad, entrega y costo. Se enfoca en mejorar los procesos, satisfacer a los clientes internos y externos y lograr mejores resultados financieros para el negocio.

Un enfoque LSS permite a las personas elegir las herramientas adecuadas para atacar diferentes problemas, ya sea rápidamente en forma de eventos Kaizen o utilizando un análisis más profundo para proyectos complejos. Six Sigma y Lean no deben usarse en paralelo, sino simultáneamente.

Salah, Rahim y Carretero (2010: 251), luego de un análisis de las dos metodologías de mejora continua Lean y Six Sigma, mencionan los beneficios para integrarlos. Además, este documento analiza los modelos existentes que describen cómo se ajustan Six Sigma y Lean que comparten objetivos y fundamentos comunes en términos de esforzarse por lograr la satisfacción del cliente. Estas metodologías se complementan entre sí y pueden integrarse para formar una metodología superior, es decir, LSS, que supera las deficiencias de las metodologías individuales.

En resumen de la bibliografía en estudio, Salah, Rahim y Carretero (2010), recomiendan siempre seguir con el marco DMAIC en cualquier proyecto de Lean Six Sigma (LSS), sin embargo, la naturaleza del proyecto es lo que va a determinar que herramienta es la más adecuada para ser usada en el proyecto de implementación.

El campo de decisión de la “receta” es abierto y la metodología no es estricta en la estandarización del uso de herramientas, puesto que dependerá mucho del caso que se encuentre en investigación.

2.2. Modelo aplicados de Lean Six Sigma

2.2.1. Modelo 1: Six Sigma es parte de Lean

En la Figura 25 se puede observar un ejemplo de cómo se aplica un modelo dentro del otro. En el esquema expuesto, se observa como el Six Sigma es usado como una herramienta de mejora dentro de la metodología Lean.

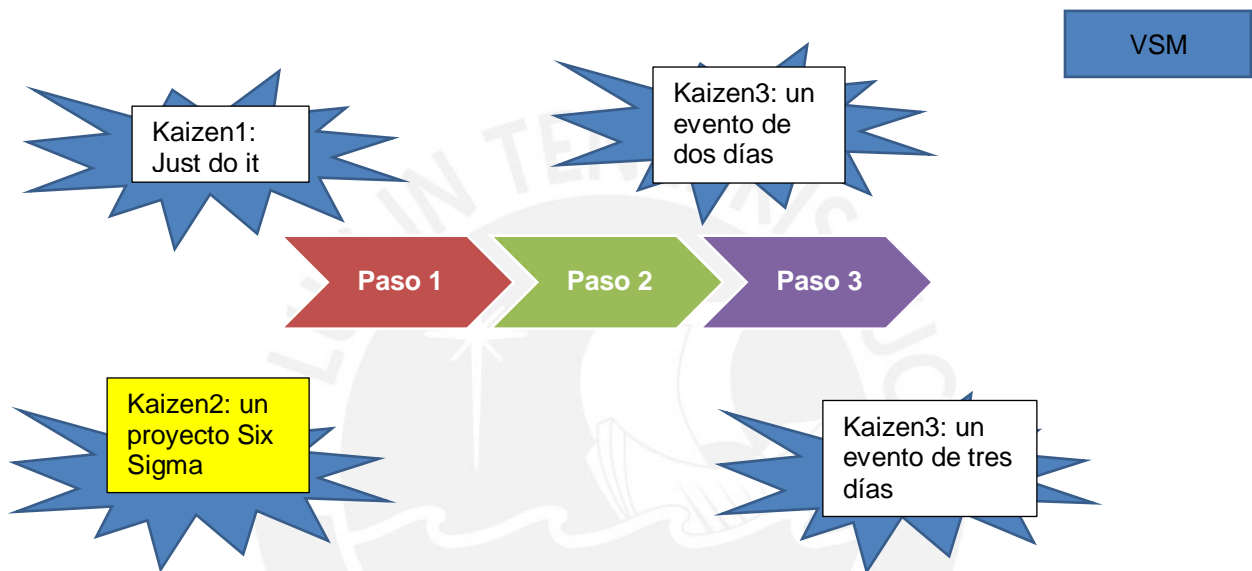


Figura 25: Modelo 1 Six Sigma es parte del Lean
Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

2.2.2. Modelo 2 Lean es parte de Six Sigma

En la Figura 26 se expone otro ejemplo de cómo se aplica un modelo dentro del otro. El modelo es inverso al presentado en el primer modelo.

En el esquema se presenta al Six Sigma como modelo en donde se aplican herramientas de Lean y que sigue la estructura DMAIC. Es parecido a la metodología que se propone aplicar; sin embargo, no se usan las herramientas de manera integral.

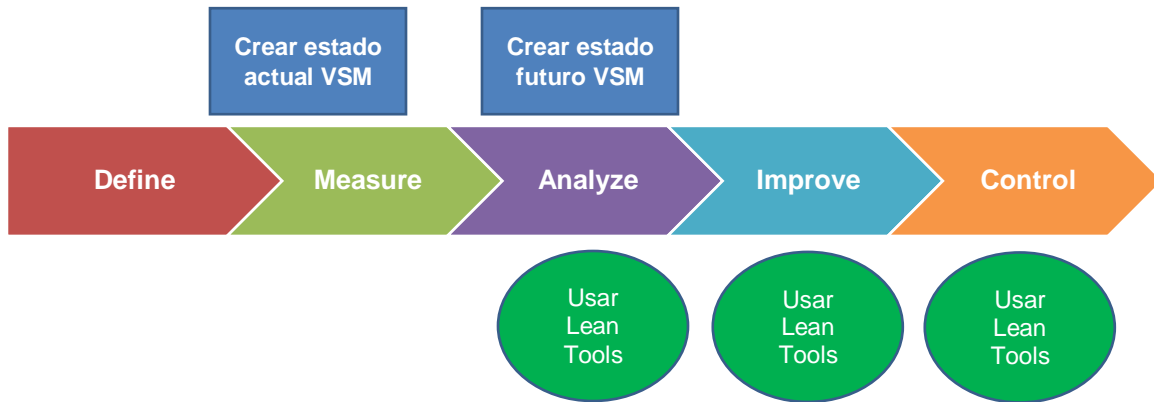


Figura 26: Modelo 2 Lean es parte de Six Sigma
 Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

2.2.3. Modelo 3: Lean es paralelo a Six Sigma para diferentes problemas

En la Figura 27, se presenta un esquema donde se usan Lean y Six Sigma para abordar diferentes problemas. En el caso, se observa que Six Sigma se enfoca en mejorar la eficiencia y Lean se enfoca en mejorar el tiempo de espera (Lead Time).

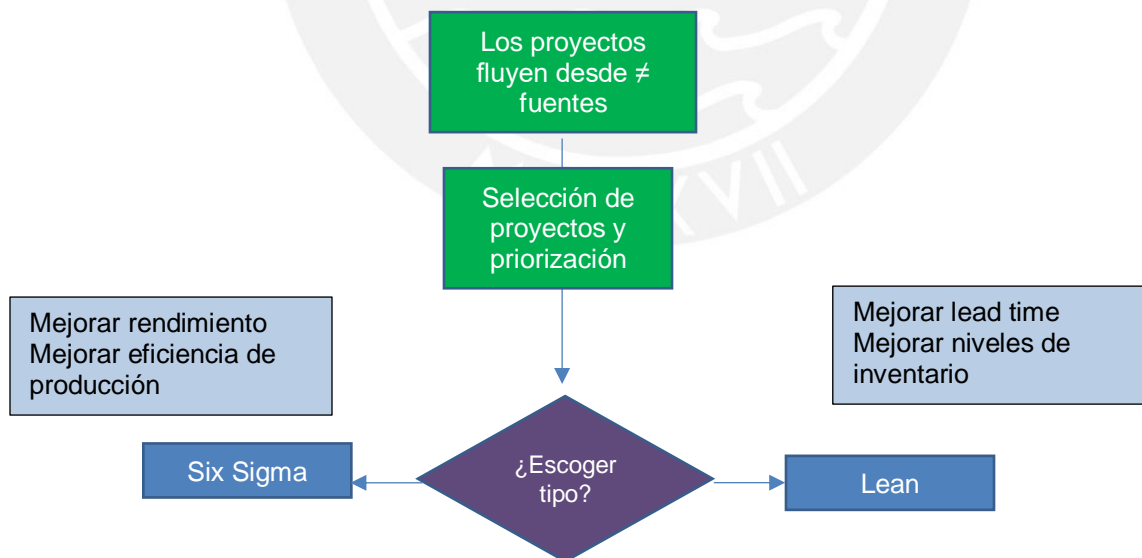


Figura 27: Modelo 3 Lean es paralelo a Six Sigma para diferentes problemas
 Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

2.2.4. Modelo 4: Lean es paralelo a Six Sigma para el mismo problema

En la Figura 28, se presenta un esquema con el uso de las metodologías Lean y Six Sigma para abordar mismo problema. Sin embargo, las metodologías son usadas de forma paralela y por separado, puesto que siguen distintos objetivos y pueden establecerse distintos alcances y distintos planeamientos para abordar el problema identificado.

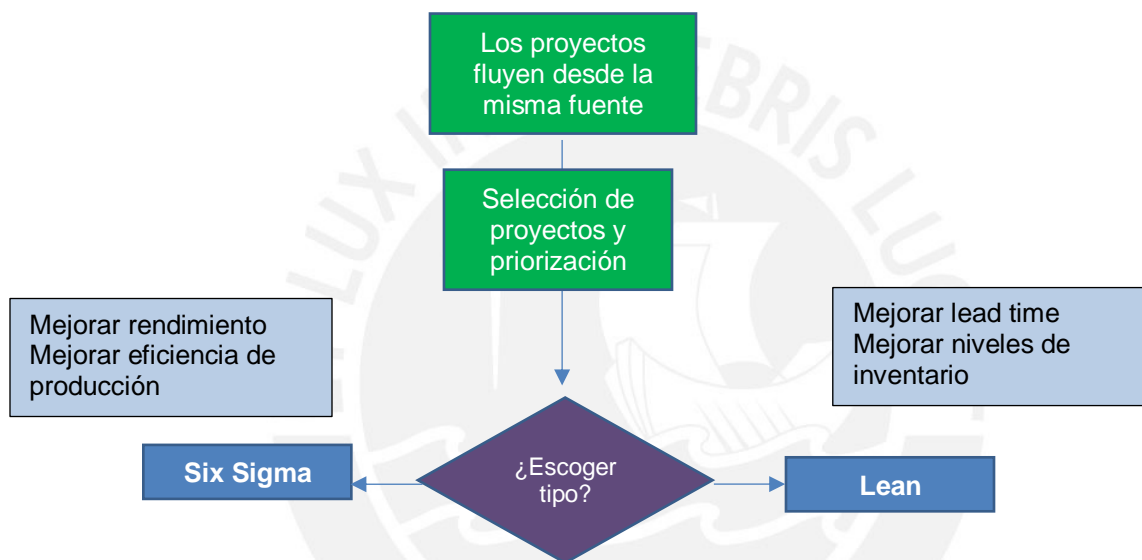


Figura 28: Modelo 4 Lean es paralelo a Six Sigma para el mismo problema
Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

2.2.5. Modelo 5: Aplicación de un modelo después del otro – en serie

En la Figura 29, el nuevo modelo presentado consiste en la aplicación de las herramientas Lean y luego la aplicación de herramientas del Six Sigma, es decir, se aplica de forma continua y para el mismo problema. Dado que se están usando las herramientas de ambas metodologías de forma continua, la inversión en tiempo del modelo expuesto es mayor que las otras metodologías expuestas. Incluso, la inversión en los recursos también será mayor.

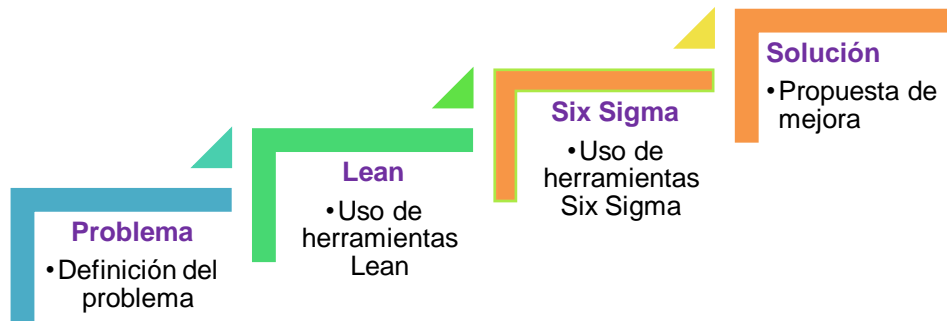


Figura 29: Modelo 5 Aplicación de un modelo después del otro – en serie
Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

2.2.6. Modelo 6: Lean y Six Sigma aplicados a la misma vez para el mismo problema

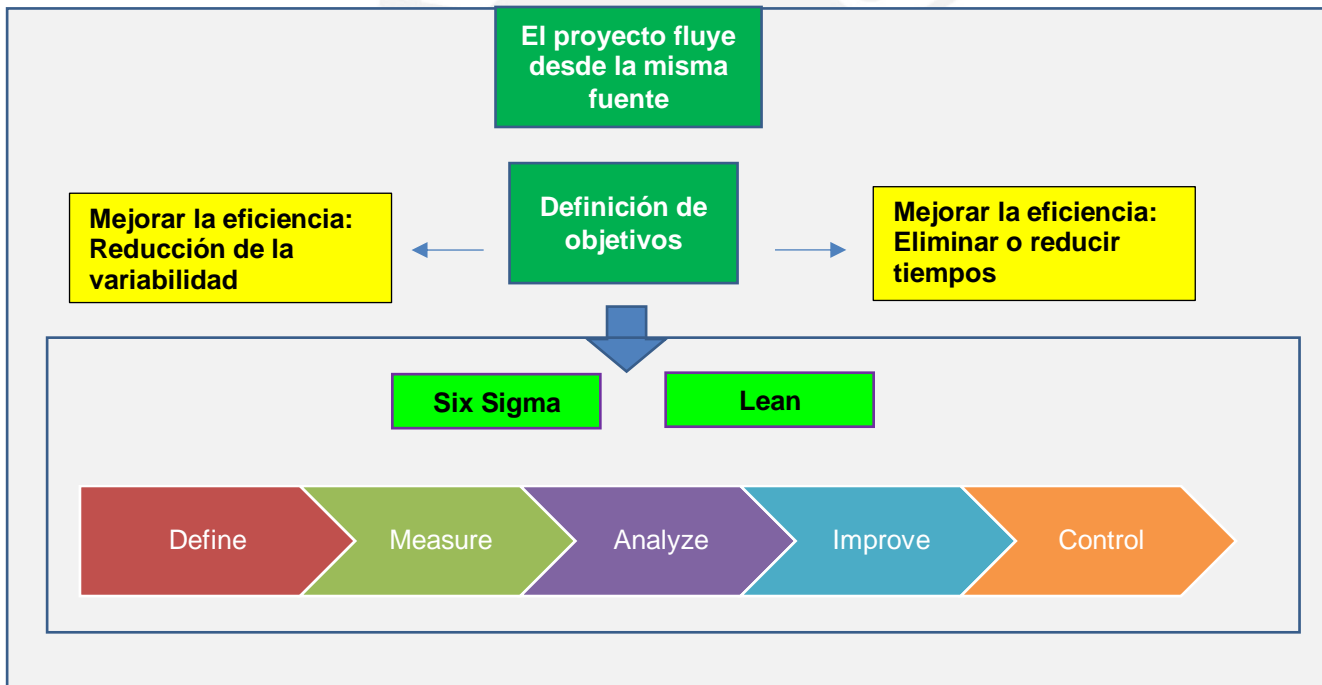


Figura 30: Modelo 6 Lean y Six Sigma aplicados a la misma vez para el mismo problema
Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

La Figura 30 es una representación de que la metodología aplica Lean y Six Sigma de manera simultánea. Además, se enfocan en un mismo problema, se definen los objetivos y se busca mejorar la eficiencia reduciendo la variabilidad y reduciendo los tiempos improductivos. La metodología sigue la estructura DMAIC.

De tal forma como se presentan gráficamente los 6 modelos que se usan para la metodología del Lean Six Sigma en toda la bibliografía estudiada por los autores, se puede resumir que son estos 6 tipos de modelos que son aplicados en las organizaciones de acuerdo al tipo de industria, a la cultura de su organización y a la problemática con la que se enfrentan.

Con la revisión de los 6 modelos presentados por los autores; la recomendación de los autores Salah, Rahim y Carretero es el uso del modelo 6, el cual indica hacer uso de la metodología Lean y Six Sigma para el mismo problema y aplicados de manera simultánea. Además, ofrecen un prototipo de herramientas a usar en el modelo, pero al final de su investigación sugieren que debido a que cada organización es distinta, la receta debe ser elaborada de acuerdo a la naturaleza de la organización que se encuentra en estudio.

2.3. Estructura de implementación

El trabajo de investigación seguirá el modelo 6 propuesto por Salah, Rahim y Carretero (2010), el cual es la aplicación de ambas metodologías de forma simultánea para el mismo problema.

Las 5 fases del DMAIC ayudan a formar una estructura sólida para el proyecto de mejora del proceso. Además, los autores sugieren utilizar las herramientas Six Sigma y Lean “de acuerdo al problema en estudio y a las circunstancias a las que se enfrenta. Por ello, bajo las sugerencias del documento de investigación tomado como referencia y el conocimiento que se tiene del presente trabajo, se ha elaborado y definido una estructura de la metodología a seguir en el proyecto de mejora según el modelo DMAIC.

Por otro lado, con la consideración de los lineamientos sugeridos en el trabajo de investigación de Salah, Rahim y Carretero, se creará una receta con el uso de herramientas para cada fase de acuerdo a:

- Tipo de problema de investigación
- Rubro de la empresa

- Cultura organizacional de la empresa
- Grado de liderazgo de la organización

Tabla 5: Estructura de la fase Definir

Fase	Pasos	Descripción	Herramienta / Entregable
DEFINIR	1. Identificación de oportunidades de mejora	- Identificar oportunidades, evaluar y seleccionar el proyecto	Gráfica estadística del problema
	2. Identificar los clientes y sus necesidades	- Identificar quienes son los clientes del proceso y cuáles son sus necesidades	VOC
	3. Determinar los CTQ	- Definir las características críticas para la calidad (CTQ)	Identificación de CTQ's (Critical to Quality)
	4. Identificación de los stakeholders y formación del equipo de trabajo	- Identificar y definir el equipo de trabajo, así como su participación en el proyecto	Programa de reuniones
			Matriz RACI
	5. Desarrollar flujos a alto nivel	- Usar los diagramas para documentar el proceso de alto nivel	Mapa de procesos de la empresa
			Diagrama SIPOC actual
Diagrama de flujo del proceso de producción actual			
Diagrama de operaciones del flujo general			
6. Definir alcance del proyecto	- Usar los diagramas para documentar el proceso de alto nivel	Descripción de la línea de producción en estudio	
		Evaluar proceso y definir alcance del proyecto con áreas involucradas	
7. Definir el plan del proyecto	- Redactar el proyecto; desarrollar el estatuto, las proyecciones de tiempo, costo y el alcance que tendrá el proyecto (el estatuto se actualiza a medida que avanza el proyecto).	Elaboración del Project Charter	

Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

La Tabla 5 identifica 7 pasos para la etapa "Definir".

La receta para la etapa Definir de la Tabla 5 indica las herramientas a usar en cada uno de los pasos identificados.

Tabla 6: Estructura de la fase Medir

Fase	Pasos	Descripción	Herramienta / Entregable
MEDIR	1. Plan de recolección de datos	- Construir el plan de recolección de datos de la fase de medición (especialmente para datos de línea de base).	Cuadro con definición de unidad de análisis
	2. Relevamiento de procesos As Is (situación actual)	- Dibujar un diagrama de flujo del proceso y documentar el proceso actual en estudio	Diagrama de flujo del proceso actual
		- Considere los ocho desechos (la fábrica oculta, donde está ocurriendo el trabajo innecesario del movimiento repetido, las mediciones y el retrabajo)	Diagrama de operaciones del proceso en estudio actual
	3. Medición del desempeño	- Comience la caracterización del proceso y reúna las métricas del proyecto para establecer el rendimiento de línea de base:	Cálculo de la eficiencia actual
	4. Medición de muda: defectos	- Identificar y cuantificar la variación y defectos.	Evaluación del histórico
	5. Medición de muda: Tiempos improductivos	- Comprenda los datos y preséntelos gráficamente utilizando: cuadros de control, gráficos de ejecución, gráficos de barras, gráficos circulares, histogramas, diagramas de caja, diagramas de dispersión y gráficos de Pareto, que también se pueden utilizar en otras fases.	Diagrama de actividades del proceso actual
	6. Medición de la capacidad del proceso	- Usar índices de capacidad del proceso, defectos por millón de oportunidades o DPMO y nivel de proceso sigma.	Gráficas de control para evaluar estable el proceso
Cp, cpk Determinación del nivel Six Sigma actual			
7. Impacto económico	- Evaluación de los costos actuales producidos por el problema	Cuadro impacto en costos	

Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

La Tabla 6 identifica 7 pasos para la etapa “Medir”.

La receta para la etapa Medir de la Tabla 6 indica las herramientas a usar en cada uno de los pasos identificados.

Para esta etapa es necesario contar con toda la información posible para conocer la situación actual y la situación histórica. La comparación de ambas realidades nos permitirá comprender el estado de los resultados.

Tabla 7: Estructura de la fase Analizar

Fase	Pasos	Descripción	Herramienta / Entregable
ANALIZAR	1. Determinación de posibles causas	- Usar un diagrama de causa y efecto para intercambiar ideas sobre posibles variables o entradas que afecten la salida del proceso.	Brainstorming Diagrama de Ishikawa
	2. Determinación de causas raíces por juicio de expertos	- Usar análisis de criticidad por juicio de expertos	Juicio de expertos Análisis de criticidad Diagrama de Pareto
	3. Análisis 5 Why's	- Analizar detalles de minimizar el desperdicio dentro y entre los pasos	Gembutsu Gemba
	4. Justificación de las causas raíces	- Usar herramientas gráficas para investigar las razones de la variación y las diferencias en los procesos por diferentes factores (por ejemplo, utilice gráficos de efectos de intervalo, gráficos de múltiples variables, gráficos de caja y otras herramientas).	Determinación Relación causa - defecto Diagrama de flujo asociado a causa raíz - defecto DAP actual asociado a causa raíz - defecto Determinación Relación causa - tiempo improductivo Diagrama de flujo asociado a causa raíz - tiempo improductivo DAP actual asociado a causa raíz - tiempo improductivo

Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

La Tabla 7 identifica 4 pasos para la etapa “Analizar”.

La receta para la etapa Analizar de la Tabla 7 indica las herramientas a usar en cada uno de los pasos identificados.

En la etapa de Análisis se debe buscar la identificación de las posibles causas raíces del problema en estudio por medio de la información recolectada y registrada en la etapa “Medición”.

Tabla 8: Estructura de la fase Mejorar

Fase	Pasos	Descripción	Herramienta / Entregable
MEJORAR	1. Presentación de To Be (situación propuesta)	- Documentar los procedimientos operativos estándar y las mejores prácticas, incluido el mapa de proceso revisado	Diagrama de flujo mejorado DAP Mejorado
	2 Aplicación de herramientas de mejora	- Identificación y medición de tiempos de preparación	Gembutsu Gemba
		- Construir un plan de acción de implementación de mejoras para iniciar la implementación de las mejoras reconocidas.	SMED
		- Utilizar el enfoque de cambio rápido y TPM, es decir, single minute exchange of die (SMED).	5 S
		- Utilizar el enfoque 5S.	Gestión Visual
		- Utilizar el enfoque del lugar de trabajo visual.	Poka Yoke
	3. Plan de capacitación	- Elaborar plan de capacitación	Plan de capacitación
4. Beneficio esperado	- Determinación de los ahorros generados	Cuadro de ahorro	

Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

La Tabla 8 identifica 4 pasos para la etapa “Mejorar”.

La receta para la etapa Mejorar de la Tabla 8 indica las herramientas a usar en cada uno de los pasos identificados.

Si en la fase Medir, se realizó el estudio del As Is (situación actual), en esta etapa se presenta el To Be (situación propuesta), la cual es la representación de la mejora producto del estudio realizado.

Tabla 9: Estructura de la fase Control

Fase	Pasos	Descripción	Herramienta / Entregable
CONTROLAR	1. Elaboración de plan de control	- Diseñar un plan de auditoría y acciones correctivas (una buena práctica para auditar el proyecto después de que se realiza es que el realice revisiones de los resultados con el propietario del proceso después de tres, seis y 12 meses de la fecha en que se hizo entrega del proyecto de mejora.	Plan de Control
	2. Verificación del proceso mejorado	- Evaluar la estabilidad del proceso	Gráficas de control proceso actual Gráfica de control proceso mejorado
		- Medición de nuevos niveles Six Sigma	Nuevo nivel Six Sigma
	3. Seguimiento de indicadores	- Monitoree las métricas de rendimiento del proceso clave para asegurarse de que estén en control y diseñen controles visuales del lugar de trabajo.	Elaboración de KPI's con frecuencia de seguimiento definida
4. Asignación y capacitación	- Entregar responsabilidades, capacitar al propietario del proceso sobre el uso del plan de control y monitorear continuamente.	Plan de Control	

Fuente: Adaptado de Salah, Rahim y Carretero (2010)

La Tabla 9 identifica 4 pasos para la etapa “Controlar”.

El objetivo de la etapa Controlar es verificar mediante revisiones del proceso, que los resultados producto de la propuesta de mejora se mantengan en el tiempo. Esto es posible a través de revisiones periódicas del proceso, de las eficiencias generadas y de los indicadores.

Una vez definida la receta, es necesario establecer un esquema de las actividades que se llevarán a cabo en la implementación.

La Figura 31 muestra un esquema propuesto para llevar a cabo la implementación de la metodología Lean Six Sigma bajo el esquema DMAIC. El esquema servirá como orientación al momento de elaborar la propuesta de mejora.

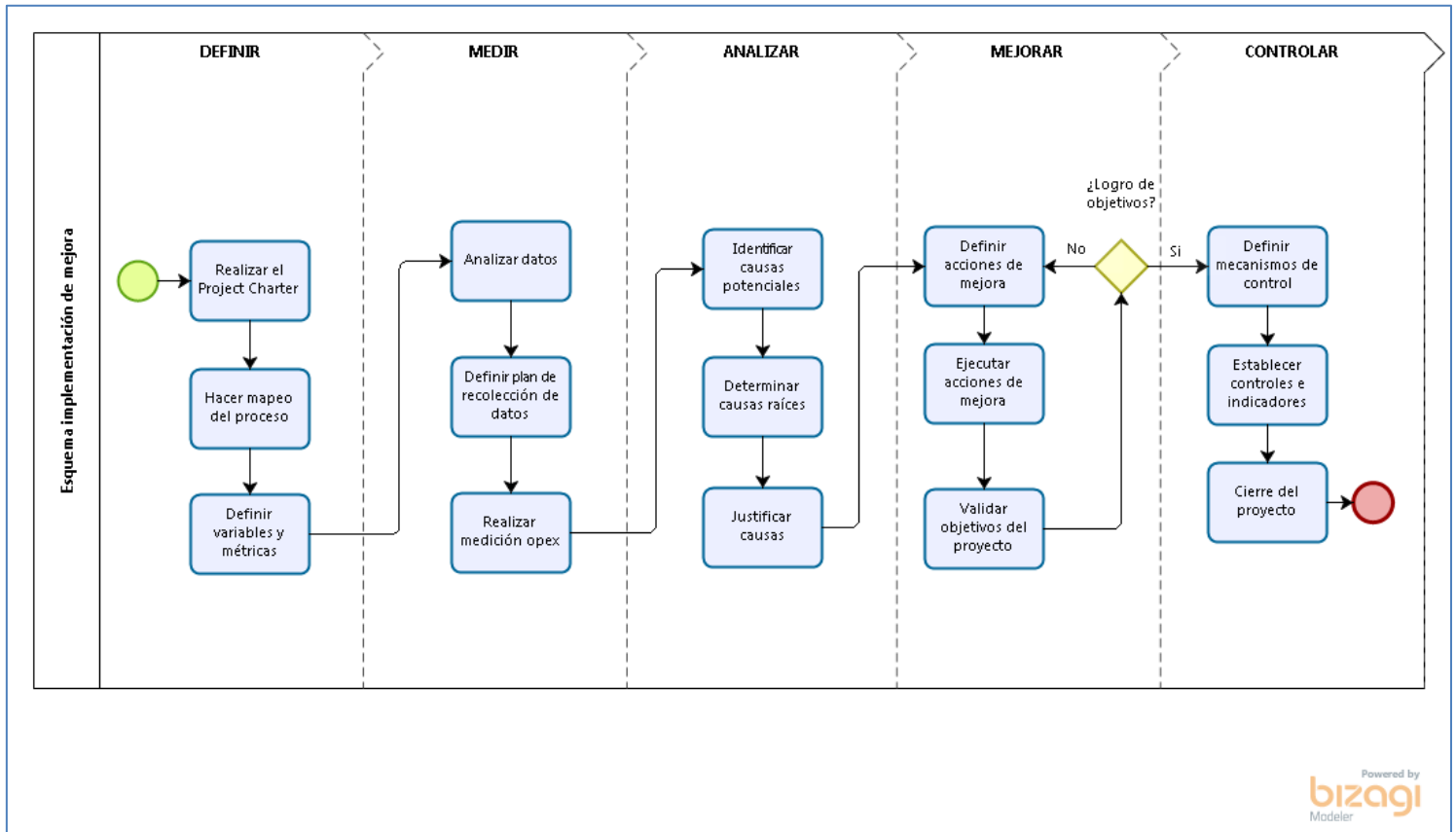


Figura 31: Esquema del DMAIC para la metodología Lean Six Sigma

Con la estructura y la receta de la metodología Lean Six Sigma propuesto se procederá a llevar a cabo la descripción de cada una de las etapas, situación que será descrita en los capítulos posteriores.

CAPITULO III ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

3.1. Descripción de la empresa

La empresa en estudio se dedica a la producción de envases de vidrio de boca angosta (con proceso soplo y soplo) o de boca ancha (con proceso prensa y soplo) en la Planta Lima Norte. Los envases pueden ser botellas o frascos de vidrio.

3.2. Descripción del proceso de producción

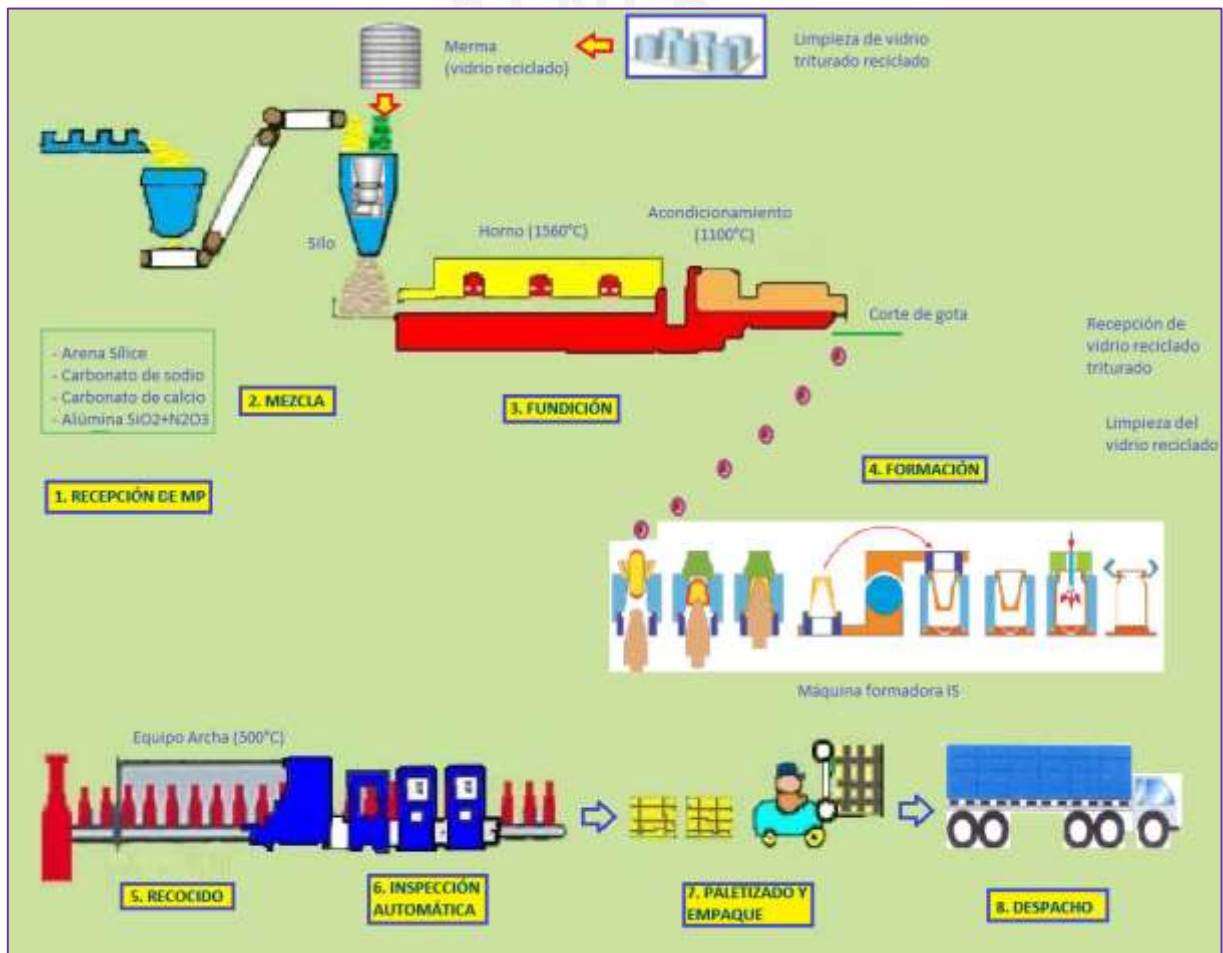


Figura 32: Proceso de producción de envases de vidrio

En la Figura 32, se describe el proceso de formación de envases de vidrio. Una breve descripción sobre el flujo de producción se muestra en la tabla inferior.

El área de producción trabaja con un horno de fundición denominado “Horno A” y cuenta con 3 líneas de trabajo, en las cuales se producen envases de boca ancha. El proceso en donde se genera el envase es el proceso de formación en donde se cuenta con la máquina formadora IS. La Tabla 10 muestra cada una de las etapas de producción de los envases de vidrio.

Tabla 10: Descripción de las etapas de producción

Etapa	Descripción
Recepción de materia prima	Las materias primas como arena sílice, Carbonato de Sodio, Carbonato de Calcio, Alúmina y otros componentes en menor cantidad pasan por análisis físicos y químicos para garantizar la calidad del producto. El mismo procedimiento aplica para las mermas de vidrio que provienen del proceso de producción anterior.
Mezclado	Un sistema de transporte se encarga de llevar la materia prima y los cascos de vidrio a diferentes mezcladores, donde según formulación se pesa cada componente y con adición de agua se logra la mezcla
Fundición y acondicionamiento	La mezcla ingresa al Horno A en donde los componentes son fundidos a una temperatura aproximada de 1560°C. El vidrio en estado fluido es acondicionado a una temperatura promedio de 1100°C y de ahí pasa a la máquina formadora.
Formación	El vidrio pasa primero al pre-molde en donde se forma el palezón y luego hacia el molde de la máquina formadora en donde se forman los envases
Recocido	Una vez formado el envase, el paso por el archa de recocido alivia las tensiones debido al cambio brusco de temperatura al salir de la maquina IS. En el archa se calienta otra vez el envase a una temperatura de 500°C aproximadamente durante 30 minutos y luego se va bajando lentamente la temperatura hasta los 50 minutos. Con ello se eliminan las tensiones y se mejora la resistencia del envase de vidrio. Además, en la salida del envase se recubre con capa protectora para evitar rayones o roturas superficiales
Inspecciones automáticas	El siguiente paso se trabaja con 3 equipos modernos los cuales realizan un que detectan cualquier defecto que se haya escapado de las inspecciones visuales del hombre. Se controla cualquier existencia de mal acabado, roturas verticales, roturas en fondo, presencia de partícula extrañas, etc.
Paletizado	Se forman “camadas” de envases los cuales son colocadas una sobre otras con un cartón que los divide lo que permite conformar la “paleta” que corresponde a 10 camadas. Cada camada tiene 550 botellas.
Almacenamiento y despacho	En la etapa final del proceso, los envases son almacenados para luego ser despachados hacia las instalaciones de los clientes.

3.2.1. Máquinas y equipos principales que intervienen en producción

Maquina IS: Es la máquina formadora de envases de vidrio de boca ancha y angosta. Para el estudio se trabajará con una máquina de 8 secciones individuales, las cuales cuentan cada una con 2 cavidades. La máquina IS significa Individual Section y cada una de las secciones puede funcionar de forma independiente y es equivalente a tener 8 máquinas operando en paralelo. La ventaja es que se puede seguir operando a pesar de que una de sus cavidades se encuentre parada.

Horno A de fundición: alcanza una temperatura de 1560°C para fundir la mezcla y cascos de vidrio

Equipo Archa: es el equipo usado para el recocido, el cual es el tratamiento térmico que tienen los envases una vez que salen de la máquina IS.

Máquinas automáticas: En el proceso de inspección automática, son utilizados los siguientes equipos para el control de calidad de los envases:

Tabla 11: Máquinas de inspección automática

MAQUINA	FUNCION
MCAL	Revisión de defectos visuales en el cuerpo: rayones, manchas, etc.
MULTI	Defectos visuales en el fondo: rayones, manchas, piedras, etc.
CHECK	Detecta defectos como grietas en el cuello, grietas en el talón, grietas en el terminado, grietas en el anillo, terminado rajado, terminado sin llenar, etc.

3.2.2. Descripción del proceso de formación

Este proceso acontece en la máquina formadora. El vidrio acondicionado ingresa al alimentador y se corta el flujo con una tijera formándose la gota de vidrio. La gota de vidrio se forma con los parámetros de peso y forma requeridos por un sistema tijera – tubo – aguja.

El tubo controla el flujo de vidrio hacia el orificio de salida, la aguja impulsa el vidrio hacia el orificio hasta que finalmente es cortado por la tijera. La Tabla 12 expone las actividades de cada subproceso del proceso de Formación.

Tabla 12: Tipos de subproceso

Subproceso	Descripción	Diferencia	Objetivo
Sistema Soplo y Soplo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se carga la gota en el “premolde” vacío 2. El deflector baja y el émbolo comienza a subir 3. SOPLO: Las agujas inyectan aire comprimido para formar el palezón 4. Se abre el molde y el brazo de la máquina IS invierte la posición del palezón para trasladarlo hacia el “molde” 5. El anillo del cuello se abre para realizar el segundo soplo en el interior del palezón. 6. Por medio de la sopladora se infla con aire comprimido el palezón hasta llenar toda la cavidad del molde y formar el envase 7. Con las pinzas se retira la botella y se traslada hacia el archa de recocido. 	El palezón se forma a través de aire comprimido	Formar envases de boca angosta
Sistema Prensa y Soplo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se carga la gota en el “premolde” vacío 2. El deflector baja y el “macho” comienza a subir 3. Prensado: Al subir el macho prensa la gota de vidrio formando el palezón 4. Se abre el molde y el brazo de la máquina IS invierte la posición del palezón para trasladarlo hacia el “molde” 5. El anillo del cuello se abre para realizar el soplado en el interior del palezón. 6. Por medio de la sopladora se infla con aire comprimido el palezón hasta llenar toda la cavidad del molde y formar el envase 7. Con las pinzas se retira la botella y se traslada hacia el archa de recocido. 	El palezón se forma por medio del prensado de la gota de vidrio a través de un macho.	Formar envase de boca ancha Garantizar la distribución del vidrio en el envase

La gota es transportada hacia la máquina IS por el “equipo de entrega”, que está conformado por una cuchara – deflector. La cuchara recibe la gota y luego por un canal se desliza a través del deflector para llegar al equipo de moldura.

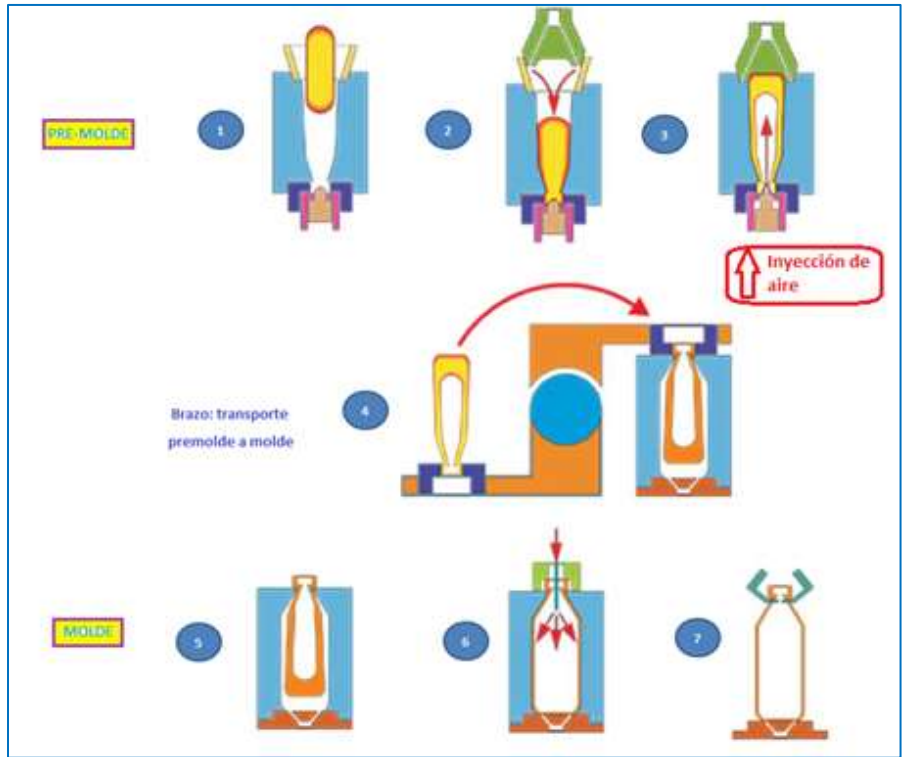


Figura 33: Subproceso Proceso soplo y soplo

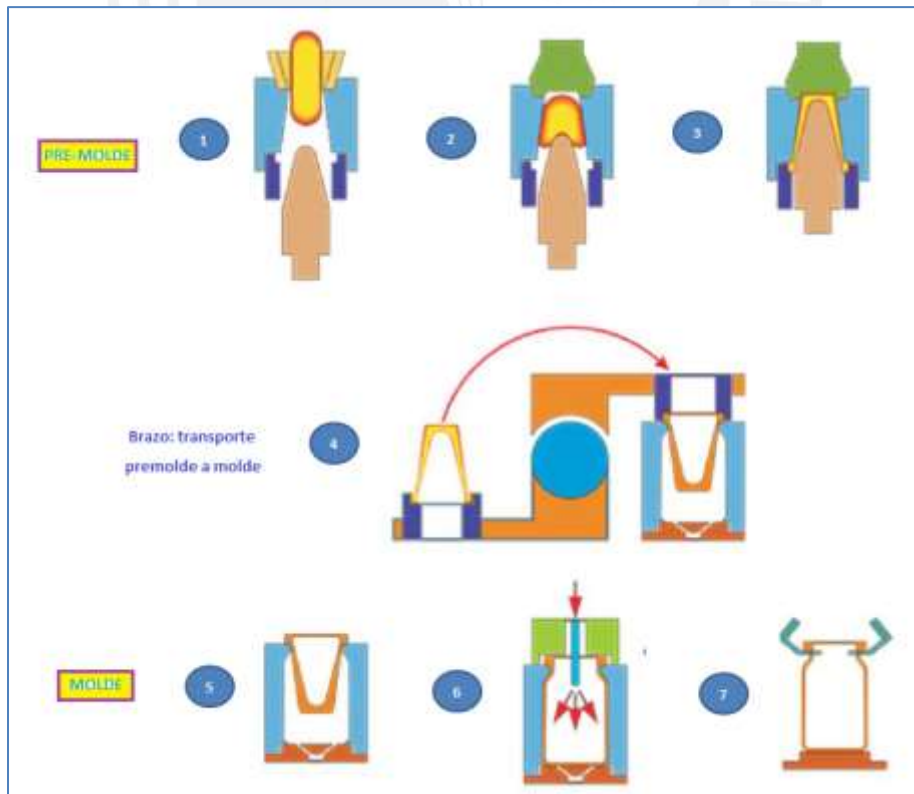


Figura 34: Subproceso Prensa y Soplo

La Figura 33 muestra el subproceso Proceso soplo y soplo, el cual se lleva a cabo cuando se quiere producir envases de boca angosta.

La Figura 34 muestra el subproceso Prensa y Soplo, el cual se lleva a cabo cuando se quiere producir envases de boca ancha.

Cada tipo de subproceso es ejecutado de acuerdo a las características de formación del envase de vidrio y especificaciones del cliente.

Las piezas usadas en el equipo de moldura son la camisa, la aguja y la boquillera para formar el terminado; el premolde, la tapa y el embudo para el formado del palezón o pre-forma de la botella; el molde, el fondo y la sopladora para el formado de la botella. Una vez formado el envase, se extraen con las pinzas para ser transportadas hacia el archa. Sin embargo, algunas son retiradas para hacer algunas pruebas de control de calidad. Dentro del proceso de formación hay dos subprocesos que se ejecutan de acuerdo al tipo de envase de vidrio a producir.

La planta trabaja con 3 líneas de producción A-1, A2 y A-3. La línea 1 produce un mix de envases de boca ancha y de boca angosta. En la línea A2 se producen envases de boca ancha y en la línea A3 se fabrican envases de boca angosta.

3.3. Términos relacionados al proceso de producción

A medida de que se avanza el trabajo se hará uso de algunos términos industriales. Por ello, se exponen algunos de los términos con mayor frecuencia de uso

- ✓ Eficiencia de formación: es la relación entre la cantidad de botellas que pasan al equipo Archa para el tratamiento térmico y la cantidad de gotas que fueron cortadas antes del ingreso a la máquina formadora.
- ✓ JCI de cambio de referencia o cambio de formato: es un indicador de eficiencia de la formación durante las 12 primeras horas iniciada la producción del nuevo tipo de envase.

- ✓ JCI en estabilización: es un indicador de eficiencia después de las 12 primeras horas iniciada la producción del nuevo tipo de envase; es decir, una vez llegada a la estabilización.
- ✓ Cambio de formato o de referencia: proceso en donde se cambia la producción de un tipo de envase a otro envase con diferentes dimensiones
- ✓ Set up time: es el tiempo de preparación o los ajustes necesarios a una línea de producción o a una máquina antes del inicio de la producción. Para el caso de la empresa, son los ajustes en velocidad, tiempo, presiones de los mecanismos y los ajustes para el peso, la altura y la forma del nuevo envase de vidrio.
- ✓ Equipo variable: los cuales están conformados por el brazo porta embudo, brazo de sopladora, brazo porta tapa, brazo de pinzas, llevador de boquilleras,
- ✓ Certificación: verificar y confirmar que el objeto en cuestión se encuentre en condiciones óptimas. En el estudio, se realiza la verificación y revisión del mantenimiento para confirmar que los equipos se encuentren en óptimas condiciones.
- ✓ Muda: desperdicios, despilfarro, aquello que no agrega valor
- ✓ Tratamiento en caliente: realizado para mejorar la resistencia química en el interior del envase mediante la inyección de un sulfuro o una mezcla a base de estaño. Esto permite que el envase sea más resistente a disoluciones con álcalis y evitar que se generen incrementos de pH lo cual genera la degradación del envase.

CAPÍTULO IV IDENTIFICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

A. Análisis cualitativo

La recopilación de información es necesaria y fundamental en la investigación cualitativa. Por ello, se realiza una búsqueda de la bibliografía de diferentes estudios que comparan diversas metodologías a fin de seleccionar la más apropiada al problema en estudio.

- **Lean Six Sigma**

En diversas investigaciones los beneficios aportados a las organizaciones por Lean Six Sigma es mayor en comparación con la implementación de Lean y Six Sigma por separado. Para un enfoque de proceso diferente, Lean Six Sigma tiene la flexibilidad de obtener mejores resultados, preservando de esta manera el poder de ambas metodologías. (Munteanu, 2017: 80)

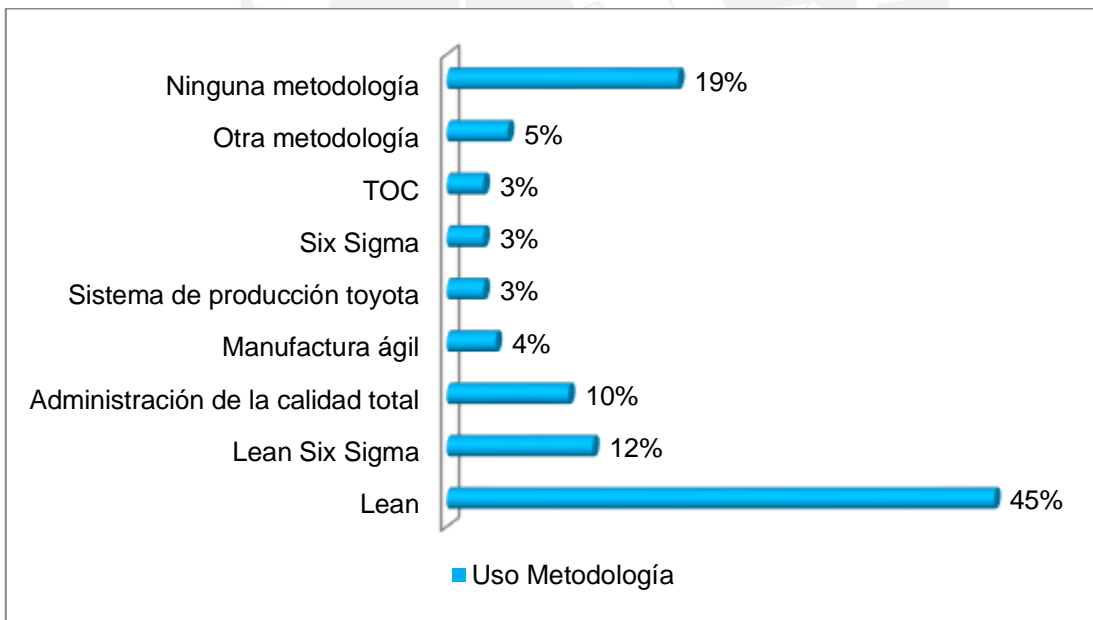


Figura 35: Uso de metodologías de mejora

Fuente: Adaptado de Manufacturing Performance Institute, referenciado en Delgado y Gallo (2011)

Como se puede observar en la Figura 35, según Manufacturing Performance Institute, Lean es una de las metodologías de mejora con mayor uso en el mundo. Además la

metodología Lean Six Sigma ocupa el segundo lugar, el cual certifica resultados favorables implementados en distintas organizaciones (Delgado y Gallo, 2011)

Lean Six Sigma puede definirse como un enfoque de mejora integrado para aumentar la eficiencia de operaciones al reducir defectos, la variación y el desperdicio (Evans y Lindsay, 2008: 498)

Lean Six Sigma es una metodología que busca maximizar el valor y obtener rendimientos más rápidos en costo, calidad, velocidad del proceso y capital invertido (Bahadir, Niccolai, Whitcomb, MacClaren, Radovic, y Bourg, 2006: 90)

Las técnicas de Lean Management y Six Sigma se implementan juntas y se apoyan de manera mutua, se pueden alcanzar mejores resultados. (Atmaca y Girenes, 2103). Lean Six Sigma produce conocimiento para eliminar defectos, tiempos de ciclo más cortos, menor productividad, reducción de costos y mayor competitividad. Además requiere cambio organizacional, liderazgo y compromiso de los participantes. (Munteanu, 2017: 87)

Six Sigma está enfocado en la reducción de la variación a través de enfoque de solución del problema para mejorar la calidad (Stern, 2006: 156), mientras Lean tiene el enfoque en reducir los desperdicios para mejorar a través del trabajo o flujo mejorado (Stern, 2006: 156).

La integración de Lean y Six Sigma tiene un mejor enfoque dado que agrega más herramientas, analiza más situaciones y logra resultados más rápido que Six Sigma solo (Bahadir, Niccolai, Whitcomb, MacClaren, Radovic, y Bourg, 2006: 90).

La integración de Lean y Six Sigma permite el uso de las técnicas Lean en el modelo DMAIC. Además, a diferencia de Six Sigma que es dirigido por unas cuantas personas, la capacitación con el modelo Lean involucra a todos los niveles de la empresa para la eliminación de actividades sin valor agregado (Pacheco, 2015: 518).

La combinación de Lean y Six Sigma permite el uso de los dos kits de herramientas en torno a la mejora de los procesos. Por parte de Lean se mejora la velocidad de un proceso, reduciendo el desperdicio y eliminando los pasos que no añaden valor. Por parte

de Six Sigma, se mejora el rendimiento al enfocarse en los aspectos que son críticos para la calidad y eliminar la variación del proceso (Carey, 2019). Esto se puede apreciar en la Figura 36.

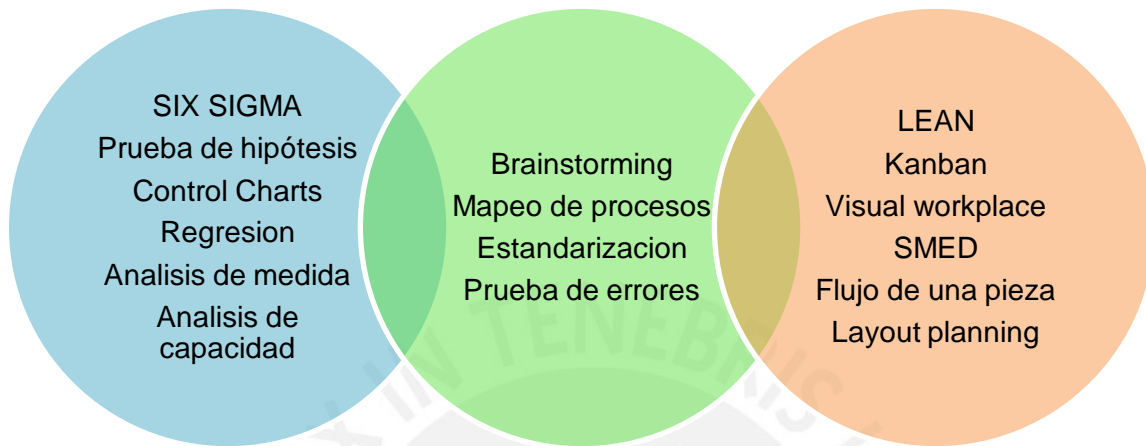


Figura 36: Herramientas en común de Six Sigma y Lean

Una de las deficiencias de Six Sigma es la larga duración del proyecto, mientras que una deficiencia para Lean es la inestabilidad e incapacidad de los procesos (Munteanu, 2017: 80).

Algunas investigaciones refieren que la combinación de Lean y Six Sigma presenta un mejor enfoque, dado que combina herramientas, analiza más situaciones y logra resultados más rápido que Six Sigma u otra metodología de mejora (Gershon, 2010: 68).

- **Teory of Constraints (TOC)**

La Teoría de Restricciones (TOC) está enfocada en las restricciones del proceso. (Stern, 2006: 156), donde se busca identificar y eliminar estas restricciones del proceso que limitan su capacidad y hacer uso de sus recursos con efectividad (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2013: 245). El análisis de proceso es la única herramienta TOC y su naturaleza continua de mejora se produce cuando se mejora un cuello botella, puesto que luego aparecerá otro (Gershon, 2010: 68).

En primer lugar, se identifica la restricción o el cuello de botella en el sistema. En segundo lugar, se optimiza la restricción, donde se explota hasta su máximo resultado. En tercer

lugar se genera la subordinación de otras actividades, las cuales se configuran para satisfacer a la restricción. En cuarto lugar se eleva la restricción, donde se busca mejorar la capacidad actual de la restricción. En el quinto paso se repite todo el proceso, puesto que debe aparecer otra restricción (Nave, 2002: 76).

Aunque la teoría de las restricciones funciona de manera muy efectiva en las situaciones de la vida real que enfrentan las organizaciones empresariales, los efectos de esta teoría son a corto plazo. El cuarto paso puede implicar gastos importantes de tiempo y dinero y de recursos monetarios (Nave, 2002: 76). En contraparte, se generan ganancias con la reducción de inventario y tiempo de entrega con la aplicación del TOC (Pacheco, 2015: 514).

La metodología Lean opera con menos inventario y menos plazos de entrega, mientras que TOC genera una mayor productividad. Para que Lean pueda producir el mismo rendimiento, tendría que eliminar toda la variabilidad, resultado debido a que TOC se centra solo en la gestión del sistema de cuellos botella (Pacheco, 2015: 515).

Una posible limitación del TOC es que cuando producto de la reducción de la variación hace que aumente la tasa de producción del cuello de botella, los procesos posteriores pueden generar tasas de rechazo más altas ya que el enfoque se estableció únicamente en el cuello botella (Pacheco, 2015: 516).

Cuando se trata una restricción, se desarrolla otra restricción y a veces se hace imposible mantener un nivel óptimo de todas las actividades. Además, no se realiza una valoración del análisis de datos (Bahadir, y otros, 2006: 90).

- **Just in Time (JIT)**

Es una política de inventario basada en cero, nada se almacena debido a que se adquiere a medida que se usa. Sin embargo, requiere de manera previa la eliminación de los defectos (Gershon, 2010: 66).

JIT es más vista como política de inventario, no una política de mejora de la calidad. Se basa en el sistema Kanban japonés para el seguimiento y pedido de piezas y es la

filosofía detrás de los sistemas MRP que ahora se utilizan en la mayoría de las plantas de fabricación (Gershon, 2010: 66).

Algunas desventajas del JIT están relacionadas al riesgo de quedarse sin las existencias necesarias y brindar mucha confianza al proveedor para la entrega puntual de los pedidos. Existe el riesgo de no enviar los pedidos a tiempo a sus clientes (Barlow, 2015).

- **Reingeniería de procesos (BPR)**

La reingeniería de procesos es el rediseño radical de los procesos para lograr una mejora de forma drástica en costos, calidad, servicio y velocidad. Es más una reinención que una mejora. Además, no es fácil realizarlo y no es adecuado para todas las organizaciones (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2013: 108).

El enfoque está en reestructurar la organización alrededor de la base actual de clientes, el cual ha proporcionado muchos ejemplos de éxitos (Gershon, 2010: 66).

Un elemento clave en la reingeniería de los procesos es un liderazgo fuerte de la alta dirección, puesto que si no es así, el escepticismo, la resistencia al cambio y las fronteras entre los departamentos pueden bloquear cualquier cambio radical (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2013: 108).

La reingeniería de procesos, en concepto, es fácil de entender. Sin embargo, la implementación práctica es muy difícil. La reingeniería de procesos no solo requiere altos recursos económicos de la organización, implica también consume tiempo y recursos humanos.

- **ISO 9001**

Existen varias normativas estandarizadas que establecen requisitos para la implementación de un Sistema de Gestión de la Calidad y que son emitidas por organismos normalizadores como la ISO, que es la Organización Internacional de Estandarización. Uno de los modelos que establece los requisitos para un Sistema de Gestión de la Calidad es la ISO 9001 (ISO, 2019).

ISO 9000 es una serie de estándares que ayudan a las organizaciones a mantener un sistema de calidad; sin embargo, no un sistema de aseguramiento de la calidad, más bien establece las guías para manejar la calidad. La ISO 9001 aplica a organizaciones que desarrollan diseño, producción, pruebas o servicio de un producto. (Stern, 2006: 155).

ISO 9001: 2015 es la última actualización de los estándares ISO 9000 que rigen la documentación de un proceso de calidad, cuyos objetivos buscan mejorar la satisfacción del cliente y lograr mejoras en su desempeño (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2013: 181). Por otra parte, todos los requisitos de esta Norma Internacional son genéricos y se aplica a todas las organizaciones, sin importar su tipo, tamaño y producto suministrado (ISO, 2019)

ISO es más un sistema administrativo que un sistema de mejora, que incluso, las especificaciones pueden convertirse en barreras para la mejora. Además ISO está orientado fuertemente a la documentación del proceso, más que en mejorarlos (Gershon, 2010: 67)

No hay herramientas asociadas con ISO 9000. Está fuertemente orientado a depender de la documentación para todos los procesos. Además, la certificación de la ISO puede también convertirse en barrera para la mejora (Gershon, 2010: 67)

En El modelo EFQM se pretende que la organización se autoevalúe, mientras que en la ISO existen estándares de evaluación, los cuales pueden llevar a la organización a un sistema burócrata para cumplir con los requisitos de la norma (López, Flores y Vitoria, 2010: 5)

- **Modelo EFQM**

Uno de los modelos de Sistema de Gestión de la Calidad Total, es el modelo EFQM. Este modelo nació en Europa, en donde 14 empresas líderes tomaron la iniciativa de crear la Fundación Europea para la Gestión de la Calidad Total (EFQM). La metodología para la implementación de un sistema de gestión de la calidad puede adoptar diversos enfoques. Por un lado podría basarse en un sistema de aseguramiento de la calidad. Por otro lado,

buscaría un proceso de mejora continua involucrando a todos sus procesos y a todos los profesionales (Mira y otros 1998: 94).

La Fundación Europea para la Gestión de la Calidad (EFQM) creó el Premio Europeo a la Calidad, cuya premisa se basa en lograr la excelencia en el desempeño, en los clientes, en la sociedad por medio de una política y estrategia impulsada por el liderazgo (Evans y Lindsay, 2008: 538)

La concesión de este premio se basa en los criterios del modelo de Excelencia Empresarial, el cual se observa en la Figura 37

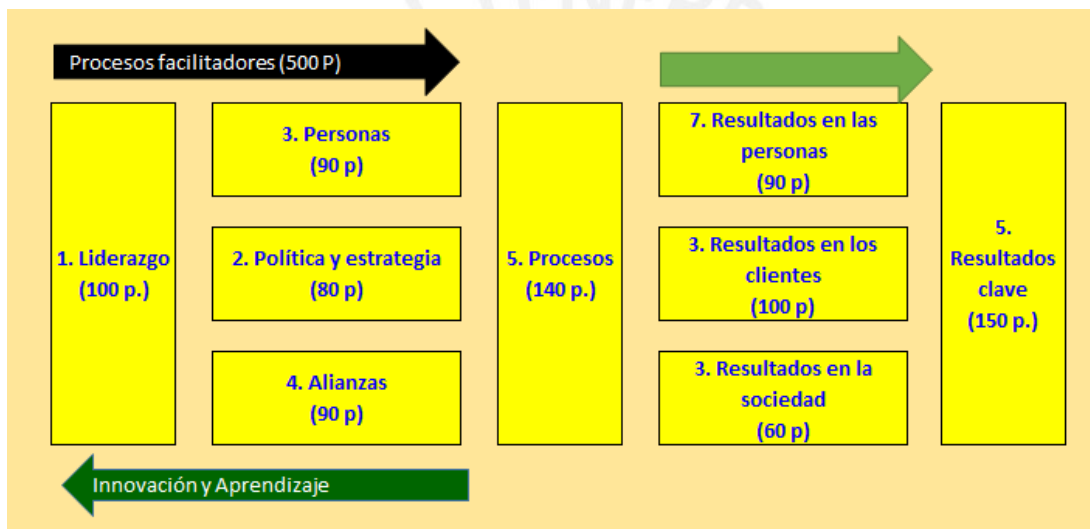


Figura 37: Herramientas en común de Six Sigma y Lean
Fuente: Adaptado del modelo EFQM (Sitio web oficial)

Cada uno de estos nueve elementos (criterios) se evalúan (otorgando hasta un máximo de puntos para cada criterio) y se pondera porcentualmente para determinar el progreso de la organización hacia la excelencia. El modelo de la EFQM se basa en la autoevaluación y si se desea, optar al premio europeo de la calidad mediante una auditoría externa (Mira y otros 1998: 94).

El modelo EFQM se basa en la premisa que la satisfacción del cliente, la satisfacción de los empleados y un impacto positivo en la sociedad se consiguen mediante el liderazgo en política y estrategia, una acertada gestión del personal, el uso eficiente de los recursos y

una adecuada definición de los procesos, lo que conduce finalmente a la excelencia de los resultados empresariales. (Mira y otros 1998: 94).

Estudios realizados demuestran mejores resultados en la industria manufacturera privada que en el sector público (Gomez y Martínez, 2011: 86). Sin embargo, su carácter holístico, puede ser una limitante en su implementación. El EFQM brinda una respuesta global, holística, cuando se requiere de un tipo de mejora drástica (Suarez, 2007: 207)

El modelo EFQM tiene como característica fundamental la autoevaluación orientada a establecer planes de mejora, la cual se apoya en el esquema REDER, que permite evaluar el rendimiento. El modelo consta de 9 criterios, que sirven para evaluar el progreso hacia la excelencia (Membrado, 2002: 33).

Los requisitos de la ISO son parte de los requisitos del modelo EFQM, el concepto REDER es la aplicación del ciclo PDCA de la ISO. Sin embargo, la ISO persigue una certificación y el modelo EFQM busca un premio (Membrado, 2002: 239-240).

En un estudio realizado sobre los criterios del EFQM, el cual ha sido validado por el personal oficial de la organización EFQM, el modelo no se comporta como se esperaba, dado que dos de los resultados de sus variables (en personas y sociedad) no se relacionan suficientemente con los otros, lo que ocasiona que las otras variables no tengan efectos en los procesos (Gómez y Martínez, 498-499).

Algunas limitaciones del modelo están relacionadas al manejo de conceptos abstractos que complican la implementación, tiene muchos sub criterios y criterios empíricos. Además, demanda una gran cantidad de tiempo para la autoevaluación e implementación (López, Flores y Vitoria, 2010: 7).

B. Comparación de las metodologías

En la implementación de una metodología, pueden surgir obstáculos. Por ello, es importante también conocer la cultura de la organización. En ejemplo, uso de Six Sigma, si se valora los datos estadísticos; uso de Lean, si se valora el cambio visual y el tiempo

en este momento; uso de TOC, si se valora la separación entre el trabajador y la gerencia (Nave, 2002:78).

Las organizaciones se consultan que metodología de mejora funcionará mejor y se ajustará mejor a su cultura. La recomendación es primero guiarse de los efectos de implementar la metodología en la empresa (Nave, 2002:77).

Para la selección de la metodología es necesario que la empresa defina cuál es su prioridad: reducir la variabilidad, mejorar el flujo, eliminar las restricciones, buscar una certificación, etc; las cuales deben estar alineados a los objetivos estratégicos (Stern, 2006: 154).

Una vez que se ha identificado el proyecto de mejora, dependiendo de la naturaleza del problema, se utilizará la combinación de metodología Lean Six Sigma más apropiada (Bahadir, Niccolai, Whitcomb, MacClaren, Radovic, y Bourg, 2006: 90). Esto quiere decir, que se debe empezar a armar la receta de las herramientas, según la naturaleza del problema e industria en estudio.

Por medio de la revisión bibliográfica y la evaluación cualitativa, el estudio se guiará de la investigación “How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints” de Dave Nave (2002:78).

El estudio considera realizar los siguientes pasos al momento de seleccionar la metodología:

- ✓ 1ro: identificar la teoría primaria. ¿Cuál es el énfasis central de la metodología?
- ✓ 2do: identificar el principal efecto de implementar la metodología, la cual debe guardar relación con la teoría primaria
- ✓ 3ro: identificar los efectos secundarios
- ✓ 4to: identificar posibles limitaciones o desventajas de la metodología

Por medio de la descripción de los pasos indicados y con la ayuda de las diversas fuentes de información recopiladas en el análisis cualitativo, se procede a armar el cuadro comparativo, el cual es expuesto en la Tabla 13.

Tabla 13: Identificación de las necesidades del cliente

	LSS	TOC	BPR	JIT	ISO	EFQM
Enfoque	Reducción de desperdicios y variación	Reducción de restricciones	Rediseño del proceso	Reducción de inventario	Satisfacción de los clientes	Autoevaluación y mejora
Efecto primario	Menores desperdicios	Rápido rendimiento	Mejorar rendimiento	Reducción de inventario	Incrementar eficiencia y eficacia	Reconocimiento a la excelencia
Efectos secundarios	Menor variación Menor inventario	Menos inventario Reducción en costos	Mejora en costo calidad, servicio, velocidad	Reducción de almacenes	Reducción de costos Mejor opinión	Mejor posicionamiento en mercado
Limitaciones y desventajas	No toma en cuenta restricciones del mercado	Involucra apenas a la gerencia Tasas altas de rechazo en otros procesos	Cambios radicales Elevado riesgo Difícil implementación	Riesgos de quedarse sin stock Alta dependencia del proveedor	Costos altos en documentación y mantenimiento Elevado tiempo implementación	Elevado tiempo implementación y evaluación Modelo complejo

De acuerdo a la problemática de la investigación, se observa que la metodología más apropiada es Lean Six Sigma, puesto que el problema afronta grandes cantidades de desperdicios y reprocesos en su proceso de formación. Además, tiene una gran variabilidad en su proceso. Por el enfoque y el efecto primario de la metodología Lean Six Sigma resulta ser la mejor opción.

C. Análisis Multicriterio Discreta (AHP)

Luego del análisis cualitativo, para una mayor certeza de la metodología a seleccionar, se hará uso de la técnica de Análisis Multicriterio Discreta (AHP), la cual es descrita por Mendoza (2013) en su investigación “Aplicación de la teoría de Decisión Multicriterio Discreta para ponderar factores en procesos de acreditación de alta calidad”, documento que servirá como referencia para la aplicación de la técnica y el análisis de los resultados para conocer la mejor alternativa de mejora para el caso en estudio.

La Figura 38 indica el camino de la técnica AHP, la cual antes de finalizar tiene una prueba de consistencia, que valida los resultados obtenidos.

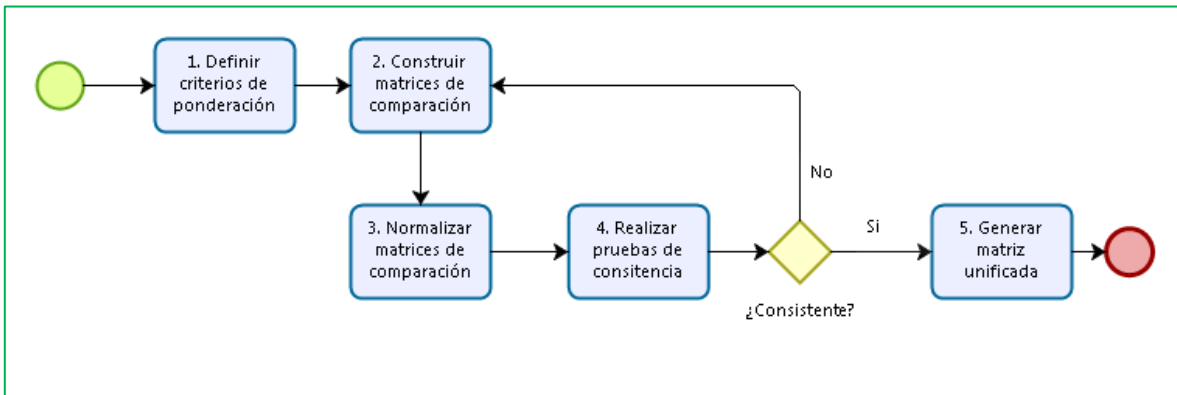


Figura 38: Flujo de los pasos de la técnica AHP
Fuente: Adaptado de Mendoza (2013)

Fase 1: Definición de los criterios de ponderación

En el primer paso se definen los criterios y factores. Los criterios a considerar son las variables críticas que intervienen en el éxito en la implementación de la metodología. Los factores a considerar son las posibles metodologías de mejora a seleccionar, que según el análisis cualitativo, solo se consideran 4; no considera a ISO 9001 dado que la empresa cuenta con una homologación y a Just in Time, puesto que la metodología requiere de manera previa una mejora previa en la generación de defectos.

Criterios:

- ✓ Retorno de la inversión (ROI): se espera un alto ROI en un menor tiempo
- ✓ Riesgos (RISK): se espera cero o pocos riesgos en la implementación
- ✓ Costo (COST): costos de recursos necesarios en el proyecto, asequibles sin llegar a la desproporción.
- ✓ Tiempo (TIME): el objetivo que sea un tiempo óptimo en el corto plazo

Factores:

- ✓ Lean Six Sigma (LSS)
- ✓ Teoría de restricciones (TOC)
- ✓ Reingeniería de procesos (BPR)
- ✓ ISO 9001 (ISO)

En la Figura 39 se observa el árbol jerárquico que considera criterios y factores (alternativas) para ser seleccionada como mejor opción al problema de investigación

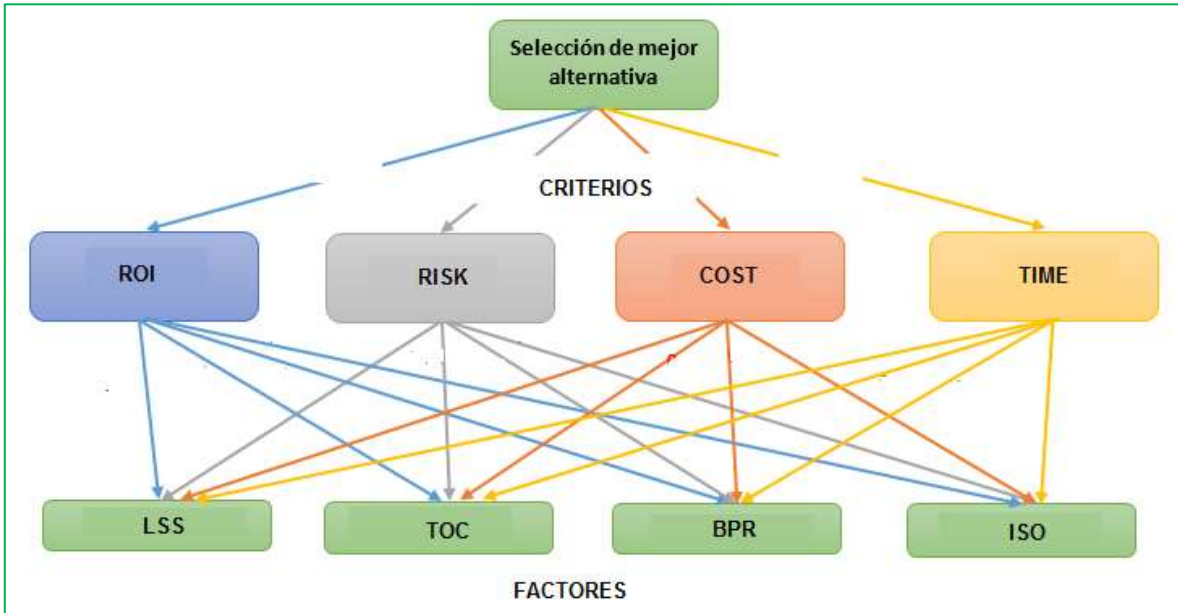


Figura 39: Árbol jerárquico de criterios y factores

FASE 2: Construcción de las matrices de comparación

La construcción de este tipo de matriz se construirá considerando la Escala de Saaty

Tabla 14: Escala de Saaty

Escala verbal	Escala Numérica
Igual importancia	1
Moderadamente más importante un elemento que el otro	3
Fuertemente más importante un elemento que el otro	5
Mucho más fuerte la importancia de un elemento que la del otro	7
Importancia extrema de un elemento frente al otro	9

Fuente: Adaptado de Mendoza (2013: 34)

Además se hará uso de la información proporcionada en la Figura 40 procesos a la hora de comparar cada factor. La figura indicada proporciona información según el tipo de

mejora que se propone realizar en cuanto al tiempo, los costos, el riesgo, el involucramiento de la parte ejecuta, el grado de cambio, etc., información importante a la hora de la toma de decisiones.

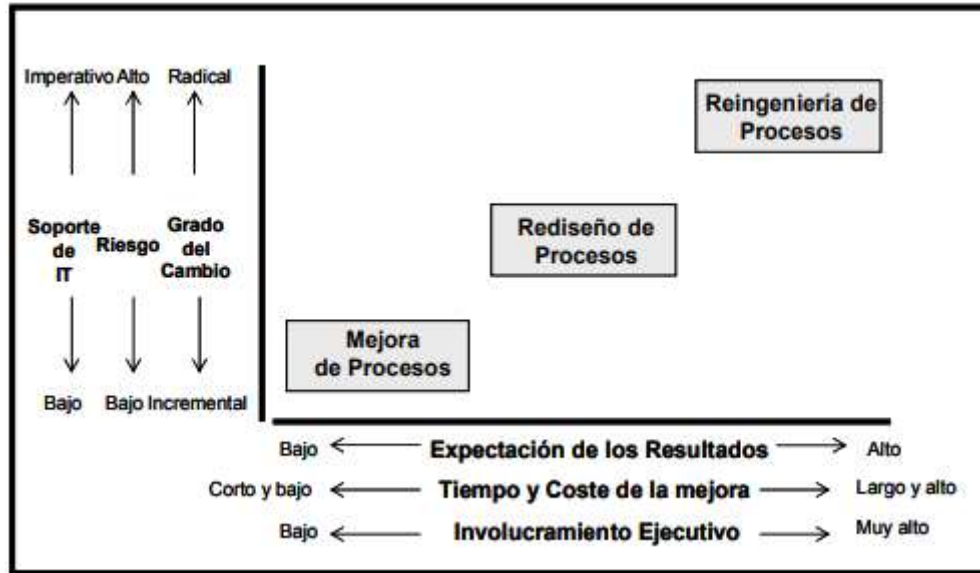


Figura 40: Aproximaciones de mejora continua de procesos
Fuente: Adaptado de Suárez (2003: 36)

Con las fuentes citadas se realiza la comparación por pares. En la diagonal que contiene al mismo factor, el resultado es el mismo. Si se compara la combinación 12 y se registra el número 3, significará que el elemento 1 es “moderadamente más importante que el otro” (según escala Saaty). Si se compara el inverso 21, el valor será el inverso del número 3. De la misma forma se procede al registro de los otros valores de la matriz.

De esta forma se procede a realizar la creación de la Tabla 15 a la Tabla 20 que evalúa y compara cada factor según un criterio definido.

Tabla 15: Matriz de comparación para el criterio ROI

	Matriz comparación ROI			
	LSS	TOC	BPR	EFQM
LSS	1.00	5.00	3.00	3.00
TOC	0.20	1.00	1.00	0.33
BPR	0.33	1.00	1.00	0.33
EFQM	0.33	3.00	3.00	1.00
Suma	1.87	10.00	8.00	4.67

Tabla 16: Matriz de comparación para el criterio ROI

Matriz comparación RISK				
	LSS	TOC	BPR	EFQM
LSS	1.00	5.00	5.00	3.00
TOC	0.20	1.00	3.00	1.00
BPR	0.20	0.33	1.00	0.33
EFQM	0.33	1.00	3.00	1.00
Suma	1.73	7.33	12.00	5.33

Tabla 17: Matriz de comparación para el criterio ROI

Matriz comparación COST				
	LSS	TOC	BPR	EFQM
LSS	1.00	3.00	7.00	5.00
TOC	0.33	1.00	3.00	3.00
BPR	0.14	0.33	1.00	0.33
EFQM	0.20	0.33	3.00	1.00
Suma	1.68	4.67	14.00	9.33

Tabla 18: Matriz de comparación para el criterio ROI

Matriz comparación TIME				
	LSS	TOC	BPR	EFQM
LSS	1.00	5.00	7.00	3.00
TOC	0.20	1.00	3.00	3.00
BPR	0.14	0.33	1.00	0.33
EFQM	0.20	0.33	3.00	1.00
Suma	1.54	6.67	14.00	7.33

Tabla 19: Matriz de comparación para el criterio ROI

Matriz comparación CRITERIOS				
Met.	ROI	RISK	COST	TIME
ROI	1.00	0.20	5.00	0.33
RISK	5.00	1.00	9.00	1.00
COST	0.20	0.11	1.00	0.20
TIME	3.00	1.00	5.00	1.00
Suma	9.20	2.31	20.00	2.53

Por último, se hace el cálculo de la matriz de comparación entre los criterios.

Fase 3: Normalización de las matrices de comparación

La normalización de una matriz se realiza sobre la matriz de comparación (Mendoza, 2010) mediante la fórmula:

$$n_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}}; \forall_{ij} \text{ donde } i = 1,2,3 \dots n; j = 1,2,3 \dots n$$

El valor de “n” viene a ser el número de factores de la matriz; “a(i,j)” viene a ser el valor de cada uno de los componentes de la matriz de comparación. Al tratarse de una matriz 4x4, son 16 componentes.

El objetivo de normalizar las matrices de comparación es obtener el peso relativo de cada criterio. Una vez normalizada la matriz, el peso es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$w_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n n_{ij}; \forall_{ij} \text{ donde } i = 1,2,3 \dots n; j = 1,2,3 \dots n$$

Tabla 20: Matriz de normalización para el criterio ROI

Matriz normalizada ROI					
	LSS	TOC	BPR	ISO	W Prom
LSS	0.54	0.50	0.38	0.64	0.51
TOC	0.11	0.10	0.13	0.07	0.10
BPR	0.18	0.10	0.13	0.07	0.12
ISO	0.18	0.30	0.38	0.21	0.27
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 21: Matriz de normalización para el criterio ROI

Matriz normalizada RISK					
	LSS	TOC	BPR	ISO	W Prom
LSS	0.58	0.68	0.42	0.56	0.56
TOC	0.12	0.14	0.25	0.19	0.17
BPR	0.12	0.05	0.08	0.06	0.08
ISO	0.19	0.14	0.25	0.19	0.19
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 22: Matriz de normalización para el criterio ROI

Matriz normalizada COST					
	LSS	TOC	BPR	ISO	W Prom
LSS	0.60	0.64	0.50	0.54	0.57
TOC	0.20	0.21	0.21	0.32	0.24
BPR	0.09	0.07	0.07	0.04	0.07
ISO	0.12	0.07	0.21	0.11	0.13
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 23: Matriz de normalización para el criterio ROI

Matriz normalizada TIME					
	LSS	TOC	BPR	EFQM	W Prom
LSS	0.65	0.75	0.50	0.41	0.58
TOC	0.13	0.15	0.21	0.41	0.23
BPR	0.09	0.05	0.07	0.05	0.06
EFQM	0.13	0.05	0.21	0.14	0.13
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabla 24: Matriz de normalización para los criterios ROI, RISK, COST, TIME

Matriz normalizada CRITERIOS					
Met.	ROI	RISK	COST	TIME	W Prom
ROI	0.11	0.09	0.25	0.13	0.14
RISK	0.54	0.43	0.45	0.39	0.46
COST	0.02	0.05	0.05	0.08	0.05
TIME	0.33	0.43	0.25	0.39	0.35
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

De la Tabla 20 a la Tabla 24 se exponen las matrices normalizadas y el peso relativo de cada matriz

Fase 5: Generación de las pruebas de consistencia

Para la realización de la prueba de consistencia se hace uso de las siguientes fórmulas (Mendoza, 2010):

$$\lambda_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j$$

El valor de λ_{ij} permitirá el cálculo de $\lambda_{m\acute{a}x}$.

El cálculo del Índice de Consistencia (CI) se calcula mediante la fórmula:

$$CI = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

La relación de consistencia (CR) se calcula mediante la fórmula:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Los datos del índice aleatorio (RI) se obtienen del siguiente cuadro:

Tabla 25: Datos del Índice Aleatorio (RI)

n	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.6	1	1.1	1.2	1.3	1.41	1.46

El objetivo es evaluar la consistencia de las matrices de comparación a un nivel aceptable.

Una relación de consistencia inferior o igual a 0,10 se considera aceptable. En caso de que el valor de CR excede 0,10 se recomienda volver a examinar los juicios formulados o tomar un nivel de inconsistencia mayor (Mendoza, 2010: 37).

Tabla 26: Matriz de consistencia ROI

Matriz Consistencia ROI					λ máx
0.51	0.50	0.36	0.80	2.18	n= 4
0.10	0.10	0.12	0.09	0.41	
0.17	0.10	0.12	0.09	0.48	
0.17	0.30	0.36	0.27	1.10	
				4.16	

Matriz	λ máx	CI	RI	CR
Met	4.16	0.05	1	0.05
				<10%

Según el CR de la Tabla 26 se considera que la matriz cumple con la prueba de consistencia.

Tabla 27: Matriz de consistencia RISK

Matriz Consistencia RISK				λ máx	n= 4	Matriz	λ máx	CI	RI	CR
0.56	0.86	0.38	0.57	2.38		Met	4.17	0.06	1	0.06
0.11	0.17	0.23	0.19	0.71						<10%
0.11	0.06	0.08	0.06	0.31						
0.19	0.17	0.23	0.19	0.78						
				4.17						

Según el CR de la Tabla 27 se considera que la matriz cumple con la prueba de consistencia.

Tabla 28: Matriz de consistencia COST

Matriz Consistencia COST				λ máx	n= 4	Matriz	λ máx	CI	RI	CR
0.57	0.71	0.46	0.64	2.38		Met	4.18	0.06	1	0.06
0.19	0.24	0.20	0.38	1.01						<10%
0.08	0.08	0.07	0.04	0.27						
0.11	0.08	0.20	0.13	0.52						
				4.18						

Según el CR de la Tabla 28 se considera que la matriz cumple con la prueba de consistencia.

Tabla 29: Matriz de consistencia TIME

Matriz Consistencia TIME				λ máx	n= 4	Matriz	λ máx	CI	RI	CR
0.58	1.13	0.45	0.40	2.56		Met	4.28	0.09	1	0.09
0.12	0.23	0.19	0.40	0.93						<10%
0.08	0.08	0.06	0.04	0.27						
0.12	0.08	0.19	0.13	0.52						
				4.28						

Según el CR de la Tabla 29 se considera que la matriz cumple con la prueba de consistencia.

Tabla 30: Matriz de consistencia Criterios

Matriz Consistencia Criterios				λ máx	n= 4	Matriz	λ máx	CI	RI	CR
0.14	0.09	0.25	0.12	0.60		Met	4.26	0.09	1	0.09
0.72	0.46	0.45	0.35	1.97						<10%
0.03	0.05	0.05	0.07	0.20						
0.43	0.46	0.25	0.35	1.49						
				4.26						

Según el CR de la Tabla 30 se considera que la matriz cumple con la prueba de consistencia.

El índice de consistencia alerta si los juicios son consistentes a los criterios y factores, evento que ha sido confirmado. En resumen, todos los factores (para el estudio son las metodologías) cumplieron la prueba de consistencia.

Fase 5: Generación de resultados

Una vez que se ha probado la consistencia de todos los factores, se procede a calcular la matriz de ponderación de los factores mediante la fórmula:

$$P_{Fi} = \sum_m p_m w_m$$

Donde p_m es el peso de los criterios de la matriz normalizada (ROI vs RISK vs COST vs TIME) de la Tabla 24 y w_m es el peso de las matrices normalizadas de la Tabla 20, Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23.

Tabla 31: Resultados de la ponderación de factores por importancia

Matriz Unificada					
W prom	ROI	RISK	COST	TIME	%
LSS	0.51	0.56	0.57	0.58	0.56
TOC	0.10	0.17	0.24	0.23	0.18
BPR	0.12	0.08	0.07	0.06	0.08
ISO	0.27	0.19	0.13	0.13	0.18
Wcriterio	0.14	0.46	0.05	0.35	

La ponderación de factores requiere de una técnica cuantitativa, la cual aplicada a esta investigación es la de Análisis Multicriterio Discreta (AHP), la cual ofrece un resultado matemática que la metodología más idónea a emplear es el Lean Six Sigma, la cual asegura un 58% de éxito (según resultados de la Tabla 31) en lograr una mayor eficacia en la investigación.

4.1 FASE DEFINIR

La etapa definir busca identificar los objetivos y el alcance del proyecto con un enfoque hacia la mejora en beneficio del cliente elegido y la empresa.

4.1.1. Identificación de oportunidades de mejora

La primera fase es la priorización en que asunto se van a concentrar el estudio. Por ello, por medio de la colaboración del coordinador de la línea A2 de producción, ha identificado un incremento de envases retenidos y rechazados por las máquinas automáticas en su línea de trabajo. La línea A2 produce envases de boca ancha y sigue el subproceso de prensa y soplo dentro de las actividades del proceso de formación.

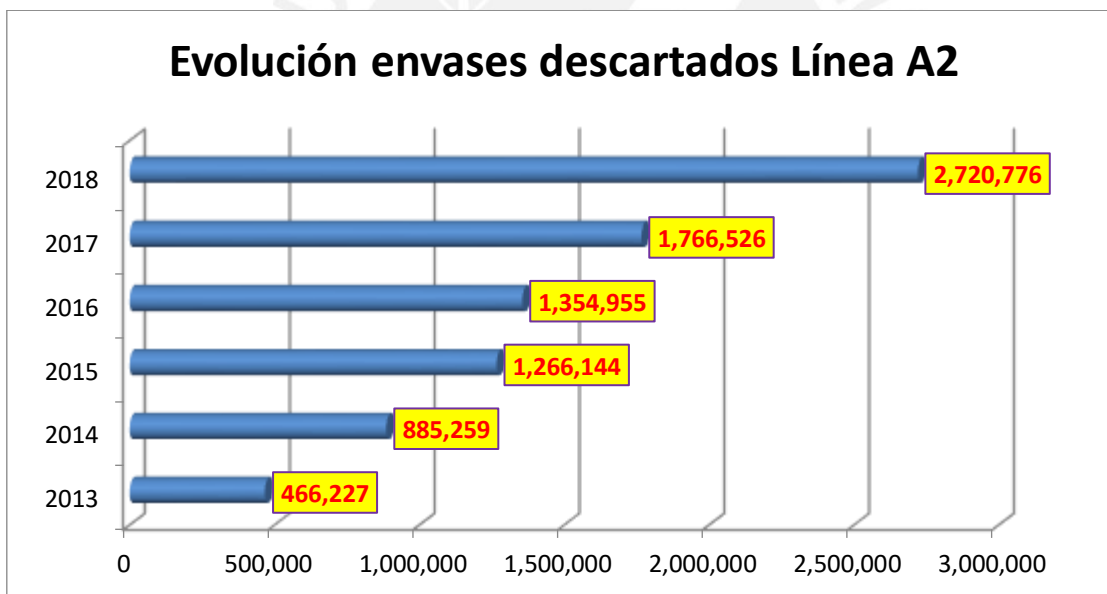


Figura 41: Envases retenidos en el proceso de producción

Según la Figura 41, se observa una cantidad creciente de envases retenidos en la línea de producción en estudio. La línea A2 está dentro del proceso de formación, el cual representa el corazón de la empresa, puesto que de aquel proceso depende directamente la eficiencia de producción.

4.1.2. Identificación de los clientes y sus necesidades

Una vez que se ha identificado la oportunidad de mejora, se debe identificar al cliente. El cliente es el área u proceso que recibe la producción realizada por el proceso de formación, pero también es el que recibe los beneficios de mejora del proyecto. Además, hay un proceso que siempre interactúa con el proceso de formación, el proceso de inspecciones automáticas, puesto que le informa el por qué está rechazando los envases producidos y los defectos encontrados. Por último, dado que el proceso de formación es el corazón de la empresa, al Gerente General le interesa que esta eficiencia suba, para mejorar los márgenes de rentabilidad.

4.1.2.1. La Voz del Cliente (VOC)

Herramienta que permite recopilar las necesidades (voz) del cliente, el cual ha sido identificado en la organización. Con el input establecido, los esfuerzos buscar cumplir con los objetivos plasmados, puesto que todo proyecto de mejora surge a partir de una necesidad.

La Tabla 32 expone la identificación del cliente y las necesidades que tiene en relación a un problema que impacta directamente en la eficiencia de la parte operativa y las pérdidas en rentabilidad en la empresa, las cuales según la tabla están asociadas a la gran cantidad de reprocesos generados.

Tabla 32: Identificación de las necesidades del cliente

Cliente	Voz del cliente
Gerente General	La producción se ha incrementado en los últimos años; sin embargo la eficiencia de formación ha caído y no es el mismo de su valor histórico, lo que impacta en la rentabilidad del negocio
Coordinador de inspecciones automáticas	Una vez llegada a la fase estable del proceso, el margen de defectos debe ser menor al 5%. Sin embargo, se están detectando casos en donde la eficiencia obtenida es menor al 95%.
Coordinador de la línea A2	Los tiempos de preparación de un nuevo tipo de formato se han incrementado en un rango 1 a 2 horas y eso impacta en la eficiencia de la producción, dado que mientras más se demoren en el arranque, mayor tiempo tomará llegar a la estabilización

4.1.3. Determinación de los CT1 – Critical to Quality

Según lo establecido que “no se puede mejorar lo que no se mide”, es necesario cuestionar que también algo que “no se puede mejorar algo que no se está definido”. Por ello, se debe conocer cuáles son los requerimientos del cliente CTQ's.

Tabla 33: Identificación de CTQ's

Voz del cliente	Cliente específico	Descripción de CTQ	Requerimiento crítico CTQ
Interno	Gerente General	Eficiencia de formación en promedio de 78%	Incrementar la eficiencia de formación a su valor histórico ($\geq 82\%$)
Interno	Coordinador de inspecciones automáticas	Envases de vidrio defectuoso que son detectados por las máquinas automáticas en más del 5% una vez llegada a la estabilización	Reducción de los defectos en la producción en menos del 5% durante la fase estable
Interno	Coordinador de línea A2	Tiempos de preparación de un nuevo tipo de formato mayor a 1 hora	Reducir o eliminar tiempos improductivos en la preparación de un nuevo tipo de producción y lograr tiempos de preparación menor a 1 hora.

Se definen los parámetros críticos de calidad “CTQ” (critical to quality) los cuales son obtenidos a partir de la voz del cliente.

4.1.4. Identificación de los Stakeholders y formación del equipo de trabajo

Se identifican todos los stakeholders que están involucrados directamente al proceso de formación y a partir de ellos se arma el equipo de trabajo. El equipo ha considerado al Gerente General como el patrocinador del proyecto y al Coordinador de Cambios como Project Owner.

El operario de mantenimiento y el operario de cambios forman la pareja de trabajo. En la actualidad hay 4 parejas de trabajo, cada pareja se encarga de dos secciones de la máquina formadora.

En la Tabla 34 se presentan los miembros del equipo de trabajo y un código asignado.

Tabla 34: Equipo de trabajo

Equipo de trabajo	Code	Función
Gerente General	-	Patrocinador del proyecto
Coordinador de la línea de producción A2	S1	Dueño del proceso
Coordinador de cambios	S2	Project manager
Coordinador de moldes	S3	Sub project manager
Coordinador de taller de máquinas	S4	Miembro del equipo
Coordinador de Calidad	S5	Miembro del equipo
Especialista de formación	S6	Miembro del equipo
Operario de moldes	S7	Miembro del equipo
Inspector de Calidad	S8	Miembro del equipo
Operario de mantenimiento	S9	Miembro del equipo
Operario de cambios	S10	Miembro del equipo

Tabla 35: Matriz RACI

Tipo	Participación del Proyecto	Responsabilidades				Rol en reuniones
		R	A	C	I	
Principal	Patrocinador del proyecto			<input type="checkbox"/> ✓	<input type="checkbox"/> ✓	Decidir
	Dueño del proceso		<input type="checkbox"/> ✓	<input type="checkbox"/> ✓	<input type="checkbox"/> ✓	Supervisar y decidir
	Project manager	<input type="checkbox"/> ✓	<input type="checkbox"/> ✓		<input type="checkbox"/> ✓	Decidir, difundir, supervisar y coordinar
	Sub project manager	<input type="checkbox"/> ✓	<input type="checkbox"/> ✓		<input type="checkbox"/> ✓	Decidir, difundir, supervisar y coordinar
	Coordinador de taller de máquinas			<input type="checkbox"/> ✓	<input type="checkbox"/> ✓	Coordinar
	Coordinador de Calidad			<input type="checkbox"/> ✓	<input type="checkbox"/> ✓	Coordinar
Secundario	Especialista de formación turno 1	<input type="checkbox"/> ✓				Ejecutar
	Especialista de formación turno 2	<input type="checkbox"/> ✓				Ejecutar
	Inspector de Calidad	<input type="checkbox"/> ✓				Ejecutar
	Operario de mantenimiento	<input type="checkbox"/> ✓				Ejecutar
	Operario de cambios	<input type="checkbox"/> ✓				Ejecutar
	Operario de moldes	<input type="checkbox"/> ✓				Ejecutar

La Tabla 35 presenta la matriz RACI que indica el rol de cada uno de los participantes en las reuniones y en el proyecto, el cual es importante a la hora de la toma de decisiones.

En la Tabla 36 se indica la descripción de cada uno de los roles asignados a los miembros del equipo del proyecto.

Tabla 36: Descripción del roles en el equipo de trabajo

Rol	Definición	Descripción
R	Responsable	Rol de la persona que realiza la tarea
A	Aprobador	Aprueba o certifica que se ha hecho la tarea
C	Consultado	Son consultados ya que poseen alguna información para realizar la tarea.
I	Informado	Personal que es informado sobre el avance y los resultados de la ejecución de la tarea.

Fuente: Adaptado de Matriz Raci

4.1.5. Desarrollo de flujos a alto nivel

En este punto se desarrollarán los siguientes diagramas para un mejor entendimiento del proceso en estudio frente a los otros procesos de producción.

Los diagramas que se presentan son:

- Mapa de procesos
- Diagrama SIPOC
- Diagrama de Operaciones del Proceso Global
- Diagrama de flujo global

4.1.5.1. Mapa de proceso

El proceso de formación es el corazón de la empresa, se encuentra en el medio del flujo de negocio de la empresa. La forma de trabajo en este proceso impacta directamente a la eficiencia de producción y a los márgenes de rentabilidad de la empresa. El mapa de proceso se puede observar en la Figura 42 y como se puede observar es un proceso céntrico y clave en la organización.

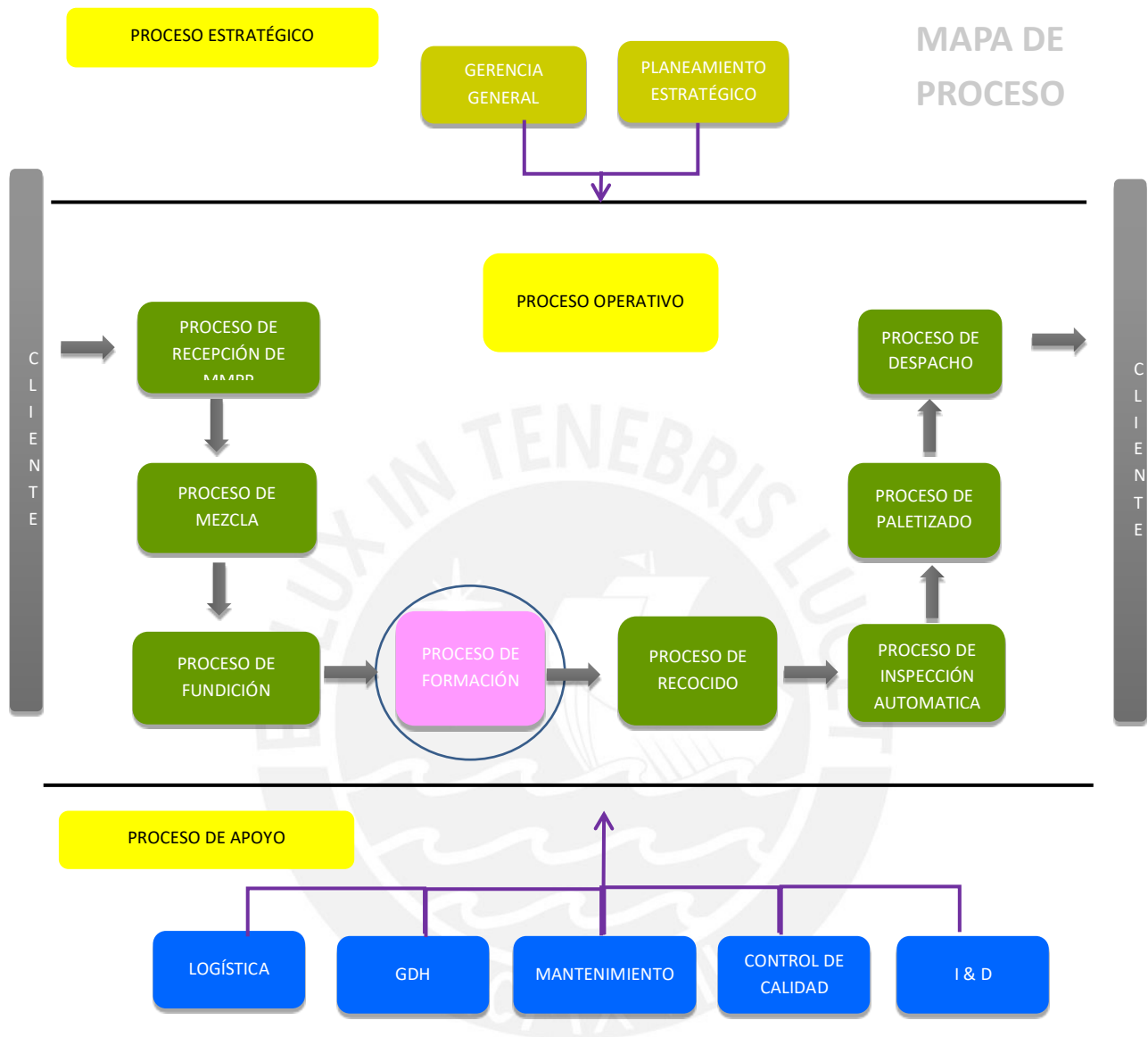


Figura 42: Mapa de procesos

4.1.5.2. Diagrama de operaciones de proceso (DOP) de la producción

El diagrama de la Figura 43 permite observar el DOP el cual es una representación gráfica de la secuencia de las actividades de los procesos que participan en la producción de envases de vidrio.

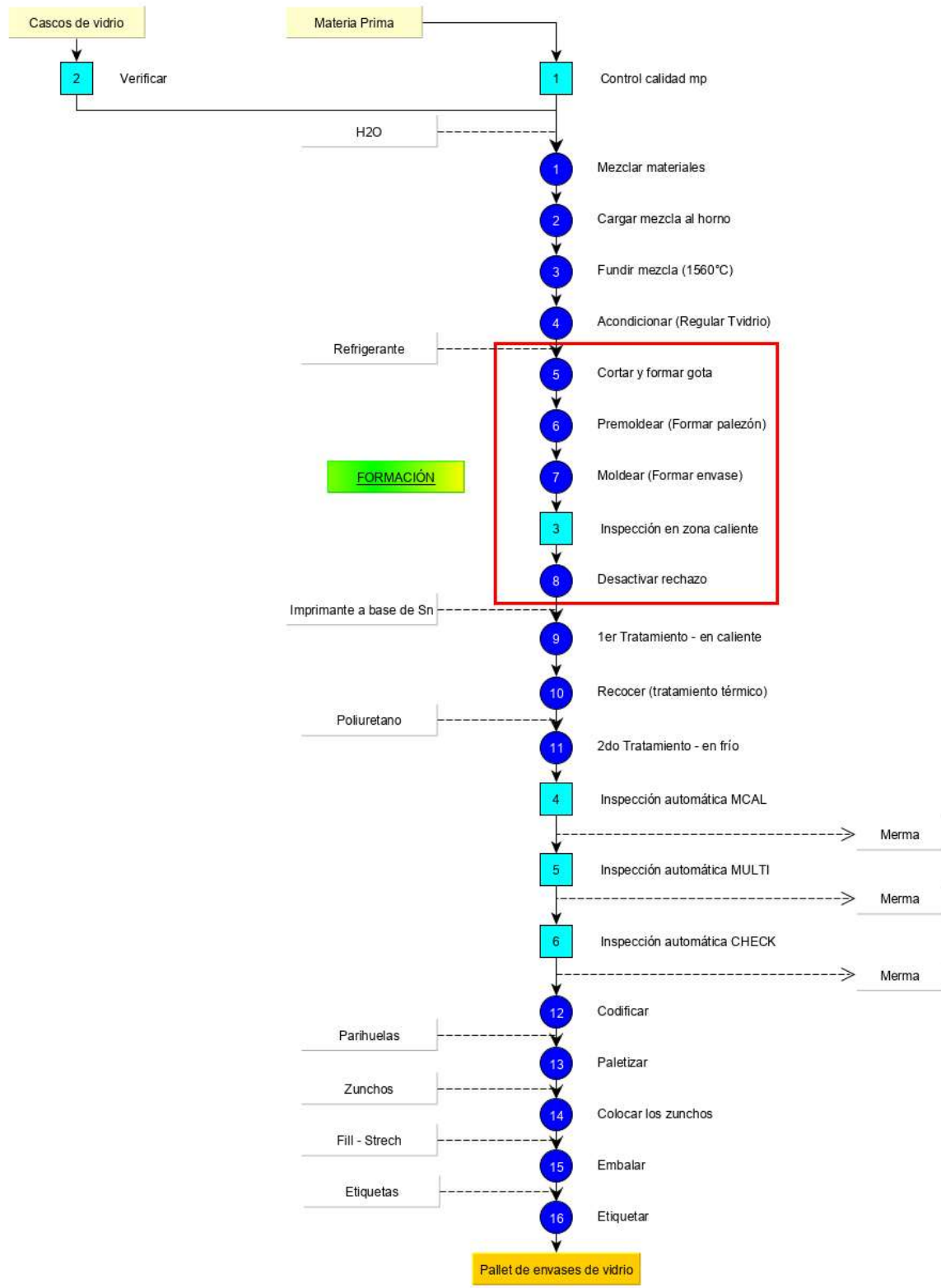


Figura 43: Diagrama de operaciones de la producción

4.1.5.3. Diagrama de Flujo de la producción

En el diagrama de flujo de la Figura 44 se puede observar las áreas que intervienen en la producción del envase de vidrio, desde el ingreso de la materia prima a los hornos de fundición hasta el traslado de los envases de vidrio hacia el almacén.

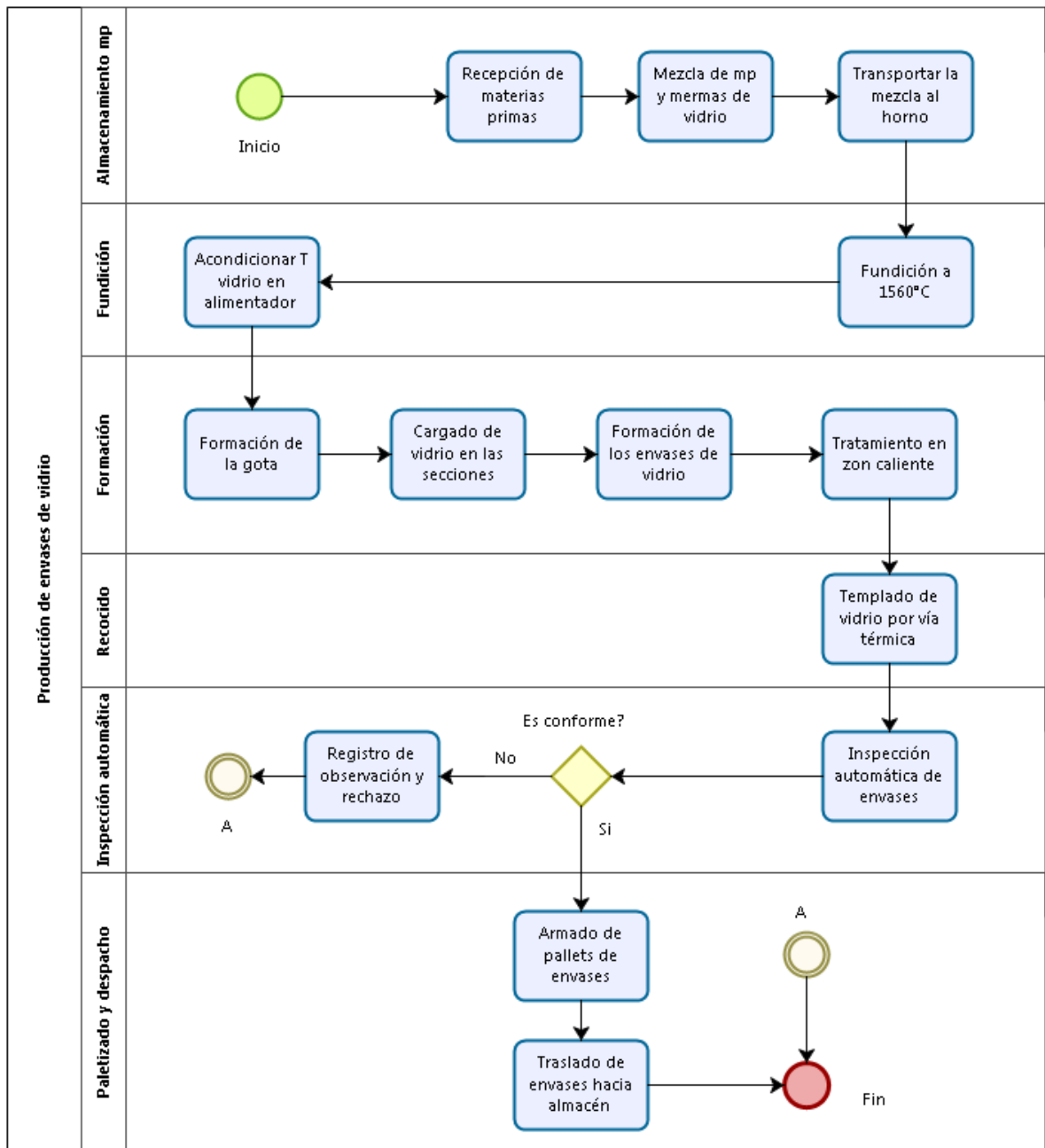


Figura 44: Diagrama de Flujo de producción de envases de vidrio

4.1.5.4. Diagrama SIPOC

Es una herramienta que ofrece una visión general de la investigación a realizar. El diagrama expone los “S” proveedores, “I” input, “P” actividades del proceso, “O” output y “C” los clientes del proceso. El SIPOC crea una imagen simple de un proceso, utilizando pocos niveles de detalle, el cual se expone en la Tabla 37

Tabla 37: SIPOC del proceso de formación de envases de vidrio

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Taller de máquinas	Equipo variable	Parada e inicio de preparación para producción	Eficiencia JCI	Coordinador del Archa de Recocido
Taller de moldes	Equipo de moldura	Cambio de piezas lado premolde	Eficiencia en estabilidad	Coordinador de Inspecciones Automáticas
Área de formación	Operadores de formación	Cambio de piezas lado molde	Envases de vidrio conformes	
Coordinador de Hornos	Vidrio fundido	Mantenimiento programado	Envases de vidrio defectuosos	
Coordinador de Hornos	Inspectores	Actividades pre-arranque		
Área de Calidad		Arranque e inicio de producción del tipo de envase		
		Inspecciones visuales y de dimensiones		
		Desactivación del rechazo y pase al archa		

4.1.6 Revisión del problema

4.1.6.1 Descripción de la línea de producción en estudio

La línea A2 produce envases de boca ancha y sigue el subproceso de prensa y soplo dentro de las actividades del proceso de formación.

La línea A2 opera con una máquina formadora de 8 secciones de doble gota. Es decir, que la línea A2 puede producir un total de 16 envases de manera simultánea. Los 16 envases corresponden a las 16 cavidades que están agrupadas de 2 en 2 una frente a la otra. Cada agrupación es denominada sección. La Tabla 38 hace una representación de cómo es la distribución de cada sección en la máquina formadora. Además, se produce en promedio 222 botellas por minuto.

Tabla 38: Cavidades y secciones de la máquina formadora a doble gota

SECCIÓN 1	SECCIÓN 2	SECCIÓN 3	SECCIÓN 4	SECCIÓN 5	SECCIÓN 6	SECCIÓN 7	SECCIÓN 8
Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A
Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B

En el proceso formación se generan 2 indicadores:

- JCI de cambio de referencia: es la eficiencia promedio que se logra durante las primeras 12 horas de producción
- JCI en estabilización: eficiencia obtenida cuando se alcanza o supera el 95% de eficiencia en producción

El cambio de referencia es el que origina la mayor cantidad de defectos en los envases de vidrio.

4.1.6.2 Descripción del cambio de referencia

La rentabilidad de la empresa depende principalmente de la eficiencia de formación, dado que está ligado directamente a los costos de producción, mientras menor sea la eficiencia de formación, menor será la cantidad de envases conformes que se produzcan. Por ello, el proceso de formación es clave en la producción y los márgenes de rentabilidad de la empresa.

El proceso de inspecciones automáticas evalúa la efectividad del proceso de formación. Sin embargo, después de las verificaciones e inspecciones se detecta situaciones para corregir. Debido a la rigurosidad del control de calidad se generan muchos reprocesos y generación de mermas producto de la búsqueda de una eficiencia satisfactoria. En la actualidad más del 95% de reprocesos ocurren cuando se da un “cambio de referencia” en el proceso de formación. Por ello, es un punto crítico de control en la producción.

El “cambio de referencia” se realiza cuando se quiere producir un nuevo tipo de envase, el cual será fabricado en la siguiente campaña. La campaña puede durar de 1 a 7 días hasta completar el pedido solicitado.

El cambio de referencia inicia desde que se detiene la máquina y entran los miembros del equipo a cambiar y calibrar los componentes requeridos hasta se logre la estabilización (eficiencias por encima del 95%). Además, esta parte del proceso está directamente relacionado a la eficiencia de formación.

La Tabla 39 describe el concepto de cada una de las fases de operación desde que se inicia una producción para un nuevo tipo de envase, el cual según las características del diseño del envase implica una demanda de mayor tiempo de trabajo en el set-up o cambio físico.

Tabla 39: Fases de la operación de cambio de referencia

Fase del cambio de referencia	Concepto	Tiempo inicio	Tiempo fin
Set-up o Cambio físico	“t” necesario para cambiar todos los componentes	T0: parada de la máquina	T1: Cargado de vidrio en alguna sección
Arranque	“t” necesario para que se inicie el proceso de producción	T1: Cargado de vidrio en alguna sección	T2: Todas las secciones generando envases
Estabilización	“t” necesario para llegar a la estabilización de producción	T2: Todas las secciones generando envases	T3: La eficiencia de línea logra la eficiencia objetivo

La figura 45 muestra una representación gráfica de lo que sucede hora a hora durante las fases del cambio de referencia. Es decir, desde que se hace la parada de la máquina, se realizan las pruebas de arranque, se inicia el proceso hasta lograr la estabilización

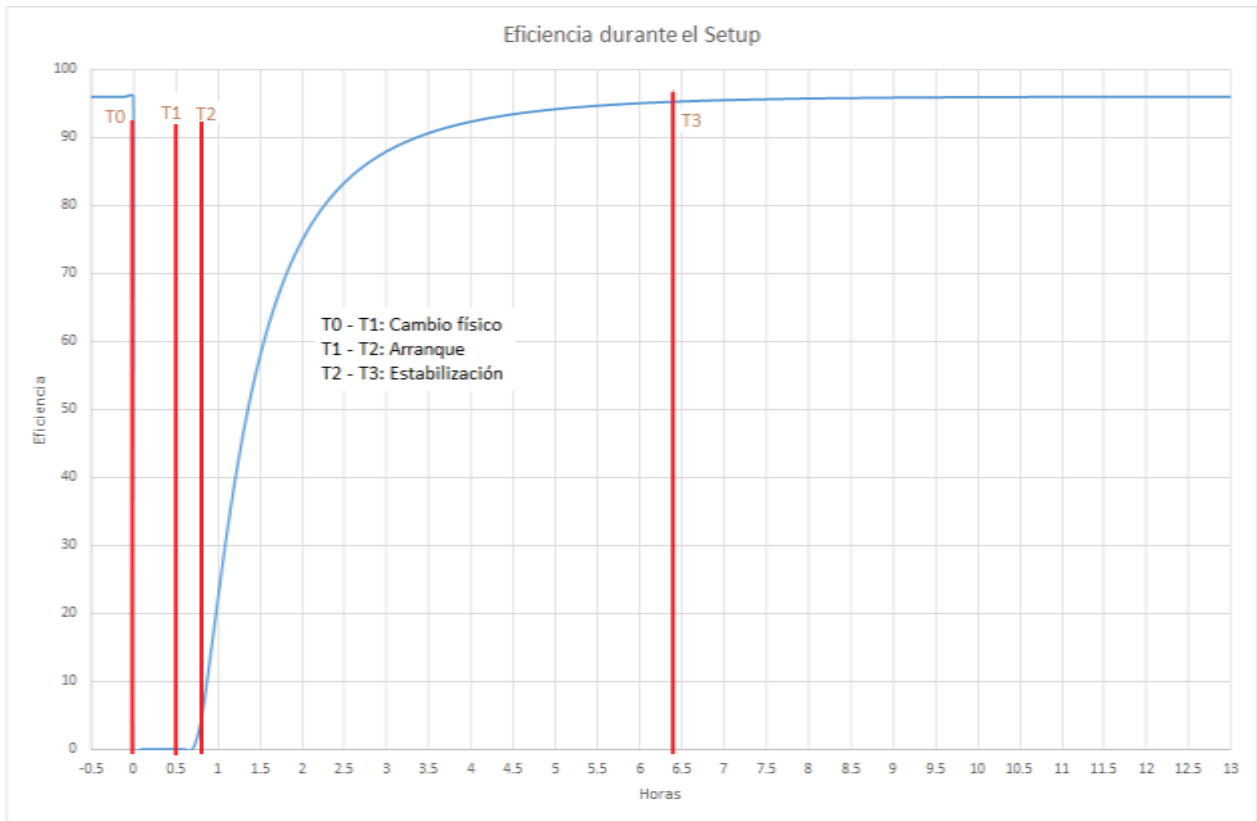


Figura 45: Evolución de la eficiencia durante el proceso de formación

La eficiencia de formación ha tenido una tendencia negativa en los últimos 5 años. Además, al día de hoy se observa que está tomando más tiempo para llegar a la fase de estabilización. Para incrementar la productividad es necesario reducir las mermas, las cuales se generan en mayor cantidad con el cambio de formato.

El alcance del proyecto considerará a las actividades que se realizan durante el cambio de un formato y del análisis de las mudas para reducir o eliminarlos del proceso con el objetivo de incrementar la eficiencia.

4.1.7. Definición del Plan de Proyecto

El Plan de Proyecto de la Tabla 40 expone los objetivos, alcance, participantes, lineamientos del proyecto.

Tabla 40: Acta de Constitución (Project Charter)

PROYECTO LEAN SIX SIGMA		
Empresa: Envases de vidrio SA		Duración: 5 meses
Área: Producción		Fecha inicio: Enero 2020
Planta: Lima Norte		Fecha fin: Mayo 2020
Sub-área: Formación		Costo: S/ 50,000
Título		Objetivo principal
Mejora de la eficiencia del proceso de formación de la producción de envases de vidrio de boca ancha utilizando la metodología Lean Six Sigma		Incrementar la eficiencia del proceso de formación a un valor cercano a su valor histórico
Bussines case		Objetivos específicos
La eficiencia de formación en la producción de envases de vidrio a disminuído en los últimos años y está lejos de su valor histórico, lo cual produce pérdidas económicas por los reprocesos y generación de mermas en producción		<ul style="list-style-type: none"> - Determinar las pérdidas anuales por cambio de referencia - Realizar un diagnóstico de los tiempos en los cambios de referencia - Determinar el incremento de eficiencia aplicando la metodología establecida - Determinar los ratios de producción que se mejorarán en el proceso de formación
Integrantes del equipo		Alcance
Gerente General (Sponsor)		El proyecto se aplicará en la línea A2 producción de envases de boca ancha de la Planta Lima Norte y su alcance considera desde la parada de la máquina formadora hasta la salida de los envases de vidrio hacia el archa de recocido.
Coordinador de la línea de producción A2		
Coordinador de cambios		
Coordinador de moldes		
Coordinador de taller de máquinas		
Coordinador de calidad		
Inspector de calidad		
Especialista de formación		
Operario de mantenimiento		
Operario de cambios		Indicadores
Operario de moldes		Eficiencia de formación
		Pérdidas anuales por cambios de formato
Plan preliminar	Herramientas	Tiempo por etapa
DEFINE	VOC, CPQ, Project charter, SIPOC, Mapeo de procesos a nivel macro	Semana 1 - 2
MEASURE	Mapeo procesos a detalle, DPMO, Nivel 6σ, Cp, Medición mudas	Semana 3 - 9
ANALIZE	Ishikawa, Diagrama de Pareto, Juicio de expertos, análisis criticidad	Semana 10 - 13
IMPROVE	DOP, DAP, DR, 5S, SMED, Poka Yoke	Semana 13 - 17
CONTROL	Plan de monitoreo, Gráficas de control	Semana 18 - 20

4.2. FASE MEDIR

La fase medir busca la comprensión del alcance del proceso en estudio, así como la eficiencia actual obtenida

4.2.1. Plan de recolección de datos

Tabla 41: Plan de recolección datos eficiencia de formación

Plan de recolección de datos Variable 1		
Objetivo	Medir la eficiencia de formación	
Unidad de análisis	¿Cuáles son las unidades de análisis?	Envases de vidrio de boca ancha que pasan el proceso de inspecciones automáticas
	¿Dónde se encuentran?	La información de estas unidades se encuentran en las bases de datos proporcionadas por el proceso de inspecciones automáticas
Método	¿Cómo se van a recolectar los datos?	Por medio de la solicitud de las bases de datos a coordinación
	¿Cómo se van a preparar para analizarlos?	La información obtenida será transferidas a una matriz de datos, las cuáles servirán como input para el análisis y toma de decisiones

Tabla 42: Plan de recolección datos defectos en producción

Plan de recolección de datos Variable 2		
Objetivo	Medir la cantidad de envases que tienen algún tipo de defecto y que provienen de la línea A2	
Unidad de análisis	¿Cuáles son las unidades de análisis?	Envases de vidrio de boca ancha defectuosos
	¿Dónde se encuentran?	En la zona fría del proceso, son los envases descartados por las máquinas automáticas. También se revisará las bases de datos para ver el histórico.
Método	¿Cómo se van a recolectar los datos?	Por medio inspección visual y por medio de la solicitud de las bases de datos
	¿Cómo se van a preparar para analizarlos?	Las respuestas obtenidas serán transferidas a una matriz de datos, las cuáles servirán como input para el análisis y toma de decisiones

La Tabla 41 y la Tabla 42 exponen el plan de recolección de los datos de las eficiencias de formación, de los datos de los defectos que se generan en el proceso de formación producción y de los tiempos de las actividades destinadas a la producción del envase de vidrio desde que se forma la gota de vidrio.

Tabla 43: Plan de recolección datos defectos en producción

Plan de recolección de datos Variable 3		
Objetivo	Medir los tiempos de las actividades destinadas al proceso de formación de envases de vidrio de boca ancha de la línea A2	
Unidad de análisis	¿Cuáles son las unidades de análisis?	Operarios de formación
	¿Dónde se encuentran?	En la zona caliente de la línea A2 del proceso de formación
Método	¿Cómo se van a recolectar los datos?	Por medio de las entrevistas y la inspección visual
	¿Cómo se van a preparar para analizarlos?	Las respuestas obtenidas serán transferidas a una matriz de datos, las cuáles servirán como input para el análisis y toma de decisiones

4.2.2. Relevamiento de procesos As Is (situación actual)

Dado que en el alcance del proyecto se ha definido el proceso de formación como punto de estudio y a la operación del cambio de formato como una de las operaciones que impactan más en la eficiencia, el Estudio del Trabajo considerará este alcance para el despliegue de las herramientas.

El diagrama de flujo de la situación actual representado en la Figura 46 ofrece un panorama a nivel macro de las área que intervienen en la fabricación de un tipo de envase de vidrio.

Las áreas involucradas son:

- Grupo de cambios
- Equipo del taller de máquinas
- Equipo del almacén de moldes
- Equipo de calidad
- Equipo a cargo de las máquinas automáticas

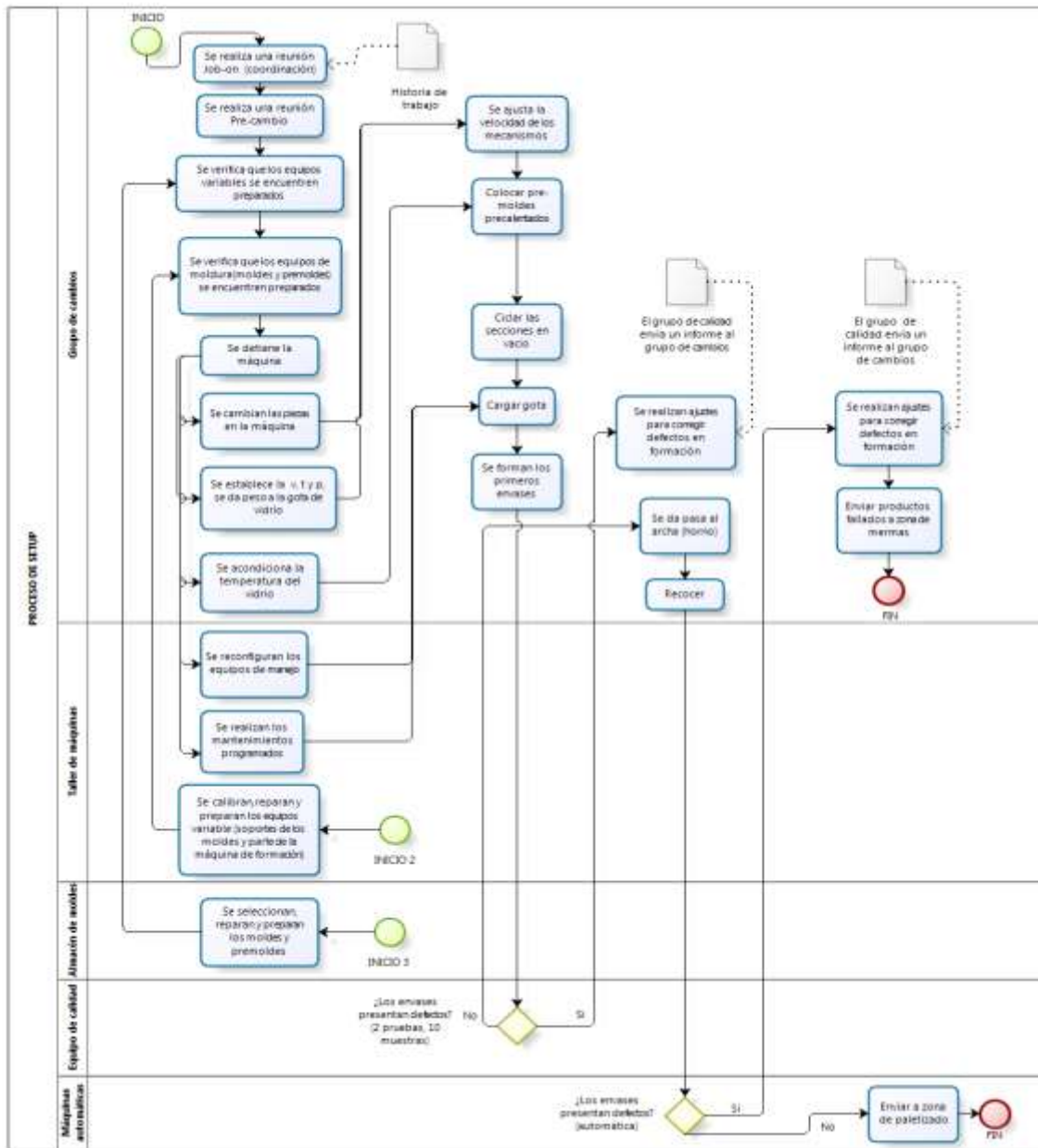


Figura 46: Diagrama de flujo actual del proceso de formación

Fuente: empresa

Con la información recopilada de la empresa se procede a diagramar un DOP del proceso de formación, el cual se puede observar en la Figura 47. Esta herramienta ayuda a observar como ocurren las operaciones e inspecciones en el proceso actual según la secuencia cronológica y la secuencia de las actividades para el cambio de referencia en el proceso de formación.

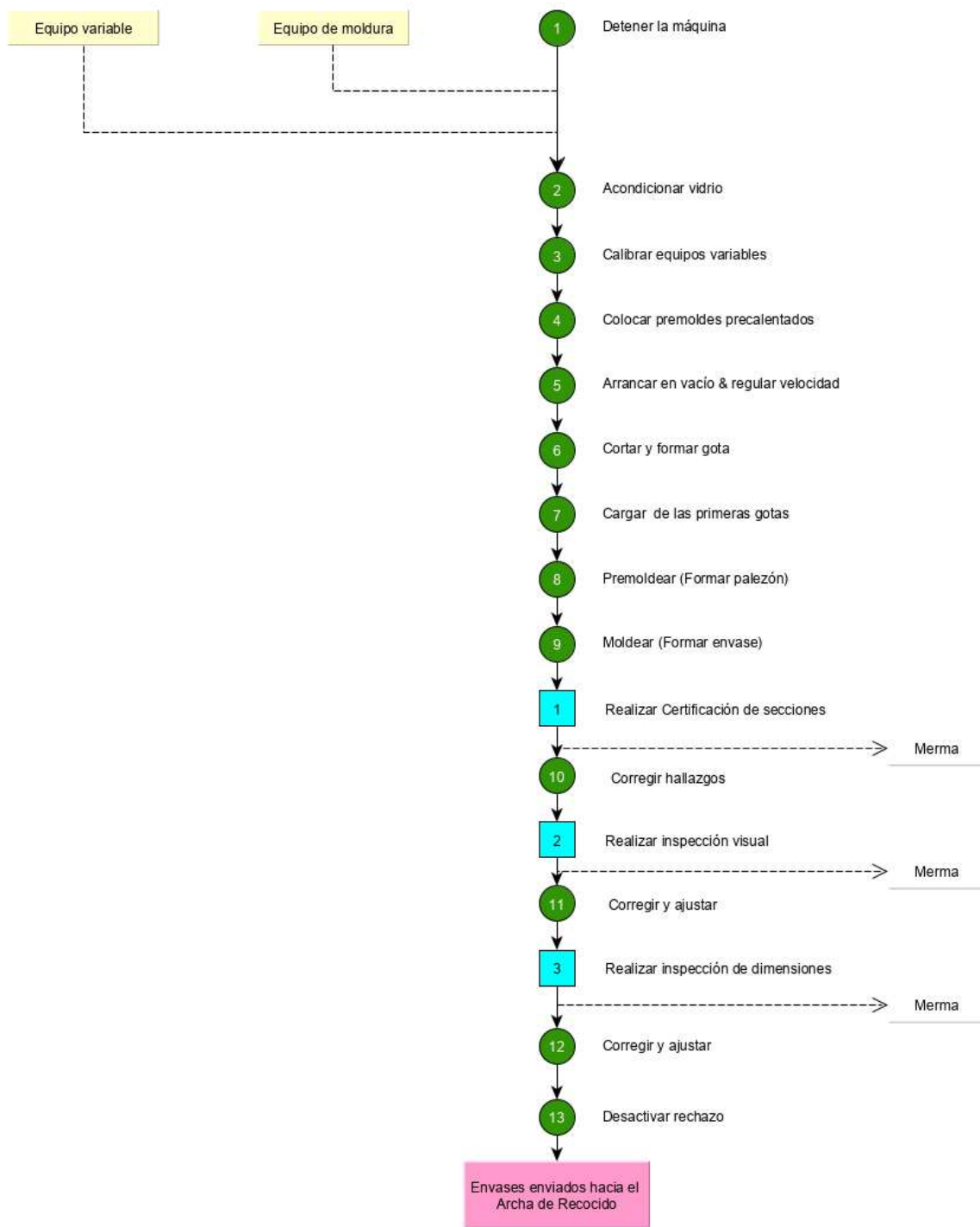


Figura 47: Diagrama de operaciones del proceso de formación (DOP) actual

El objetivo inicial es ver la secuencia de los procesos. La segunda fase implicará ver los

tiempos dedicados a cada actividad

4.2.3. Medición del desempeño

Para evaluar la eficiencia de formación es necesario distinguir que en el proceso de formación existen 2 fases: la fase cambio de referencia y la fase estabilización.

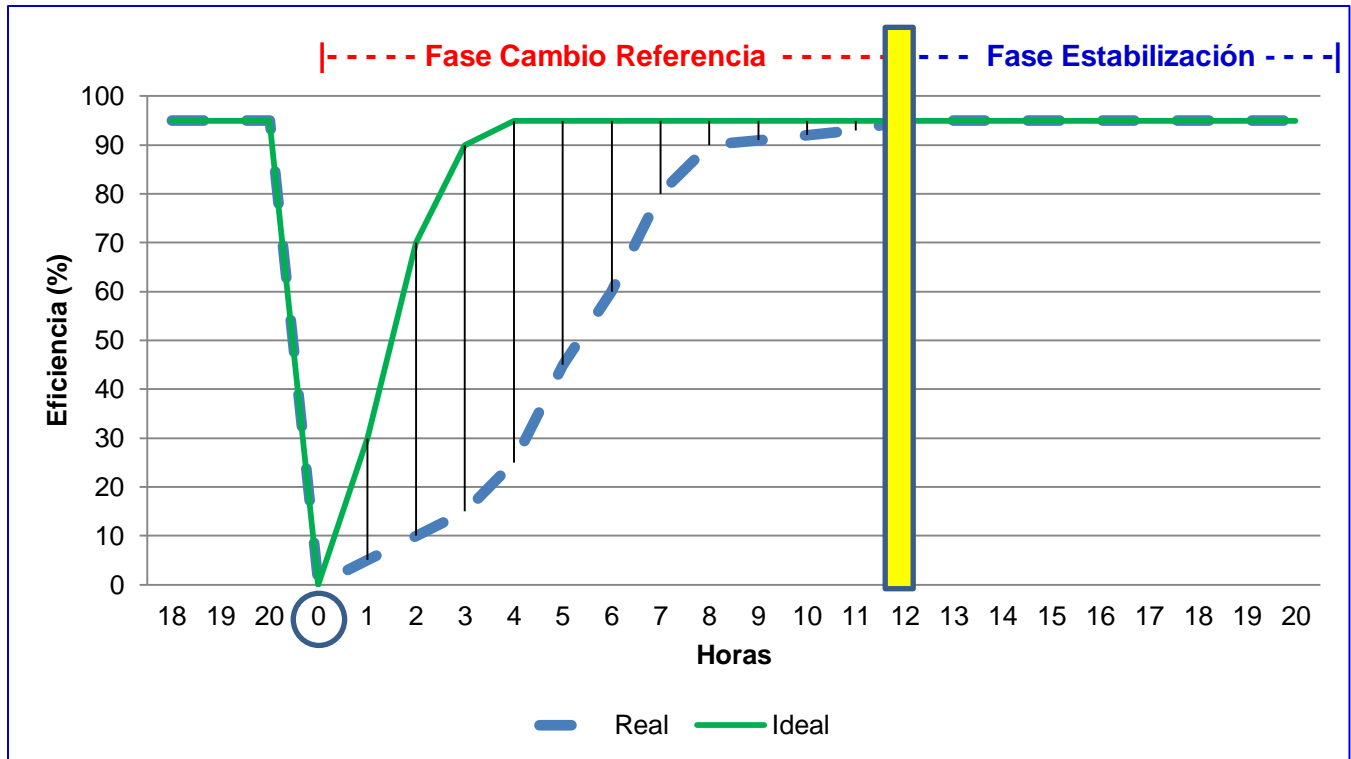


Figura 48: Fase cambio referencia y fase estabilización

En la Figura 48 se observa las dos fases del proceso de formación, la fase de cambio de formato inicia cuando se ha culminado la producción anterior en la hora "0" y con una eficiencia "cero"; sin embargo, la eficiencia en estabilización, por lo general, se establece después de las 12 primeras horas una vez iniciada la producción.

La medición de la eficiencia de formación se mide a través del JCI Global, indicador que evalúa la producción en todo el proceso de formación y que involucra la eficiencia del JCI o eficiencia en el cambio de formato y la eficiencia JCI en estabilización

4.2.3.1. Fase Cambio de formato

El JCI es un indicador que mide la eficiencia de formación durante las 12 primeras horas iniciada la producción del nuevo tipo de envase. Se considera el inicio de la producción desde la parada de la máquina para producir un nuevo tipo de envase.

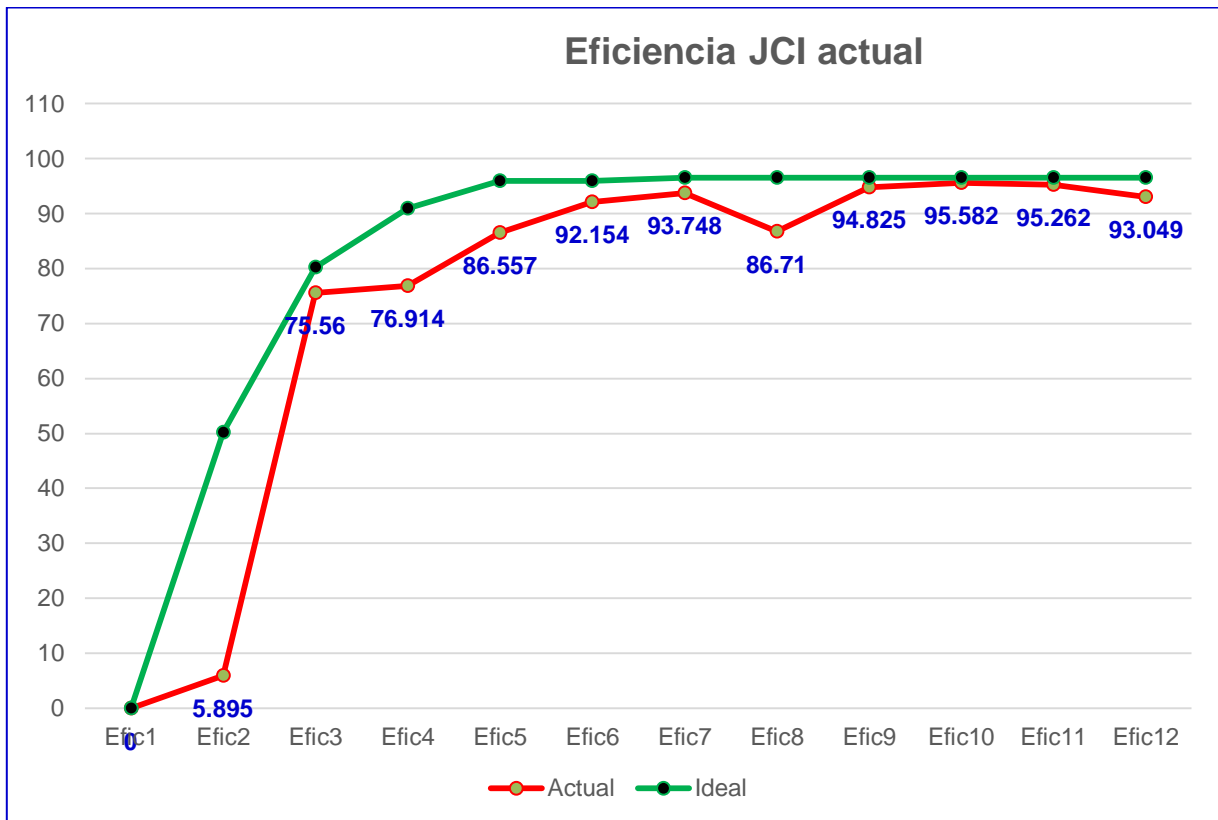


Figura 49: Ejemplo de evolución de la eficiencia actual vs eficiencia ideal

Según la figura 49 se observa que la eficiencia real está muy por debajo de la eficiencia ideal en la fase de cambio de formato.

La variabilidad y los tiempos están conectados. Mientras más tiempo tome realizar el cambio de formato, la eficiencia es mínima, al igual que las inspecciones, mientras más tiempo tome las inspecciones, el cambio de piezas y las calibraciones, la eficiencia de formación resultante será más baja.

Es necesario mencionar que no todos los tiempos de preparación en el cambio de formato son iguales. El tiempo de preparación depende del tipo de cambio que va desde un tipo 1 hasta un tipo 6.

El indicador evalúa la eficiencia promedio durante las 12 primeras horas de producción.

$$JCI_{\text{Cambio de formato}} = \frac{\text{Número de frascos sin defectos en fase cambio de formato}}{\text{Número de frascos producidos en fase cambio de formato}}$$

4.2.3.2. Fase Estabilización

Se considera una eficiencia en fase estable cuando se alcanza el 95% como mínimo. Es ahí cuando se alcanza la fase estable y una vez llegado a ese valor no debería bajar y si tener una tendencia positiva. Por lo general se considera después de las 12 horas; sin embargo, se puede considerar antes de las 12 horas si se alcanza la eficiencia objetivo.

$$JCI_{\text{Estabilización}} = \frac{\text{Número de frascos sin defectos en fase estabilización}}{\text{Número de frascos producidos en fase estabilización}}$$

4.2.3.3. Eficiencia de formación

Se mide a través del indicador JCI Global, el cual es el indicador promedio de todas las eficiencias obtenidas hora a hora hasta llegar a la culminación de un tipo de envase de boca ancha en la línea A2 (alcance)

$$JCI_{\text{Global}} = \frac{JCI_{\text{Cambio formato}} * t_{\text{cambio de formato}} + JCI_{\text{Estabilización}} * t_{\text{estabilización}}}{t_{\text{cambio de formato}} + t_{\text{estabilización}}}$$

$t_{\text{cambio de formato}}$: tiempo que transcurre en la fase cambio de formato

$t_{\text{estabilización}}$: tiempo que transcurre en la fase estabilización

Tabla 44: Planificación de la producción planificada vs producción real hora a hora

PLANIFICACIÓN						PRODUCCIÓN REAL											
Line	Código	Cat.	Veloc. BPM	Prod Bot/h	Peso (g)	Hora 1	Hora 2	Hora 3	Hora 4	Hora 5	Hora 6	Hora 7	Hora 8	Hora 9	Hora 10	Hora 11	Hora 12
A2	CT-236	5	210	12,600	217	0	6,605	8,094	9,613	11,605	12,005	11,780	11,981	11,806	11,998	11,806	12,003
A2	C-029	5	219	13,140	251	0	7,850	10,950	11,850	11,206	11,891	11,730	13,297	11,998	13,096	12,056	13,048
A2	C-310	5	257	15,420	175	0	0	4,058	6,226	13,670	14,379	13,484	13,975	16,239	13,771	15,067	14,495
A2	C-060	5	166	9,960	389	0	2,412	6,873	7,687	9,123	8,555	10,110	9,176	10,300	9,786	10,059	11,090
A2	C-372	5	284	17,040	100	0	0	140	10,474	14,143	14,055	16,329	16,367	16,520	15,413	15,932	17,463
A2	C-355	5	286	17,160	111	0	2,288	13,037	15,627	14,978	13,997	14,326	15,733	15,595	16,323	16,204	16,539
A2	C-014	5	283	16,980	151	0	1,374	13,257	14,926	15,775	15,949	13,987	16,872	16,195	17,472	16,450	16,731
A2	C-029	5	220	13,200	249	0	7,745	12,748	12,761	12,530	11,444	10,748	12,426	11,883	12,323	12,617	12,157
A2	C-246	5	229	13,740	230	0	5,640	12,807	13,566	13,150	12,963	13,155	13,082	13,031	12,955	13,457	13,024
A2	C-401	5	227	13,620	232	0	554	10,253	9,490	11,990	11,063	10,037	11,879	12,929	12,386	11,626	12,883
A2	C-315	5	144	8,640	411	0	2,927	6,890	6,912	8,007	8,239	8,121	7,960	8,601	8,564	8,368	8,416
A2	C-285	5	211	12,660	152	0	3,536	11,771	10,170	11,305	11,421	11,445	13,542	13,375	11,768	10,664	11,530
A2	C-360	5	283	16,980	149	0	403	10,691	16,212	15,725	16,140	15,524	17,551	17,265	18,102	17,765	17,217
A2	C-273	5	177	10,620	285	0	984	6,744	9,200	8,462	9,183	9,544	8,456	9,300	8,147	9,570	10,401
A2	C-246	5	230	13,800	231	0	55	1,033	11,728	12,654	10,944	15,782	13,164	13,521	13,388	13,620	13,545
A2	CT-526	5	251	15,060	201	0	1,332	7,846	12,144	10,696	14,514	14,369	13,931	12,186	14,363	23,630	15,714
A2	C-315	5	144	8,640	411	0	856	6,323	7,694	7,660	7,651	7,415	7,765	7,689	7,779	8,194	7,952
A2	C-285	5	212	12,720	151	0	877	9,571	12,262	10,518	10,758	11,524	10,561	11,890	13,350	12,272	12,313
A2	CT-236	5	210	12,600	208	0	3,616	2,662	19,181	10,739	12,986	12,700	12,100	12,250	12,250	12,300	12,300
A2	C-401	5	229	13,740	228	0	6,282	8,806	8,749	11,283	10,346	12,334	12,623	13,181	13,349	12,828	14,030
A2	PS-212	5	280	16,800	143	0	6,197	14,682	14,775	16,511	14,989	16,000	16,102	15,684	16,007	16,334	16,506
A2	C-080	5	177	10,620	330	0	1,208	8,028	7,636	9,371	9,863	9,520	9,778	9,806	10,066	10,115	10,002
A2	C-014	5	283	16,980	148	0	8,042	14,743	16,587	12,870	14,697	15,483	14,759	17,399	17,589	16,382	17,334
A2	C-015	5	229	13,740	235	0	7,616	11,345	13,835	13,045	13,145	13,152	12,890	13,463	13,301	13,136	12,741
A2	CT-236	5	210	12,600	208	0	5,132	8,132	9,638	10,350	11,560	12,668	12,300	12,100	12,150	12,200	12,250

Fuente: Datos recolectados de empresa

Tabla 45: Eficiencias para la línea A2 para un tipo de cambio 5

Línea A2			Eficiencias (%)													
Lín	Code	Cat	Efic1	Efic2	Efic3	Efic4	Efic5	Efic6	Efic7	Efic8	Efic9	Efic10	Efic11	Efic12	JCI_6hs	JCI
A2	CT-236	5	0.00	52.42	64.24	76.29	92.10	95.28	93.49	95.09	93.70	95.22	93.70	95.26	63.39	78.90
A2	C-029	5	0.00	59.74	83.33	90.18	85.28	90.50	89.27	101.20	91.31	99.67	91.75	99.30	68.17	81.79
A2	C-310	5	0.00	0.00	26.32	40.38	88.65	93.25	87.45	90.63	105.31	89.31	97.71	94.00	41.43	67.75
A2	C-060	5	0.00	24.36	69.42	77.65	92.15	86.41	102.12	92.69	103.41	98.25	100.99	111.35	58.33	79.90
A2	C-372	5	0.00	0.00	0.82	61.47	83.00	82.48	95.83	96.05	96.95	90.45	93.50	102.48	37.96	66.92
A2	C-355	5	0.00	13.33	75.97	91.07	87.28	81.57	83.49	91.68	90.88	95.12	94.43	96.38	58.20	75.10
A2	C-014	5	0.00	8.12	78.35	88.22	93.23	94.26	82.67	99.36	95.38	102.90	96.88	98.53	60.36	78.16
A2	C-029	5	0.00	58.67	96.58	96.67	94.92	86.70	81.42	94.14	90.02	93.36	95.58	92.10	72.26	81.68
A2	C-246	5	0.00	41.23	93.62	99.17	96.13	94.35	95.74	95.21	94.84	94.29	97.94	94.79	70.75	83.11
A2	C-401	5	0.00	4.07	75.28	69.68	88.03	81.23	73.69	87.22	94.93	90.94	85.36	94.59	53.05	70.42
A2	C-315	5	0.00	33.88	79.75	80.00	92.67	95.36	93.99	92.13	99.55	99.12	96.85	97.41	63.61	80.06
A2	C-285	5	0.00	27.93	92.98	80.33	119.25	90.21	90.40	106.97	105.65	92.95	84.23	91.07	68.45	81.83
A2	C-360	5	0.00	2.37	62.96	95.48	92.61	95.05	91.43	103.36	101.68	106.61	104.62	101.40	58.08	79.80
A2	C-273	5	0.00	9.27	63.50	86.63	79.68	86.47	89.87	79.62	87.57	76.71	90.11	97.94	54.26	70.61
A2	C-246	5	0.00	0.40	7.49	84.99	91.70	79.30	114.36	95.39	97.98	97.01	98.70	98.15	43.98	72.12
A2	CT-526	5	0.00	8.85	52.10	80.64	71.02	96.38	95.41	92.50	80.92	95.37	156.91	104.34	51.50	77.87
A2	C-315	5	0.00	9.91	73.18	89.05	88.66	88.55	85.82	89.87	88.99	90.04	94.84	92.04	58.23	74.25
A2	C-285	5	0.00	6.90	75.24	96.40	82.69	84.58	90.60	83.03	93.48	104.95	96.48	96.80	57.63	75.93
A2	CT-236	5	0.00	28.70	21.13	152.23	85.23	103.06	100.79	96.03	97.22	97.22	97.62	97.62	65.06	81.40
A2	C-401	5	0.00	45.72	64.09	63.68	82.12	75.30	89.77	91.87	95.93	97.15	93.36	102.11	55.15	75.09
A2	PS-212	5	0.00	36.89	87.39	87.95	98.28	89.22	95.24	95.85	93.36	95.28	97.23	98.25	66.62	81.24
A2	C-080	5	0.00	11.38	75.59	71.90	88.24	92.87	89.64	92.07	92.34	94.78	95.25	94.18	56.66	74.85
A2	C-014	5	0.00	47.36	86.83	97.69	75.80	86.56	91.18	86.92	102.47	103.59	96.48	102.09	65.70	81.41
A2	C-015	5	0.00	55.43	82.57	100.69	94.94	95.67	95.72	93.81	97.98	96.81	95.60	92.73	71.55	83.50
A2	CT-236	5	0.00	40.73	64.54	76.49	82.14	91.75	100.54	97.62	96.03	96.43	96.83	97.22	59.28	78.36

Fuente: Datos recolectados de empresa

4.2.3.4. Tipos de cambio de formato

En la línea A2 se producen 6 tipos de cambio de formato, el cual se expone en la Tabla 46. La diferencia principal de cada tipo de formato es la cantidad de piezas que son cambiadas y el impacto en el tiempo, dado que mientras más piezas se cambien, más calibraciones se harán y el tiempo de preparación se incrementará.

Tabla 46: Definición y tipos de cambio de formato

Tipo de cambio (TC)	Descripción
Tipo de cambio 1	Cambio de moldes en la máquina
Tipo de cambio 2	Cambio de moldes y fondos
Tipo de cambio 3	Cambio de premoldes, moldes y fondos
Tipo de cambio 4	Cambio de moldes, premoldes, fondos y tapas
Tipo de cambio 5	Cambio de premoldes, moldes, fondos, sopladoras, boquilleras, tapas y macho
Tipo de cambio 6	Cambio de premoldes, moldes, llevador de moldes, llevador de premoldes, fondos, sopladora, boquilla, tapas, espaciadores y macho

4.2.3.5. Tiempos en cada tipo de cambio de formato

Tabla 47: Tiempos de cambio de formato aproximados

Tipo de cambio (TC)	T (min)
Tipo de cambio 1	8 min
Tipo de cambio 2	10 min
Tipo de cambio 3	25 min
Tipo de cambio 4	35 min
Tipo de cambio 5	50 min
Tipo de cambio 6	60 min

Tal como se observa en la Tabla 47, el tipo de cambio 5 es uno de las que más frecuencia tiene y también uno de los que toma más tiempo durante la fase de preparación para una nueva producción. Por ello, en el punto anterior se tomaron las eficiencias del tipo de

cambio 5 como ejemplo y se considerará al Tipo de cambio 5 como referente para las futuras mediciones en la investigación.

4.2.3.6. Eficiencias según cada tipo de cambio formato

En la empresa se hacen entre 1, 2 y máximo 3 cambios de referencia al día. En el cambio de referencia, luego de parar la máquina, se cambian los moldes y premoldes de acuerdo a las nuevas características del envase (diámetro, altura). Sin embargo, no todos los cambios de referencia toman el mismo tiempo de preparación y producen la misma eficiencia de formación.

Existe un tipo de cambio 7, en donde se realiza el cambio de una gota a doble o triple gota (o viceversa). Sin embargo, en la línea en estudio no se ha realizado este tipo de cambio

Los gráficos siguientes muestran las eficiencias obtenidas por tipo de formato en los últimos años. En ejemplo la Figura 50 muestra el histórico de las eficiencias para un tipo de cambio 1.

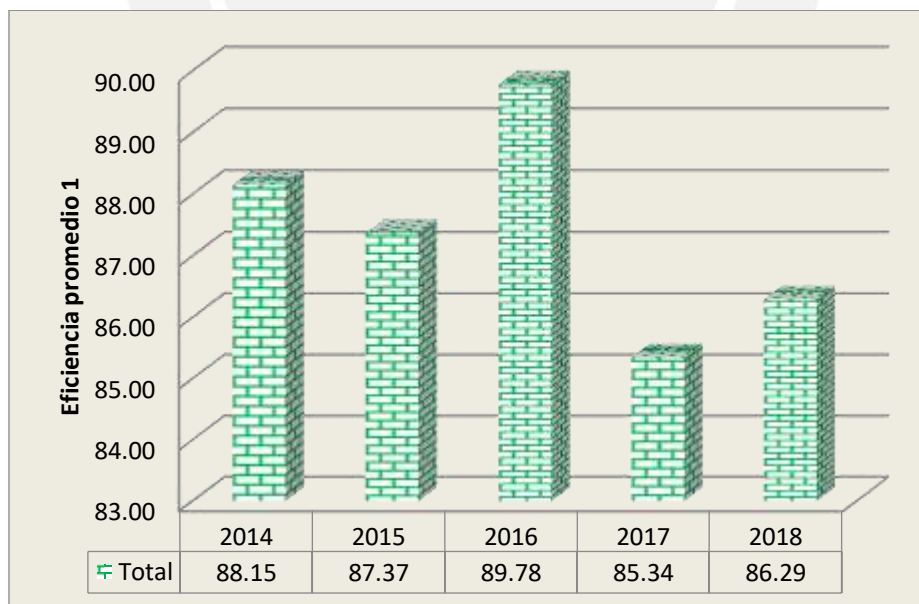


Figura 50: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 1

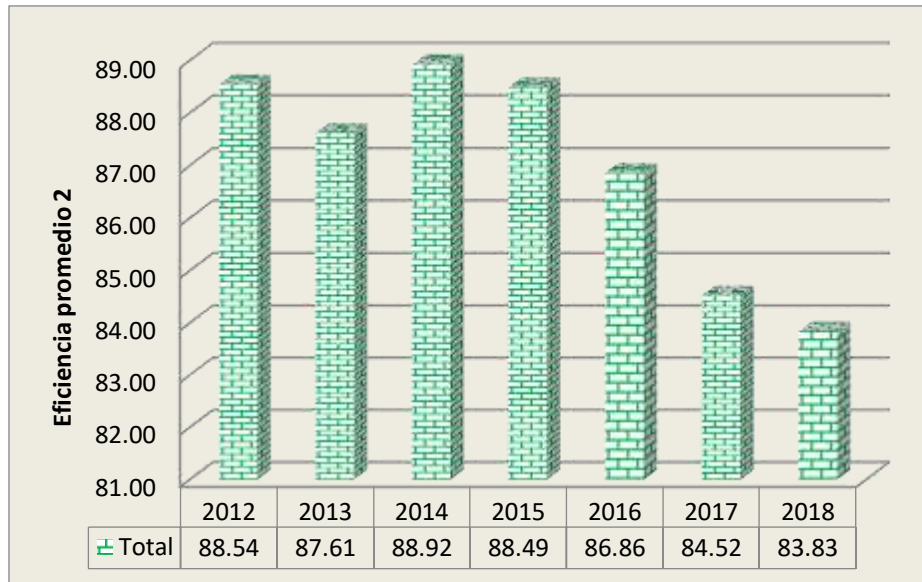


Figura 51: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 2

Según Figura 51, las eficiencias del tipo de cambio 2 han tenido una tendencia negativa en los 4 últimos años, a comparación de una mejor estabilidad en los primeros años.

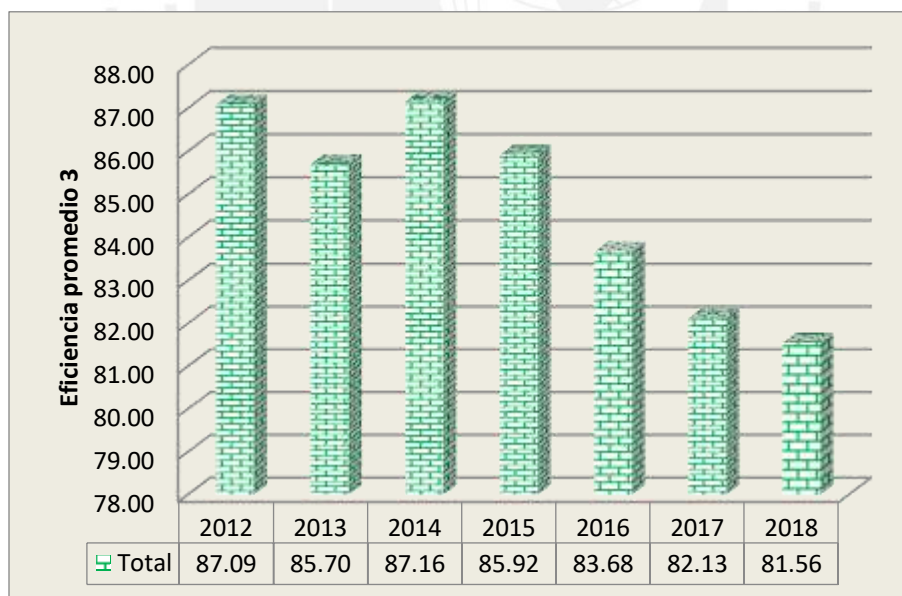


Figura 52: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 3

Según Figura 52, las eficiencias del tipo de cambio 3 tienen una tendencia similar al tipo de cambio 2, la caída de eficiencia es más pronunciada en los últimos 5 años.

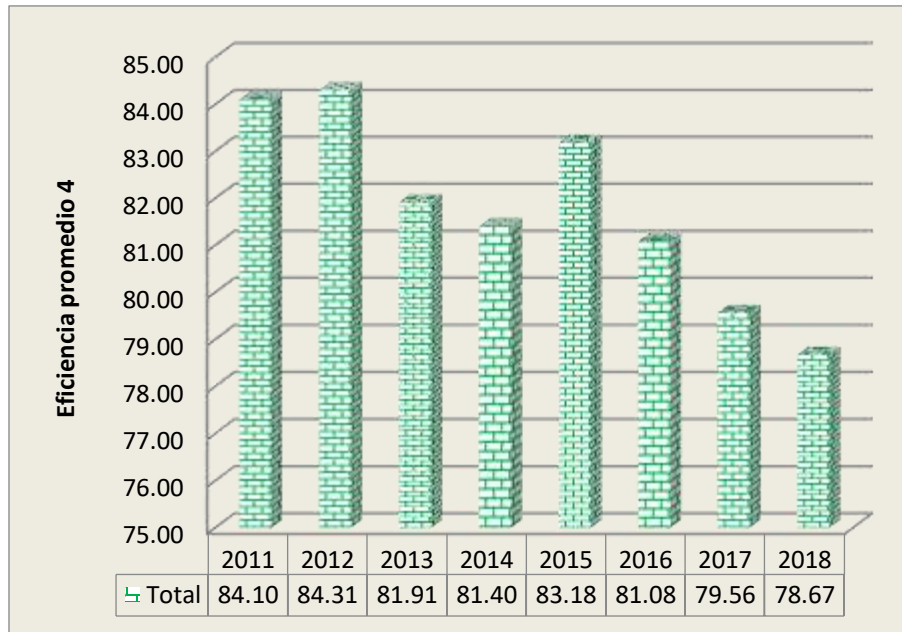


Figura 53: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 4

Según Figura 53, el comportamiento de las eficiencias del tipo 4 tienen no siguen una tendencia uniforme en los primeros años, pero al igual que los otros casos sigue una tendencia negativa los últimos años.

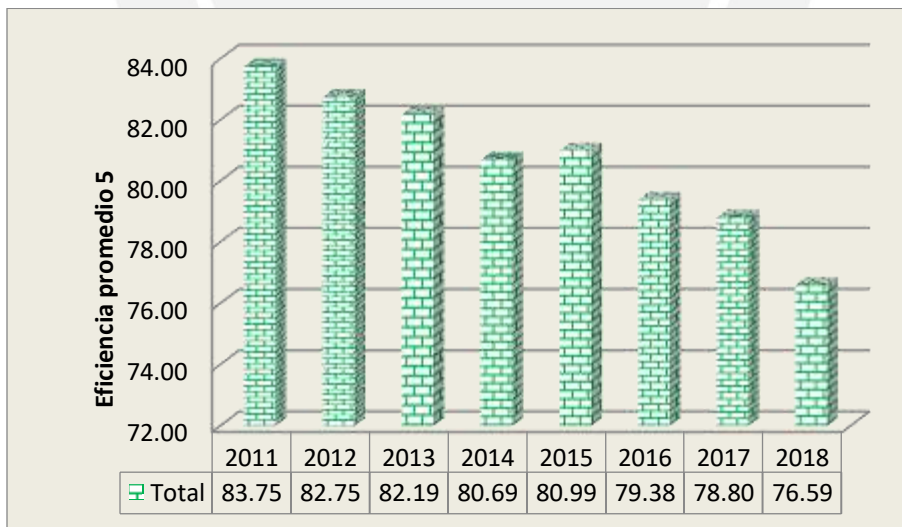


Figura 54: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 5

Según Figura 54, en el tipo de cambio 5, la tendencia es negativa en todo su histórico

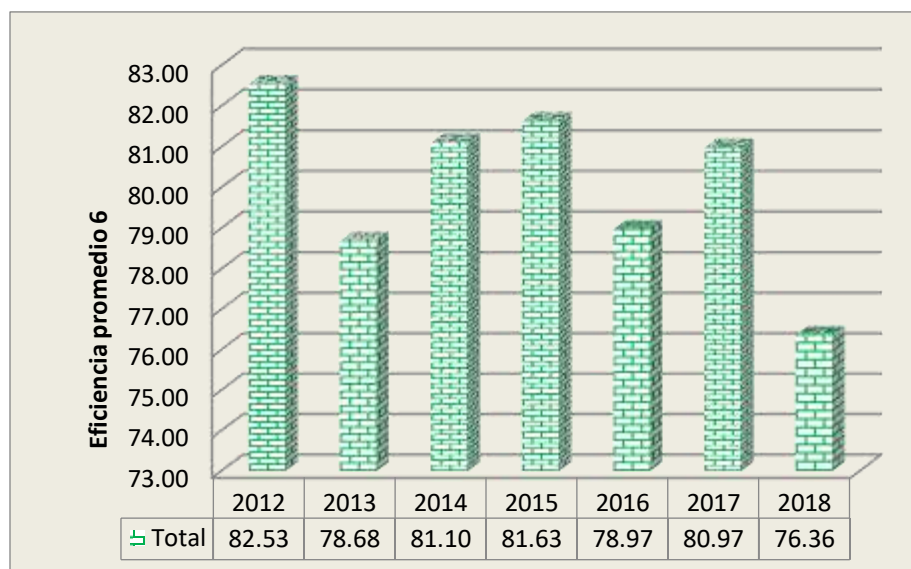


Figura 55: Evolución Eficiencia Tipo de Cambio 6

Según Figura 55, la eficiencia del tipo de cambio 6 es irregular. El último año la eficiencia ha caído de manera considerable.

En general, las eficiencias de todos los tipos de cambio han tenido una tendencia negativa en los últimos años, a comparación de una mejor estabilidad en los primeros años.

Tabla 48: Número de cambios de formato

Tipo de cambio	AÑO								Total general (unidades)
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
1				1	3	4	5	7	19
2		10	9	14	10	7	5	7	62
3		9	5	2	10	7	11	8	52
4	1	27	31	33	34	57	50	78	311
5	1	57	48	58	51	54	45	24	339
6		14	32	37	24	13	13	18	151
Total general	2	117	125	145	132	142	129	142	910

Según la Tabla 48, en el histórico es el tipo de cambio 5 el que tiene una mayor cantidad de cambios de referencia. Sin embargo, el tipo de cambio 4 es el que más cambios ha tenido durante el último año. El total de cambios de referencia en el último año ha sido de 142, un promedio de 11 a 12 cambios de referencia al mes.

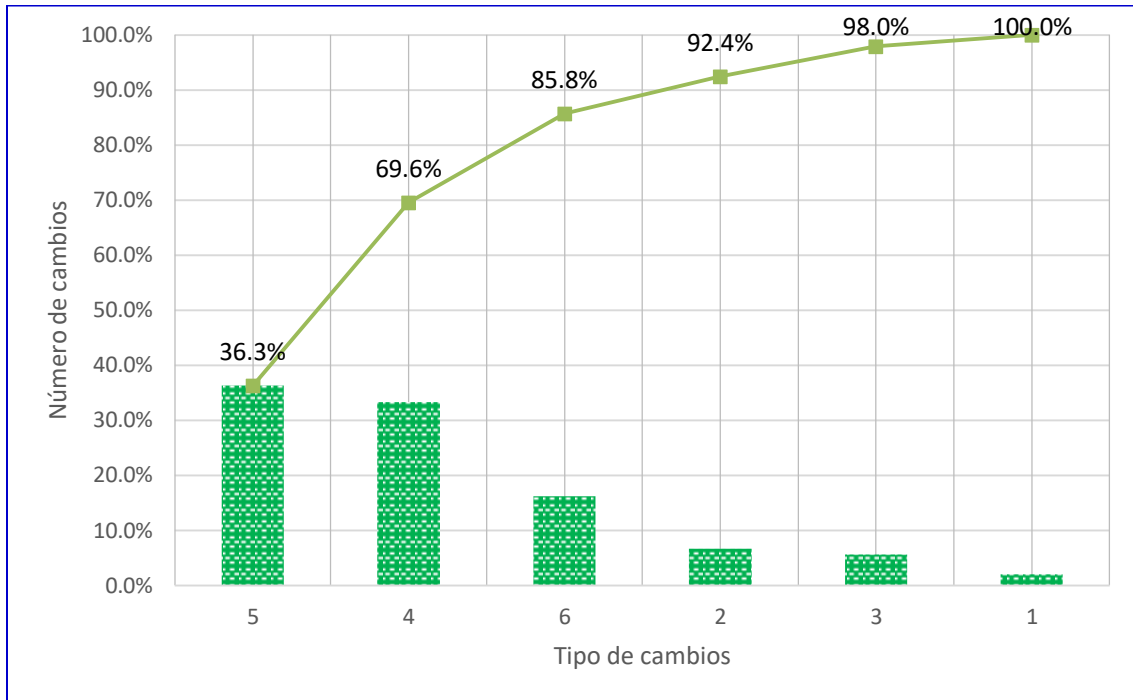


Figura 56: Pareto de la frecuencia del tipo de cambios en el histórico

Según el diagrama Pareto de la Figura 56, entre los tipos de cambio 4 y 5 representan el 70% total de tipos de cambios en la empresa

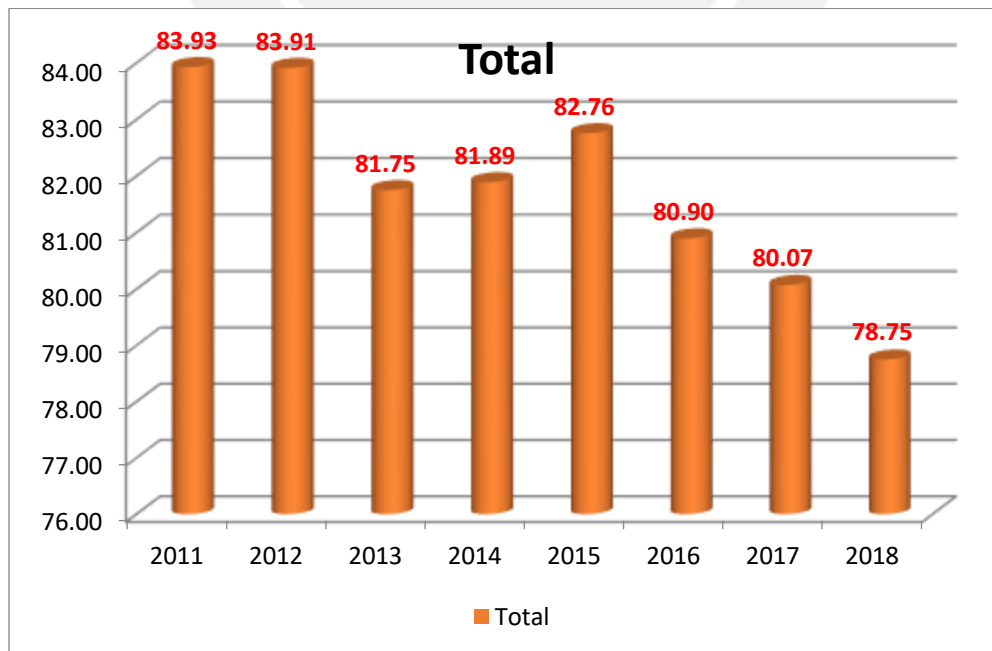


Figura 57: Evolución general de las eficiencias de formación

Según la Figura 57, se observa que las eficiencias han ido disminuyendo año a año. La eficiencia del último año refleja un valor muy por debajo de su valor histórico

Durante las fases de cambio de equipo de moldura, inspección y corrección, por lo general casi todo lo producido es merma y no es producción. Por esta razón en la primera hora la tendencia en la eficiencia es cero.

4.2.4. Medición de muda: defectos

Dada la aparición de este tipo de defectos, se ha considerado la siguiente clasificación para delimitar el alcance sobre los que tienen mayor frecuencia:

A: Defectos que aparecen con más frecuencia, representan el 80% del total

B: Defectos que aparecen con mediana frecuencia, representan el 15% del total

C: Defectos que aparecen con menor frecuencia, representan el 5% del total

Tabla 49: Defectos tipo A (en unidades)

Defecto encontrado	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Terminado rajado	126,371	200,053	262,756	212,665	213,744	138,548
Grieta en el terminado	4,850	146,428	184,513	148,741	121,175	294,734
Grieta en el talón	22,490	4,653	56,095	87,001	127,332	357,118
Grieta en el hombro		20,243	50,504	54,398	163,291	291,692
Grieta en el cuello	43,026	71,912	97,043	100,042	101,181	59,585
Cuerpo hundido	17,306	23,378	65,395	62,110	116,642	164,740
Terminado sin llenar	34,422	52,450	38,696	43,827	114,411	110,342
Fondo astillado	31,306	45,031	21,510	57,532	34,684	100,458
Terminado deforme	27,411	14,793	62,141	13,432	64,655	54,768
Vidrio adherido interno		20,861	74,460	38,084	92,077	2
Terminado despostillado		16,550	10,932	48,154	54,052	91,431
Marcas en el cuerpo	7,238	37,194	44,021	62,138		22,558
Terminado alabeado	26,166	19,940	61,808	5,058	42,366	9,622
Cuerpo pegado		39,820	14,280	45,666	8,266	45,011
Terminado soplado	3,580	13,085		14,572	21,673	91,453
Marcas de macho	7,888	12,498	3,965	9,926	23,187	82,364
Diámetro e por encima del máximo	26,887	14,610	11,573	14,276	60,868	5,811
Rebaba interior- sobrepreña			2,576	44,766	6,738	52,239
Filete despostillado			16,229	13,808	3,672	54,360
Aporreadura en cuello	11,260		5,896	4,100	20,981	36,244
Terminado caído	8,190	11,791		2,970	28,387	22,779

Fuente: Empresa

Tabla 50: Defectos tipo B (en unidades)

Defecto encontrado	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Aguja en el fondo		16,908				53,405
Aletas			3,663			64,265
Proceso inestable						67,595
Burbuja superficie de selle				20,320	37,992	5,950
Vidrio delgado en el fondo			38,814	9,707	13,700	2
Grieta en el empate	1,520		15,198	11,588	2,100	31,384
Grieta en el asa			27,456	17,160	17,160	
Grieta en el anillo				9,908	38,458	10,846
Marcas de carga					16,652	39,829
Ondulación en el talón		2,970	6,498	4,232	5,742	34,892
Diámetro t por encima del máximo	9,504		1,825	18,251	17,016	3,467
Lagrime fondo/ talón	13,432		5,148		4,875	22,819
Piedras		1	2	21,692	3,094	15,776
Altura por debajo del mínimo				38,988		
Cuerpo ovalado	5,814		13,026	6,489	11,102	
Aporreadura en el talón			13,671	13,854	5,576	3,264
Pallet con cartón corrido				32,180		4,041
Grieta en el cuerpo		6,721	3,600			25,867
Aporreadura en el cuerpo		18,558			13,056	4,046
Vidrio adherido fondo						32,182
Hombro sin llenar	5,280	20,666				4,352
Rebaba en el talón	3,322	17,334				9,492
Burbuja en el terminado	4,290		3,120		14,452	4,418
Espesor pared < min		4,048				22,203
Empate premolde alto, abierto	4,320	8,902	4,850			8,049
Aleta cortante -cuello						26,100
Arruga brillante en el cuerpo					12,828	11,904
Falla al choque térmico	12,144					11,942
Manchas en el fondo				10,800	11,424	1
Aguja de vidrio					14,076	7,326

Fuente: Empresa

La Tabla 49 expone el grupo “A” de los tipos de defectos que mayor incidencia han tenido en el histórico.

En la Tabla 50, está el grupo “B”. En este grupo el tipo de defecto que más resalta son los asociados a las aletas en los últimos 5 años.

Tabla 51: Defectos tipo C (en unidades)

Defecto encontrado	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Mal recocado			6,072	6,624	5,994	2
Ondulación en el cuerpo				4,046		14,611
Terminado desplazado		7,018	5,152			5,952
Espesor de fondo < esp. min.				3,094	13,692	
Rebaba ext. térmico >=0.13 mm	4,580		5,742	5,704		
Botellas caídas	1,850				13,653	
Cuerda de pájaro						15,406
Cuello hundido			1,936			13,248
Marcas en el fondo					8,000	6,624
Grieta en el fondo			2,816		5,760	5,950
Burbuja mayor 3 mm		7,800			5,950	
Marca de tijera				6,850		6,528
Espesor de talón < esp. min.			6,327			6,499
Grieta entre hilos(terminado)				8,580	3,872	
Grieta debajo del grip			10,595			
Cuerpo frío		2,024		7,310		1
Cuerpo sucio						9,214
Burbuja menor 3 mm					8,832	
Vidrio pegado externo fondo					8,432	
Vidrio adherido externo					8,265	
Arruga en el terminado (ext.)					8,265	
Pallet mal armado / deforme				3,432		4,788
Pallet incompleto						8,115
Falla equipo de inspección						6,600
Resto de vidrio interior			6,240			
Fondo sucio					6,032	
Rotura en archa (rajado talón)						5,950
Descarte falta tratamiento frío				5,376		
Línea en el terminado					5,184	
Arruga en el cuerpo				4,416		
Cuello deforme				1,088	2,816	
Ondulación en el hombro		3,510				
Rebaba en el cuello		3,509				
Aporreadura en terminado					3,094	5
Rebaba en el cuerpo	1,780					

Fuente: Empresa

En la Tabla 51 se puede observar que hay rechazos por un mal recocado. Este defecto no pertenece al proceso de formación. Sin embargo, a pesar de que hubo más de 20,000 envases con aquel defecto en el pasado, en el último año solo se presentaron 2 casos.

La información que se obtiene de los defectos encontrados en los envases proviene del proceso de inspecciones automáticas. La forma de recopilación de información es de este proceso debido a que no se registran en un documento los defectos encontrados en el proceso de formación.

Las observaciones que se encuentran en los envases están directamente relacionadas a la línea A2

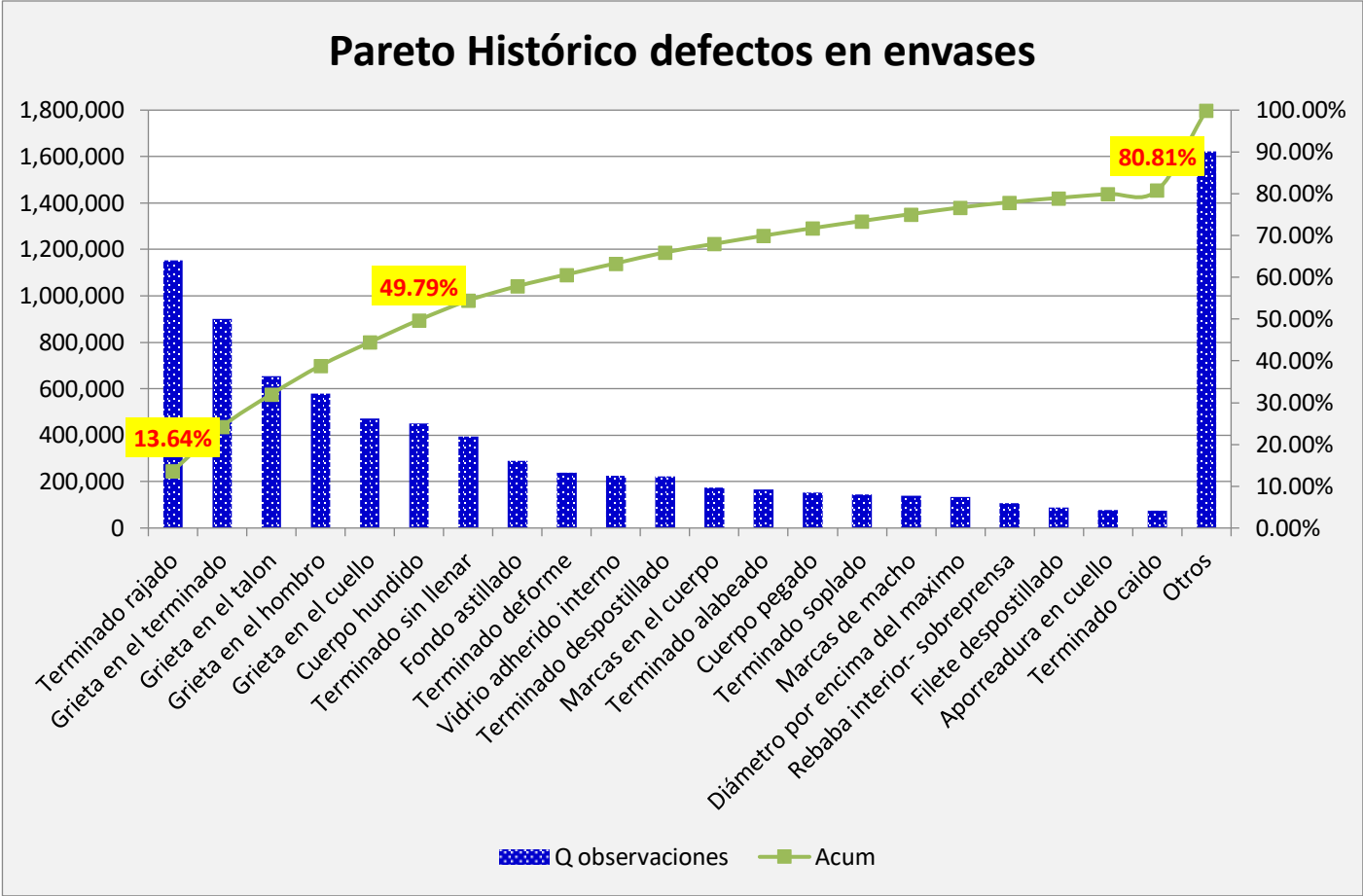


Figura 58: Histórico del 80% de defectos encontrados en producción

Según el Pareto de la Figura 58, el 80% de defectos están dentro del grupo del tipo A. El diagrama presentado es informativo para conocer los defectos en el histórico. Sin embargo, la evaluación de los defectos para la aplicación de la mejora será sobre los defectos encontrados el último año.

Cada defecto tiene el mismo valor económico

Todos los defectos tienen el mismo valor económico, puesto que si se encuentra un defecto en el envase, el producto es reprocesado y entra junto a la mezcla de materia prima a los hornos de fundición.

4.2.5. Medición de muda: tiempos improductivos

Para poder identificar los tiempos improductivos se debe realizar un Diagrama de Actividades del Proceso del Formación. Como el objeto de estudio son los “Cambios de Formato” que se realizan en formación, se hará el DAP desde la parada de la máquina. Sin embargo, para realizar el diagrama es necesario medir los tiempos de todas las operaciones que se encuentran involucrados.

Con ayuda del SIPOC de la fase de definición, se ha armado un cuadro donde se definen las principales operaciones y grupo de actividades (Tabla 52), de tal manera que se deberá hacer un estudio de tiempos por cada operación.

Tabla 52: Operaciones dentro del proceso de formación

Nro	Actividades y operaciones dentro del proceso de formación	Característica
-	Actividades previas producción nuevo tipo envases vidrio	Reduce t preparación
I	Parada e inicio de preparación para producción	Formación
II	Cambio de piezas lado premolde	Formación
III	Cambio de piezas lado molde	Formación
IV	Mantenimiento programado	Formación
V	Actividades pre-arranque	Formación
VI	Arranque e inicio de producción del tipo de envase	Formación
VII	Inspecciones visuales y de dimensiones	Formación
VIII	Desactivación del rechazo y pase al archa	Formación
-	Tratamiento en Archa de Recocido	Demora 50 min
-	Feedback de máquinas automáticas	Feedback

Existen actividades previas que se realizan antes de la parada de la máquina. Estas actividades influyen de forma positiva en el proceso de formación, puesto que reducen el tiempo total de setup.

Las actividades dentro del proceso de formación son altamente automatizadas y tiene las actividades estandarizadas. Las inspecciones en zona caliente son de las pocas operaciones que se hacen de forma manual.

Por otra parte, en las entrevistas realizadas, se considera a la operación de inspección, como el cuello botella del proceso de formación, dado que si no se realiza esta operación, los envases de vidrio no pueden pasar al siguiente proceso. Por ello, se realiza un estudio del tiempo de las tareas destinadas a la inspección en zona caliente

4.2.5.1. Estudio de tiempo de las inspecciones en zona caliente

Para el presente estudio se considera los siguientes puntos:

- ✓ Se toma en consideración a las actividades destinadas al tipo de cambio "5", dado que es de una de los que toma más tiempo en preparar la máquina y tiene mayor frecuencia en el histórico.
- ✓ El estudio es aplicado al inspector que realiza la tarea de inspección.

El objetivo de las inspecciones es detectar e identificar los defectos actuales y posibles potenciales, para ejecutar tareas a fin de disminuir la cantidad de mermas en la producción. Con ello, garantizar una obtención de una mejor eficiencia de formación. La actividad es realizada por personal especializado en las actividades de inspección en el proceso de formación.

La inspección se realiza en el inicio de producción de envases de vidrio, en donde se toma una muestra, de manera aleatoria, de cada cavidad para revisar en su totalidad en busca de defectos. Esta fase se realiza en la zona caliente del proceso.

Tabla 53: Fases de inspección

Fase de Inspección	Descripción
Certificación	Revisar si las secciones operan sin atoros y de manera continua. La revisión implica revisión de velocidad, tiempos, calibraciones y otros mecanismos relacionados a la máquina de formación
Inspección 1	Luego de haber retirado la muestra de envases de vidrio de cada cavidad, se hace una revisión visual en busca de defectos
Inspección 2	Una vez que la muestra pasa la primera inspección, se espera a que los envases se enfríen y se revisa las dimensiones como la altura,

En el caso de las correcciones, se recibe información de los defectos encontrados en el proceso de formación más los defectos encontrados en el proceso de inspecciones automáticas. Las máquinas automáticas realizan la inspección al 100% y su objetivo es evitar la salida de productos defectuosos a los clientes.

La Tabla 54 expone los tipos de inspecciones que intervienen en el proceso de formación a fin de validar la calidad del producto.

Tabla 54: Inspecciones realizadas que influyen en el proceso de formación

Nombre	Tipo de inspección	Herramienta
Certificación	Visual de cavidades máquinas formadora	Visión
Inspección 1	Visual de envases	Visión
Inspección 2	Medidas de los envases	Pasa no pasa
Inspección automática 1	Revisión defectos en pared envase	MCAL
Inspección automática 2	Revisión fondo y terminado de envase	MULTI
Inspección automática 3	Revisión defectos de grietas y espesor de pared de envase	CHECK

La Medición del Trabajo tiene la finalidad de investigar y reducir (o eliminar) el tiempo improductivo).

Determinación del número de observaciones a tomar

Tabla 55: General Electric – Cantidad de ciclos a observar

Tiempo de ciclo (min)	Número de ciclos a cronometrar
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 – 5.00	15
5.00 – 10.00	10
10.00 – 20.00	8
20.00 – 40.00	5
>40.00	3

Fuente: General Electric

Para la toma de muestras, se considerará la Tabla de General Electric (Tabla 55), la cual por experiencia de investigadores, relaciona la duración del ciclo de trabajo con la cantidad de observaciones sin uso de un enfoque estadístico riguroso.

El proceso de formación puede durar 6, 7, 8 o más de 24 horas según la duración de la campaña. La actividad de las inspecciones puede durar de 1 a 2 horas. Por ello, con ayuda de la Tabla de General Electric, el número de muestras que se tomarán será de 3.

Se tomarán 3 muestras de inspecciones realizadas en cada cambio de formato. Cada muestra corresponde a cada cavidad. En la línea A2 se trabaja con una máquina de 8 secciones y 16 cavidades. Es decir, cada muestra contiene 16 envases. Los resultados se pueden ver en las Tablas 56, 57 y 58.

Las fórmulas para el cálculo de los tiempos de las observaciones realizadas son:

$$T_{Normal} = T_{Observado} * \%Valoraciones$$

$$T_{Estándar} = T_{Normal} * (1 + \%Suplementos)$$

Tabla 56: Tiempos en inspecciones “muestra 01” (minutos)

1ra muestra	Sección 1		Sección 2		Sección 3		Sección 4		Sección 5		Sección 6		Sección 7		Sección 8	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Arranque de secciones	11:14:20	0.00	11:15:52	0.00	11:26:29	0.00	11:19:18	0.00	11:17:50	0.00	11:15:30	0.00	11:15:43	0.00	11:10:30	0.00
Certificación	11:16:15	1.92	11:28:10	12.30	11:27:59	1.50	11:20:41	1.38	11:19:20	1.50	11:17:00	1.50	11:18:13	2.50	11:13:00	2.50
Corrección y ajuste	11:17:38	1.38	11:32:54	4.73	11:27:59	0.00	11:21:08	0.45	11:19:20	0.00	11:17:00	0.00	11:21:28	3.25	11:13:00	0.00
T espera	11:27:01	9.38	11:35:28	2.57	11:32:43	4.73	11:29:22	8.23	11:25:58	6.63	11:26:12	9.20	11:25:01	3.55	11:24:03	11.05
1ra Inspección visual	11:27:25	0.40	11:35:56	0.47	11:33:29	0.77	11:29:48	0.43	11:26:25	0.45	11:27:44	1.53	11:27:44	2.72	11:24:32	0.48
Corrección y ajuste	11:27:25	0.00	11:39:02	3.10	11:33:29	0.00	11:29:48	0.00	11:26:25	0.00	11:27:44	0.00	11:28:34	0.83	11:24:32	0.00
T espera	11:32:55	5.50	11:40:07	1.08	11:39:37	6.13	11:32:15	2.45	11:32:54	6.48	11:28:09	0.42	11:30:17	1.72	11:26:18	1.77
1ra Inspección dimensiones	11:33:24	0.48	11:40:32	0.42	11:40:01	0.40	11:32:49	0.57	11:33:27	0.55	11:28:36	0.45	11:30:41	0.40	11:27:12	0.90
Corrección y ajuste	11:33:24	0.00	11:40:32	0.00	11:40:01	0.00	11:32:49	0.00	11:33:27	0.00	11:29:57	1.35	11:30:41	0.00	11:27:12	0.00
T espera	11:40:39	7.25	11:42:00	1.47	11:42:35	2.57	11:38:49	6.00	11:38:09	4.70	11:36:59	7.03	11:36:01	5.33	11:35:11	7.98
2da Inspección visual	11:41:13	0.57	11:42:27	0.45	11:43:07	0.53	11:39:18	0.48	11:38:34	0.42	11:37:32	0.55	11:36:25	0.40	11:35:37	0.43
Corrección y ajuste	11:41:13	0.00	11:42:27	0.00	11:43:07	0.00	11:39:18	0.00	11:38:34	0.00	11:37:32	0.00	11:36:25	0.00	11:35:37	0.00
T espera	11:45:39	4.43	11:45:44	3.28	11:45:50	2.72	11:46:02	6.73	11:46:20	7.77	11:46:35	9.05	11:46:22	9.95	11:46:56	11.32
2da Inspección dimensiones	11:45:42	0.05	11:45:48	0.07	11:45:55	0.08	11:46:18	0.27	11:46:23	0.05	11:46:39	0.07	11:47:12	0.83	11:47:13	0.28
Corrección y ajuste	11:45:42	0.00	11:45:48	0.00	11:45:55	0.00	11:46:18	0.00	11:46:23	0.00	11:46:39	0.00	11:52:01	4.82	11:47:13	0.00
T espera	11:56:10	10.47	11:56:22	10.57	11:57:28	11.55	11:57:34	11.27	11:57:42	11.32	11:58:53	12.23	11:58:03	6.03	11:59:10	11.95
3ra Inspección visual	12:01:14	5.07	12:01:18	4.93	12:01:25	3.95	12:01:33	3.98	12:01:40	3.97	12:10:45	11.87	12:01:49	3.77	12:06:51	7.68
Corrección y ajuste	12:11:13	9.98	12:12:14	10.93	12:12:28	11.05	12:10:08	8.58	12:11:44	10.07	12:17:45	7.00	12:11:36	9.78	12:14:55	8.07
T espera	12:21:30	10.28	12:23:40	11.43	12:23:56	11.47	12:19:19	9.18	12:22:31	10.78	12:26:39	8.90	12:20:58	9.37	12:26:22	11.45
3ra Inspección dimensiones	12:25:36	4.10	12:27:44	4.07	12:27:04	3.13	12:23:23	4.07	12:26:35	4.07	12:26:45	0.10	12:22:07	1.15	12:28:28	2.10
Corrección y ajuste	12:28:33	2.95	12:29:41	1.95	12:30:04	3.00	12:28:34	5.18	12:28:35	2.00	12:29:42	2.95	12:24:01	1.90	12:29:30	1.03
		74.22		73.82		63.58		69.27		70.75		74.20		68.30		79.00

Fuente: Datos recolectados de empresa

Tabla 57: Tiempos en inspecciones “muestra 02” (minutos)

2da muestra	Sección 1		Sección 2		Sección 3		Sección 4		Sección 5		Sección 6		Sección 7		Sección 8	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Arranque de secciones	8:34:17	0.00	8:36:56	0.00	8:45:31	0.00	8:34:12	0.00	8:37:04	0.00	8:38:23	0.00	8:35:11	0.00	8:36:21	0.00
Certificación	8:35:39	1.37	8:38:25	1.48	8:48:05	2.57	8:36:31	2.32	8:39:32	2.47	8:41:11	2.80	8:36:41	1.50	8:38:51	2.50
Corrección y ajuste	8:44:42	9.05	8:44:59	6.57	8:53:01	4.93	8:45:34	9.05	8:45:41	6.15	8:46:21	5.17	8:43:30	6.82	8:43:42	4.85
T espera	8:48:41	3.98	8:50:53	5.90	8:54:11	1.17	8:49:18	3.73	8:50:00	4.32	8:50:23	4.03	8:50:36	7.10	8:50:52	7.17
1ra Inspección visual	8:49:12	0.52	8:51:18	0.42	8:54:40	0.48	8:49:43	0.42	8:50:45	0.75	8:50:53	0.50	8:51:03	0.45	8:51:24	0.53
Corrección y ajuste	8:53:58	4.77	8:54:06	2.80	8:56:12	1.53	8:56:21	6.63	8:54:50	4.08	8:54:38	3.75	8:54:15	3.20	8:54:00	2.60
T espera	8:59:32	5.57	8:59:44	5.63	8:59:53	3.68	9:00:05	3.73	9:00:14	5.40	9:00:20	5.70	9:00:36	6.35	9:00:48	6.80
1ra Inspección dimensiones	9:00:40	1.13	9:00:48	1.07	9:00:08	0.25	9:01:08	1.05	9:01:20	1.10	9:03:20	3.00	9:01:43	1.12	9:02:53	2.08
Corrección y ajuste	9:07:13	6.55	9:07:31	6.72	9:07:45	7.62	9:08:52	7.73	9:09:04	7.73	9:08:10	4.83	9:08:27	6.73	9:09:35	6.70
T espera	9:13:41	6.47	9:13:53	6.37	9:14:00	6.25	9:14:11	5.32	9:14:32	5.47	9:14:41	6.52	9:14:49	6.37	9:15:04	5.48
2da Inspección visual	9:15:42	2.02	9:16:53	3.00	9:18:05	4.08	9:17:10	2.98	9:15:42	1.17	9:16:43	2.03	9:16:36	1.78	9:17:03	1.98
Corrección y ajuste	9:28:18	12.60	9:24:01	7.13	9:23:16	5.18	9:22:23	5.22	9:20:43	5.02	9:19:53	3.17	9:21:03	4.45	9:20:12	3.15
T espera	9:33:24	5.10	9:30:54	6.88	9:25:46	2.50	9:25:38	3.25	9:25:23	4.67	9:25:18	5.42	9:25:12	4.15	9:26:12	6.00
2da Inspección dimensiones	9:39:30	6.10	9:31:38	0.73	9:28:26	2.66	9:29:13	3.58	9:29:38	4.26	9:28:18	3.00	9:29:19	4.11	9:29:11	2.98
Corrección y ajuste	9:42:48	3.30	9:33:46	2.14	9:33:52	5.43	9:33:44	4.53	9:35:39	6.01	9:33:22	5.07	9:35:28	6.15	9:35:21	6.17
T espera	9:49:12	6.40	9:40:05	6.31	9:40:22	6.51	9:39:39	5.91	9:40:52	5.21	9:41:31	8.15	9:40:55	5.45	9:41:48	6.45
3ra Inspección visual	9:53:18	4.10	9:43:48	3.72	9:43:43	3.35	9:43:14	3.58	9:44:52	4.01	9:44:25	2.90	9:42:55	2.01	9:43:49	2.01
Corrección y ajuste	9:56:30	3.20	9:50:19	6.51	9:50:23	6.67	9:50:02	6.80	9:50:04	5.20	9:49:11	4.77	9:48:09	5.23	9:50:02	6.23
T espera	9:59:54	3.40	9:54:32	4.22	9:54:55	4.52	9:55:14	5.21	9:55:14	5.17	9:55:18	6.12	9:54:43	6.56	9:54:43	4.67
3ra Inspección dimensiones	10:01:12	1.30	9:57:50	3.31	9:58:07	3.21	9:59:21	4.11	9:58:21	3.11	9:58:13	2.92	9:56:50	2.13	9:57:50	3.13
Corrección y ajuste	10:02:22	1.17	9:59:04	1.23	9:59:39	1.53	10:01:39	2.30	9:58:38	0.28	10:00:18	2.08	9:58:06	1.26	10:00:06	2.26
		88.08		82.14		74.13		87.45		81.56		81.92		82.92		83.75

Fuente: Datos recolectados de empresa

Tabla 58: Tiempos en inspecciones “muestra 03” (minutos)

3ra muestra	Sección 1		Sección 2		Sección 3		Sección 4		Sección 5		Sección 6		Sección 7		Sección 8	
	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T	L	T
Arranque de secciones	11:23:16	0.00	11:26:10	0.00	11:26:56	0.00	11:25:47	0.00	11:31:32	0.00	11:33:20	0.00	11:26:22	0.00	11:24:45	0.00
Certificación	11:25:24	2.13	11:29:26	3.27	11:27:46	0.83	11:26:37	0.83	11:33:25	1.88	11:35:56	2.60	11:33:06	6.73	11:26:09	1.40
Corrección y ajuste	11:33:06	7.70	11:33:06	3.67	11:33:06	5.33	11:36:23	9.77	11:36:23	2.97	11:36:23	0.45	11:33:06	0.00	11:29:13	3.07
T espera	11:34:00	0.90	11:35:49	2.72	11:36:29	3.38	11:38:37	2.23	11:39:52	3.48	11:40:22	3.98	11:41:57	8.85	11:39:29	10.27
1ra Inspección visual	11:34:29	0.48	11:36:27	0.63	11:37:05	0.60	11:39:05	0.47	11:40:21	0.48	11:40:52	0.50	11:42:28	0.52	11:43:05	3.60
Corrección y ajuste	11:46:20	11.85	11:46:27	10.00	11:48:35	11.50	11:50:09	11.07	11:45:21	5.00	11:46:52	6.00	11:47:28	5.00	11:47:05	4.00
T espera	11:58:00	11.67	11:57:29	11.03	11:56:36	8.02	11:55:26	5.28	11:53:58	8.62	11:53:12	6.33	11:52:38	5.17	11:50:27	3.37
1ra Inspección dimensiones	11:58:34	0.57	11:57:56	0.45	11:57:08	0.53	11:55:54	0.47	11:54:30	0.53	11:53:47	0.58	11:53:04	0.43	11:51:18	0.85
Corrección y ajuste	11:59:27	0.88	11:57:56	0.00	11:59:20	2.20	11:55:54	0.00	11:58:30	4.00	11:59:47	6.00	11:58:04	5.00	11:59:29	8.18
T espera	12:06:00	6.55	12:06:24	8.47	12:06:53	7.55	12:07:31	11.62	12:08:27	9.95	12:09:13	9.43	12:10:03	11.98	12:10:50	11.35
2da Inspección visual	12:06:20	0.33	12:06:33	0.15	12:07:01	0.13	12:07:44	0.22	12:09:02	0.58	12:09:36	0.38	12:10:29	0.43	12:10:58	0.13
Corrección y ajuste	12:13:20	7.00	12:18:39	12.10	12:17:11	10.17	12:16:41	8.95	12:12:13	3.18	12:18:32	8.93	12:19:27	8.97	12:18:57	7.98
T espera	12:24:00	10.67	12:25:30	6.85	12:22:00	4.82	12:22:26	5.75	12:20:49	8.60	12:28:08	9.60	12:26:12	6.75	12:24:45	5.80
2da Inspección dimensiones	12:26:25	2.42	12:28:57	3.45	12:24:26	2.43	12:24:54	2.47	12:22:20	1.52	12:31:40	3.53	12:29:39	3.45	12:27:15	2.50
Corrección y ajuste	12:33:21	6.93	12:34:52	5.92	12:29:22	4.93	12:31:51	6.95	12:29:12	6.87	12:39:40	8.00	12:36:50	7.18	12:34:19	7.07
T espera	12:40:22	7.02	12:41:48	6.93	12:34:14	4.87	12:39:55	8.07	12:35:02	5.83	12:45:17	5.62	12:43:33	6.72	12:44:46	10.45
3ra Inspección visual	12:42:28	2.10	12:43:57	2.15	12:36:22	2.13	12:41:02	1.12	12:38:15	3.22	12:48:29	3.20	12:46:41	3.13	12:47:53	3.12
Corrección y ajuste	12:49:23	6.92	12:50:51	6.90	12:42:24	6.03	12:45:06	4.07	12:45:11	6.93	12:56:29	8.00	12:52:41	6.00	12:51:55	4.03
T espera	12:56:39	7.27	12:57:08	6.28	12:50:49	8.42	12:54:10	9.07	12:53:58	8.78	13:03:07	6.63	12:59:27	6.77	12:58:39	6.73
3ra Inspección dimensiones	12:58:19	1.67	12:59:32	2.40	12:52:47	1.97	12:57:04	2.90	12:55:18	1.33	13:05:57	2.83	13:01:04	1.62	13:05:13	6.57
Corrección y ajuste	13:00:19	2.00	13:01:26	1.90	12:56:45	3.97	13:00:01	2.95	12:58:11	2.88	13:07:28	1.52	13:04:01	2.95	13:07:13	2.00
		97.05		95.27		89.82		94.23		86.65		94.13		97.65		102.47

Fuente: Datos recolectados de empresa

Considerar:

$T_{Observado}$, es el tiempo de las actividades que el trabajador está realizando

T_{Normal} , es el tiempo observado considerando valoraciones

$T_{Estándar}$, es el tiempo observado considerando valoraciones y suplementos

Es necesario especificar que las actividades de inspección de las 8 secciones son realizadas de forma paralela y el tiempo total es el tiempo de la cavidad que tomó mayor tiempo en la inspección. Para el presente estudio, se ha considerado tomar los tiempos de cada cavidad y obtener un promedio de cada tarea involucrada con la inspección

Valoración del ritmo de trabajo

Para el presente estudio, se realiza la valoración Westing – House

Tabla 59: Valoración de la Habilidad

Habilidad		
Puntaje	Código	Descripción
(+) 0.15	A1	Habilísimo
(+) 0.13	A2	Habilísimo
(+) 0.11	B1	Excelente
(+) 0.08	B2	Excelente
(+) 0.06	C1	Bueno
(+) 0.03	C2	Bueno
0.00	D	Medio
(-) 0.05	E1	Regular
(-) 0.10	E2	Regular
(-) 0.16	F1	Malo
(-) 0.22	F2	Malo

Fuente: Sistema Westing House

La habilidad es la capacidad de realizar la tarea con facilidad y eficacia.

Tabla 60: Valoración esfuerzo

Esfuerzo		
Puntaje	Código	Descripción
(+) 0.13	A1	Excesivo
(+) 0.12	A2	Excesivo
(+) 0.10	B1	Excelente
(+) 0.08	B2	Excelente
(+) 0.05	C1	Bueno
(+) 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Medio
(-) 0.04	E1	Regular
(-) 0.08	E2	Regular
(-) 0.12	F1	Malo
(-) 0.17	F2	Malo

Fuente: Sistema Westing House

El esfuerzo expresa la voluntad y compromiso del operario en hacer la tarea con eficiencia. Es la velocidad con la que se usa la habilidad en una tarea. El esquema se puede observar en la Tabla 61.

Tabla 61: Valoración de las condiciones ambientales

Condiciones		
Puntaje	Código	Descripción
(+) 0.06	A	Ideales
(+) 0.04	B	Excelentes
(+) 0.02	C	Buenas
0	D	Medias
(-) 0.03	E	Regulares
(-) 0.07	F	Malas

Fuente: Sistema Westing House

La consistencia se refiere la estabilidad de la tarea frente al grado de variación de los tiempos debido a la complejidad de la operación. El esquema se puede observar en la Tabla 62.

Tabla 62: Valoración de la consistencia

Consistencia		
Puntaje	Código	Descripción
(+) 0.04	A	Perfecta
(+) 0.03	B	Excelente
(+) 0.01	C	Buena
0	D	Media
(-) 0.02	E	Regular
(-) 0.04	F	Mala

Fuente: Sistema Westing House

Tabla 63: Resumen de valoraciones para la operación en estudio

Valoración	Estado	Categoría	Valor
Habilidad	Se refleja experiencia relativa, dado que el personal tiene pocos meses en la empresa	D	+0.00
Esfuerzo	El operario opera con un buen esfuerzo de acuerdo a la habilidad que ha adquirido	B2	+0.02
Condiciones	Se opera bajo condiciones de humedad y temperatura elevados por la cercanía de los hornos	E	-0.07
Consistencia	El rendimiento del operario es irregular, los tiempos de las actividades son variables por la complejidad de la operación	F	-0.04
		Total	-0.09
		Valoración	0.91

Cálculo de suplementos

Para el cálculo de los suplementos se hará uso de las recomendaciones de la International Labour Office.

El estudio también considera los suplementos, debido a que el personal trabaja bajo ciertos parámetros y factores que influyen en la ejecución de sus actividades. Los factores están relacionados a posibles retrasos por fatiga hasta

Tabla 64: Suplementos constantes

A. Suplementos constantes	Hombre	Mujer
1. Suplemento por necesidades personales	5	7
2. Suplementos básicos por fatiga	4	4

Fuente: Sistema Westing House

Tabla 65: Suplementos variables añadidas al suplemento básico por fatiga

B. Suplementos variables	Hombre	Mujer
1. Suplemento por estar de pie	2	4
2. Suplemento por posición anormal		
a. Un poco incómoda	0	1
b. Incómoda (agachado)	2	3
c. Muy incómoda (tendido, estirado)	7	7
3. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar)	Según peso	Según peso
4. Intensidad de luz		
a. Un poco debajo de lo recomendado	0	0
b. Bastante menor que lo recomendado	2	2
c. Muy inadecuada	5	5
5. Calidad del aire (factores climáticos inclusive)		
a. Buena ventilación o aire libre	0	0
a. Mala ventilación, pero sin emanaciones tóxicas	5	5
a. Proximidades de hornos, calderas, etc.	5	15
6. Tensión visual		
a. Trabajos de cierta precisión	0	0
b. Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
c. Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
7. Tensión auditiva		
a. Sonido continuo	0	0
b. Intermitente - fuerte	2	2
c. Estridente muy fuerte	5	5
8. Estrés mental		
a. Proceso bastante complejo	1	1
b. Atención dividida entre varios objetos	4	4
c. Muy complejo	8	8
9. Monotonía mental		
a. Trabajo algo monótono	0	0
b. Trabajo bastante monótono	1	1
c. Trabajo monótono	4	4
10. Monotonía física		
a. Trabajo algo aburrido	0	0
b. Trabajo aburrido	2	1
c. Trabajo muy aburrido	5	2

En la Tabla 64 se muestra los suplementos constantes, que por lo general se aplica a todos los trabajadores, ya que sufren cansancio y fatiga.

Además, en la Tabla 65 para el presente trabajo se considera los suplementos del tipo B, puesto que se requiere un mayor detalle de los factores. Los operarios que ejecutan estas actividades son todos hombres

Tabla 66: Suplemento variable para uso de la fuerza

Sexo	Peso levantado en kilos												
	2.50	5.00	7.50	10.00	12.50	15.00	17.50	20.00	22.50	25.00	30.00	35.50	
H	0	1	2	3	4	5	7	9	11	-	13	17	22
M	1	2	3	4	6	8	10	13	16	20	(máx)	-	-

Tabla 67: Resumen de los suplementos

Suplemento	Estado	Valor
1A. Suplemento personal	Aplica a todos los trabajadores	5
2A. Suplemento por fatiga básica	Aplica a todos los trabajadores	4
1B. Suplemento por estar de pie	Todos trabajan de pie	2
2B. Suplemento por posición anormal	No hay posturas incómodas	0
3B. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, jalar o empujar)	No requiere maniobrar grandes pesos	0
4B. Intensidad de luz	Se trabaja con una lámpara en la mesa de inspección, no es mala, pero sería recomendable una con mayor luminosidad	0
5B. Calidad del aire (factores climáticos inclusive)	Ambiente con alta temperatura y alta humedad	5
6B. Tensión visual	Se realiza un trabajo preciso y fino a fin de detectar defectos	2
7B. Tensión auditiva	Los niveles son muy altos, es intermitente y a veces fuerte	2
8B. Estrés mental	El trabajo es complejo, requiere bastante atención	1
9B. Monotonía mental	El trabajo a veces se hace algo monótono	0
10B. Monotonía física	A veces puede resultar algo aburrido, por ser un trabajo minucioso y operativo	0
Total		21

La Tabla 66 expone el suplemento variable para el uso de la fuerza del peso levantado en kilogramos tanto para hombres como mujeres. Para el estudio, el suplemento escogido es cero.

La Tabla 67 muestra el resumen del estudio de los suplementos.

Luego del cálculo de las valoraciones y suplementos, se procede a calcular el tiempo promedio estándar de la inspección de cada sección

Tabla 68: Resumen de la medición de tiempos para las inspecciones en zona caliente

Promedio de muestras	Tiempos (min)						
	Tiempo total	No Obs	Tiempo observado	Calificación	Tiempo Normal	Tolerancias	Tiempo Standard
Arranque de secciones	0.00	24	0	0	0	0	0
Certificación	61.78	24	2.57	0.93	2.39	21	2.90
Corrección y ajuste	95.35	24	3.97	0.93	3.69	21	4.47
T espera	128.57	24	5.36	1	5.36	-	5.36
1RA Inspección visual	18.60	24	0.77	0.93	0.7207	21	0.87
Corrección y ajuste	97.72	24	4.07	0.93	3.7865	21	4.58
T espera	127.90	24	5.33	1	5.33	-	5.33
1RA Verificación dimensiones	19.38	24	0.81	0.93	0.7511	21	0.91
Corrección y ajuste	82.23	24	3.43	0.93	3.1865	21	3.86
T espera	167.47	24	6.98	1	6.98	-	6.98
2DA Inspección visual	25.25	24	1.05	0.93	0.9784	21	1.18
Corrección y ajuste	113.20	24	4.72	0.93	4.3865	21	5.31
T espera	152.05	24	6.34	1	6.34	-	6.34
2DA Verificación dimensiones	50.89	24	2.12	0.93	1.9719	21	2.39
Corrección y ajuste	97.46	24	4.06	0.93	3.7766	21	4.57
T espera	191.27	24	7.97	1	7.97	-	7.97
3RA Inspección visual	91.06	24	3.79	0.93	3.5287	21	4.27
Corrección y ajuste	168.96	24	7.04	0.93	6.5471	21	7.92
T espera	182.68	24	7.61	1	7.61	-	7.61
3RA Verificación dimensiones	67.28	24	2.80	0.93	2.6072	21	3.15
Corrección y ajuste	53.24	24	2.22	0.93	2.0632	21	2.50
		T obs	83.01	T Normal	79.97	T standard	88.46

La Tabla 68 expone el resumen del estudio de tiempos realizado cuando se realizan las inspecciones en la zona caliente o zona donde se forma el palezón y luego el envase de vidrio.

El resultado obtenido es un tiempo estándar de 88.46 min.

Tabla 69: Resumen de tiempos promedios por inspección de secciones

Tiempo promedio por inspección	Tiempo
Tiempo promedio observado por inspección de sección	83.01 min
Tiempo promedio normal por inspección de sección	79.97 min
Tiempo promedio estándar por inspección de sección	88.46 min

El tiempo promedio por sección es de 88.46 minutos

Los datos expuestos son para la inspección de un tipo de cambio de formato 5. La observación recae en los tiempos de demora después de cada corrección. La situación se analizará en la siguiente etapa del estudio.

La misma metodología se aplica para el resto de operaciones, considerando el mismo tipo de cambio de formato 5. Una vez conseguida la información, se lleva a un diagrama DAP para observar la existencia de tiempos que agregan o no agregan valor.

4.2.5.2. Diagrama de actividades del proceso actual

Esta herramienta ayudará a detectar tiempos estándares y ocultos que se encuentran presentes en el proceso en estudio. El diagrama permitirá analizar la secuencia de las operaciones, inspecciones, transporte, demora y almacenamiento con los respectivos tiempos invertidos en las tareas.

La Tabla 70 expone un DAP del Proceso de Formación

Tabla 70: Diagrama de Actividades del Proceso de Formación

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESOS






Área de trabajo Zona Caliente	Elaborado por Analista Procesos	Revisado por Coordinador Cambios	Aprobado por Coordinador Línea A2
Nombre del procedimiento	Proceso de Formación	Inicio	Parada de la máquina
Código del procedimiento	PR_01_T	Fin	Salida de envases al archa
Responsable de revisión	LN A2		

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Control	Traslado	Demora	Archivo	Tiempo (min)	OBS
0	Verificación de que los equipos de moldura están listos y los premoldes precalentados	○	■	⇨	D	▽	-	20
1	Parada de la máquina e inicio labor parejas de cambio	●	□	⇨	D	▽	0.1	INICIO
2	Traslado equipo variable y equipo de moldura a la máquina	○	□	⇨	D	▽	5	
3	Colocación de la sección en modo manual (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	1
4	Colocación de las trabas en la sección (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	0.5
5	Retiro de los Lado Premoldes y los machos con sus espaciadores (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	2
6	Retiro del llevador de Lado Premoldes (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	4
7	Colocación el llevador de Lado Premoldes (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	8
8	Cambio de las torres de ventilación (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	5
9	Colocación de los machos y sus espaciadores (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	5
10	Calibración de tapas con Lado Premoldes fríos (Lado Premolde)	●	□	⇨	D	▽	-	4
11	Retiro de los Lado Moldes y los fondos (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	5	
12	Retiro de las sopladoras (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	1	
13	Retirar el llevador de Lado Moldes (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	4	
14	Cambio de las torres de ventilación (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	5	
15	Colocación de llevador de Lado Moldes (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	4	
16	Colocación de fondos y Lado Moldes (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	5	
17	Calibración de la altura de fondos (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	3	
18	Colocación de las sopladoras (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	2	
19	Calibración del brazo de sopladoras (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	3	
20	Calibración y centrado de las pizas (Lado Moldes)	●	□	⇨	D	▽	8	

Nº	DESCRIPCION	O	C	T	D	A	r	OBS
21	Configuración de la velocidad de la máquina, los tiempos (activación y desactivación), las presiones de operación y se da peso a la gota	●	□	⇨	D	▽	2.5	
22	Acondicionamiento de la temperatura de vidrio	●	□	⇨	D	▽	15	
23	Colocación del ángulo de los barredores (configuración de equipos de manejo)	●	□	⇨	D	▽	2.5	
24	Ejecución del mantenimiento programado	●	□	⇨	D	▽	-	20
25	Ajuste de la velocidad de todos los mecanismos	●	□	⇨	D	▽	0.5	
26	Colocación de premoldes calentados	●	□	⇨	D	▽	1.5	
27	Arranque de las secciones en vacío y regulación de velocidades de mecanismos	●	□	⇨	D	▽	3	
28	Corte del flujo de vidrio y formado de la gota	●	□	⇨	D	▽	5	
29	Cargado de vidrio en las secciones y producción de primeros envases	●	□	⇨	D	▽	0.5	
30	Certificación: verificación de que la sección trabaje sin atascos	○	■	⇨	D	▽	3	
31	Ajuste de velocidad, tiempos y calibraciones para mantener las secciones sin atascos (MUDA)	●	□	⇨	D	▽	5	
32	Espera en producción (MUDA)	○	□	⇨	●	▽	13	
33	Inspección visual en zona caliente	○	■	⇨	D	▽	7	
34	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	⇨	D	▽	14	
35	Espera en producción (MUDA)	○	□	⇨	●	▽	13	
36	Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente	○	■	⇨	D	▽	8	
37	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	⇨	D	▽	12	
38	Espera en producción (MUDA)	○	□	⇨	●	▽	13	
39	Desactivación del rechazo para que los envases de las cavidades conformes continúen el flujo hacia el archa	●	□	⇨	D	▽	0.5	FIN
-	Tratamiento en caliente con imprimante a base de Sn	●	□	⇨	D	▽	-	0.5
-	Recocido para aliviar tensiones	●	□	⇨	D	▽	-	50
-	Tratamiento en frío con Poliuretano	●	□	⇨	D	▽	-	0.1
-	Inspeccion automática en la zona fría MCAL	○	■	⇨	D	▽	-	1
-	Inspeccion automática en la zona fría MULTI	○	■	⇨	D	▽	-	1
-	Inspeccion automática en la zona fría MCHECK	○	■	⇨	D	▽	-	1
40	Feedback corrección de defectos en formación con el feedback recibido de las máquinas automáticas (MUDA)	●	□	⇨	D	▽	60	
		162.1	18	5	39	-	224.1	

Los moldes ingresan a la máquina formadora en frío, los premoldes ingresan precalentados. Las actividades de premolde y molde se realizan en el mismo instante. Por ello, se considera solo los tiempos de las actividades que tienen el tiempo mayor. El mismo tipo de situación tiene el mantenimiento programado. Por esta razón, no suman al tiempo total de las actividades del proceso de formación.

Tabla 71: Resumen del DAP

Actividad	Símbolo	N°	Tiempo	%	
Operación normal		29	71.1	31.7%	MUDA 58.0%
Operación reproceso		4	91	40.6%	
Demora		3	39	17.4%	
Inspecciones		3	18	8.0%	
Traslados		1	5	2.2%	
Total		40	224.1		

Del diagrama se puede concluir que la mayor cantidad de tiempos improductivos se encuentran dentro de las actividades destinadas a la inspección en zona caliente.

4.2.6. Medición de la capacidad del proceso

Para medir la capacidad del proceso, es necesario primero saber si el proceso está estadísticamente controlado mediante gráficas de control.

Es necesario recordar que en el proceso de producción del envase de vidrio existen 2 fases:

- La fase del cambio de formato (12 primeras horas)
- La fase estabilización (horas una vez transcurrida las 12 primeras horas, hasta la hora de conclusión de la producción).

Fase cambio de formato (12 primeras horas)

Gráfica de control fase cambio de formato

En procesos productivos no se fabrican 2 productos exactamente iguales y siempre existen causas que generan variación. Las causas pueden ser asignables o no asignables. Las primeras ocurren al azar e influyen poco sobre la calidad. Las asignables son debido al comportamiento anormal de algún patrón que interviene en el proceso y que afecta la calidad del producto. Los procesos tienen variabilidad estadística y los gráficos de control permiten representar el comportamiento de las variables a fin de tomar acciones correctivas y preventivas para evitar que las anomalías aparezcan.

El objetivo es evaluar si existen muestras que estén fuera de los límites de control, que implica que el proceso está fuera de control. Con ello, se buscará cuáles son las causas que afectan el proceso.

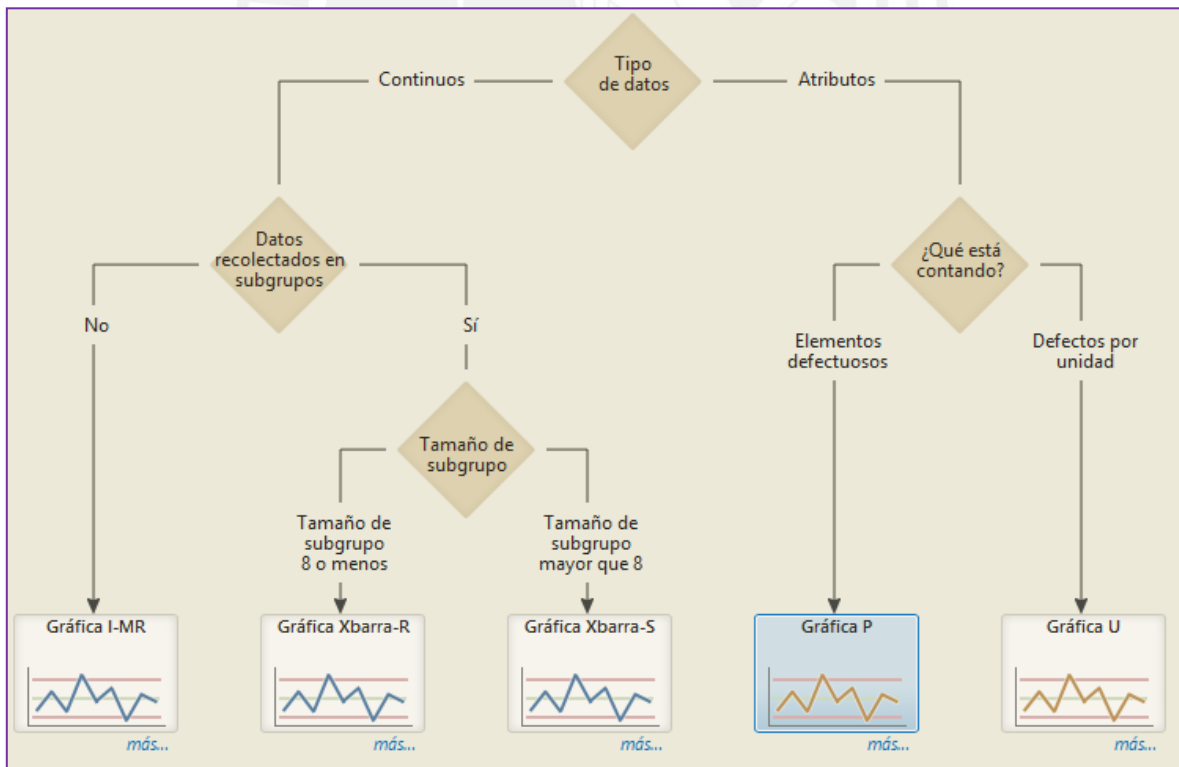


Figura 59: Selección de tipo de gráfico de control
Fuente: Software estadístico Minitab

En la presente investigación se hará uso de los gráficos de control por atributos, dado que se basa en las frecuencias de los defectos. La ventaja es que permite un rápido estudio y es más entendible. Su principal ventaja es que resume los aspectos de calidad, indicando si el producto es aceptable o no. Sin embargo, su principal desventaja es que se puede interpretar de manera errónea el hecho de que se encuentre un proceso bajo control, dado que se puede estar produciendo de manera constante un gran número de defectos. La gráfica escogida es la gráfica P, en donde el tamaño de muestra no es constante.

Se observa que no hay punto fuera de los límites de control y no identifican patrones no aleatorios. Dado que el proceso está bajo control estadístico, se puede hacer un análisis de la capacidad del proceso

Gráfica por atributos “p” - fase cambio de formato

Es usado para gráficas con unidades defectuosas o disconformes. El tamaño de muestra no es constante. Un envase defectuoso puede tener uno o más defectos.

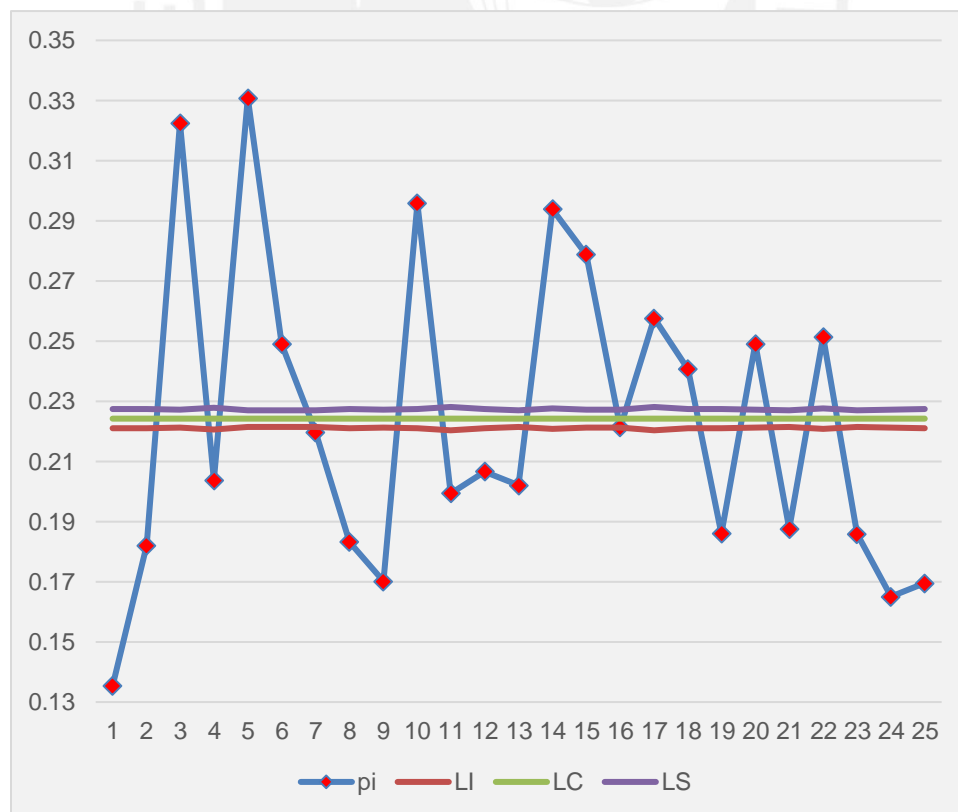


Figura 60: Gráfica P para el JCI 12 primeras horas de producción

Según la Figura 60, la mayoría de puntos caen fuera de los límites inferior y superior. Por ello, una primera estimación es que el proceso en la fase del cambio de referencia no está bajo control estadístico.

Gráfica por atributos “p” - fase cambio de formato en la Hora 6”

Debido a que no se encontró un gráfico en control estadístico con la información de las 12 primeras horas, se ha probado una muestra de una sola hora dentro del cambio de formato el cual ha sido la hora “6” de producción para validar el control estadístico.

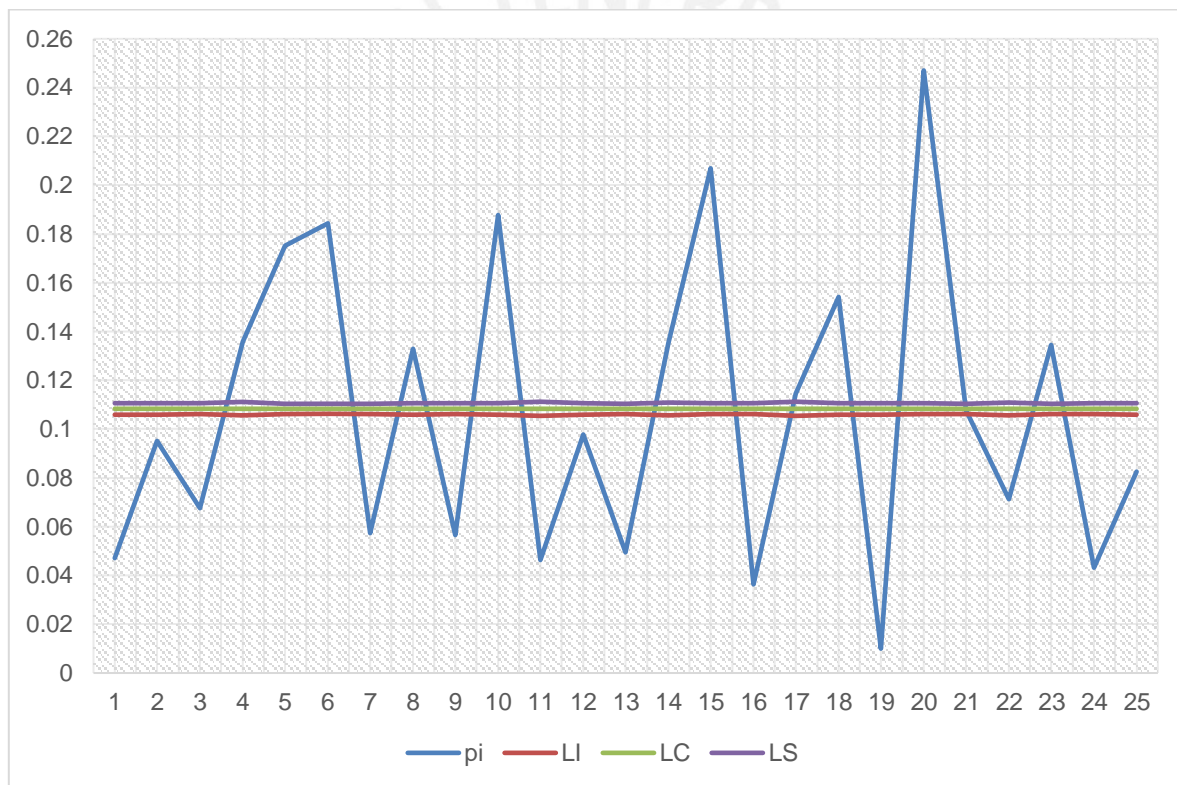


Figura 61: Gráfica P para el JCI en la sexta hora de producción

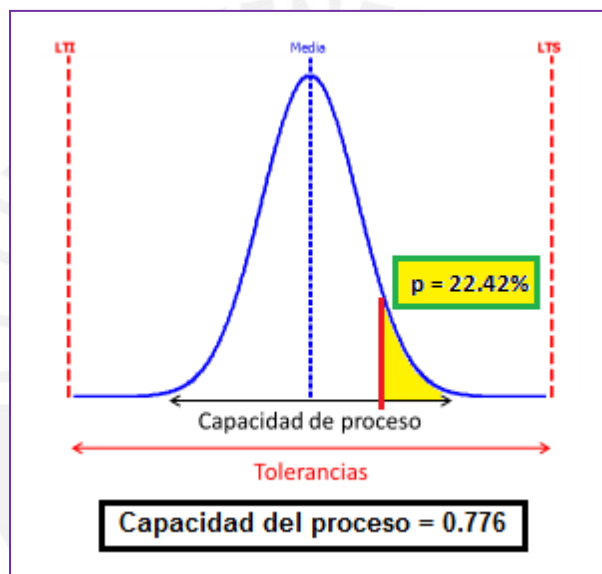
De lo observado en la Gráfica 61, se puede concluir que el proceso en la hora 6 de la fase cambio de formato no se encuentra bajo control estadístico. Hecho que implicaría la no necesidad del cálculo de la capacidad del proceso.

Cálculo de la capacidad del proceso - fase cambio de formato

Antes de calcular la capacidad del proceso, el proceso debe estar en control estadístico. La determinación de que un proceso está bajo control estadístico es por medio de las gráficas de control.

No se debería medir la capacidad del proceso. Sin embargo, por objeto de estudio, se medirá la capacidad para la fase del proceso en estudio.

Figura 62: Capacidad del proceso fase cambio de referencia



La Figura 62 permite ver la capacidad del proceso para la fase de cambio de referencia. El valor z del proceso o capacidad del proceso es 0.776. El valor representa un proceso que opera de manera muy deficiente.

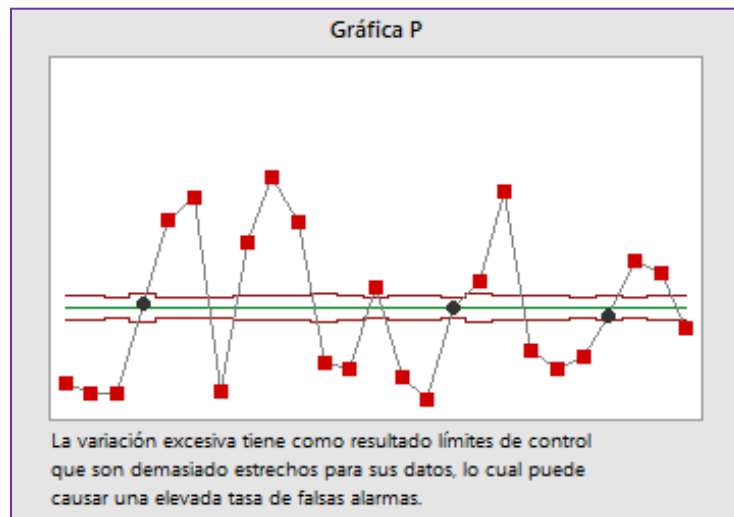
En resumen, la fase de cambio de formato es una fase bastante irregular. Por ello, no se considerará su evaluación de la mejora que se realizará. Sin embargo, en adelante, se evaluará la capacidad de la fase estabilidad, puesto que todas las mejoras realizadas en la fase cambio de formato impactarán en la fase estabilidad.

Fase estabilización (12 horas después iniciada la producción)

Grafica de atributos P para la fase estable

Con ayuda del Minitab se dibuja la gráfica por atributos P. La Figura 63 se ha diagramado con las eficiencias obtenidas en la hora 12 de producción, la cual corresponde al inicio de la fase estable.

Figura 63: Gráfica P para zona estable



Fuente: Software estadístico Minitab

Con el uso del tipo de gráfico P, tal como se observa en la Figura 63, la mayoría de puntos está fuera de la gráfica; lo que hace que el proceso no se encuentre bajo control por la elevada dispersión que existe.

Sin embargo, el Minitab ofrece otra posibilidad de otro tipo de gráfica que puede considerar un control estadístico bajo ciertas condiciones. La evaluación se verá en la fase de Control.

4.2.6.2. Medición del nivel Six Sigma del proceso actual

Con la consideración de una muestra del proceso, se calcula el nivel sigma. El valor encontrado es de 2.26, resultados obtenido por el alto grado de envases con defectos que se generan de manera actual.

Tabla 72: Cálculo del nivel Six Sigma del proceso

Cálculo nivel sigma para productos Conformes/No conformes	
1. Número de unidades procesadas (N)	162749
2. Porcentaje de posibilidades de encontrar el defecto (O)	100%
3. Numero de defectos detectados (D)	36493
4. Porcentaje de Defectos = DPU = $D/(N \times O)$	22.4%
5. Productividad (Rto. del proceso) = $(1-DPU) \times 100$	77.6%
6. Nivel sigma del proceso	2.26

4.2.7. Impacto económico

En la evaluación del impacto de los reprocesos, se considera la siguiente información:

- Dado que no se tiene un valor de toneladas ingresadas por tipo de cambio, se considerará el promedio general de eficiencias con respecto a su valor histórico para la determinación de los costos generados por los reprocesos.
- Se trabaja con los datos de las eficiencias obtenidas el último año. El total de cambios de referencia fue de 142.
- La velocidad de producción es variable. Se puede producir en promedio 222 botellas por minuto.
- La planta de producción opera con un aproximado de 220 toneladas de vidrio al día, de las cuales 70 toneladas son enviadas a la línea A2.
- El valor del procesamiento por tonelada de vidrio es aproximadamente 160 USD, el cual considera costos relacionados a la transformación del vidrio tales como la energía, automatización, inspecciones, mano de obra, etc.
- La planta opera los 365 días del año, es decir a un ritmo de 24/7
- Los costos de los defectos son los mismos, puesto que cualquier envase con un defecto es reprocesado.

Tabla 73: Resumen del costo generado por la baja eficiencia de formación en A2

PLANTA LIMA NORTE - LINEA A2		
Proceso actual		
Vidrio procesado en toda la planta por día	221.00	toneladas
Vidrio procesado por línea A-2 por día	70	toneladas
Costo por tonelada de vidrio procesada	160.00	USD
<i>Eficiencia de formación promedio histórica</i>	83.93	%
<i>Eficiencia de formación actual</i>	78.75	%
<i>Eficiencia de formación mejorada</i>	-	%
Aumento esperado	-	%
Costo de operación de la línea A-2 por día	11,200.00	USD
Pérdida en cada día de cambio en el 2011	1,799.84	USD
Pérdida en cada día de cambio en el 2018	2,380.00	USD
Aumento de pérdidas por día de cambio	580.16	USD
Cambios de setup por año	142	días
Pérdidas anuales por cambios en el 2011	255,577.28	USD
Pérdidas anuales por cambios en el 2018	337,960.00	USD
Pérdida anual con respecto al histórico	82,382.72	USD
Pérdida anual en el proceso actual	288,339.52	Soles

Según la Tabla 73, en el histórico existe una pérdida anual de 288,339 USD. Sin embargo, el valor de pérdida actual, en comparación a la eficiencia obtenida en el histórico, se ha incrementado en 82,382 USD.

Se puede inferir que las pérdidas por reprocesos continuarán su tendencia positiva si es que no se aplica una mejora en la planta, la cual es objeto de estudio de la presente investigación.

Es importante considerar que la rentabilidad producto de la mejora puede incluso incrementarse si se aplica a las otras líneas de la planta, o en las otras plantas que tiene la empresa.

4.3. FASE ANALIZAR

4.3.1. Determinación de posibles causas

4.3.1.1. Brainstorming

Con el apoyo del personal del proceso de formación, se realiza una lluvia de ideas para identificar factores que tienen efecto en la disminución de la eficiencia de formación en los últimos años.

i. Falla detección de defectos en zona caliente (Inspecciones)

Es un punto clave para la mejora de la eficiencia de formación, dado que después del arranque, la cantidad de productos defectuosos es muy alta. En la actualidad la mayoría de los defectos encontrados en los envases son informados por las máquinas de inspección automática que están en la zona fría. Esto implica que se debe esperar un promedio de 45 – 50 minutos para conocer los defectos, ya que los envases pasan primero por el archa de recocido, y aplicar los ajustes necesarios.

El procedimiento actual de inspección indica que se deben realizar 3 ciclos completos de inspección visual y de dimensiones con la herramienta pasa no pasa.

ii. Equipo de moldura en mal estado

El equipo o las piezas de moldura pueden encontrarse en mal estado debido principalmente a una mala reparación o una falta de limpieza. Un equipo de moldura o una pieza en mal estado implica parar las secciones y el cambio origina pérdidas de tiempo y reprocesos. Además, se tiene la mitad del total de equipos de moldura que ingresaron a la máquina por cualquier contingencia. Sin embargo, si hay más piezas de moldura fallando en el equipo, se generarán desperdicios por esperar a que las piezas se enfríen, se retiren, se reparen y se cambien.

iii. Equipo variable en mal estado

El equipo variable son los mecanismos donde se instalan las piezas de moldura. Por ello, es importante que dichos mecanismos estén en buenas condiciones. Un equipo variable en mal estado no podrá ser corregido con calibraciones. En la actualidad no se opta por

cambiar una pieza del equipo variable dado que requiere una inversión de tiempo. Incluso, los operarios se han acostumbrado a convivir con los defectos causado por un equipo variable que ha superado su tiempo de vida útil. La única operación que se realiza es una calibración la cual no surge efecto y genera futuros defectos y retrabajos.

iv. Calibraciones inadecuadas

De los muchos mecanismos con los que se interactúa en el proceso, hay algunos que requieren una mayor precisión. Sin embargo, los operarios al querer agilizar la calibración de los mecanismos realizan una calibración a medias que al final tiene sus efectos en envases no conformes.

v. Pocos registros de inspección

En la actualidad los registros que se realizan en la pizarra de los defectos encontrados son borrados al solucionarlos. Por ello, que no se cuenta con mucha información de los hallazgos encontrados en la zona caliente. Además, se ha evidenciado la falta de seguimiento a las inspecciones de las variables de operación de la máquina IS.

v. Falta de entrenamiento

Los operarios que realizan las labores de formación no conocen a detalle las calibraciones que se realizan en la operación. Además, no conocen la vital importancia de realizar una buena inspección al inicio de la producción. Inclusive, en algunos casos no conocen los criterios necesarios para darle la solución producto de su falta de experiencia.

Errores asociados:

- ✓ Tiempos improductivos, por desconocimiento de los criterios y demora en la solución de las incidencias
- ✓ Envases con defectos, producto de la demora en la solución del problema

vii. Canales de comunicación no definidos

Existe una falta de comunicación rápida entre las personas del proceso de formación y las otras áreas de producción de la empresa para la detección oportuna de los defectos y la solución de los mismos

viii. Desorden en el área de trabajo

La situación puede generarse durante el cambio de formato, puesto que implica varias actividades y la rapidez de ejecución de dichas actividades, con lo cual se puede generar desorden

ix. Errores en porcentaje de la mezcla

Es un posible factor que puede generar ineficiencias. Sin embargo, la empresa ya ha considerado puntos de control para que no se generen estas casuísticas. En los contados casos que han sucedido el último año están asociados a salir defectos por calientes (p.ej.: envases torcidos) o defectos por frío (p.ej.: grietas en el cuerpo, apariencia fría).

x. Altos niveles de ruido y temperatura

Dado que es una planta que opera con hornos, los niveles de ruido y temperatura son altos. Se han definido símbolos de comunicación gestual y se opera con todos los EPP necesarios para evitar los posibles accidentes.

xi. Ausencia de auditorías internas

Los programas de auditoría interna no se vienen cumpliendo por falta de coordinación entre las áreas y por priorizar la producción antes de la revisión de los procesos.

xii. Malas posturas de trabajo

El trabajo implica estar de pie la mayoría del tiempo con lo cual problemas por malas posiciones podrían suceder si es que el personal adopta una forma de trabajo inadecuada.

xiii. Máquina IS sin mantenimiento

En algunas ocasiones se han generado inconvenientes en los mecanismos de las secciones de la máquina. Esto produce que la máquina tenga que pararse para realizar los ajustes de las velocidades, puesto que si no se toman acciones inmediatas, la consecuencia sería el atasco de vidrio en las secciones y futuros envases con defectos producidos. Es necesario recalcar que un mecanismo de la sección operando mal genera mucho mayor reprocesos y pérdidas de tiempo que una mala calibración, un equipo de moldura en mal estado o un equipo variable en mal estado.

xiv. Personal nuevo (falta de experiencia)

Al contratar a una persona, por lo general siempre hay un tiempo de aprendizaje. Por esta razón a veces, la falta de experiencia del operador genera ineficiencias en el proceso

xv. Alta resistencia al cambio

El personal antiguo ha definido su forma de trabajo y se encuentra en su zona de confort. Por ello, en contadas ocasiones no han hecho caso de las iniciativas de mejora por falta de la sensibilización que se requiere.

xvi. Falta de herramientas

En casos de que el operario no cuente con las herramientas que le permitan realizar sus labores en planta originaría pérdidas de tiempo hasta que se asignen nuevas herramientas de trabajo.

xvii. Materia prima contaminada

Si uno de los componentes de la composición de vidrio se encuentra contaminado afectaría toda la producción dado que es el inicio de la cadena productiva.

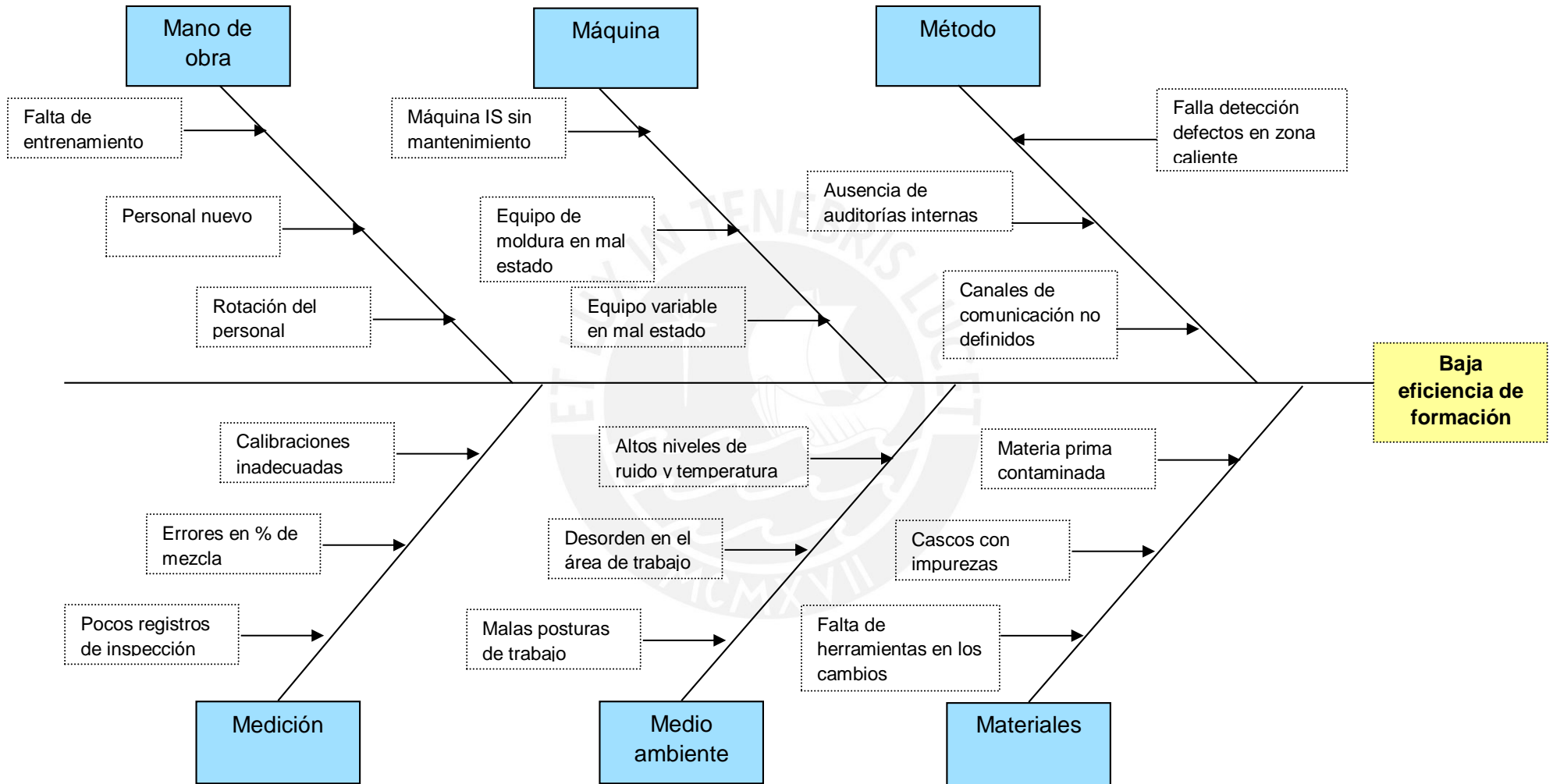
xviii. Cascos con impurezas

En casos de que los cascos de vidrio (que provienen de la zona de producción producto del rechazo por algún defecto) contengan algún tipo de impureza, impactaría en la calidad del producto.

4.3.1.2. Diagrama de causa efecto (Ishikawa)

Con la información del Brainstorming se ordenan las ideas y se agrupan en una sola idea por su similitud. Finalmente, se clasifica las causas raíces del problema de la baja eficiencia de formación en 6 grupos principales: mano de obra, máquina, método, medición, medio ambiente y materiales. La información es presentada mediante el diagrama de Ishikawa en la Figura 63.

Figura 64: Diagrama de Ishikawa



El diagrama permite ordenar las causas y ver cuáles serían las causas raíces que impactan de manera directa al problema.

4.3.2. Determinación de causas raíces por juicio de expertos

Para la evaluación de los parámetros en mención, se realiza un análisis de criticidad a través de un juicio de expertos que involucra al grupo de especialistas que intervienen en el día a día en la operación. La mayoría del grupo forma parte de los stakeholders identificados en la primera fase de la investigación. Los operarios de moldes y mantenimiento forman parte de la pareja de trabajo. En el cambio de formato intervienen 4 parejas de trabajo a los cuales se le realizó la encuesta de forma verbal.

Tabla 74: Grupo de entrevistados

Entrevistados y encuestados	Code
Coordinador de la línea de producción A2	S1
Coordinador de cambios	S2
Coordinador de moldes	S3
Coordinador de taller de máquinas	S4
Coordinador de Calidad	S5
Especialista de formación turno 1	S6
Especialista de formación turno 2	S7
Inspector de Calidad	S8
Operario de mantenimiento	S9
Operario de cambios	S10

Según el grupo de expertos, considera a las causas relacionadas a las materias primas y materiales no muy relevantes, puesto que producto de una mejora anterior ya se han establecido parámetros de control en esa etapa. Por ello, de los 18 posibles causas identificadas en el inicio, se trabaja con 15 causas probables que tienen efecto en el problema.

La frecuencia son las veces que la causa aparece en el cambio de formato en el proceso de formación. Los pesos propuestos están asociados a la frecuencia que aparecen las incidencias dentro del proceso de formación.

Tabla 75: Matriz frecuencia

Factor frecuencia	Peso	Descripción
Siempre	5	100% en los cambios de formación
Muy frecuente	4	75% en los cambios de formación
Frecuente	3	50% en los cambios de formación
Poco frecuente	2	25% en los cambios de formación
Casi nunca	1	Menos de 10% de los cambios

El impacto es el porcentaje de producción afectado producto de la existencia de la causa raíz en evaluación. Se establecen criterios para establecer el impacto que genera la causa en el problema en estudio.

Tabla 76: Matriz impacto

Factor impacto	Peso	Descripción
Crítico	13	Afecta en más de 10% la eficiencia
Alto	10	Afecta entre 7.5%-10% la eficiencia
Medio	7	Afecta entre 5%-7.5% la eficiencia
Bajo	4	Afecta entre 2.5%-5% la eficiencia
Mínimo	1	Afecta menos de 2.5% la eficiencia

Tabla 77: Resultados de la encuesta del factor frecuencia

Frecuencia de las causas	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Altos niveles de ruido y temperatura	2	3	2	4	4	2	2	5	1	2
Ausencia de auditorías internas	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1
Calibraciones inadecuadas	4	5	4	4	5	4	4	4	4	5
Canales de comunicación no definidos	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2
Desorden en el área de trabajo	2	2	3	2	3	2	3	1	2	3
Equipo variable en mal estado	5	5	5	4	5	4	4	4	5	4
Equipo de moldura en mal estado	5	4	4	4	4	5	4	4	5	4
Errores en % de la mezcla	1	2	1	1	2	1	1	1	2	1
Pocos registros de inspección	3	2	3	4	2	4	3	3	2	3
Falla detección defectos en zona caliente	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5
Malas posturas de trabajo	3	2	3	3	3	2	4	2	5	4
Maquina IS sin mantenimiento	2	2	1	1	1	2	2	1	2	2
Personal nuevo (falta experiencia)	3	2	2	2	1	2	2	2	2	1
Falta de entrenamiento	2	3	2	5	5	2	3	5	4	5
Alta resistencia al cambio	1	3	1	3	2	3	2	2	3	1

Tabla 78: Resultados de la encuesta del factor impacto

Impacto de las causas	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Altos niveles de ruido y temperatura	4	4	4	4	7	4	4	4	4	4
Ausencia de auditorías internas	4	1	1	4	1	1	1	4	1	4
Calibraciones inadecuadas	10	13	13	10	13	7	13	13	13	10
Canales de comunicación no definidos	1	4	1	4	4	4	4	1	1	4
Desorden en el área de trabajo	4	1	4	1	4	4	1	7	4	7
Equipo variable en mal estado	10	13	13	10	13	10	13	10	13	13
Equipo de moldura en mal estado	13	13	10	10	13	13	7	10	13	13
Errores en % de la mezcla	4	4	4	4	4	4	1	1	1	4
Pocos registros de inspección	4	7	7	4	4	7	4	4	4	4
Falla detección defectos en zona caliente	13	13	13	13	13	10	13	13	13	13
Malas posturas de trabajo	7	4	4	4	1	7	4	1	1	4
Maquina IS sin mantenimiento	4	7	4	1	4	7	4	4	4	1
Personal nuevo (falta experiencia)	7	1	4	4	7	4	7	4	7	4
Falta de entrenamiento	7	10	7	10	10	10	7	7	10	7
Alta resistencia al cambio	4	4	7	4	1	4	7	1	7	4

Tabla 79: Resultados de la encuesta de análisis de criticidad

Matriz frecuencia e impacto	F	I	Ponderación	%	%acum
Falla detección defectos en zona caliente	4.5	12.7	57.15	17.78%	17.78%
Equipo variable en mal estado	4.5	11.8	53.10	16.52%	34.31%
Equipo de moldura en mal estado	4.3	11.5	49.45	15.39%	49.69%
Calibraciones inadecuadas	4.3	11.5	49.45	15.39%	65.08%
Falta de entrenamiento	3.6	8.5	30.60	9.52%	74.60%
Pocos registros de inspección	2.9	4.9	14.21	4.42%	79.02%
Altos niveles de ruido y temperatura	2.7	4.3	11.61	3.61%	82.63%
Malas posturas de trabajo	3.1	3.7	11.47	3.57%	86.20%
Personal nuevo (falta experiencia)	1.9	4.9	9.31	2.90%	89.10%
Alta resistencia al cambio	2.1	4.3	9.03	2.81%	91.91%
Desorden en el área de trabajo	2.3	3.7	8.51	2.65%	94.56%
Maquina IS sin mantenimiento	1.6	4	6.40	1.99%	96.55%
Canales de comunicación no definidos	1.5	2.8	4.20	1.31%	97.86%
Errores en % de la mezcla	1.3	3.1	4.03	1.25%	99.11%
Ausencia de auditorías internas	1.3	2.2	2.86	0.89%	100.00%

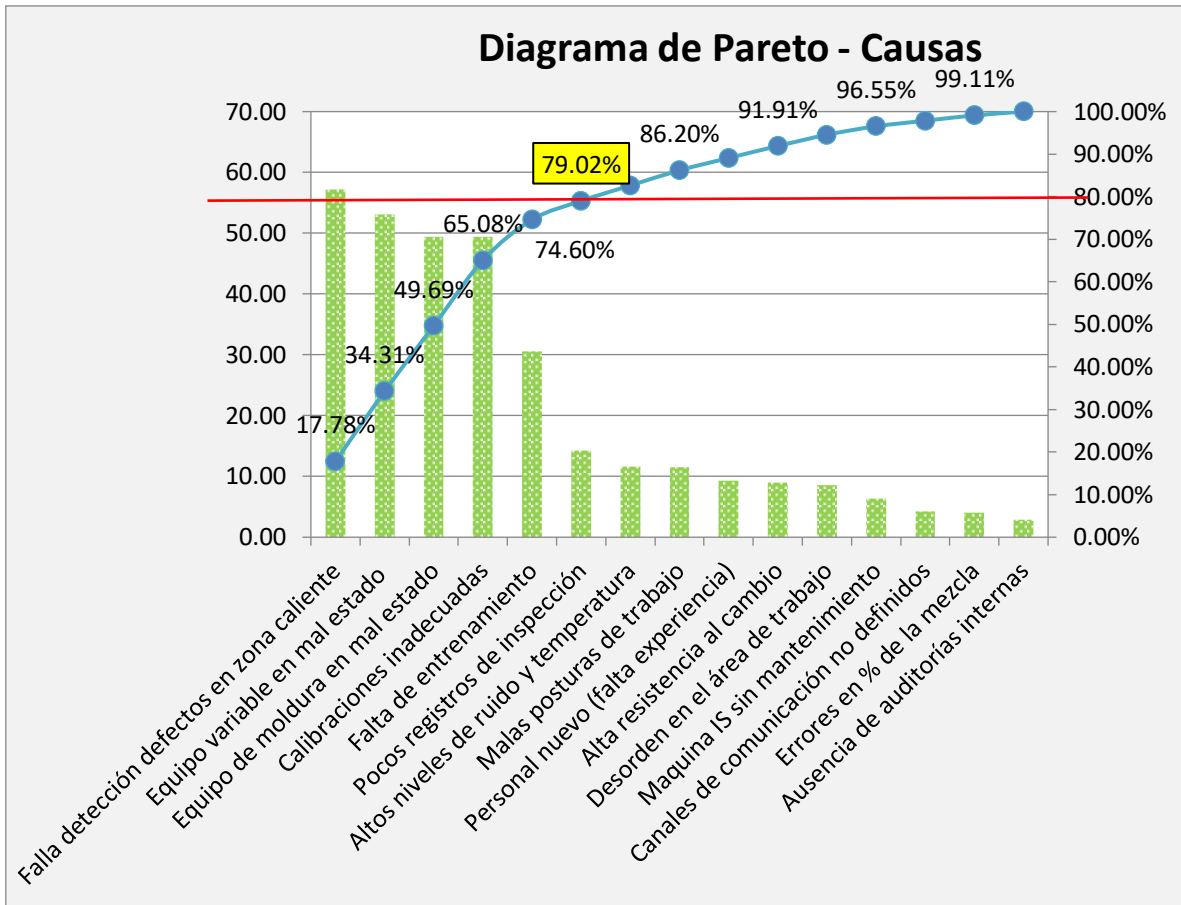


Figura 65: Diagrama de Pareto causas posibles

El diagrama de Pareto es una herramienta que ayuda a calificar las causas para definir cuáles son las más importantes. El diagrama indica que el 80% de los problemas son originados por el 20% de las causas. En el análisis, se observa que son 3 causas están relacionados con el 50% del problema, los cuales son la no detección temprana de los defectos, equipo de moldura en mal estado y equipo variable en mal estado. En la evaluación del 80%, se observa que hay 3 causas más que incrementan el problema actual, los cuales son las calibraciones inadecuadas, los pocos registros de inspección y la falta de entrenamiento.

4.3.3. Justificación de las causa raíces

4.3.3.1. Justificación causa 1: Falla detección de defectos en la zona caliente

La causa hace referencia a las primeras inspecciones que se realizan en la zona caliente del proceso, en la cual se especifica una falla

Con ayuda de las máquinas automáticas se han podido detectar los siguientes defectos en el año 2018:

Tabla 80: Defectos encontrados en los envases en el año 2018 (unidades)

Defectos en envase	Q obs	Defectos en envase	Q obs
Grieta en el talón	357,118	Piedras	15,776
Grieta en el terminado	294,734	Cuerda de pájaro	15,406
Grieta en el hombro	291,692	Ondulación en el cuerpo	14,611
Cuerpo hundido	164,740	Cuello hundido	13,248
Terminado rajado	138,548	Falla al choque térmico	11,942
Terminado sin llenar	110,342	Arruga brillante en el cuerpo	11,904
Fondo astillado	100,458	Grieta en el anillo	10,846
Terminado soplado	91,453	Terminado alabeado	9,622
Terminado despostillado	91,431	Rebaba en el talón	9,492
Marcas de macho	82,364	Cuerpo sucio	9,214
Proceso inestable	67,595	Pallet incompleto	8,115
Aletas	64,265	Empate pre molde alto, abierto	8,049
Grieta en el cuello	59,585	Aguja de vidrio	7,326
Terminado deforme	54,768	Marcas en el fondo	6,624
Filete despostillado	54,360	Falla equipo de inspección	6,600
Aguja en el fondo	53,405	Marca de tijera	6,528
Rebaba interior- sobreprensa	52,239	Espesor de talón < esp. Min.	6,499
Cuerpo pegado	45,011	Terminado desplazado	5,952
Marcas de carga	39,829	Rotura en archa (talón rajado)	5,950
Aporreadura en cuello	36,244	Burbuja superficie de selle	5,950
Ondulación en el talón	34,892	Grieta en el fondo	5,950
Vidrio adherido fondo	32,182	Diámetro e por encima del máximo	5,811
Grieta en el empate	31,384	Pallet mal armado / deforme	4,788
Aleta cortante -cuello	26,100	Burbuja en el terminado	4,418
Grieta en el cuerpo	25,867	Hombro sin llenar	4,352
Lagrima fondo/talón	22,819	Aporreadura en el cuerpo	4,046
Terminado caído	22,779	Pallet con cartón corrido	4,041
Marcas en el cuerpo	22,558	Diámetro t por encima del máximo	3,467
Espesor pared < min	22,203	Aporreadura en el talón	3,264
Total defectos		2,720,756	

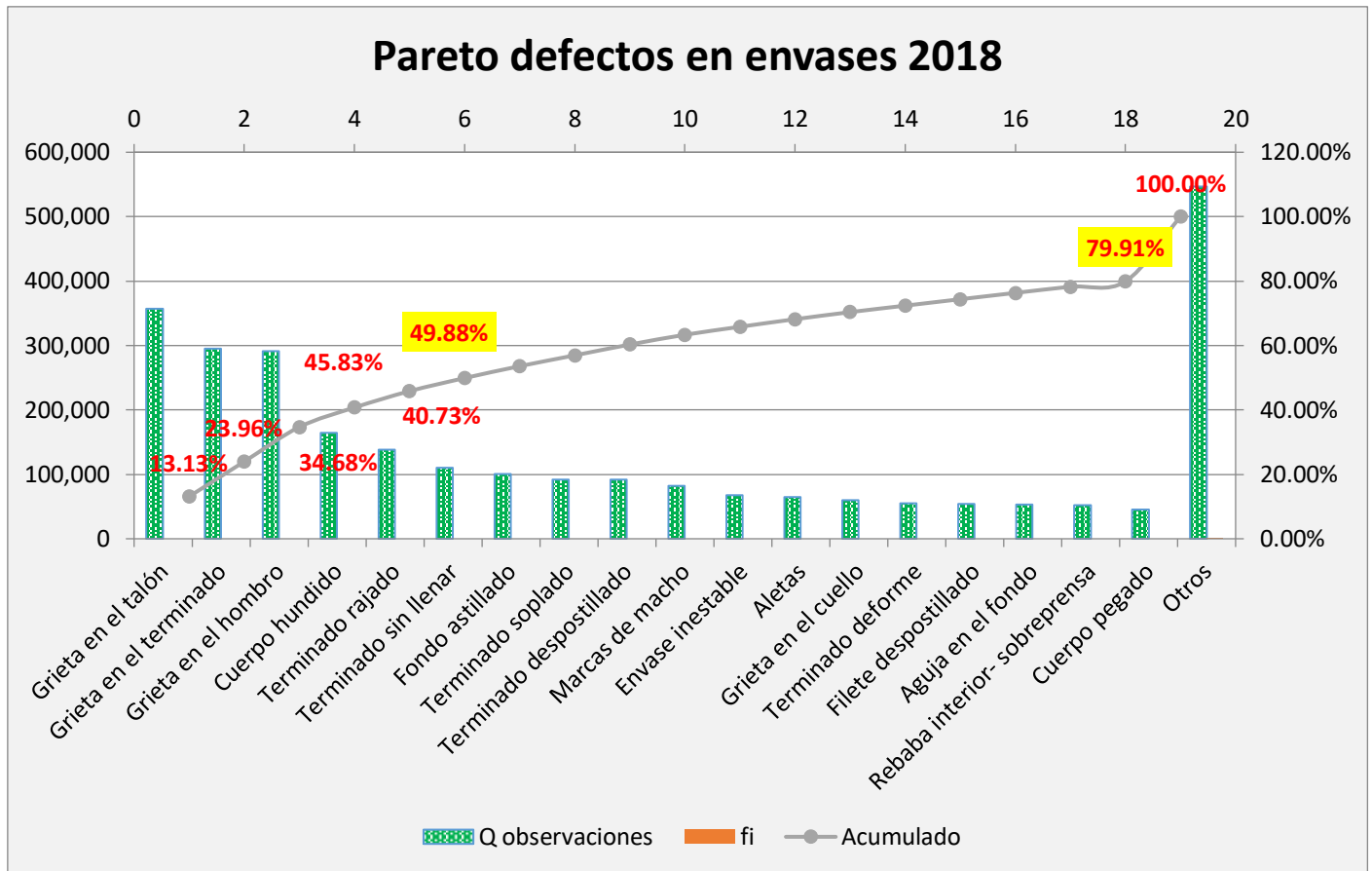


Figura 66: Pareto defectos encontrados en los envases 2018 no detectados

Según la Tabla 80, el último año los 3 tipos de defectos con mayor frecuencia encontrados son:

- Grieta en el talón
- Grieta en el terminado
- Grieta en el hombro

Los 3 primeros defectos representan más de la tercera parte del total de defectos, el cual es el 34.68%.

En la Figura 67 se expone el diagrama de flujo de las actividades destinadas a la inspección de envases de vidrio producidos en zona caliente.

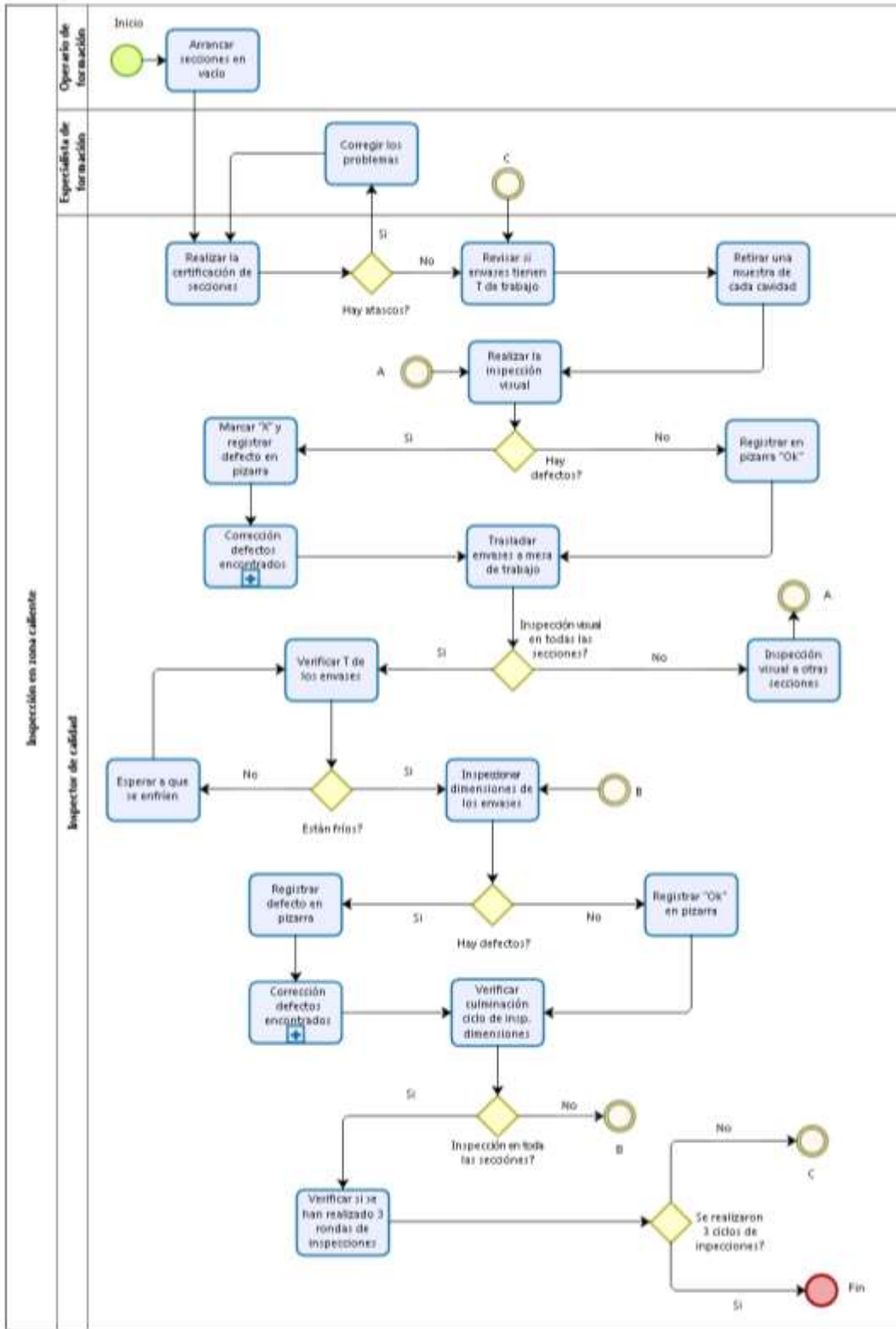


Figura 67: Flujo de inspecciones en zona caliente (Situación actual)

Tabla 81: Descripción de las etapas de la inspección en zona caliente

Actividad	Descripción
Verificación de secciones	Verificación de que no exista obstrucción de gota. Además, verificar que los mecanismos operen de forma sincronizada y que retiren de forma correcta los envases.
Inspección visual	Se toma una muestra de las cavidades A y B de cada una de las 8 secciones para revisión visual de defectos. Mientras se realiza la operación, se registran las observaciones en pizarra
Inspección de las dimensiones	Se toma una muestra de las cavidades A y B de cada una de las 8 secciones para verificar si las dimensiones de la boca del envase son adecuadas, puesto que eso asegurará que la rosca del envase entre correctamente. La herramienta que se usa es el pasa no pasa. Mientras se realiza la operación, se registran las observaciones en pizarra
Corrección de defectos	Corrección y ajuste de los mecanismos según defecto encontrado. Una vez culminado, se borra el defecto encontrado de la pizarra.

La Tabla 81 brinda una breve descripción de las actividades en la zona caliente.

Estudio de los tiempos

Dado a que en la etapa medición se ha hecho la medición de tiempos con respeto a esta actividad, se procederá a realizar un DAP para observar las actividades relacionadas a las inspecciones y la relación secuencial entre las mismas. Se incluye la desactivación del rechazo automático puesto que es el cierre del proceso de formación para el pase al archa de recocido

La Tabla 82 expone el detalle de las actividades de las inspecciones en la zona caliente mediante gráfico DAP.





Tabla 82: DAP de las inspecciones en zona caliente

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESOS			
Área de trabajo Zona Caliente	Elaborado por Analista Procesos	Revisado por Coordinador Cambios	Aprobado por Coordinador Línea A2
Nombre de operación	Inspecciones	Inicio	Arranque de secciones
Código del procedimiento	PR_01_T	Fin	Desactivación del rechazo
Responsable de revisión	LN A2		

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Control	Traslado	Demora	Archivo	Tiempo (min)	OBS
1	Certificación: verificación de que la sección trabaje sin atascos	○	■	➡	⌒	▽	2.9	
2	Ajuste de velocidad, tiempos y calibraciones para mantener las secciones sin atascos (MUDA)	●	□	➡	⌒	▽	4.47	
3	Espera en producción (MUDA)	○	□	➡	●	▽	5.36	
4	1ra Inspección visual en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⌒	▽	0.87	
5	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⌒	▽	4.58	
6	Espera en producción (MUDA)	○	□	➡	●	▽	5.33	
7	1ra Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⌒	▽	0.91	
8	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⌒	▽	3.86	
9	Espera en producción (MUDA)	○	□	➡	●	▽	6.98	
10	2da Inspección visual en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⌒	▽	1.18	
11	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⌒	▽	5.31	
12	Espera en producción (MUDA)	○	□	➡	●	▽	6.34	
13	2da Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⌒	▽	2.39	
14	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⌒	▽	4.57	
15	Espera en producción (MUDA)	○	□	➡	●	▽	7.97	
16	3ra Inspección visual en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⌒	▽	4.27	
17	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⌒	▽	7.92	
18	Espera en producción (MUDA)	○	□	➡	●	▽	7.61	
19	3ra Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⌒	▽	3.14	
20	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⌒	▽	2.5	
21	Espera en producción (MUDA)	○	□	➡	●	▽	0.5	
22	Desactivación del rechazo para que los envases de las cavidades conformes continúen el flujo hacia el archa	●	□	➡	⌒	▽	0.5	FIN
		33.7	15.66	0	40.1	-	89.46	

Según Tabla 82, el tiempo total de las actividades destinadas a la inspección es 89.46 min

Tabla 83: Resultados de DAP inspecciones

Actividad	Símbolo	N°	Tiempo	%	
Operación normal		1	0.5	0.6%	MUDA 81.9%
Operación reproceso		7	33.21	37.1%	
Demora		7	40.09	44.8%	
Inspecciones		7	15.66	17.5%	
Total		22	89.46	100.0%	

Uno de los beneficios de esta herramienta es poder visualizar aquellas actividades que no permiten un flujo continuo para reducirlos o eliminarlos. La muda actual de tiempo improductivo es del 81.9%.

Los tiempos de espera están relacionados al enfriamiento del equipo de moldura y a la información de los defectos a las otras áreas de manera verbal o por teléfono.

Análisis de las actividades de las inspecciones

Las inspecciones generan una gran cantidad de tiempos muertos y el error de una mala revisión genera una enorme pérdida de envases de vidrio, dado que las máquinas automáticas rechazan los envases con defectos que no hayan sido detectados por el personal en la zona caliente.

Las siguientes actividades se realizan para cada una de las 16 cavidades u 8 secciones de máquina formadora. La inspección se realiza sobre las 16 cavidades. El procedimiento actual indica que se debe tomar 3 muestras por cada cavidad para realizar las inspecciones visuales y de dimensiones con la herramienta pasa no pasa.

Sección 1	Sección 2	Sección 3	Sección 4	Sección 5	Sección 6	Sección 7	Sección 8
Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A	Cavidad A
Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B	Cavidad B

En el esquema anterior se muestra que dentro de cada sección hay dos cavidades a ser inspeccionadas, la cual es una de las actividades dentro de la operación. El objetivo es saber si la actividad detallada genera o no genera valor al proceso.

Una vez que el defecto es corregido y se realiza las validaciones respectivas, se borra el registro de la pizarra de trabajo.

Evaluación de la generación de valor de las actividades de las inspecciones

Las correcciones que se realizan son los ajustes de velocidad, tiempos y calibraciones a cada una de las secciones de la máquina formadora.

Tabla 84: Evaluación de las actividades destinadas a la inspección

Actividad	Análisis	
	Valor	Sin valor
Verificación secciones	✓	
Corrección Inicial	✓	
T espera moldura llegue a T trabajo		✓
1ra Inspección Visual	✓	
Corrección defectos	✓	
T espera informar y borrar pizarra		✓
1ra inspección dimensiones	✓	
1ra inspección dimensiones	✓	
T espera informar y borrar pizarra		✓
2da inspección visual.	✓	
Corrección defectos	✓	
T espera informar y borrar pizarra		✓
2da inspección de las dimensiones	✓	
Corrección defectos	✓	
T espera informar y borrar pizarra		✓
3ra inspección visual.	✓	
Corrección defectos	✓	
T espera informar y borrar pizarra		✓
3ra inspección de las dimensiones	✓	
Corrección defectos	✓	
T espera	☐	✓
Desactivar rechazo	✓	
	15	7

La Tabla 84 muestra las actividades sin valor, los cuales son de manera principal los tiempos muertos.

4.3.3.2. Justificación causa 2: Equipo variable en mal estado

Mudas asociadas a equipo variable

Las piezas del equipo variable son los componentes en donde se montan las piezas de moldura.

Tabla 85: Efectos en el envase de las piezas del equipo variable en mal estado

Equipo variable en mal estado	Defecto en el envase
Llevador de premoldes	Marcas verticales en la costura
	Terminado rajado
	Marca de tapa gruesa
	Ruptura por choque térmico
Llevador de boquillas	Terminado rajado
	Grieta en el terminado
	Grieta en el anillo del terminado
	Terminado deforme
Brazo de tapa	Marca de tapa gruesa
	Ruptura por choque térmico
Llevador de molde	Grieta en el cuello
	Terminado alabeado
	Grieta en el talón
Brazo de sopladora	Terminado ovalado
	Terminado alabeado
	Terminado deforme
	Grieta en el terminado
	Grieta en el anillo del terminado
	Cuerpo deforme
	Cuerpo hundido
	Terminado soplado
Porta pinza	Atascos de vidrio en la sección
	Terminado deforme
	Terminado ovalado
	Grieta en el anillo del terminado
	Grieta en el cuello
	Cuerpo deforme
	Terminado caído

La Tabla 85 describe el tipo de defecto encontrado producto de una pieza del equipo variable en mal estado.

Tabla 86: Defectos asociados con el equipo variable

Defecto en envase	Cantidad Obs	% Total	Componente en mal estado o método inadecuado			
			Calibración	Equipo variable	Equipo moldura	Otros
Grieta en el talón	357,118	13.13%	✓	✓		
Grieta en el terminado	294,734	10.83%	✓	✓		
Grieta en el hombro	291,692	10.72%		✓	✓	
Cuerpo hundido	164,740	6.05%	✓	✓	✓	
Terminado rajado	138,548	5.09%	✓	✓	✓	
Terminado soplado	91,453	3.36%		✓	✓	
Envase inestable	67,595	2.48%	✓	✓	✓	
Grieta en el cuello	59,585	2.19%	✓	✓	✓	
Terminado deforme	54,768	2.01%	✓	✓		
Rebaba interior- sobreprensa	52,239	1.92%		✓		
Total	1,572,472	57.79%				

4.3.3.3. Justificación causa 3: Equipo de moldura en mal estado

Mudas asociadas a equipo de moldura

De las piezas del equipo de moldura, el que más ingresa al taller de moldes es la pieza premolde, y luego le sigue la pieza molde

Tabla 87: Defectos asociados a piezas en mal estado zona molde

Zona	Piezas en mal estado	Defectos asociados
Zona Molde	<ul style="list-style-type: none"> - Molde - Fondo - Embudo - Sopladora 	Aporreado en talón
		Filos aporreados
		Grieta en el hombro
		Logo tenue
		Aporreado en cuerpo
		Arruga brillante
		Aporreado en el cuello
		Cuerda de pájaro
		Empate alto
		Cuerpo hundido
		Cuerpo sucio
		Terminado rajado
		Aletas
Rebaba en el talón		

La Tabla 87 expone los defectos asociados a una pieza en mal estado en la zona molde del equipo de moldura.

La Tabla 88 expone los defectos asociados a una pieza en mal estado en la zona premolde del equipo de moldura.

Zona	Pieza en mal estado	Defectos asociados
Zona Premolde	<ul style="list-style-type: none"> - Premolde - Tapa - Boquillera - Aguja iny de aire - Enfriador - Anillo guía 	Filos aporreados
		Rebaba en el terminado
		Empate alto
		Marcas por filo
		Aporreado en talón
		Marcas por caliente
		Marca de tapa
		Grieta en el cuello
		Aporreado en hombro
		Hombro fino
		Fondo astillado
		Aguja en el fondo
		Rebaba interior - sobreprens
		Terminado sin llenar
	- Macho	Terminado rajado
	Marcas verticales en costura	

La Tabla 89 indica la cantidad de los defectos asociados al equipo de moldura en el último año de evaluación.

Tabla 88: Defectos asociados con el equipo moldura

Defecto en envase	Cantidad Obs	% Total	Componente en mal estado o método inadecuado			
			Calibración	Equipo variable	Equipo moldura	Otros
Grieta en el hombro	291,692	10.72%		✓	✓	
Cuerpo hundido	164,740	6.05%	✓	✓	✓	
Terminado rajado	138,548	5.09%	✓	✓	✓	
Terminado sin llenar	110,342	4.06%			✓	
Fondo astillado	100,458	3.69%			✓	
Terminado soplado	91,453	3.36%		✓	✓	
Terminado despostillado	91,431	3.36%			✓	✓
Marcas de macho	82,364	3.03%			✓	
Envase inestable	67,595	2.48%	✓	✓	✓	
Aletas	64,265	2.36%			✓	
Grieta en el cuello	59,585	2.19%	✓	✓	✓	
Filete despostillado	54,360	2.00%			✓	
Aguja en el fondo	53,405	1.96%			✓	
Cuerpo pegado	45,011	1.65%			✓	✓
Total	1,415,249	52.02%				

El diagrama de la Figura 68 representa al flujo de limpieza y reparación de moldes

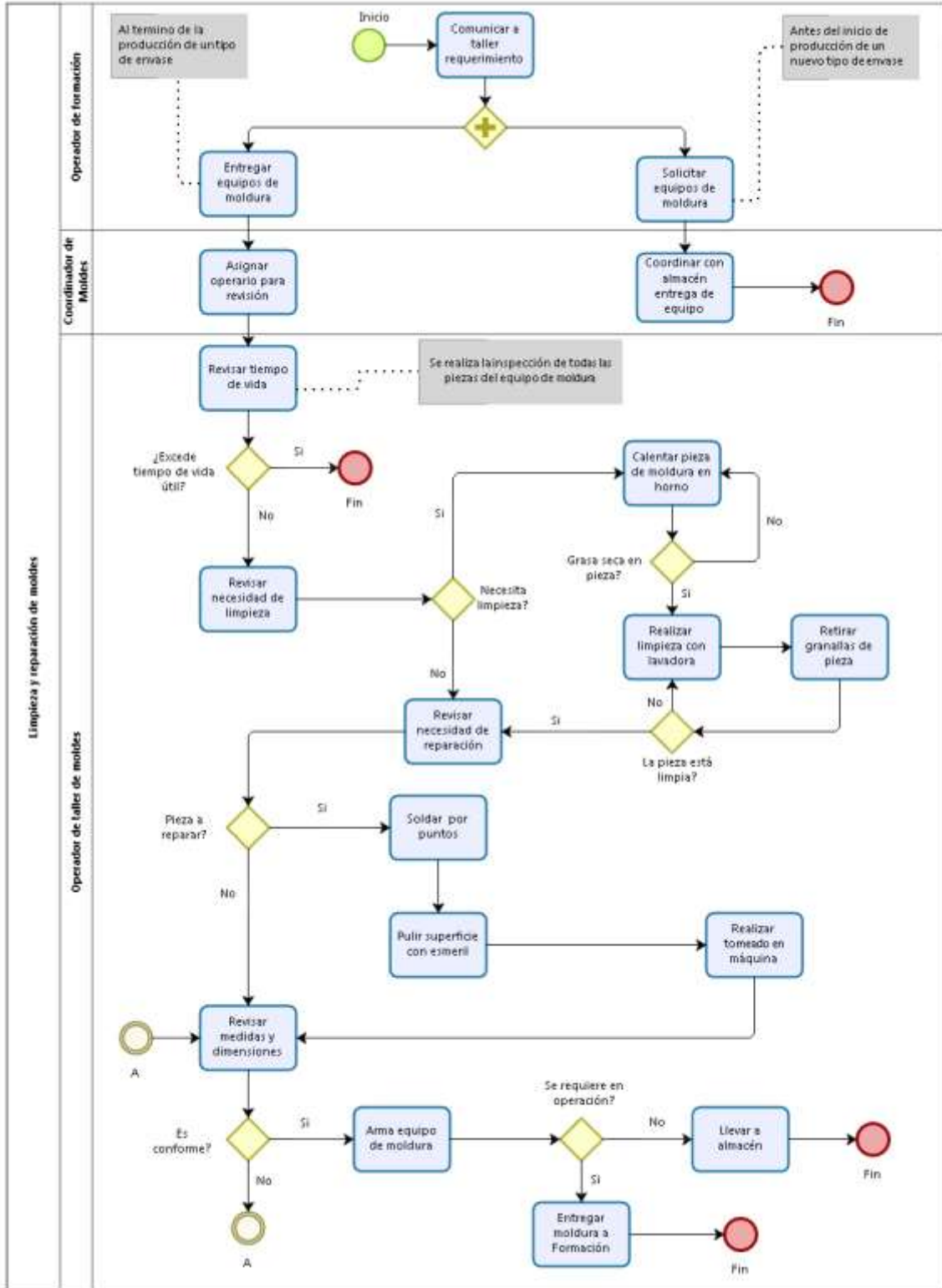


Figura 68: Flujo de limpieza y reparación de moldes (situación actual)

El diagrama de flujo de la Figura 68 muestra que las actividades inician una vez concluida la producción de un tipo de envase y representa al flujo de limpieza y reparación de moldes.

En el flujo As Is (situación actual) se identificaron dos flujos principales:

- **Entrega de equipo de moldura (por parte de operario de formación)**

Una vez culminada la producción de un tipo de envase, el operario de formación entrega el equipo de moldura al taller. El taller recibe el equipo y lo envía al almacén

- **Solicitud de equipo de moldura (al área del almacén)**

Cuando exista un requerimiento de equipo de moldura para una nueva producción, en ese momento se solicita el equipo de moldura y se inician las actividades de limpieza y reparación

En la revisión de las actividades de limpieza y reparación del equipo de moldura se observa varios tiempos improductivos producto de la demora por la espera de la entrega de moldura de almacén, calentamiento, secado, lavado y torneado. Sin embargo, mientras se levantaba la información se observó que el horno para el secado de piezas opera con un control manual de temperatura y eso hace que a veces la temperatura descienda incluso hasta menos de 150°C. Por ello, en la actualidad se pierde tiempo volviendo a recalentar el horno hasta llegar a la temperatura requerida.

La Tabla 90 indica la recolección y determinación de los tiempos que toman las actividades destinadas a la reparación de cada una de las piezas para las 2 zonas del equipo de moldura.

La Tabla 91 muestra el detalle de las actividades asociadas a los tiempos de todas las actividades de reparación del equipo de moldura diagramadas en un Diagrama de Actividades del Proceso.

Tabla 89: Recolección y determinación de tiempos en taller de reparación de moldura

Nro	Descripción	Tiempo observado (min)					
		T std 1	T std 2	T std 3	T std 4	T std 5	T prom
1	Requerimiento de equipo de moldura de formación	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
2	Solicitar equipo moldura al almacén	1.03	0.51	0.57	0.49	0.98	0.71
3	Esperar entrega de equipo moldura	23.20	22.42	25.14	20.92	22.54	22.84
4	Llevar pieza a zona de trabajo	1.14	0.56	0.63	0.50	1.08	0.78
5	Inspeccionar si pieza requiere limpieza	0.70	0.61	0.49	0.55	0.67	0.60
6	Esperar a que horno llegue a 250°C	12.13	11.20	12.12	10.75	11.52	11.55
7	Colocar pieza en el horno	0.35	0.32	0.26	0.30	0.33	0.31
8	Calentar pieza y esperar a que seque la grasa	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
9	Retirar piezas del horno	0.26	0.35	0.32	0.32	0.35	0.32
10	Llevar piezas al enfriador	0.19	0.14	0.16	0.13	0.17	0.16
11	Esperar el enfriado de pieza	10.96	15.26	12.63	14.04	13.89	13.36
12	Colocar piezas en lavadora	0.32	0.35	0.28	0.32	0.31	0.32
13	Esperar lavado de pieza	2.14	2.12	2.28	1.95	2.51	2.20
14	Retirar pieza de lavadora	0.33	0.32	0.35	0.29	0.39	0.34
15	Remover restos de granalla	0.19	0.18	0.21	0.16	0.23	0.19
16	Trasladar piezas a mesa de trabajo	0.23	0.21	0.26	0.19	0.29	0.24
17	Verificar si pieza requiere reparación	0.11	0.12	0.09	0.11	0.10	0.11
18	Medir empalmes de pieza	5.26	5.09	6.14	4.68	6.75	5.59
19	Soldar por puntos (P,T)	3.68	3.51	3.16	3.23	3.47	3.41
20	Pulir superficie con esmeril	1.14	1.23	1.18	1.13	1.29	1.19
21	Llevar pieza a máquina torno	0.16	0.18	0.18	0.16	0.19	0.17
22	Realización del torneado	10.35	11.40	10.70	10.49	11.77	10.94
23	Llevar pieza a mesa de trabajo	0.23	0.21	0.23	0.19	0.25	0.22
24	Inspeccionar correcta reparación	3.33	3.16	3.51	2.91	3.86	3.35
25	Llevar molde a carro móvil	1.32	1.40	1.05	1.29	1.16	1.24
26	Entrega de equipo de moldura a formación	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Tiempo promedio





121.15

Tabla 90: DAP de la reparación de los equipos de moldura

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESOS			
Área de trabajo Moldes	Elaborado por Analista Procesos	Revisado por Coordinador de moldes	Aprobado por Coordinador Línea A2
Nombre de operación	Reparación de piezas	Inicio	Requerimiento de equipo de moldura reparada
Código del procedimiento	PR_02_T	Fin	Entrega de piezas a formación
Responsable de revisión	LN	Línea A2	

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Control	Traslado	Demora	Archivo	Tiempo (min)	OBS
1	Requerimiento de equipo de moldura de formación	●	□	⇨	D	▽	0.50	-
2	Solicitar equipo moldura al almacén	●	□	⇨	D	▽	0.71	-
3	Esperar entrega de equipo moldura por parte de almacén	○	□	⇨	●	▽	22.8	-
4	Llevar pieza a zona de trabajo	○	□	⇨	D	▽	0.78	-
5	Inspeccionar si pieza requiere limpieza	○	■	⇨	D	▽	0.60	-
6	Esperar a que horno llegue a 250°C	○	□	⇨	●	▽	11.55	-
7	Colocar pieza en el horno	●	□	⇨	D	▽	0.31	-
8	Calentar pieza y esperar a que seque la grasa	●	□	⇨	D	▽	40.00	-
9	Retirar piezas del horno	●	□	⇨	D	▽	0.32	-
10	Colocar pieza en el enfriador	●	□	⇨	D	▽	0.16	-
11	Esperar el enfriado de pieza	○	□	⇨	●	▽	13.36	-
12	Colocar piezas en lavadora	●	□	⇨	D	▽	0.32	-
13	Esperar lavado de pieza	○	□	⇨	●	▽	2.20	-
14	Retirar pieza de lavadora	●	□	⇨	D	▽	0.34	-
15	Remover restos de granalla	●	□	⇨	D	▽	0.19	-
16	Trasladar piezas a mesa de trabajo	○	□	⇨	D	▽	0.24	-
17	Verificar si pieza requiere reparación	○	■	⇨	D	▽	0.11	-
18	Medir empalmes de pieza	○	■	⇨	D	▽	5.59	-
19	Soldar por puntos (P,T)	●	□	⇨	D	▽	3.41	-
20	Pulir superficie con esmeril	●	□	⇨	D	▽	1.19	-
21	Colocar pieza en máquina torno	●	□	⇨	D	▽	0.17	-
22	Realización del torneado	●	□	⇨	D	▽	10.94	-
23	Llevar pieza a mesa de trabajo	○	□	⇨	D	▽	0.22	-
24	Inspeccionar correcta reparación	○	■	⇨	D	▽	3.35	-
25	Llevar equipos de moldura reparados a carro móvil	○	□	⇨	D	▽	1.24	-
26	Entrega de equipo de moldura a formación	●	□	⇨	D	▽	0.50	-
		59.07	9.65	2.49	49.95		121.1	-

Tabla 91: Resumen DAP Equipo de moldura

Actividad	Símbolo	N°	Tiempo	%		
Operación normal		14	59.07	48.8%	MUDA	
Demora		4	49.95	41.2%		41.2%
Inspecciones		4	9.65	8.0%		
Traslados		4	2.49	2.1%		
Total		26	121.16	100%		

La Tabla 91 muestra que el tiempo para la reparación de los equipos de moldura es 121.1 minutos. Los desperdicios representan el 41.2% del tiempo total (Tabla 92)

4.3.3.4. Justificación causa 4: Calibraciones inadecuadas

Mudas asociadas a calibraciones inadecuadas

Una mala calibración en los mecanismos y equipos, por lo general ocasionará que el envase presente distintos tipos de grietas.

Tabla 92: Tipos de calibraciones inadecuadas

Calibración inadecuada	Defecto en el envase
Centrado y altura del mecanismo de pinzas no adecuados	Terminado deforme
	Terminado ovalado
	Grieta en el anillo del terminado
	Grieta en el cuello
	Cuerpo deforme
	Terminado caído
Altura y nivel del llevador de boquilleras no adecuados	Terminado rajado
	Grieta en el terminado
	Grieta en el anillo del terminado
	Terminado deforme
Centrado y altura de la sopladora no adecuada	Terminado ovalado
	Terminado alabeado
	Terminado deforme
	Grieta en el terminado
	Grieta en el anillo del terminado
	Cuerpo deforme
Altura del mecanismo de fondo no adecuado	Cuerpo hundido
	Grieta en el talón
	Grieta en el hombro

Tabla 93: Defectos asociados a las calibraciones inadecuadas

Defecto en envase	Cantidad Obs	% Total	Componente en mal estado o método inadecuado			
			Calibración	Equipo variable	Equipo moldura	Otros
Grieta en el talón	357,118	13.13%	✓	✓		
Grieta en el terminado	294,734	10.83%	✓	✓		
Cuerpo hundido	164,740	6.05%	✓	✓	✓	
Terminado rajado	138,548	5.09%	✓	✓	✓	
Envase inestable	67,595	2.48%	✓	✓	✓	
Grieta en el cuello	59,585	2.19%	✓	✓	✓	
Terminado deforme	54,768	2.01%	✓	✓		
Total	1,137,088	41.79%				

La Tabla 93 expone los tipos de defecto por una mala calibración realizada y la Tabla 94 indica la cantidad de defectos asociados a las calibraciones realizadas de forma inadecuada.

4.3.3.5. Justificación causa 5: Falta registros de inspección

Según el estudio de la operación de las inspecciones, cada vez que se corrige un defecto se borra de la pizarra donde se registró. Asimismo, falta un seguimiento de los registros de las variables críticas de operación de la máquina formadora.

4.3.3.6. Justificación causa 5: Falta de entrenamiento

Si bien es cierto que existe un programa de capacitaciones de manera general para la empresa, no se ha dado prioridad en establecer un plan de entrenamiento para la mejora de las habilidades técnicas de los operarios que participan en el proceso de formación

4.3.3. Análisis 5 Why's

Se hace uso de esta herramienta para evaluar cada una de las causas identificadas por el grupo de colaboradores de la empresa que participan en la investigación a fin de proponer una posible solución al problema.

Tabla 94: 5 Por qué – Falla detección de defectos en zona caliente

Causa: No detección de los defectos de forma temprana		
Nro.	¿Por qué?	Respuesta
1	¿Por qué no falla la detección de defectos en la zona caliente?	Porque se toman pocas muestras en la primera producción
2	¿Por qué se toman pocas muestras en la primera producción?	Porque se realizan pocas inspecciones en la zona caliente
3	¿Por qué se realizan pocas inspecciones en la zona caliente?	Porque las inspecciones son consideradas el cuello botella y todas las actividades se hacen con premura sin ser demasiado minuciosos en los detalles
4	¿Por qué las inspecciones son consideradas el cuello botella y todas las actividades se hacen con premura sin ser demasiado minuciosos en los detalles?	Porque los operarios se confían de que los defectos no detectados serán detectados por las máquinas automáticas
5	¿Por qué se confía de que los defectos no detectados serán detectados por las máquinas automáticas?	Porque existe exceso de confianza y falta de sensibilización de la importancia de su correcto trabajo

Propuesta de solución: realizar una “certificación de inspecciones” considerando más inspecciones en zona caliente. Además, realizar una capacitación al personal sobre la correcta verificación de las secciones, una inspección visual y una inspección con herramienta pasa no pasa.

Tabla 95: 5 Por qué – Equipo de moldura en mal estado

Causa: Equipo de moldura en mal estado		
Nro.	¿Por qué?	Respuesta
1	¿Por qué el equipo de moldura está en mal estado?	Porque no se ha realizado una buena reparación
2	¿Por qué no se ha realizado una buena reparación?	Porque no se ha hecho una buena inspección del estado de la pieza de moldura
3	¿Por qué no se ha hecho una buena inspección del estado de la pieza de moldura?	Porque el personal solo consideró realizar la limpieza de la pieza y no optó por la reparación
4	¿Por qué el personal solo consideró realizar la limpieza de la pieza y no optó por la reparación?	Porque no se verificó el tiempo de vida útil de la pieza de moldura
5	¿Por qué no se verificó el tiempo de vida útil de la pieza de moldura?	Porque no se ha hecho un seguimiento adecuado a la vida útil de los equipos de moldura

Propuesta de solución: realizar un seguimiento adecuado de la vida útil de los equipos de moldura. Además, cambiar el proceso actual. La actividad de limpieza y reparación debe hacerse una vez que se ha concluido la producción de un tipo de envase en el proceso de formación.

Tabla 96: 5 Por qué – Equipo variable en mal estado

Causa: Equipo variable en mal estado		
Nro.	¿Por qué?	Respuesta
1	¿Por qué el equipo variable está en mal estado?	Porque se trabaja con un equipo variable que ha sufrido un desgaste natural en los últimos años
2	¿Por qué se trabaja con un equipo variable que ha sufrido un desgaste natural en los últimos 6 años?	Porque no se ha considerado la reparación o reemplazo del equipo variable
3	¿Por qué no se ha considerado la reparación o reemplazo del equipo variable?	Porque no se ha realizado una medición y registro del estado del equipo variable que indique su correcta operatividad
4	¿Por qué no se tenía una medición y registro del estado del equipo variable que indique que ya no funciona correctamente?	Porque no se ha considerado realizar una certificación (revisión de conformidad) del equipo variable
5	¿Por qué no se ha realizado una certificación (revisión de conformidad) del equipo variable?	Porque solo se conforman con realizar las actividades de calibración del equipo variable

El equipo variable está conformado por los mecanismos en donde se montan las piezas de moldura y por lo tanto es necesario que se encuentre en buen estado

Las calibraciones que se realizan no tendrán efecto si se opera con un equipo variable en mal estado y generará muchos defectos.

En la actualidad, los operadores optan por evitar el cambio de pieza de un equipo variable y rara vez lo hacen, dado que requiere una cierta cantidad de tiempo. El trabajo que se realiza es mejorar la sincronización de las piezas mediante la calibración. Sin embargo, al no atacar de manera directa, se presentarán defectos y retrabajos futuros

Propuesta de solución: realizar la certificación del equipo variable. Es decir, verificar y confirmar las condiciones óptimas del equipo variable antes de que ingrese a una etapa de producción.

Tabla 97: 5 Por qué – Calibraciones inadecuadas

Causa: Calibraciones inadecuadas		
Nro.	¿Por qué?	Respuesta
1	¿Por qué se realizan calibraciones inadecuadas?	Porque no se están realizando calibraciones muy precisas sobre ciertos mecanismos
2	¿Por qué no se están realizando calibraciones muy precisas sobre ciertos mecanismos?	Porque no se considera realizar más mediciones y ajustes para garantizar la buena calibración
3	¿Por qué no se considera realizar más mediciones y ajustes para garantizar la buena calibración?	Porque las calibraciones de ese tipo requieren mayor tiempo en la realización y se quiere evitar tener la máquina parada por mucho tiempo
4	¿Por qué las calibraciones de ese tipo requieren mayor tiempo en la realización y se quiere evitar tener la máquina parada por mucho tiempo?	Porque los operarios no tienen un completo conocimiento de estas actividades y se quiere evitar la disminución de la eficiencia
5	¿Por qué los operarios no tienen un completo conocimiento de estas actividades y se quiere evitar la disminución de la eficiencia?	Porque hay una falta de capacitación sobre la correcta calibración de mecanismos

Las calibraciones están a cargo de la pareja de trabajo y requiere un alto grado de expertiz y el uso de calibradores con el objetivo de que el rango de tolerancias esté dentro de las especificaciones.

Algunos mecanismos requieren calibraciones muy precisas para que no generen defectos en los envases producidos. Los principales mecanismos que tienen este requerimiento son el mecanismo de pinzas, el llevador de boquilleras, la sopladora y la altura de mecanismo del fondo.

Propuesta de solución: capacitar a los operarios e inspectores sobre la correcta calibración de los mecanismos

Para el caso de la Tabla 99, la Propuesta de solución está relacionada a la designación de una persona responsable del programa de capacitaciones y que se ejecute de manera correcta haciendo el seguimiento y control del resultado del entrenamiento de los operadores.

Tabla 98: 5 Por qué – Falta de entrenamiento del personal

Causa: Falta de entrenamiento del personal		
Nro.	¿Por qué?	Respuesta
1	¿Por qué hay una falta de entrenamiento del personal?	Porque no se están realizando actividades de capacitación o formación al personal
2	¿Por qué no se están realizando actividades de capacitación o formación al personal?	Porque no se ha podido coordinar con los supervisores y operarios ya que trabajan en horarios rotativos y no cuentan con la planificación de horas extras para cubrir las actividades mientras no estén en producción
3	¿Por qué no se ha podido coordinar con los supervisores y operarios ya que trabajan en horarios rotativos y no cuentan con la planificación de horas extras para cubrir las actividades mientras no estén en producción?	Porque no se ha establecido un plan anual técnico de capacitación
4	¿Por qué no se ha establecido un plan anual técnico de capacitación?	Porque no se ha asignado al personal líder que coordine, ejecute y haga seguimiento de las actividades de entrenamiento
5	¿Por qué no se ha asignado al personal líder que coordine, ejecute y haga seguimiento de las actividades de entrenamiento?	Porque no se le ha dado la importancia debida a la gestión del personal y solo se han enfocado en la producción

Tabla 99: 5 Por qué – Pocos registros de inspección

Causa: Pocos registros de inspección		
Nro.	¿Por qué?	Respuesta
1	¿Por qué hay pocos registros de revisiones realizadas?	Porque se borran los registros de hallazgos una vez solucionada la incidencia
2	¿Por qué se borran los registros de hallazgos una vez solucionada la incidencia?	Porque se registran en una pizarra y se debe registrar los nuevos hallazgos encontrados
3	¿Por qué se registran en una pizarra y se debe registrar los nuevos hallazgos encontrados?	Porque es más fácil anotar las incidencias con el uso de un plumón sin guardar registros
4	¿Por qué es más fácil anotar las incidencias con el uso de un plumón sin guardar registros?	Porque así se ha trabajado desde el inicio y no se ha decidido cambiar el método
5	¿Por qué así se ha trabajado desde el inicio y no se ha decidido cambiar el estilo?	Por la alta resistencia al cambio de los operadores que están en su zona de confort

Propuesta de solución: implementar un formato de inspecciones para que los operadores puedan registrar los defectos encontrados en la zona caliente.

4.4. FASE MEJORAR

Se realiza un plan para mejorar las 6 causas raíces asociados a los problemas encontrados. Para ello, se recopila la información mediante un Gembutsu Gemba o 5 Why's para conocer la raíz del problema.

4.4.1. MEJORA I: Aplicado a las inspecciones

4.4.1.1. Implementación de las 5'S

El objetivo de este método es mejorar la forma de trabajo de los operarios en las actividades relacionadas al cambio de formación y con ello lograr una mejor organización del área de trabajo.

Tabla 100: Herramientas de inspección

Material	Descripción
Pequeñas herramientas para calibrar y corregir defectos	Pequeños dispositivos que sirven para las calibraciones, ajustes y corrección de defectos. Los responsables de esta actividad son los especialistas
EPP	Incluye tapones auditivos, casco, botas punta acero, lentes de seguridad, guantes, camisa y pantalón de manga larga. Es obligatorio usarlo en todo momento
Mesa de trabajo	Lugar donde se lleva a cabo la inspección de los envases de vidrio y se trabaja para dar solución a los defectos
Pasa no pasa	Herramienta para verificar si las dimensiones de la boca del envase es adecuada. Si no se realiza de forma correcta, la rosca del envase no entrará de forma correcta
Pizarra	Lugar en donde se anotan todos los defectos encontrados. Una vez que se soluciona y se corrige el error, la pizarra es borrada eliminando el registro del defecto.
Plumones	Material para registrar los defectos en pizarra
Tenazas de fierro	Herramienta para la manipulación del envase de vidrio a altas temperaturas
Tornamesa	Superficie giratoria de metal en donde se colocan los envases para observar con mayor claridad las características del envase por todos sus ángulos.

Implementación de clasificar “Seiri”

El objetivo del “seiri” es retirar de la zona de trabajo todo objeto que no es necesario para el trabajo.

En primer lugar se identifica los materiales que solo son usados durante el cambio de formato. En la revisión preliminar, se identifica que todos los materiales son usados durante el cambio y que no hay objetos innecesarios. Sin embargo, al concluir la fase de cambio de formato, todas las herramientas usadas son guardadas en diferentes áreas y algunas, como el caso de la pizarra, se guarda en cualquier lugar.

La pinza y la mesa de trabajo se mantienen siempre en el lugar definido en la zona caliente. Son los únicos materiales que no serán trasladados a otro lugar de trabajo.

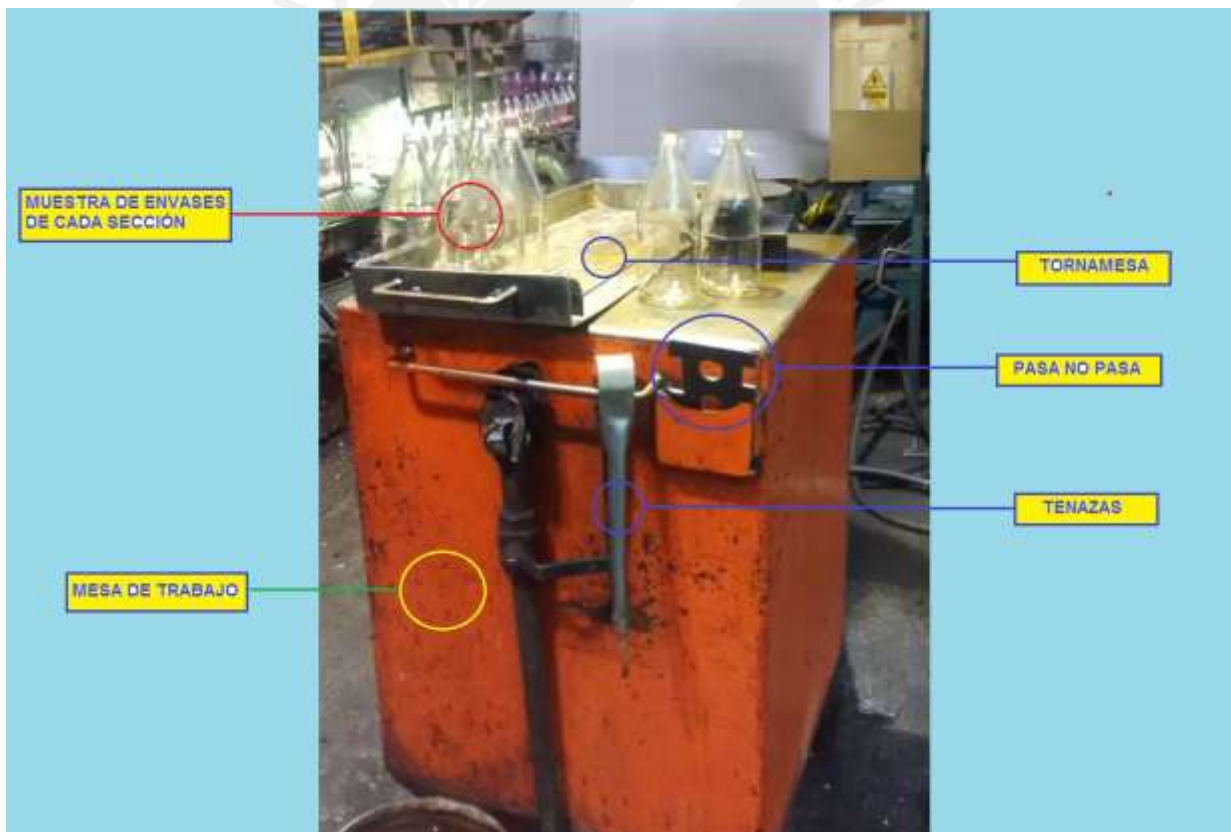


Figura 69: Identificación de la ubicación de las herramientas en la zona caliente

Se realiza una revisión de la necesidad de los materiales que intervienen en la inspección en la zona caliente. El objetivo es quedarse con lo necesario y retirar todo material que no es necesario para la serie de inspecciones

Tabla 101: Ubicación de las herramientas de inspección

Material	Ubicación
Pequeñas herramientas para calibrar y corregir defectos	Las herramientas se encuentran en una maleta que es transportada por el grupo de especialistas y son usadas en la misma zona caliente.
EPP	Siempre está en la zona. Todo colaborador de la empresa dentro de la zona de trabajo debe portar los EPP dada las condiciones de altas temperaturas y niveles de ruido elevados producido por las máquinas.
Mesa de trabajo	Se encuentra en la zona caliente. Está a una distancia próxima a las piezas de premoldes y moldes, puesto que es más fácil retirar los envases al inicio de la producción. Los envases se depositan ahí hasta que los defectos se corrigen.
Pasa no pasa	La herramienta se encuentra guardada en el área de control de calidad. En cada cambio de formato se traslada a la zona de trabajo. Una vez culminada la fase de cambio de formato se regresa al área de control de calidad.
Pizarra	Está en la zona caliente. Está cerca de la mesa de trabajo durante el cambio de formato y luego se guarda en cualquier esquina de la zona de trabajo ya que no hay un lugar específico para guardarla.
Plumones	Se encuentran en el área de control de calidad y es llevado a la zona de trabajo en conjunto con la pizarra que está en la misma zona.
Tenazas de fierro	Está ubicada en un gancho que se encuentra en la mesa de trabajo. Además, su posición no cambia dado que se puede requerir en cualquier momento el retiro de un envase ya sea en la fase cambio de formato o fase estabilización
Tornamesa	Esta pieza giratoria se encuentra fijada en la mesa de trabajo. Es la superficie donde se colocan los envases.

Antes de la aplicación de las 5's, es necesario mencionar que por lo general se generan 2 a 3 cambios de formato por semana, los días de cambio de formato es en donde se mueven la mayor cantidad de piezas a la zona de trabajo. La Figura 70 muestra la pizarra donde se registran todas las incidencias encontradas cuando se realizan las inspecciones a los envases.

REFERENCIA: E30-243 TERMINADO: 29-NOV-19 VELOCIDAD: 300 PESO: 157 kg TI: 12.30											
SECCIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TEMPO PERDIDOS
AD			14				16	26		12	1
AF			13		5	13	23	19	11		2
REVISOR	S. GONZALEZ		S. GONZALEZ		S. GONZALEZ		S. GONZALEZ		S. GONZALEZ		
MODE	GUILHERMO		CARLOS		SANTOS		ELIAS		FELIX		
EL											
DEFECTOR POR SECCION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

Figura 70: Pizarra donde se registran y borran los defectos encontrados en inspección

Implementación de ordenar “Seiton”

Para la implementación de esta etapa se seguirán las siguientes actividades:

- A. Hacer una lista de materiales a ordenar

Los materiales a ordenar son los que son movibles e intervienen en la inspección en la zona caliente:

- Herramienta pasa no pasa
- Tenazas
- Plumones y borrador de pizarra
- Pizarra (en la actualidad, no tiene lugar definido para el guardado)

- B. Establecer el tipo de mueble en donde se colocarán los materiales

Luego de identificar y clasificar los materiales, se debe ordenar los materiales en un lugar específico. Por ello, una propuesta es contar con un estante con contenedores para herramientas, las cuales serán usadas durante la fase del cambio de referencia y la fase de estabilización. Cada contenedor deberá contar con una etiqueta que identifique que tipo de objeto se debe almacenar ahí. Además, el estante debe ser movible y debe contar con un sujetador en su espalda para que la pizarra pueda ser colocada. Con ello, se evita el desplazamiento innecesario para reunir todas las herramientas necesarias en el proceso.

C. Establecimiento de código, color y nombre para cada material que existe en el área.

Las etiquetas que serán colocados para distinguir los contenedores serán 4: pasa no pasa, (ordenados por tipo y clasificación), tenazas, plumones, borrador de pizarra y la pizarra que irá sujeta en la espalda del estante.

D. Establecimiento del lugar de colocación de materiales por la frecuencia de uso

Se debe establecer el lugar donde se ubicará los materiales necesarios que están ordenados y guardados en el estante. Por ello, el lugar propuesto es el área de control de calidad aprovechando las ruedas del estante que facilita su movilidad.

En el caso de que la herramienta se use con mucha frecuencia, se puede colocar en el sujetador de la misma mesa de trabajo como es el caso de las tenazas.

E. Colocación de materiales en lugar visible

Durante el cambio de referencia, el estante con los materiales se encontrarán al lado de la mesa de trabajo en la zona caliente.

Implementación de limpiar “Seiso”

Dada la magnitud del trabajo de producción, la zona caliente puede estar frecuentemente con desperdicios de fluidos de las máquinas o grasa en la vestimenta de los operarios.

Con el levantamiento de información, se tiene en conocimiento que no se han definido fechas y horas exactas en donde se debe realizar la limpieza de la zona caliente. Por ello, se ha considerado una hora para la realización de las actividades de limpieza. La Tabla 103 expone un modelo de cronograma de las horas en las que se realizará la limpieza la cual será ejecutada por los operarios.

Tabla 102: Establecimiento de turnos de limpieza

Turno	Hora inicio	Hora fin
Mañana	06:00 a.m.	06:10 a.m.
Tarde	02:00 p.m.	02:10 p.m.
Noche	10:00 p.m.	10:10 p.m.

Además, en el área de estudio, no se identificó un depósito o tacho para los desperdicios de producción que no son los cascos de vidrio. En el caso de los cascos, estos son acumulados en un balde para luego de ser revisados. Una vez inspeccionados los cascos, la cantidad aprobada regresará al proceso de inspección.

Es recomendable realizar un control del cumplimiento de las horas designadas para la limpieza, así como controlar que las herramientas de trabajo deben encontrarse en el área de trabajo, en el contenedor que le corresponde. Esta actividad debe verificarse cada vez que concluya el turno de un operario. La actividad del control permitirá difundir la importancia de la limpieza dentro de la zona de trabajo en beneficio de los operarios.

Implementación de estandarizar y mantener “Seiketsu”

Para esta etapa, se establecerá un procedimiento de obtención y guardado de materiales para mantener el trabajo alcanzado con las primeras 3 “s”. Para ello, se deberá promover la participación de los operarios en las actividades de limpieza. Esto debe ir de la mano en la estandarización de sus funciones, puesto que el objetivo es evitar el desorden del día a día que se genera producto de las labores asignadas.

Por otro lado, se buscará difundir y asegurarse de que los participantes que participan en el cambio de formato conozcan los materiales de trabajo y su ubicación. Por ello, se colocarán fotos del sitio de trabajo en buenas condiciones.

Además, para asegurar el mantenimiento se deben establecer normas y hacer un seguimiento inicial a través de un registro del cumplimiento de las actividades. Es decir, se deben establecer las actividades necesarias para formar la disciplina entre los participantes sobre la nueva forma de trabajo. Por ello, se creará un formato de seguimiento de las “5’s”, la cual se puede observar en la Figura 70.

Figura 71: Formato de seguimiento de las 5's

Formato de seguimiento de 5'S		
Fecha:	Operador	
Hora	
Turno:	
Línea:	
Actividades	Si cumple	No cumple
Estante en lugar establecido		
Materiales en lugar asignado		
Mesa trabajo limpia		
Superficie sin derrames		
Máquina formadora limpia		
Desechos descartados en tacho		

Además, se realiza un seguimiento a través de un indicador para verificar el grado de mejora que se ha obtenido. En ejemplo, se verificará la mejora del bienestar del personal al mantener limpio su área de trabajo y la disminución de accidentes de trabajo o la mitigación de riesgos.

Implementación de Disciplina “Shitzuke”

En esta fase se busca crear hábitos basados en las primera “4s”. Se deben crear las condiciones para fomentar el hábito. Por ello, se debe hacer seguimiento de normas y reglas definidas. Esto es posible con los controles periódicos y el respeto por los mismos operadores y sus compañeros de equipo en mantener un lugar de trabajo limpio y ordenado.

La formación de la disciplina deberá ser fomentada con incentivos y se evitará la aplicación de castigos por algún no cumplimiento de alguna norma. Para este último caso se recurrirá a la capacitación.

El uso del registro de seguimiento se usará hasta que se observe la no necesidad del mismo, mediante el cumplimiento constante de las 3 primeras “s” por parte de los operarios. Es decir, se ha establecido la conducta disciplinaria sobre las 5's.

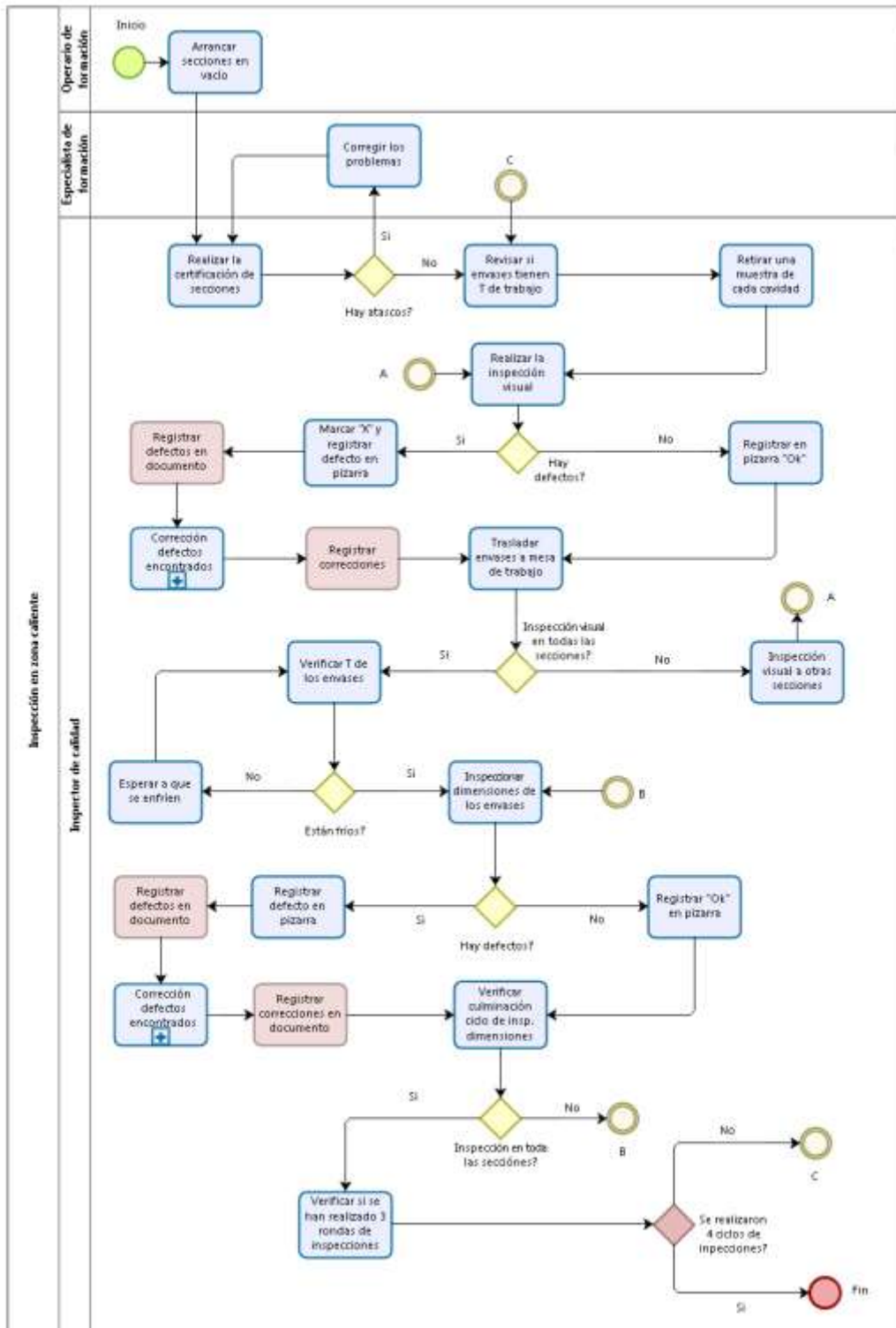


Figura 72: Flujo propuesto Inspecciones en zona caliente

La Figura 72 expone el diagrama de flujo mejorado con las siguientes modificaciones:

- Inclusión de las actividades de registro de defectos en la zona caliente (resaltado en coloración roja).
- Inclusión de las actividades de registro de las correcciones en la zona caliente (resaltado en coloración roja).

El éxito de la implementación de las 5s proviene de la misma autodisciplina de los trabajadores, todo esto a partir de la aceptación de ellos mismos a las normas y la nueva forma de trabajo propuesta. La responsabilidad asumida llevará a mantener el sistema de las 5's.

El flujo To Be (situación propuesta) presentado incluye responsabilidades nuevas para mejorar las inspecciones en zona caliente.

La mejora propuesta en las inspecciones de la zona caliente está orientada en incrementar más muestras e inspecciones a las 3 actuales que se realizan.

Por análisis de costos y tiempos que podrían incurrir en la adición de varias inspecciones al proceso actual, se ha determinado incluir una inspección adicional a la zona caliente. Es decir, se deberían realizar 4 inspecciones.





El mayor detalle de la mejora se presenta en el la Tabla 104 que expone el Diagrama de Actividades del Proceso.

Tabla 103: DAP mejorado inspecciones en zona caliente

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESOS			
Área de trabajo <i>Zona caliente</i>	Elaborado por <i>Analista Procesos</i>	Revisado por <i>Coordinador Cambios</i>	Aprobado por <i>Coordinador Línea A2</i>
Nombre de operación	<i>Inspecciones</i>	<i>Inicio</i>	Arranque de secciones
Código del procedimiento	<i>PR_01_T</i>	<i>Fin</i>	Desactivación del rechazo
Responsable de revisión	<i>LN A2</i>	<i>LINEA A2</i>	

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Control	Traslado	Demora	Archivo	Tiempo (min)	OBS
1	Certificación: verificación de que la sección trabaje sin atascos	○	■	➡	⊖	▽	2.9	
2	Ajuste de velocidad, tiempos y calibraciones para mantener las secciones sin atascos (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	4.47	
3	Registro de defectos encontrados	●	□	➡	⊖	▽	0.5	
4	Espera en producción para que moldura llegue a T de trabajo	○	□	➡	●	▽	2	2
5	1ra Inspección visual en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	0.87	
6	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	4.58	
7	Registro de defectos encontrados	●	□	➡	⊖	▽	1	
8	1ra Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	0.91	
9	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	3.86	
10	Registro de defectos encontrados	●	□	➡	⊖	▽	1	
11	2da Inspección visual en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	1.18	
12	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	5.31	
13	Registro de defectos encontrados	●	□	➡	⊖	▽	1	
14	2da Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	2.39	
15	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	4.57	
16	Registro de defectos encontrados	●	□	➡	⊖	▽	1	
17	3ra Inspección visual en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	4.27	
18	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	3.5	
19	Registro de defectos encontrados	●	□	➡	⊖	▽	1	
20	3ra Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	3.15	
21	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	2.5	
22	Registro de defectos encontrados	●	□	➡	⊖	▽	1	
23	4ta Inspección visual en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	2.5	
24	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	1	
25	Registro de defectos encontrados u ok en la pizarra	●	□	➡	⊖	▽	1	
26	4ta Inspección de las dimensiones con dispositivo pasa no pasa en zona caliente y registro en pizarra	○	■	➡	⊖	▽	2.5	
27	Corrección de las cavidades defectuosas (MUDA)	●	□	➡	⊖	▽	1	
28	Registro de defectos encontrados u ok en la pizarra	●	□	➡	⊖	▽	1	
29	Desactivación del rechazo para que los envases de las cavidades conformes continúen el flujo hacia el archa	●	□	➡	⊖	▽	0.5	FIN
		39.79	20.67	0	2	-	62.46	

Tabla 104: Resumen del DAP inspecciones en zona caliente

Actividad	Símbolo	N°	Tiempo	%	
Operación normal		10	9	14.4%	MUDA 52.5%
Operación reproceso		9	30.79	49.3%	
Demora		1	2	3.2%	
Inspecciones		7	20.67	33.1%	
Total		27	62.46	100.0%	

Según Tabla 104, el tiempo total de las actividades destinadas a la inspección se ha reducido de 89.46 a 62.46 minutos y la muda se ha reducido del 81.9% al 52.5% del tiempo total (Tabla 105). Los tiempos improductivos se han logrado reducir puesto que eran en su mayoría tiempos que no agregaban valor. Además, parte del ahorro del tiempo es invertido en la realización de la cuarta inspección en zona caliente. Con ello, se busca detectar la mayor cantidad de defectos antes que los envases con defectos lleguen a las máquinas automáticas.

4.4.2. MEJORA II: Certificación del equipo variable

La mejora propuesta incluir la verificación del buen estado del equipo variable antes del inicio de un tipo de envase nuevo en la producción. Por ejemplo, si se quiere producir un tipo de envase A, incluir la actividad dentro de la producción del envase B, el cual se debe estar produciendo.

La verificación del equipo variable puede hacerse a la misma vez que se realiza la verificación de que los equipos de moldura, pero se debe evaluar el impacto en los tiempos de preparación. Por ello, se recurre al uso de la herramienta SMED.

4.4.2.1. SMED

El SMED o Single Minute Exchange of Die tiene como objetivo disminuir el tiempo de cambio o preparación en el inicio de un nuevo tipo de envase, lo que permite incrementar la capacidad de producción.

En el caso estudio, si el tiempo de cambio es menor, la eficiencia de formación será mucho mayor.

$$\text{Tiempo de preparación} = t \text{ operaciones internas} + t \text{ operaciones externas}$$



Figura 73: Esquema tiempo de preparación

Pasos

1. Realizar las 5S
2. Gembutsu Gemba
3. Identificar las operaciones internas y externas
4. Convertir las operaciones internas en externas
5. Reducir el tiempo de las operaciones internas

Paso 1: Implementar las 5S

La implementación de las 5S en la propuesta anterior ayudará a organizar el área de trabajo. Por ello, se seguirá el modelo anterior aplicado a las inspecciones con la finalidad de ordenar el área de trabajo.

Paso 2: Gembutsu Gemba

El objetivo del Gemba es identificar las operaciones así como el tiempo de cada una de ellas. Además, es importante conversar con el personal para conocer su punto de vista del proceso.

La Tabla 106 muestra un ejemplo de la identificación de las operaciones asociadas a la preparación de la máquina IS y los tiempos asociados a un tipo de producción A y un tipo de producción B.

Tabla 105: Identificación de las operaciones asociadas a la preparación de la máquina IS

Fase	Producción de B		Producción A
	Tiempo principal (min)	Tiempo paralelo (min)	Tiempo ope externa (min)
Actividades de B en producción de envase de tipo "A"	-	-	20
Parada e inicio de preparación para producción tipo "B"	5.1	-	-
Cambio de piezas lado premolde (envase "B")	-	29.5	-
Cambio de piezas lado molde (envase "B")	40	-	-
Mantenimiento programado	-	20	-
Actividades pre-arranque (envase "B")	22	-	-
Arranque e inicio de producción del tipo de envase "B"	8.5	-	-
Tiempo de preparación	75.6	49.5	20

El tiempo total de preparación es de 75.6 minutos (Tabla 106). El tiempo de operación externa en la producción del tipo de envase A es de 20 minutos.

El tiempo total determinado incluye actividades previas que se realizan antes de la parada de la máquina anticipándose a la nueva producción. Además, el cambio de piezas de lado premolde y la ejecución del mantenimiento programado se hace en paralelo al cambio de las piezas del lado molde. Por ello, el tiempo de ambas actividades realizadas en paralelo, no suman en el total del tiempo de preparación de la máquina.

La suma de las actividades previas y/o o en paralelo de la preparación de la producción es de 69.5 min, valor muy cercano al tiempo real de preparación.

La Tabla 107 muestra las actividades de preparación y los tiempos destinados a la producción de un envase de vidrio

Tabla 106: Identificación de las actividades de preparación

Nro.	DESCRIPCION	Tiempo (min)	Tiempo paralelo	Fase	
1	Verificación de que los equipos de moldura están listos y los premoldes precalentados (en la mejora incluir al equipo variable)	-	20	Producción de envase de tipo "A"	
2	Parada de la máquina e inicio labor parejas de cambio	0.1		Parada para producción tipo B	
3	Traslado equipo variable y equipo de moldura a la máquina	5			
4	Colocación de la sección en modo manual (Lado Premolde)	-	1	Cambio de las piezas y calibración lado premolde. (Se realiza en paralelo al cambio de piezas de lado molde)	
5	Colocación de las trabas en la sección (Lado Premolde)	-	0.5		
6	Retiro de los Lado Premoldes y los machos con sus espaciadores (Lado Premolde)	-	2		
7	Retiro del llevador de Lado Premoldes (Lado Premolde)	-	4		
8	Colocación el llevador de Lado Premoldes (Lado Premolde)	-	8		
9	Cambio de las torres de ventilación (Lado Premolde)	-	5		
10	Colocación de los machos y sus espaciadores (Lado Premolde)	-	5		
11	Calibración de tapas con Lado Premoldes fríos (Lado Premolde)	-	4		
12	Retiro de los Lado Moldes y los fondos (Lado Moldes)	5			Cambio de piezas y calibración lado molde
13	Retiro de las sopladoras (Lado Moldes)	1			
14	Retirar el llevador de Lado Moldes (Lado Moldes)	4			
15	Cambio de las torres de ventilación (Lado Moldes)	5			
16	Colocación de llevador de Lado Moldes (Lado Moldes)	4			
17	Colocación de fondos y Lado Moldes (Lado Moldes)	5			
18	Calibración de la altura de fondos (Lado Moldes)	3			
19	Colocación de las sopladoras (Lado Moldes)	2			
20	Calibración del brazo de sopladoras (Lado Moldes)	3			
21	Calibración y centrado de las pizas (Lado Moldes)	8			
22	Ejecución del mantenimiento programado		20	Actividad paralela al cambio lado molde	
23	Configuración de la velocidad de la máquina, los tiempos (activación y desactivación), las presiones de operación y se da peso a la gota	2.5		Actividades del pre-arranque para envase tipo B	
24	Acondicionamiento de la temperatura de vidrio	15			
25	Colocación del ángulo de los barredores (configuración de equipos de manejo)	2.5			
26	Ajuste de la velocidad de todos los mecanismos	0.5			
27	Colocación de premoldes calentados	1.5			
28	Arranque de las secciones en vacío y regulación de velocidades de mecanismos	3		Arranque e Inicio producción del tipo de envase "B"	
29	Corte del flujo de vidrio y formado de la gota	5			
30	Cargado de vidrio en las secciones y producción de primeros envases	0.5			
	Tiempo total	75.6	69.5		

El tiempo total registrado es 75.6 min para la preparación antes de la producción de un tipo de envase de vidrio con 69.5 min de tiempo de las actividades en paralelo.

Paso 3: Identificar las operaciones internas y externas

Tabla 107: Identificación de actividades internas y externas

Nro.	DESCRIPCION	Tiempo (min)	Tiempo paralelo	Operación interna	Operación externa
1	Verificación de que los equipos de moldura están listos y los premoldes precalentados	-	20		✓
2	Parada de la máquina e inicio labor parejas de cambio	0.1		✓	
3	Traslado equipo variable y equipo de moldura a la máquina	5		✓	
4	Colocación de la sección en modo manual (Lado Premolde)	-	1	✓	
5	Colocación de las trabas en la sección (Lado Premolde)	-	0.5	✓	
6	Retiro de los Lado Premoldes y los machos con sus espaciadores (Lado Premolde)	-	2	✓	
7	Retiro del llevador de Lado Premoldes (Lado Premolde)	-	4	✓	
8	Colocación el llevador de Lado Premoldes (Lado Premolde)	-	8	✓	
9	Cambio de las torres de ventilación (Lado Premolde)	-	5	✓	
10	Colocación de los machos y sus espaciadores (Lado Premolde)	-	5	✓	
11	Calibración de tapas con Lado Premoldes fríos (Lado Premolde)	-	4	✓	
12	Retiro de los Lado Moldes y los fondos (Lado Moldes)	5		✓	
13	Retiro de las sopladoras (Lado Moldes)	1		✓	
14	Retirar el llevador de Lado Moldes (Lado Moldes)	4		✓	
15	Cambio de las torres de ventilación (Lado Moldes)	5		✓	
16	Colocación de llevador de Lado Moldes (Lado Moldes)	4		✓	
17	Colocación de fondos y Lado Moldes (Lado Moldes)	5		✓	
18	Calibración de la altura de fondos (Lado Moldes)	3		✓	
19	Colocación de las sopladoras (Lado Moldes)	2		✓	
20	Calibración del brazo de sopladoras (Lado Moldes)	3		✓	
21	Calibración y centrado de las pizas (Lado Moldes)	8		✓	
22	Ejecución del mantenimiento programado		20	✓	
23	Configuración de la velocidad de la máquina, los tiempos (activación y desactivación), las presiones de operación y se da peso a la gota	2.5		✓	
24	Acondicionamiento de la temperatura de vidrio	15		✓	
25	Colocación del ángulo de los barredores (configuración de equipos de manejo)	2.5		✓	
26	Ajuste de la velocidad de todos los mecanismos	0.5		✓	
27	Colocación de premoldes calentados	1.5		✓	
28	Arranque de las secciones en vacío y regulación de velocidades de mecanismos	3			✓
29	Corte del flujo de vidrio y formado de la gota	5			✓
30	Cargado de vidrio en las secciones y producción de primeros envases	0.5			✓
	Tiempo total (min)	75.6	69.5		
	Cantidad de operaciones internas y externas respectivamente			26	4

Las actividades internas son aquellas que se realizan a máquina parada y las actividades externas son las que se realizan cuando la máquina está produciendo envases de vidrio.

El tiempo actual de las operaciones internas (a máquina parada) es de 75.6 min

Según la Tabla 108, se identifican 26 actividades internas y 4 externas.

Paso 4: Convertir las operaciones internas en externas

Una vez que se tienen identificadas las operaciones, se debe tratar de convertir las operaciones internas (a máquina parada) en externas, para con ello contribuir al incremento de la producción

En este punto se presenta la mejora de la “certificación del equipo variable”. Esta actividad puede ser interna o externa. Para mejorar, la actividad se considerará externa. Es decir, se debe realizar antes de para la máquina, en paralelo con el proceso anterior de producción, para no incrementar los tiempos de preparación del nuevo tipo de envase. Por otro lado, se observa que la actividad 3 “Traslado de equipo variable y equipo de moldura a la máquina” puede ser una actividad externa. Se realiza el cambio de tipo de operación.

Tabla 108: Inclusión y migración de operaciones internas en externas

Fase	T interno		T externo
	Tiempo principal (min)	Tiempo paralelo (min)	Tiempo ope externa (min)
Actividades de B en producción de envase de tipo "A"	-		20
Certificación del equipo variable			20
Traslado equipo variable y equipo de moldura a la máquina			5
Parada de la máquina	0.1	-	
Cambio de piezas lado premolde (envase "B")	-	29.5	
Cambio de piezas lado molde (envase "B")	40	-	
Mantenimiento programado	-	20	
Actividades pre-arranque (envase "B")	22	-	
Arranque e inicio de producción del tipo de envase "B"	8.5	-	
Tiempo de preparación interna	70.6	49.5	45

En esta etapa se ha logrado reducir el tiempo de preparación interna de 75.6 minutos a 70.6 minutos. Además se incluye la actividad de la certificación de las secciones.

Paso 5: Reducir el tiempo de las operaciones internas

Se ha identificado que algunas actividades pueden realizarse en paralelo con la operación de cambio y calibración en la zona molde. Es en este punto donde la actividad no considerada de la certificación del equipo variable se incluye en el flujo propuesto. Sin embargo, será una actividad paralela al flujo de producción de otro tipo de envase sin afectar el tiempo de producción del nuevo tipo de envase.

El tiempo de preparación interna a máquina parada con esta mejora se ha reducido de 75.6 a 70.6. Además, en la mejora se está incluyendo la verificación del equipo variable, el cual toma un promedio de 20 minutos y que ayudará a reducir el nivel de defectos que actualmente se genera.

4.4.3. MEJORA III: Verificación del tiempo de vida del equipo de moldura y cambio del proceso de reparación de piezas

El proceso mejorado implica limpiar y reparar una vez terminada la producción de un tipo de envase y no esperar a que se realice cuando se requiere el equipo de moldura para la producción de un nuevo tipo de envase.





Por otro lado, se propone incluir registro de seguimiento de la vida útil del equipo de moldura

Tabla 109: DAP proceso mejorado de la reparación equipos de moldura

DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROCESOS			
Área de trabajo Moldes	Elaborado por Analista Procesos	Revisado por Coordinador de moldes	Aprobado por Coordinador Línea A2
Nombre de operación	Reparación de piezas	Inicio	Recepción de moldura de formación
Código del procedimiento	PR_02_T	Fin	Entrega de molduras a almacén
Responsable de revisión	LN	LINEA A2	

Pasos	DESCRIPCION	Operación	Control	Traslado	Demora	Archivo	Tiempo (min)	OBS
1	Recepción de equipos de moldura de personal de formación	●	□	➡	D	▽	0.50	-
2	Llevar pieza a zona de trabajo	○	□	➡	D	▽	0.78	-
3	Revisar y actualizar reporte de tiempo de vida de piezas de moldura	●	□	➡	D	▽	10.00	-
4	Inspeccionar si pieza requiere limpieza	○	■	➡	D	▽	0.60	-
5	Esperar a que horno llegue a 250°C	○	□	➡	D	▽	1.00	-
6	Colocar pieza en el horno	●	□	➡	D	▽	0.31	-
7	Calentar pieza y esperar a que seque la grasa	●	□	➡	D	▽	40.00	-
8	Retirar piezas del horno	●	□	➡	D	▽	0.32	-
9	Colocar pieza en el enfriador	●	□	➡	D	▽	0.16	-
10	Esperar el enfriado de pieza	○	□	➡	D	▽	13.36	-
11	Colocar piezas en lavadora	●	□	➡	D	▽	0.32	-
12	Esperar lavado de pieza	○	□	➡	D	▽	2.20	-
13	Retirar pieza de lavadora	●	□	➡	D	▽	0.34	-
14	Remover restos de granalla	●	□	➡	D	▽	0.19	-
15	Trasladar piezas a mesa de trabajo	○	□	➡	D	▽	0.24	-
16	Verificar si pieza requiere reparación	○	■	➡	D	▽	0.11	-
17	Medir empalmes de pieza	○	■	➡	D	▽	5.59	-
18	Soldar por puntos (P,T)	●	□	➡	D	▽	3.41	-
19	Pulir superficie con esmeril	●	□	➡	D	▽	1.19	-
20	Colocar pieza en máquina torno	●	□	➡	D	▽	0.17	-
21	Realización del torneado	●	□	➡	D	▽	10.94	-
22	Llevar pieza a mesa de trabajo	○	□	➡	D	▽	0.22	-
23	Inspeccionar correcta reparación	○	■	➡	D	▽	3.35	-
24	Llevar equipos de moldura reparados a carro móvil	○	□	➡	D	▽	1.24	-
25	Entrega de pieza reparada y limpia a almacén	●	□	➡	D	▽	1.50	-
		69.36	9.65	2.49	16.56	-	98.05	

Tabla 110: Resumen DAP mejora de reparación de equipos de moldura

Actividad	Símbolo	N°	Tiempo	%	
Operación normal		13	69.36	70.7%	MUDA
Demora		5	16.56	16.9%	16.9%
Inspecciones		4	9.65	9.8%	
Traslados		4	2.49	2.5%	
Total		26	98.06	100%	

Según Tabla 110, el tiempo total de las actividades destinadas a la reparación del equipo de moldura se ha reducido de 121.1 a 98.05 minutos y la muda se ha reducido del 41.2% al 16.9% del tiempo total (Tabla 111). Bajo la propuesta de mejora en el proceso, la reducción del tiempo improductivo está asociado de manera principal al tiempo de espera que se tenía al interactuar con Almacén (Tabla 110). El tiempo total de la actividad es

En el proceso To Be (situación propuesta), las mejoras que se proponen son las siguientes:

- Entrega de equipo de moldura (por parte de operario de formación)
- Una vez culminada la producción de un tipo de envase, el operario de formación entrega el equipo de moldura al taller. El taller recibe e inicia la operación de limpieza y reparación de equipos de moldura. Una vez culminada las actividades, entrega el equipo reparado al almacén.
- Cuando exista un requerimiento de equipo de moldura para una nueva producción, se solicita el equipo de moldura al almacén y se entrega al operario de formación.

En el flujo To Be (situación propuesta) de la Figura 74 ya no se considera los tiempos de espera de entrega de almacén de los equipos de moldura puesto que se realiza la operación de limpieza y reparación apenas el operario de formación entrega el equipo de moldura al taller.

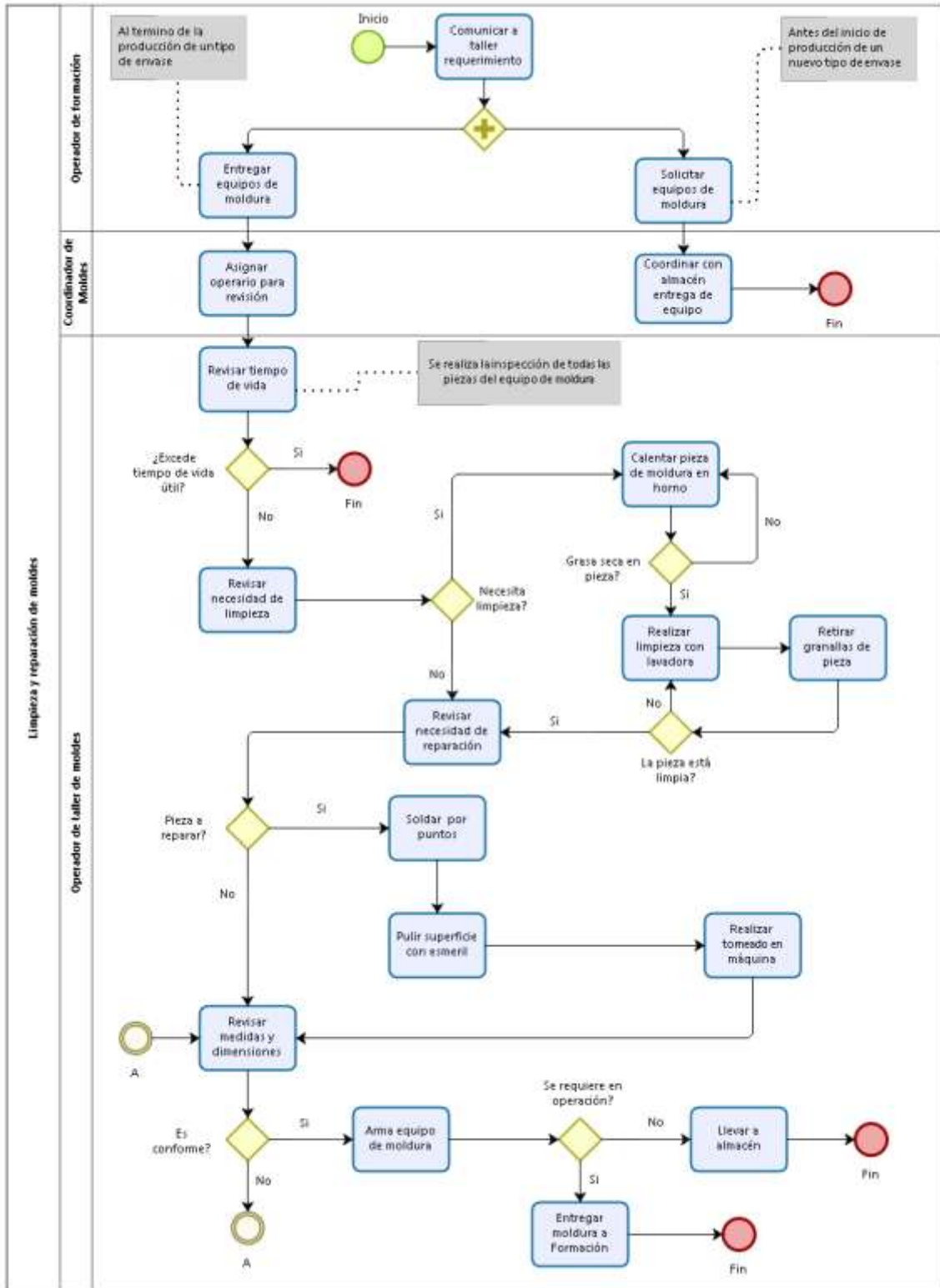


Figura 74: Flujo propuesto limpieza y reparación de equipos de moldura

En mención al seguimiento de la vida útil del equipo de moldura, la propuesta es hacer el seguimiento del equipo por tipo de cambio de referencia a través de registros (Figura 73).

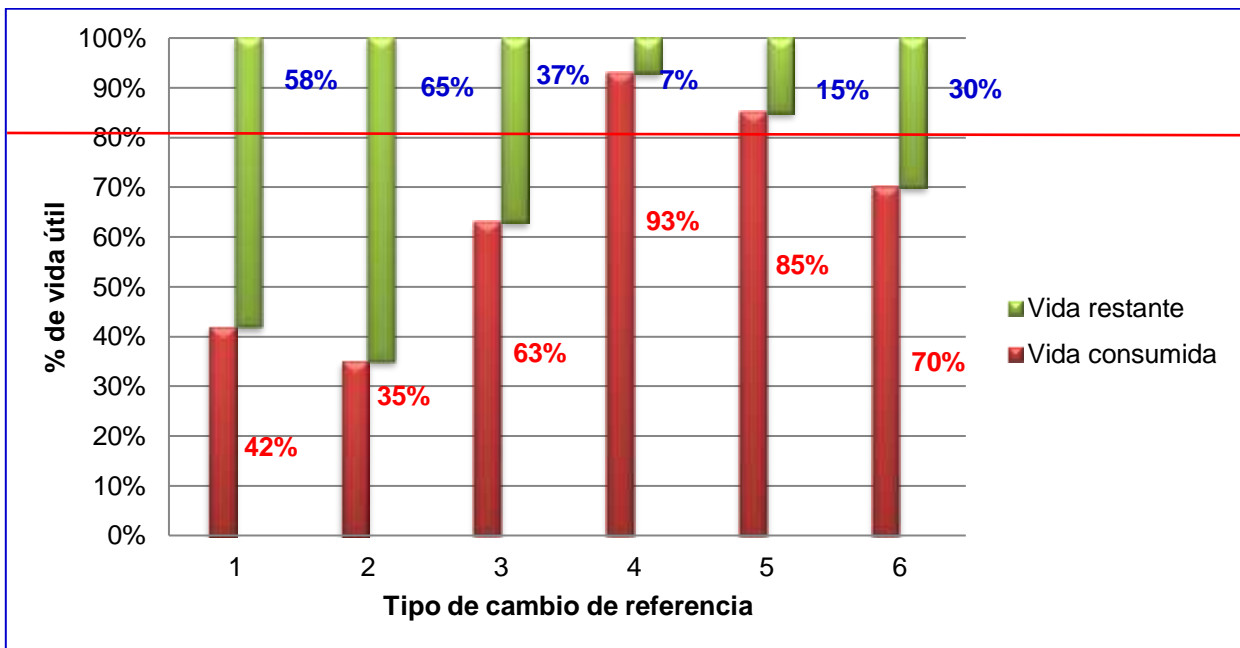


Figura 75: Seguimiento de la vida útil del equipo de moldura

Además, se sugiere ya no calibrar el equipo de moldura cuando el porcentaje de vida útil es mayor al 80%. En esta situación, se debe acceder al reemplazo del equipo por una nueva adquisición

4.4.4. MEJORA IV: Preparar un programa de capacitación con el involucramiento de los especialistas en la realización de calibraciones correctas

Para la aplicación de esta mejora se debe coordinar con las áreas pertinentes para la contratación de los especialistas por hora. Es necesario armar un plan para la ejecución de las capacitaciones en las horas de trabajo para los 3 turnos, así como la realización del seguimiento de la efectividad de esas capacitaciones que impactarán de forma positiva en el proceso de formación. El detalle del programa de capacitación y los costos asociados se presentarán en la Tabla 111.

La Figura 76 expone el DOP del proceso mejorado con la inclusión de la certificación del equipo variable que participa en las actividades de preparación de un nuevo tipo de envase.

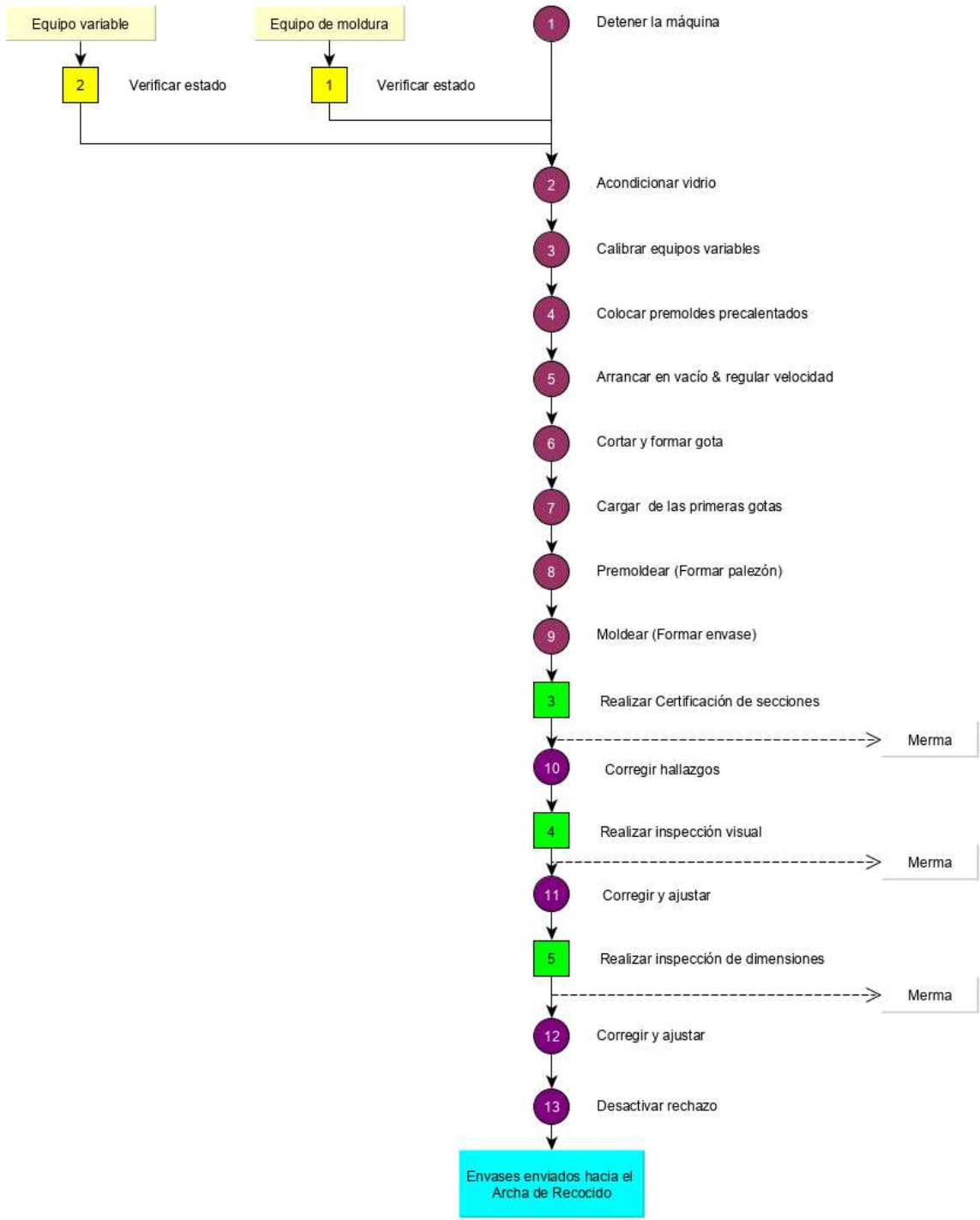


Figura 76: DOP Cambio de formato considerando mejoras en el flujo del proceso

4.4.5. MEJORA V: Crear registros de inspección electrónicos y físicos de los defectos en la zona caliente

Se generará el uso de un Excel Drive para el registro de los defectos encontrados en la zona caliente. El documento electrónico permitirá la comunicación en línea entre la zona caliente y las áreas que requieren la información.

Por otro lado, se creará un registro de inspección para el seguimiento de las variables de operación de la máquina IS, tales como son las presiones de operación, de atomización, del caudal, del nivel de aire, entre otros parámetros en general.

Mecanismo	Variable de operación	Mínimo	Máximo	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sab	Dom
Aguja	Presiones de operación	2.76 bar	3.45 bar							
Molde	Presiones de operación	2.07 bar	3.10 bar							
Premolde	Presiones de operación	2.07 bar	3.10 bar							
Tapa	Presiones de operación	2.07 bar	2.76 bar							
Barredores	Presiones de operación	2.07 bar	3.10 bar							
Pinzas	Presiones de operación	2.76 bar	3.45 bar							
Máquina	Presiones de operación	2.07 bar	3.10 bar							
Cuchillas	Presión de aire de atomización	2.76 bar	3.45 bar							
	Caudal de agua	0 gpm	1 gpm							
	Presión ingreso de agua	2.76 bar	3.45 bar							
Tubo removedor	Presión de enfriamiento	2.76 bar	3.45 bar							
	Caudal de aire enfriamiento	scfm	scfm							
	Nivel de aceite	50%	100%							
Amortiguación de bomba	Presión de entrada	10.34 bar	13.79 bar							
	Nivel de aceite	50%	100%							
Lubricación de cucharones	Presión de aire	2.76 bar	3.45 bar							
	Nivel de aceite	50%	100%							
Tijeras	Presión de aire en el panel	2.76 bar	3.45 bar							
	Nivel de aceite	50%	100%							
Alimentador	Presión de aire de lubricación	2.76 bar	3.45 bar							
	Nivel de aceite de lubricación	50%	100%							

Figura 77: Formato de seguimiento de las variables de operación de la máquina IS

La Figura 77 expone el modelo del formato de seguimiento de las variables de operación. La frecuencia del seguimiento propuesto será semanal.

4.4.6. MEJORA VI: Crear un plan de capacitación con las necesidades encontradas en todas las actividades de mejora.

En reunión con los miembros del equipo del proyecto, se definen las siguientes capacitaciones a ser llevadas a cabo. Nótese que cada una está relacionada a cada una de las variables que influyen en el problema de estudio.

Tabla 111: Plan propuesto de capacitación e inversión de la propuesta

Nro	Título de la capacitación	Objetivo	Orientado a	Capacitador	Costo
1	Inspecciones en zona caliente durante el cambio de formato	Mejorar la calidad de las inspecciones en los cambios de formato	Operador de formación	Especialista de formación	S/ 5,724.60
			Pareja de cambios		
2	Metodología de corrección de defectos principales encontrados	Reducir el tiempo de producción y mejorar la eficiencia. Reducir tiempo de llegada a estabilización	Pareja de cambios	Especialista de formación	S/ 22,898.40
			Operador de formación		
3	Certificación de equipo variable	Evitar reprocesos por uso de equipo variable en mal estado	Operador de máquinas	Coordinador de máquinas	S/ 6,465.14
4	Seguimiento de la vida útil del equipo de moldura	Evitar reprocesos por uso de equipo de moldura en mal estado	Operador de moldes	Coordinador de taller de moldes	S/ 3823.04
5	Calibración de mecanismos lado molde	Evitar reprocesos por calibraciones inadecuadas en la zona molde	Pareja de cambios	Operador de máquinas	S/ 5005.33
			Operador de formación		
			Operador de máquinas		
6	Calibración de mecanismos lado premolde	Evitar reprocesos por calibraciones inadecuadas en la zona premolde	Pareja de cambios	Operador de máquinas	S/ 5005.33
			Operador de formación		
			Operador de máquinas		
7	Registros de inspecciones en zona caliente	Registrar en formatos todos los defectos encontrado en zona caliente	Pareja de cambios	Coordinador de cambios	S/ 1,610.04
8	Ergonomía en el trabajo	Evaluación de posturas correctas de operación	Pareja de cambios	Coordinador de seguridad	S/ 2,325.62
			Operador de formación		
			Operador de máquinas		
9	Implementación de las 5S (capacitación y soporte)	Mejorar y mantener la organización, orden y limpieza en el lugar de trabajo	Operarios que trabajan e interactúan con la zona caliente	Consultor	S/ 8,000.00
10	Materiales seguimiento y réplicas del plan de capacitación	-	-	-	S/ 10,000.00
				Total Inversión	S/ 70,857.50
				USDD	20,245.88

La inversión para el proyecto de mejora es 70,857.50 soles.

4.5. FASE CONTROL

En esta fase se establecen acciones para mantener las mejoras propuestas en el tiempo. La fase controlar implica un plan de control para el seguimiento de la evolución de los envases que presentan defectos. Para el control se debe realizar lo siguiente:

- Seguimiento de la elaboración de los registros de inspección
- Seguimiento del control de los parámetros y variables de control con los registros implementados.
- Seguimiento de la ejecución del plan técnico de capacitación
- Elaboración de gráficas de control para la zona estable

Dado que en la primera fase del cambio de formato, el proceso no es estable, solo se considerará la revisión de las gráficas de control y capacidad del proceso de la Fase Estabilidad.

4.5.1. Gráficas de control proceso actual

La técnica de control estadístico ayuda a mantener una distribución en el proceso en relación a su media y varianza. La herramienta de control indica cuando cambia la media o la variabilidad.

Un proceso que se encuentra bajo control estadístico no siempre genera productos con las especificaciones de los clientes, dado que no siguen las especificaciones, el gráfico de control solo sigue la media y la variación

Se puede utilizar los valores de nivel z en lugar de los índices de capacidad sigma de un proceso. Para entender el nivel z se deben considerar todos los defectos de un proceso

En el ejemplo de los defectos de las primeras 12 horas, se mencionó que la estabilidad se puede lograr antes de las 12 horas. Se entiende por ello que la eficiencia en la hora 13 en adelante deben ser estables, es decir que su % de defectos debe ser menor al 5%.

En la fase medir, se realizó la gráfica de control para la zona estable del proceso actual.

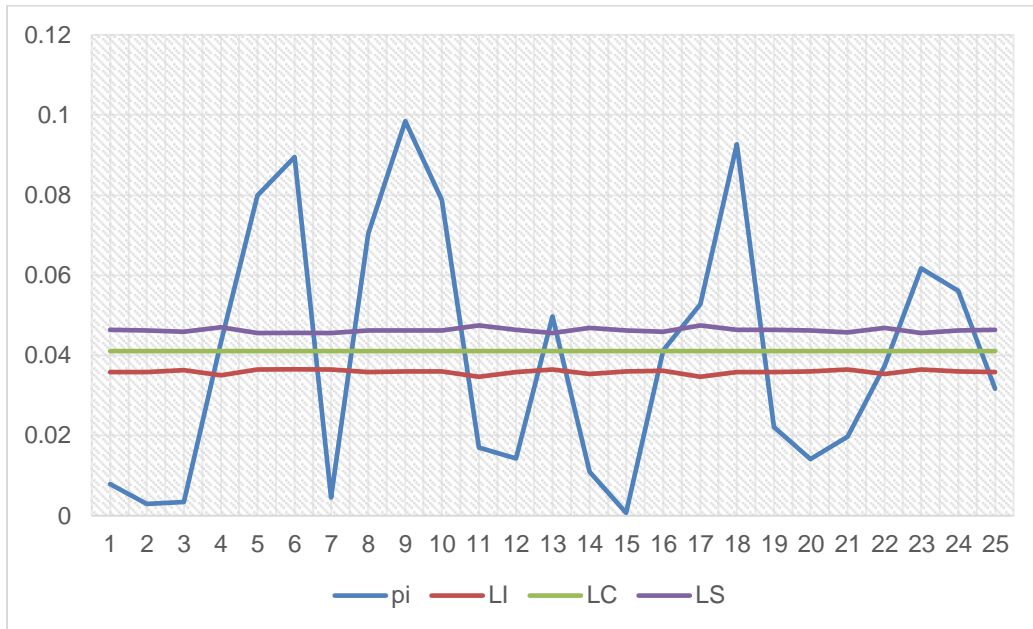


Figura 78: Gráfica P en zona estable proceso actual

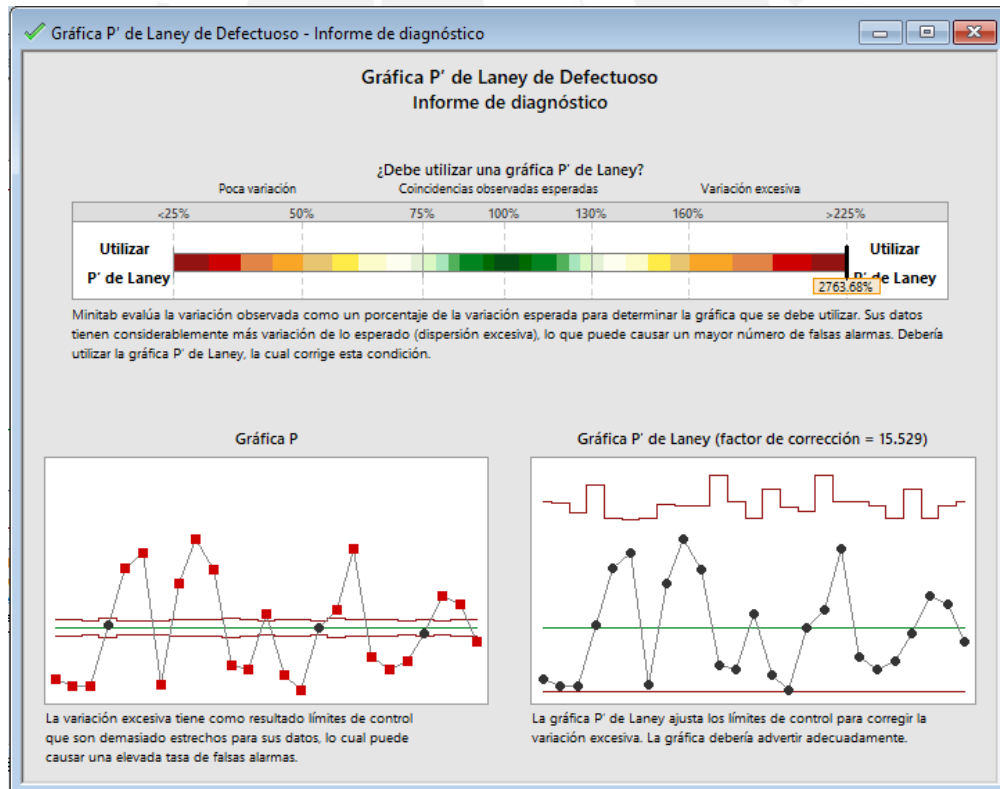


Figura 79: Informe de la Gráfica P de Laney

Por medio de la gráfica P (Figura 78) se indicaba que no se trataba de un proceso bajo control estadístico. Sin embargo, el Minitab sugiere el uso de la gráfica P de Laney. Por ello, se sigue el modelo que se presenta en la Figura 79 y Figura 80.

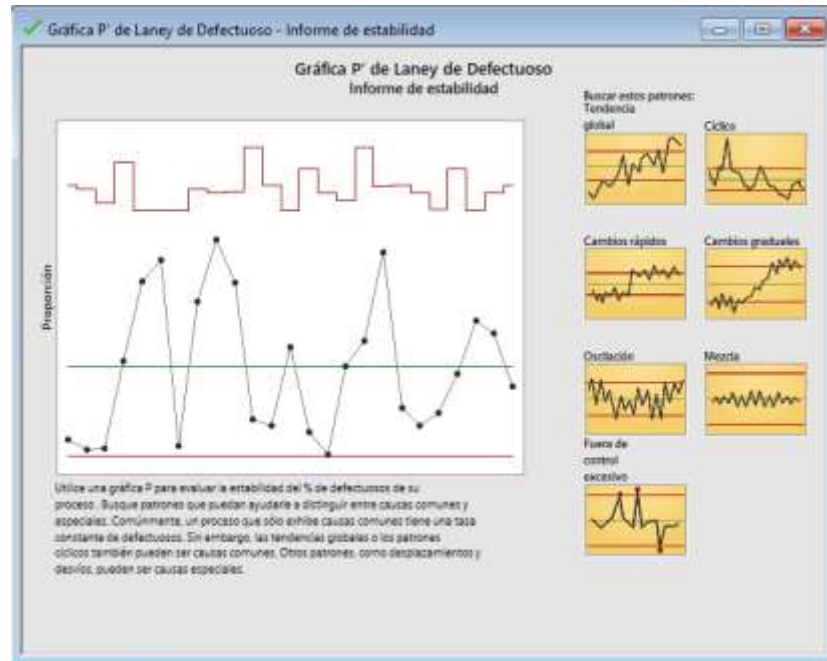


Figura 80: Informe de estabilidad P de Laney

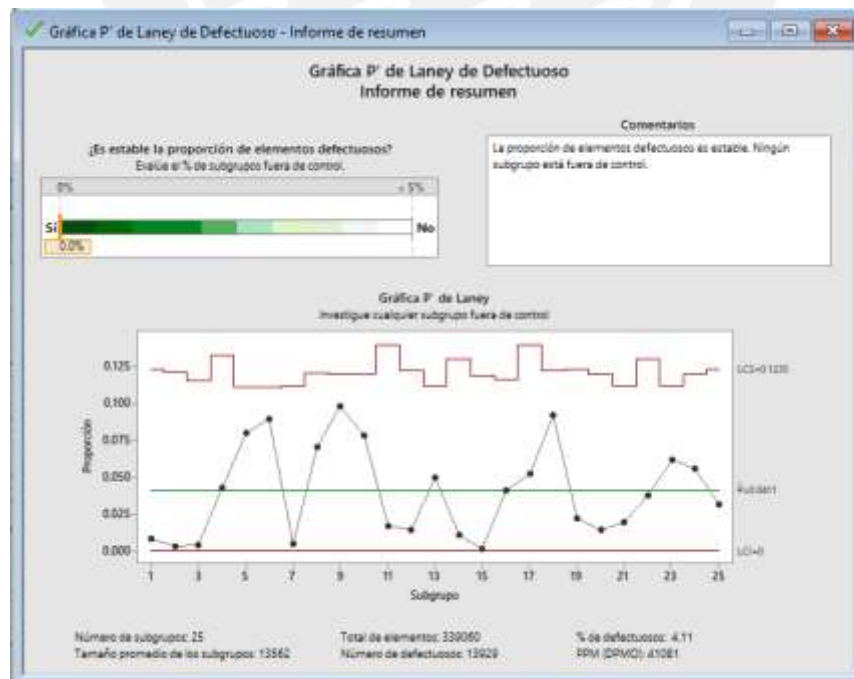


Figura 81: Informe de resumen P de Laney

Según la gráfica P de Laney, el proceso está bajo control estadístico

El diagrama de control se usa para saber si el proceso está bajo control estadístico. Sin embargo, la determinación con la diagramación de la gráfica tradicional P, el objeto de estudio no lo está. Por ello, no habría un sentido en determinar la capacidad, pero la gráfica de Laney expone una posibilidad de control y por esta razón se hace la determinación de la capacidad del proceso.

4.5.2. Capacidad del proceso actual

La capacidad del proceso se refiere a la capacidad del proceso en cumplir las especificaciones de un producto entregado. El objetivo es reducir la variabilidad, dado que mientras menos variabilidad exista, menor será la producción deficiente. Cuando se cumple las especificaciones, se dice que el “proceso es capaz”

En la capacidad del proceso o 6 Sigma se realiza la comparación de la anchura de la distribución normal obtenida (voz del proceso) con los límites de las especificaciones o tolerancias (voz del cliente). Además, el Cpk es un índice de capacidad el cual se usa para comprobar la calidad del proceso y si cumple las tolerancias que ha establecido el cliente.

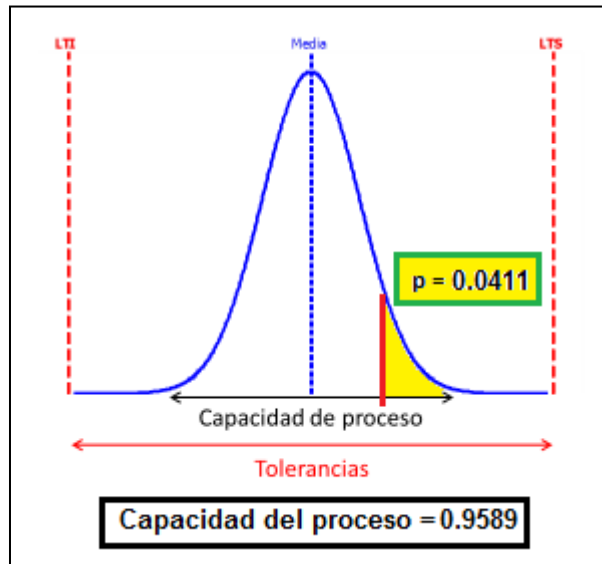
Dado que la gráfica p sigue una distribución binomial no es necesario hacer una validación de distribución normal.

Por ello, también se evalúa la zona estable, es decir donde las eficiencias deben estar por encima del 95% y se tiene una tolerancia máxima del 5% de defectos.

Si bien es cierto que se indica que el proceso es capaz, sin embargo, está cerca de sus límites máximos, por ello sería recomendable realizar mejoras.

El cálculo de la capacidad actual del proceso se puede observar en la Figura 82, el cual indica un valor de 0.9589.

Figura 82: Capacidad del proceso para atributos proceso actual



4.5.3. Gráfica de control del proceso mejorado

Se elabora gráfico por atributos P, por las características de la información que se tiene.

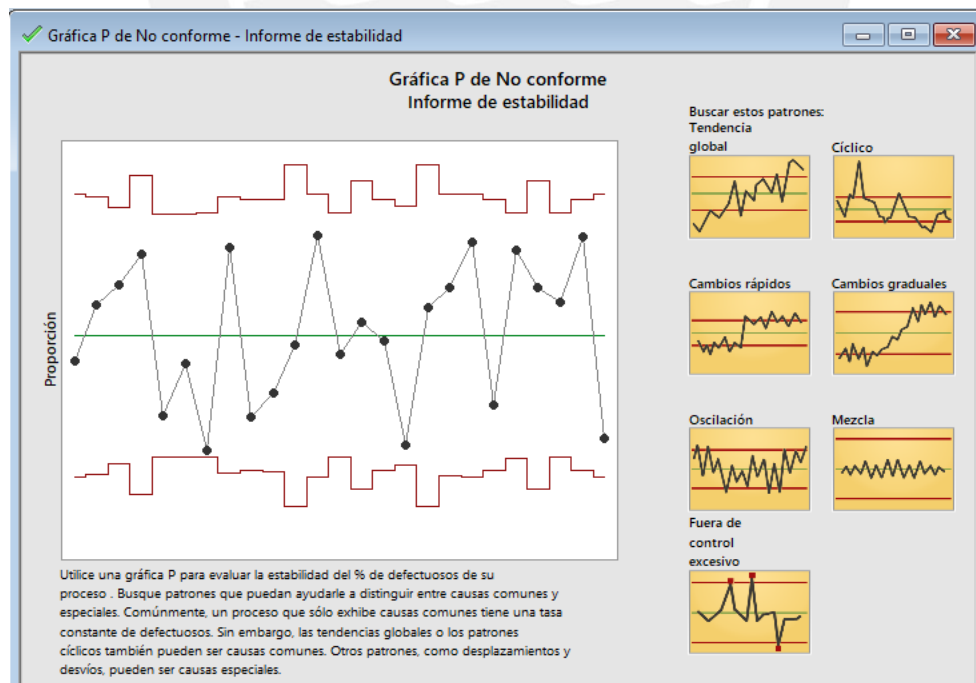


Figura 83: Informe de estabilidad la Gráfica P de Laney caso mejorado

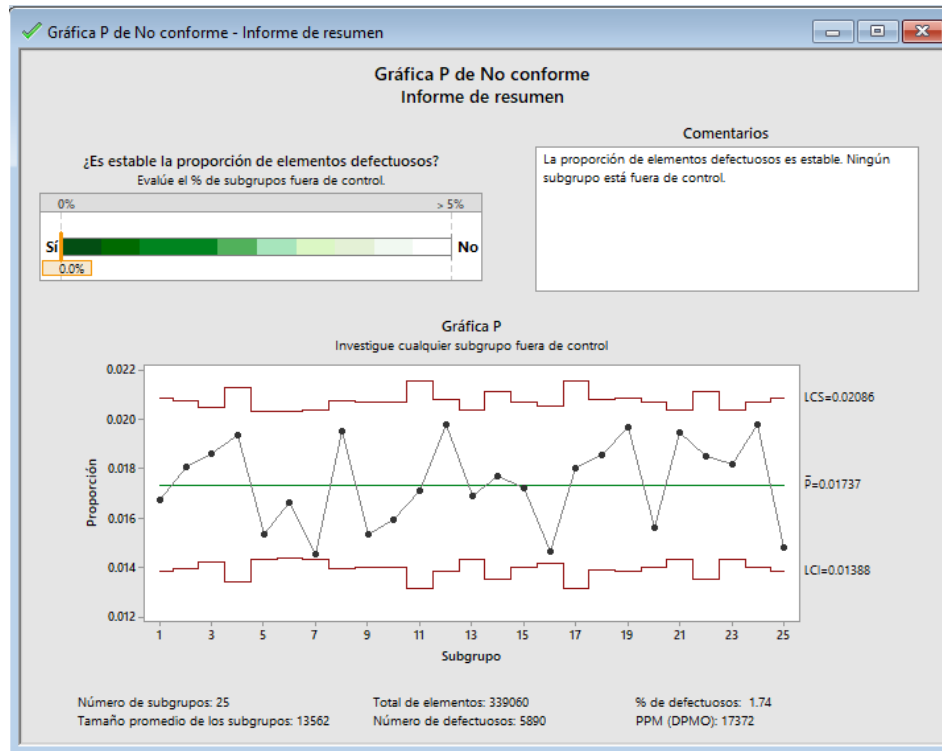


Figura 84: Informe de resumen P caso mejorado

Según gráfica P de la Figura 84, el proceso está bajo control estadístico, puesto que todos los puntos caen dentro de los límites de control.

4.5.4. Capacidad del proceso mejorado

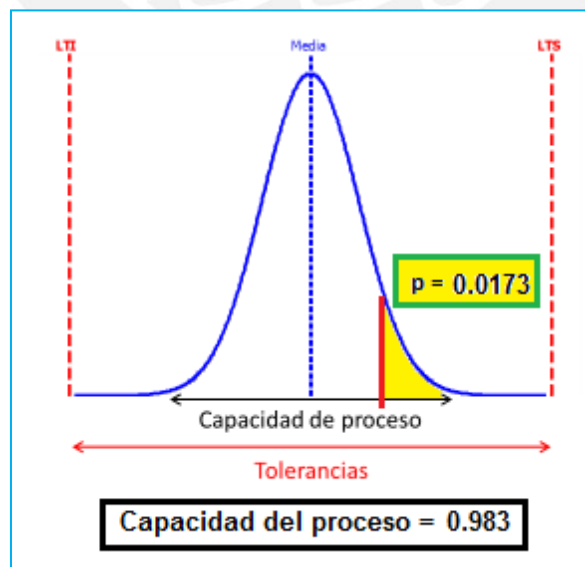


Figura 85: Gráfica de capacidad del proceso mejorado

Según gráfica de capacidad de proceso de la Figura 85, el proceso es capaz, dado que cumple con las especificaciones del cliente interno. La capacidad del proceso es de 0.983. Es decir, se mantiene el control del porcentaje de defectos en la zona estable y ello impacta directamente en la rentabilidad de la empresa.

En este caso, a diferencia del proceso actual, la variación es mucho menor y se cumple con las especificaciones establecidas.

4.5.5. SIPOC, controles e indicadores

El SIPOC propuesto considera factores críticos que intervienen en el proceso, en donde no existe un único factor que más resalte. La combinación de los recursos asociados es fundamental para la eficiencia del proceso.

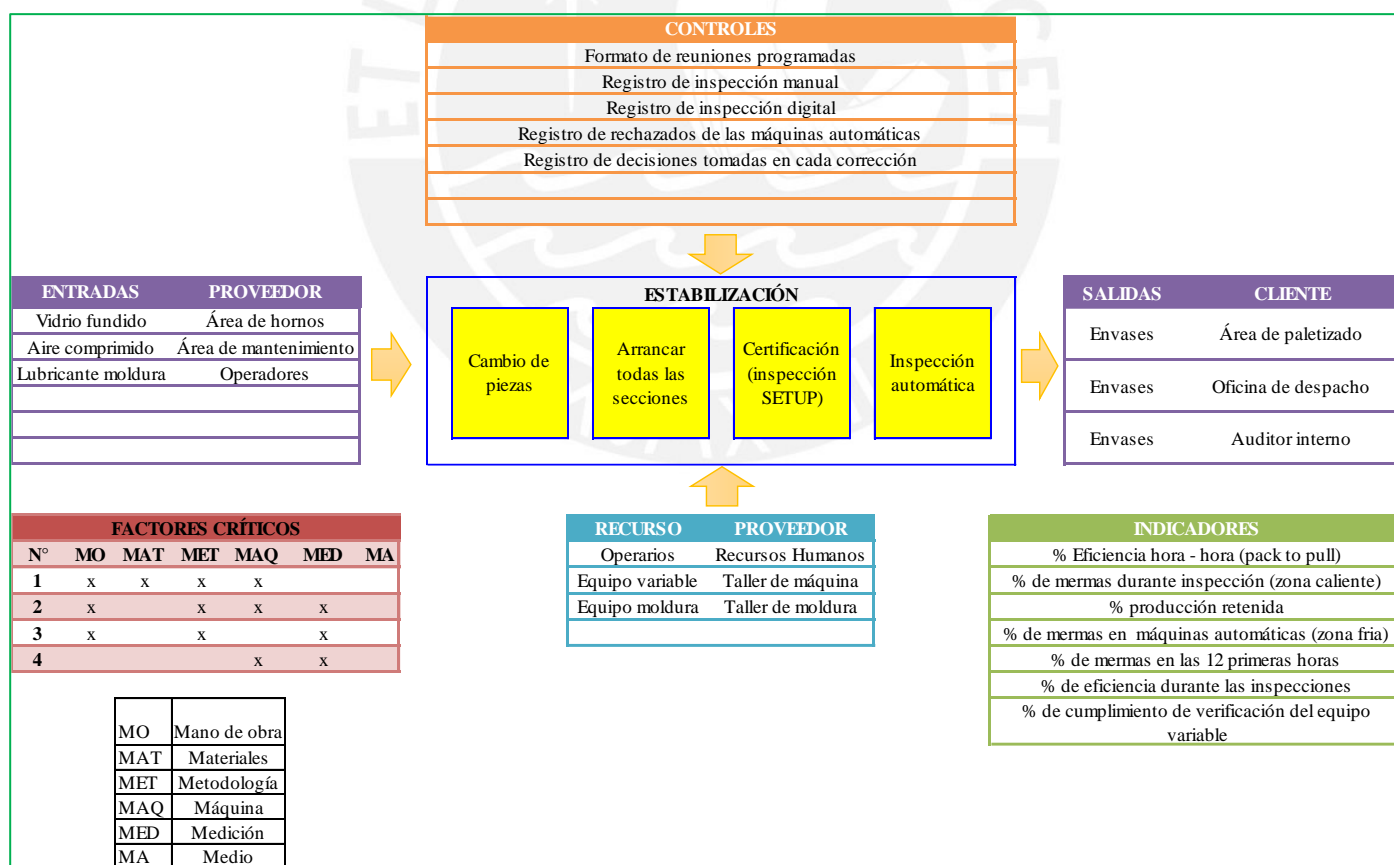
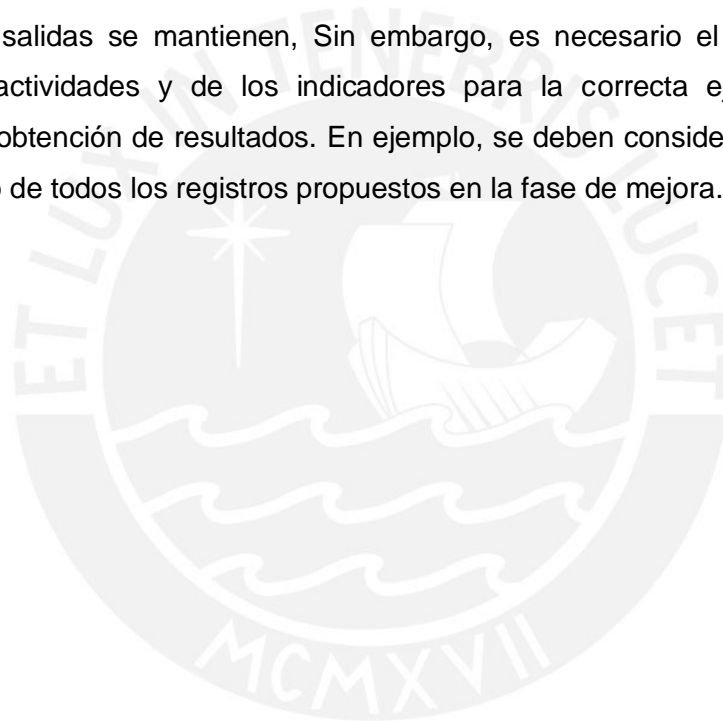


Figura 86: SIPOC, indicadores y controles

Para el establecimiento de indicadores de seguimiento y controles en el proceso de formación, se proponen algunos en el nuevo SIPOC elaborado el cual se puede observar en la Figura 85. Este punto es importante, puesto que en la actualidad no se mide la cantidad de envases defectuosos que salen de la zona caliente.

El SIPOC expuesto incluye los indicadores, los controles, los factores críticos, las entradas, las salidas, los recursos que intervienen en el proceso de formación en la fabricación de un nuevo tipo de envase de vidrio.

Las entradas y salidas se mantienen, Sin embargo, es necesario el seguimiento y el control de las actividades y de los indicadores para la correcta ejecución del plan establecido y la obtención de resultados. En ejemplo, se deben considerar el seguimiento del cumplimiento de todos los registros propuestos en la fase de mejora.



5. SIMULACIÓN DEL PROCESO

Luego del diagnóstico, se identificó que para mejorar el proceso es necesario el incremento del número de inspecciones en zona caliente. Al inicio se hace una verificación de las secciones y luego un ciclo de dos inspecciones tanto visual como de las dimensiones. Además, a lo largo del proceso se realizan 3 inspecciones más, las cuáles buscan asegurar la llegada a la estabilización. En resumen, al inicio se realizan 3 inspecciones (seguidas) y durante el proceso también se realizan 3 inspecciones (no seguidas, cada cierto tiempo). Por ello, lo que se busca es incrementar la eficiencia a partir de la detección de envases defectuosos antes de su llegada al proceso con una mayor cantidad de inspecciones en el proceso.

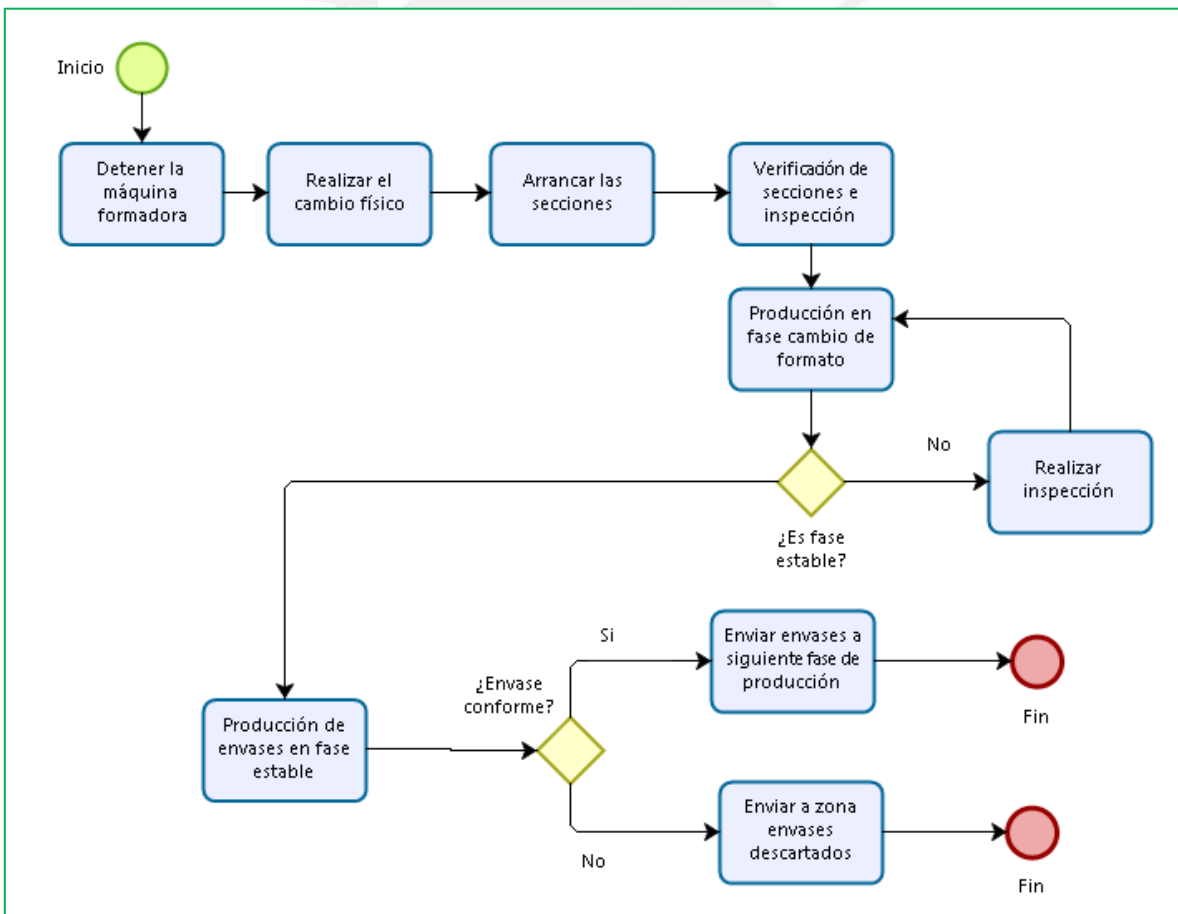


Figura 87: Flujo propuesto para la generación de la simulación

La simulación se realizará en el software Arena.

La cantidad de inspecciones a incrementar propuestas a simular es de 1 inspección, 2 inspecciones y 3 inspecciones. Es decir, si se incrementa una muestra, al inicio del proceso serían 4 inspecciones y durante el proceso se darían 4 inspecciones. Es necesario recordar que durante el inicio del proceso, una inspección adicional no afectaría la producción luego de la mejora propuesta en la cual se identificó los tiempos muertos.

La simulación permitirá saber dónde se generarán más eficiencias al incrementar el número de inspecciones sin que afecte en mucho el incremento del tiempo de la fase de cambio de formato (fase con mayor cantidad de defectos).

Para la generación de la simulación es necesaria la información histórica de los tiempos del proceso de la empresa. Con ayuda del Input Analyzer, se realiza la generación del modelo matemática de cada una de las operaciones del flujo, así como la validación de cada distribución, con una limpieza previa de la información recolectada, y con un cálculo del $p\text{-value} > 0.05$ que permite estimar que los datos se ajustan a una ecuación definida.

Los modelos matemáticos encontrados son:

- *Cambio físico:* $F(t) = 14.5 + Erlang(6.75,2)$
- *Arranque de secciones:* $F(t) = Tria(19.5,28,58.5)$
- *Inspección inicio cambio de formato:* $F(t) = 38 + 37 * Beta(0.764,0.643)$
- *Inspección "i" en el proceso:* $F(t) = Tria(63.3,85.60,0.9490)$

La distribución de "I" en el proceso cambia en cada inspección

La distribución de cada modelo ha considerado un valor $p\text{-value} > 0.05$ y han sido ingresados en cada servidor.

En la simulación para el proceso actual se ingresa un factor de corrección, el cual tiene el objetivo de ajustar el valor real de la eficiencia (78.75%) al valor encontrado de forma virtual.

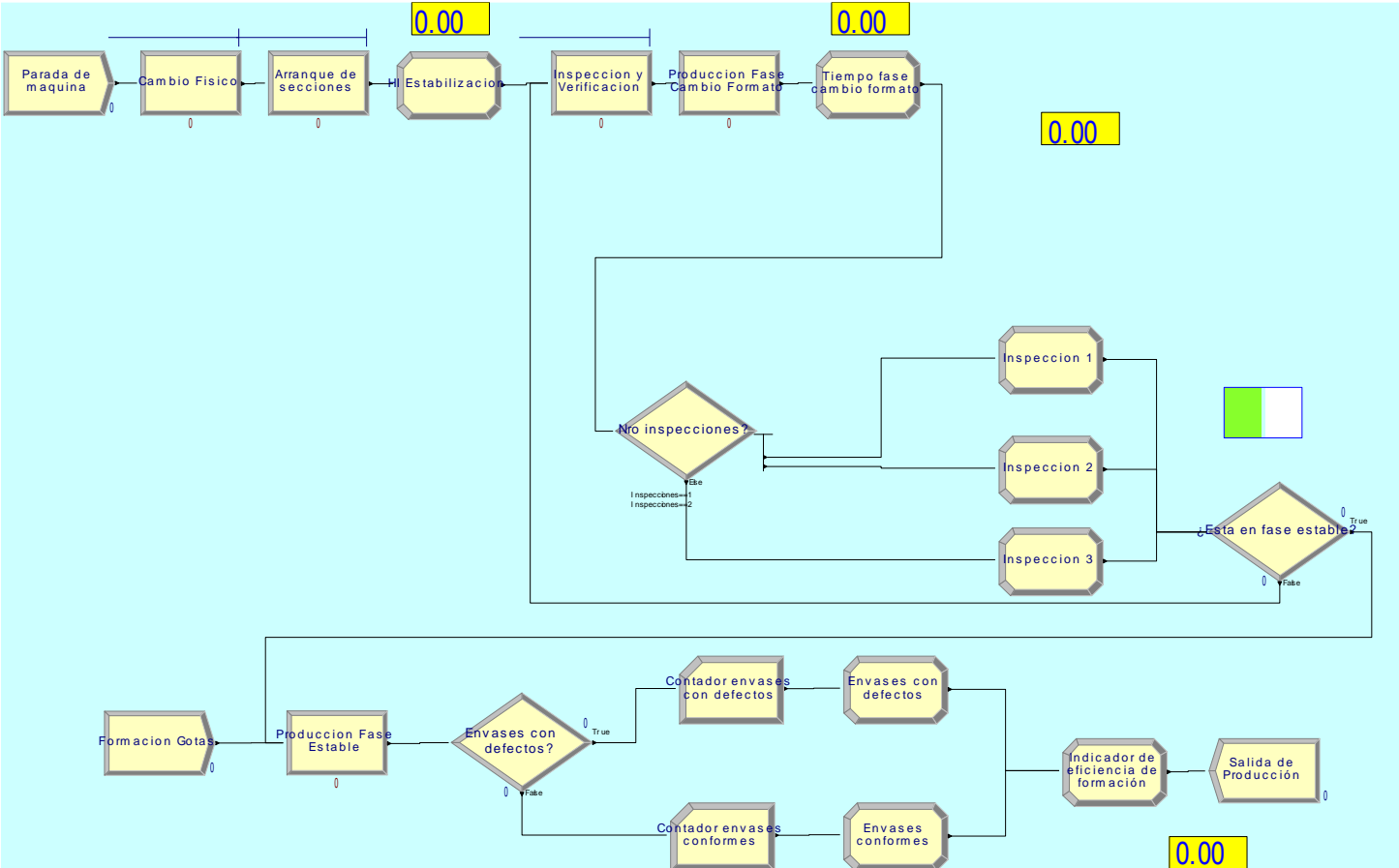


Figura 88: Simulación en arena

Mediante un juicio de expertos, estiman que la aplicación de las mejoras propuestas al incrementar las inspecciones reducirán los defectos encontrados en el siguiente proceso de inspecciones automáticas. La cantidad de defectos actual en fase estable es del 5%. La estimación en incrementar una inspección, reduciría un promedio de 3% de defectos y habrá menor % de defectos con 2 y 3 inspecciones adicionales.

Realizando la simulación del proceso en arena para identificar cuantas inspecciones serían recomendables tomar en comparación del proceso actual, se observa que la

cantidad de inspecciones recomendadas es de 4 para lograr realizar una mejor inspección y reducir la variabilidad del proceso, con ello, incrementar la eficiencia de formación.

Del reporte de las simulaciones realizadas en el software se puede obtener los siguientes resultados:

Tabla 112: Resultados obtenidos en simulación

Variable	Situación Actual	1 Inspección adicional	2 Inspecciones adicionales	3 Inspecciones adicionales
JCI Global	80.7%	84.01%	84.13%	84.14%
Tiempo en fase cambio formato	327.25	428.62	519.58	629.84
Tiempo en fase estable	274.67	376.04	467.01	579.98

Como se puede observar en el reporte anterior, el valor encontrado en la simulación es cercano al valor real de la eficiencia de formación 78.76% para la situación actual.

Si es que se desea ofrecer una posible respuesta, la propuesta sería por incrementar una inspección adicional al proceso de formación para que los tiempos en la fase cambio de formato no cambien de manera drástica.

6. ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1. Ahorros generados

El grado de ahorro que se obtiene resulta de la comparación del valor actual de la eficiencia de formación con el nuevo valor de la eficiencia obtenida producto de la mejora. La pérdida anual actual que se tienen es de USD 337,960 y se busca una reducción de cifras con la realización del proyecto

Tabla 113: Ahorro esperado producto de la mejora

Proceso mejorado		
Vidrio procesado en toda la planta por día	221.00	toneladas
Vidrio procesado por línea A-2 por día	70	toneladas
Costo por tonelada de vidrio	160.00	USD
<i>Eficiencia de formación promedio histórica</i>	83.93	%
<i>Eficiencia de formación actual</i>	78.75	%
<i>Eficiencia de formación mejorada</i>	82.00	
Aumento esperado	3.25	%
Costo de operación de la línea A-2 por día	11,200.00	USD
Pérdida en cada día de cambio en actualidad	2,380.00	USD
Pérdida en cada día de cambio con mejora	2,016.00	USD
Ahorro por día de cambio	364.00	USD
Cambios de setup por año	142	días
Pérdidas anuales por cambio actualidad	337,960.00	USD
Pérdidas anuales por cambios con mejora	286,272.00	USD
Ahorro anual con respecto al proceso actual	51,688.00	USD
Ahorro anual con mejora	180,908.00	Soles

Con la suposición de que los costos de operación no varíen en el siguiente periodo, el beneficio esperado producto del ahorro anual se estima en \$51,668 y en moneda nacional S/.180,908.00

6.2. Flujo de caja

Tabla 114: Flujo de caja del estudio

Flujo	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2
Inversión	\$ -20,245.00		
Incremento en ingreso (60% ahorro) 1er año		\$ 31,012.80	\$ 20,675.20
Incremento en egresos (capacitaciones post implementación)		\$ 6,000.00	\$ 6,000.00
Resultado operación		\$ 25,012.80	\$ 14,675.20
Flujo de caja	\$ -20,245.00	\$ 25,012.80	\$ 14,675.20
Flujo de caja acumulado		\$ 4,767.80	\$ 19,443.00

Se realiza el flujo con la estimación de que el ahorro obtenido el primer año será el 60% del total ahorro propuesto a obtener con la mejora. Esto es debido a varios factores a considerar como la inversión en el tiempo de capacitación a los operarios de nivel técnico. Además, se considera un incremento del gasto operativo de USD 6,000 producto del seguimiento y capacitación de las capacitaciones anuales a los operarios.

Tabla 115: Indicadores financieros y Payback

VAN	\$ 14,622.17
TIR	0.67
PAYBACK	< 10 meses

El horizonte tomado como referencia es de 2 años y se considera una tasa de 10% que es la tasa de interés que ofrecen los bancos.

El esquema expone un VAN de USD 14,622 y un TIR de 0.67. Además, se estima que el retorno de la inversión producto de la mejora será en menos de 10 meses.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- El estudio permitió identificar un porcentaje alto de defectos en el proceso de formación, así como las causas asociados a estos.
- El diagnóstico permitió identificar el principal problema de la organización y de los efectos posteriores que llevaba consigo. El problema eran los defectos generados en el proceso de formación que impactaba directamente en la eficiencia de producción.
- Los resultados obtenidos arrojan un VAN favorable y un TIR alto, los cuales permiten ver con mejores expectativas la propuesta. Asimismo, el retorno de la inversión realizada se logra en menos de 10 meses
- El problema del presente trabajo ha sido escogido por el gran impacto económico que genera a la empresa. Si se suman los costos de los reprocesos y su efectos, la pérdida es de USD 337,960.00
- La propuesta elegida es una solución de Ingeniería Industrial, puesto que permite el uso de diversas herramientas de calidad y de planeamiento para la identificación de las causas, diagramas de procesos, diagramas de flujo, planeamiento estratégico, indicadores operacionales e indicadores estratégicos, etc., los cuales han sido impartidos y fomentados en toda la formación académica de la maestría de ingeniería industrial.

7.2 Recomendaciones

- Realizar un estudio de prospectiva estratégica para la adopción de medidas preventivas
- Para la ejecución de las capacitaciones se recomienda un estudio preliminar de los proveedores. Esto con la finalidad de garantizar la adecuada capacitación o formación de los empleados.
- Se recomienda llevar la propuesta de implementación desde el inicio de las actividades, para contar con su apoyo en los recursos y actividades que se requieran.
- Se recomienda establecer un plan de acción para que el proyecto no se quede paralizado, una vez iniciado. Esto por motivos de cambios en la dirección, jefatura u otras incidencias que pudieran ocurrir.
- Se recomienda implementar un plan de riesgos para el proyecto, con la finalidad de garantizar la culminación de la implementación
- Se recomienda establecer planes de acción por los cambios de ley que pudieran acontecer. Esto es debido a que la empresa pertenece a un sector sumamente normado por la legislatura.
- Se recomienda revisar el seguimiento de las acciones correctivas establecidas, para asegurar el cierre y la eliminación de la causa raíz del problema.
- Se recomienda revisar periódicamente los cambios en los requisitos de los clientes.
- Obtener una mayor cantidad de información para generar mejores resultados y una mayor confiabilidad de los mismos

BIBLIOGRAFÍA

ANIDO, Maybel y otros.

2009 Modelo de control gerencial basado en la gestión integrada de procesos y contenidos. *RCCI*, volumen 3, número 3-4, pp. 27-31.

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=4db7674c-4bf7-494d-bba2-9c286adbce8e%40sessionmgr4002yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbm9ZXM%3d#db=fuayAN=66783704>

ATMACA, Ediz y GIRENES, Sule

2103 Lean Six Sigma methodology and application. *Quality y Quantity*, volumen 47, número 4, pp. 2107–2127.

BAHADIR, Inozu y otros

2006 New Horizons for Shipbuilding Process Improvement. *Journal of Ship Production*, volumen 22, número 2, 87-98.

BARLOW, Patricia

2015 Just in Time (JIT) advantages and disadvantages. Babington

<https://babington.co.uk/blog/accounting/just-in-time-advantages-and-disadvantages/>

BONILLA, Elsie y otros.

2012 Mejora continua de los procesos: Herramientas y técnicas. Primera edición. Lima: Fondo editorial de la Universidad de Lima.

BRAIDOT, Néstor

2008 Neuromanagement. Buenos Aires: Ediciones Granica S.A.

BRIDGER, Rob.

1995 Introduction to Ergonomics. Primera edición. USA: McGraw-Hill

CAREY, Bryan

2019 Comparative and blending ISO9000 and Lean Six Sigma. *ISIXSIGMA*.

www.isixsigma.com/community/awards-and-standards/comparing-and-blending-iso9000-and-lean-six-sigma/

CARREIRA, Bill.

2004 Lean Manufacturing That Works: Powerful Tools for Dramatically Reducing Waste and Maximizing Profits. Nueva York: AMACOM BOOKS.

CAMPOS, Jon.

2012 Metodología 5S y TMP (Mantenimiento Productivo Total. Consulta: 31 de mayo de 2018
<http://www.euskalit.net/gestion/?p=855>

CASO, Alfredo.

2006 Técnicas de medición de trabajo. Segunda edición. Madrid: Fundación Confemetal
https://books.google.com.pe/books?id=18TmMdosLp4Cyprintsec=frontcoveryh1=esysource=gbs_ge_summary_rycad=0#v=onepageyqf=false

CHASE, Richard y JACOBS, Robert

2014 Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministro. Decimotercera edición. México: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

CRUELLES, José.

2013 Ingeniería Industrial: Métodos de trabajo, tiempos y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. México: Alfaomega Grupo Editor.

CRUZ, Alberto y GARNICA, Andrés.

2010 Ergonomía Aplicada. Tercera edición. Bogotá: Ecoe Ediciones

DEL CASTILLO, Carlos y VARGAS, Braulio

2009 El proceso de gestión y el desempeño organizacional. Una aproximación a la nueva gestión pública desde el ámbito de los gobiernos locales. *Cuad. Difus.*, volumen 14, número 26, pp. 57-80

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=1c4b11c6-99f4-4e94-bc47-2b9ed5947730%40sessionmgr4002yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbmc9ZXM%3d#db=bthyAN=43901219>

DELGADO, Frank, y GALLO, Eliseo

2011 Propuesta del mejoramiento de la metodología de Manufactura Esbelta por medio de optimización de sistemas de manufactura y modelación de eventos discretos. *ITECKNE*, volumen 8, número 2, pp. 119-131.

ESCALANTE, Edgardo

2003 Six Sigma: Metodología y problemas. México: Limusa/Noriega

ESTRADA, Guillermo; DE LA CRUZ, Raquel y GONZÁLES, Yoelvis

2013 Enfoque de gestión por procesos en la mejora de la calidad. Estudio de caso en la fabricación de piezas de repuesto. *Revista Infociencia*, volumen 17, número 1
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=6e87f50d-0a29-45ec-a571-50ece3fe03f6%40sessionmgr4003yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbmc9ZXM%3d#db=a9hyAN=85940269>

FERNANDEZ, Isabel

1996 Diseño y medición de trabajos. Oviedo: Servicio de publicaciones Universidad de Oviedo

FUNDACIÓN EUROPEA PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD TOTAL (EFQM)

2019 Sitio web oficial de EFQM; contiene información y documentos sobre el modelo EFQM y enlaces de interés
<http://www.efqm.es/>

GERSHON, Mark

2010 Choosing Which Process Improvement Methodology to Implement. Temple University, pp. 61-69.

GINER, Arturo y RIPOLL, Vicente

2011 Análisis de la gestión por procesos y por competencias a través de la perspectiva de procesos y de aprendizaje y crecimiento: la experiencia de la autoridad portuaria de Valencia. *Revista Universo*, volumen 17, número 2, pp. 114-129.
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=f37df71a-f8c7-4c13-a10c-2ae766d5440c%40sessionmgr4002yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbm9ZXM%3d#db=bthyAN=77367961>

GOMEZ, Joaquín; MARTÍNEZ, Micaela y MARTINEZ, Angel

2011 A critical evaluation of EFQM model. *International Journal of Quality y Reliability Management*, volumen 28, número 5, pp. 484-502.

GONZÁLEZ, Inés

2010 Análisis metodológico de la gestión por procesos en la industria automovilística. *Partida Doble*, volumen 21, número 218, pp. 66-79.
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=5ea4f164-3a06-4991-91eb-987019f44800%40sessionmgr4005yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbm9ZXM%3d#db=fuayAN=49574247>

GUTIERREZ, Humberto

2013 Control estadística de la calidad y Six Sigma. México D.F.: Mc Graw-Hill.

HERNÁNDEZ, Gustavo y GODÍNEZ, María

2014 El gran libro de los procesos esbeltos. 1ra edición. México: Ignius Media Innovation

HERNÁNDEZ, Iván

2006 *Mejoras en el proceso de elaboración de envases de vidrio para alcanzar los niveles de productividad establecidos por la gerencia global*. Informe final de cursos en cooperación para optar al título de Ingeniero de la Producción. Sartenejas: Universidad Simón Bolívar

HERNÁNDEZ, Juan y VIZÁN, Antonio

2013 Lean Manufacturing. Madrid: Escuela de Organización Industrial
<https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20730/Lean-manufacturing-concepto-tecnicas-e-implantacion>

HUERGA, Carmen; ABAD, Julio y BLANCO, Pilar

2012 El Papel De La Estadística en La Metodología Six Sigma. Una Propuesta De Actuación en Servicios Sanitarios. *PECVNIA*, pp. 111–136

<http://ezproxybib.pucp.edu.pe:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fuay&AN=95733978&lang=es&site=ehost-live>.

JANANIA, Camilo

2013 Manual de tiempos y movimientos. Ingeniería de Métodos. Primera edición. México: Editorial Limusa

KANAWATY, George

2004 Introducción al Estudio del Trabajo. Cuarta edición. México: Limusa.

KRAJEWSKI, Lee; Ritzman, Larry; Malhotra, Manoy

2013 Administración de Operaciones. Proceso y cadena de suministro. Décima edición. México: Pearson Education Inc.

LEFCOVICH, Mauricio

2009 Sistema de Producción Justo a Tiempo-JIT. Argentina: El Cid Editor

LIKER, Jeffrey

2003 Toyota Way. Blacklick, Ohio: McGraw-Hill Professional Publishing.

LOPEZ, Laura; FLORES, María; VITORIA, Angel

2010 Estudio EFQM en Aqualia. Proyecto final de Máster. Escuela de Organización Industrial

LLANQUI, Cinthia y SANTILLÁN, Leidy

2017 *Diagnóstico y mejora de procesos en el área de producción de envases de vidrio*. Tesis para optar el título de Licenciado en Ingeniería Industrial. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8057>

LÓPEZ, Juan

2010 La organización del trabajo. Universidad de Alicante. Consulta: 20 de mayo de 2018.

<http://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/14773/33/TEMA%207%20LA%20ORGANIZACION%20DEL%20TRABAJO.pdf>

LUJÁN, Darkys y otros

2009 El diseño organizacional basado en la gestión por proceso. Un reto para las instalaciones turísticas. *Retos Turísticos*, volumen 8, número 3, pp. 17-20.

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=5d33efb6-23f7-41f0-9796da3a2b76aa14%40sessionmgr4005yvid=1yhid=4101ybdata=JmxhbmC9ZXM%3d#db=a9hyAN=52685031>

MADARIAGA, Francisco

2018 Lean Manufacturing. Versión 2.1. Bubok Publishing

MEMBRADO, Joaquín

2002 Innovación y mejora continua según el modelo EFQM de excelencia. Segunda edición. Valencia: Díaz de Santos

MENDOZA, Daniel

2013 Aplicación de la teoría de Decisión Multicriterio Discreta para ponderar factores en procesos de acreditación de alta calidad. *INGE CUC*, volumen 9, número 1, pp. 25-41

MIRA, José y otros

1998 La aplicación del Modelo Europeo de Gestión de la Calidad Total al sector sanitario: ventajas y limitaciones. *Revista Calidad Asistencial*, volumen 13, pp. 92-97

<http://www.calidadasistencial.es/images/gestion/biblioteca/39.pdf>

MOLTENI, Raul;, y CECCHI, Óscar

2005 *El liderazgo del Lean Six Sigma*. Buenos Aires: Macchi Grupo Editorial

MOREIRA, Mercedes

2006 La gestión por procesos en las instituciones de información. *ACIMED*, volumen 14, número 5, pp. 1-13

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=59cff11b-9e94-4162-af98-d83c341c8f4d%40sessionmgr4002yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbmc9ZXM%3d#b=lthyAN=24105548>

MOREIRA, Mercedes

2007 Gestión por procesos y su aplicación en la organización de información de Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, S.A. *Ciencias de la Información*, volumen. 38, número 3.

<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=e00ac0a3-a700-4baa-99e6-a8b11e22612b%40sessionmgr4003yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbmc9ZXM%3d#db=a9hyAN=33294411>)

Mtmingenieros

2017 ¿Qué es SMED? Consulta 2 de noviembre del 2018

<http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>

MUNTEANU, Alexandra

2017 Comparative Analysis between Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma Concepts. *Management and Economics Review*, volumen 2, número 1, 78-89.

NAVE, Dave

2002 How To Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints. *QUALITY PROGRESS*, pp. 73-78.

NEUWIRTH, Brian

2017 The importance of 5S. *IMPO Magazine*. Consulta 5 de noviembre del 2019

<https://www.manufacturing.net/operations/article/13194867/the-importance-of-5s>

NIEBEL, Benjamín y FREIVALDS, Andris

2009 Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. 11va edición. México: Alfaomega grupo editor

OIT

1996 *Introducción al Estudio del Trabajo*. Cuarta edición. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo

OWENS-ILLINOIS (OI)

2008 Basic Glass y Process Training. (Consulta: 10 de junio del 2018)

<http://www.o-i.com>

PACHECO, Diego

2015 TOC, lean and six sigma: The missing link to increase productivity. *African Journal of Business Management*, volumen 9, número 12, pp. 513-520.

PÉREZ, Carlos

2010 *Incremento de eficiencia en una máquina formadora de envases de vidrio utilizando herramientas de Manufactura Esbelta y Six Sigma*. Informe de trabajo profesional para la obtención de Ingeniero Mecánico. Guayaquil: Escuela Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción. Consulta: 3 de noviembre 2018.

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16217/1/D-90488.pdf>

RADIO PROGRAMAS DEL PERÚ

RPP: noticias. Consulta: 20 de mayo de 2018.

<http://rpp.pe/economia/economia/owens-illinois-planea-producir-envases-de-vidrio-para-leche-noticia-382417>

ROMERO, Omar y otros

2006 *Introducción a la Ingeniería. Un enfoque industrial*. Mexico: Cengage Learning

ROMERO, Angel

2015 La herramienta Poka Yoke. Consulta: 3 de junio de 2019.

<http://www.angelantonioromero.com/la-herramienta-poka-yoke/>

ROVERE, Mario

2004 Gestión de calidad de los posgrados en salud pública: adecuación crítica en un mundo en cambio. Washington: OPS.

SALAH, Souraj, RAHIM, Abdur y CARRETERO, Juan

2010 The integration of Six Sigma and Lean management. *International Journal of Lean Six Sigma*, volumen 1, número 3, pp. 249-274

DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011075035>.

SUAREZ, Manuel

2003 La sostenibilidad de la mejora continua de procesos en la administración pública: un estudio en los ayuntamientos de España. Tesis de doctorado (PhD) en Management Science. URL - ESADE. Consulta: 3 de noviembre de 2019.

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/9178/Sostenibilidad-MFSB-Tesis-PhD-vf.pdf;jsessionid=F7D409E140B54AF8B73C60EE48ECCE80?sequence=2>

SCHROEDER, Roger; MEYER, Susan y RUNGTUSANATHAM, Johnny

2011 Administración de operaciones. Conceptos y casos contemporáneos. Quinta edición. México: McGraw-Hill / Interamericana

Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI)

2013 Mejora de métodos de trabajo. Consulta: 1 de marzo de 2018
virtual.senati.edu.pe/pub/cursos/mmtr/manual_u01_mmtr.pdf

SHINGO, Shigeo

1993 El sistema de producción de Toyota: desde el punto de vista de la ingeniería. Madrid: Tecnología de Gerencia y Producción

STERN, Larry

2006 A Guide to Global Acquisitions. Fultus Corporation.

<https://books.google.com.pe/books?id=51yIX5pJ-k0Cypg=PA155yIpg=PA155yDq=comparative+theory+of+constraint+and+iso+9000ysource>

TABARES, Marta y LOCHMULLER, Christian

2013 Propuesta de un espacio multidimensional para la gestión por procesos. Un estudio de caso. *Estudios Gerenciales*, volumen 29, número 127, pp. 222-230.
<http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail?sid=4b40bc08-f2d3-4efc-bf38-c5eb52317957%40sessionmgr4001yvid=1yhid=4101ybdata=Jmxhbm9ZXM%3d#db=bthyAN=94199614>

TORRES, Luis

2010 *Automatización de una línea de producción de envases de vidrio*. Tesis para obtener el grado de Ingeniero en Robótica Industrial. México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

TOVAR, Alejandro y MOTA, Arturo

2007 *CPIMC Un modelo de administración por procesos*. México: Panorama Editorial

WOMACK, James y JONES, Daniel

2005 *Lean Thinking: como utilizar el pensamiento Lean para eliminar despilfarros y crear valor en la empresa*. Barcelona: Gestión 2000

