

TEC | Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electromecánica
Ingeniería en Mantenimiento Industrial



Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Implementación de pilares del TPM en la empresa Zollner Electronics Costa Rica
Ltda.

Informe del proyecto de práctica profesional para optar por el título de ingeniero
en mantenimiento industrial, grado licenciatura

Asesor industrial:

Ing. Ricardo Coto Brenes

Profesor asesor:

Ing. Luis Gómez Gutiérrez

Estudiante:

Esteban Manuel Blanco Calvo, 2013029533

Cartago, Costa Rica, 2017

Profesor Asesor:

Ing. Luis Gómez Gutiérrez

Asesor Industrial:

Ing. Ricardo Coto Brenes

Tribunal Examinador:

Ing. Carlos Piedra Santamaría

Ing. Julio César Rojas Gómez

Información Estudiante y Empresa

Información del estudiante

Nombre: Esteban Manuel Blanco Calvo

Cedula: 3-0485-0200

Carné TEC: 2013029533

Dirección de residencia: San Rafael de Oreamuno, Cartago, Costa Rica. 300 m Norte y 300 m Este del Palacio Municipal.

Teléfono celular: (+506) 8758-3253

Correo electrónico: estebanbcalvo@gmail.com

Información del proyecto

Nombre del proyecto: Implementación de pilares del TPM en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Profesor asesor: Ing. Luis Gómez Gutiérrez.

Asesor industrial: Ing. Ricardo Coto Brenes.

Horario de trabajo: Lunes a Viernes de las 8:00 a las 16:00

Información de la empresa

Nombre: Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Dirección: Parque Industrial La Lima, Lima, Cartago, Costa Rica.

Actividad principal: Manufactura de tarjetas electrónicas para industria médica y automotriz.

Teléfono: (+506) 2550-5700

Dedicatoria

A mi mamá y mi papá,
Guiselle y Manuel, por
ser mis modelos a
seguir y mi más grande
apoyo.

Agradecimientos

A mi mamá, por estar pendiente de mí durante toda mi vida.

A mi papá, por ser un mentor muy importante durante toda la carrera.

A mi familia, por ser pilar fundamental en todo momento y en cada decisión que he tomado, gracias a ellos por el apoyo incondicional y los consejos brindados.

A mis amigos, por ser parte del continuo crecimiento y aprendizaje.

A Daniel Sánchez, por motivarme, ayudarme y enseñarme.

A los profesores y mentores del TEC, por hacerme mejorar cada semestre.

A los compañeros de Zollner Electronics Costa Rica Ltda., por darme la oportunidad de realizar el proyecto en su empresa.

A José Alejandro, por las muchas intervenciones y ayudas durante el proyecto.

Tabla de contenido

Resumen	1
Palabras clave.....	1
Abstract	2
Key words	2
1. Capítulo I. Introducción	1
1.1 Introducción	1
1.2 Problema y situación actual	1
1.3 Justificación del proyecto	3
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo General	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	10
1.5 Descripción de la empresa.....	11
1.5.1 Visión	11
1.5.2 Misión.....	11
1.5.3 Política de calidad	11
1.5.4 Política ambiental	11
1.5.5 Reseña de la empresa	12
1.5.6 Ubicación	12
1.5.7 Organigrama	12
1.5.8 Mercado meta de la empresa	14
1.5.9 Descripción del proceso productivo	14
1.5.10 Descripción del área de SMT	18
1.5.11 Departamento de mantenimiento en SMT	20
1.6 Descripción del Proyecto	20

1.6.1	Metodología del proyecto	22
1.6.2	Cronograma	28
1.7	Alcance del proyecto.....	31
1.8	Limitaciones del proyecto.....	31
1.9	Necesidad de recursos	32
2.	Capítulo II. Marco Teórico.....	33
2.1	Introducción	33
2.2	Mantenimiento productivo total (TPM).....	33
2.2.1	Mejora continua.....	34
2.2.2	Mejoras enfocadas	36
2.2.3	Mantenimiento autónomo	38
2.2.4	Mantenimiento planificado	40
2.2.5	Mantenimiento de Calidad	40
2.2.6	Prevención del mantenimiento	41
2.2.7	Mantenimiento de áreas de soporte	42
2.2.8	Polivalencia y desarrollo de habilidades	42
2.2.9	Seguridad y entorno	42
2.3	Filosofía de Cinco Eses	43
2.3.1	Seleccionar (Seiri)	44
2.3.2	Ordenar (Seiton).....	44
2.3.3	Limpiar (Seiso)	44
2.3.4	Mantener (Seiketsu)	45
2.3.5	Disciplinar (Shitsuke).....	45
2.4	Indicadores del mantenimiento	46

2.4.1	Selección de indicadores.....	46
2.4.2	Eficiencia Global de los equipos de producción (OEE)	47
2.4.3	Tiempo medio entre fallas TMEF (Meantime between failures, MTBF)..	49
2.4.4	Tiempo medio de la reparación TMDR (Meantime to repair, MTTR).....	49
2.4.5	Confiabilidad.....	50
2.5	Estructura del mantenimiento, mantenimiento de área	50
2.6	Conceptos claves en la industria electrónica.....	51
2.6.1	Tarjetas de circuito impreso (PCB)	51
2.6.2	Materiales ESD	52
2.6.3	Área protegida de descarga eléctrica (EPA)	52
3.	Capítulo III. Desarrollo del proyecto	53
3.1	Estrategia de 5 eses	53
3.1.1	Líneas de producción	54
3.1.2	Departamento de mantenimiento.....	85
3.1.3	Control Visual en cinco eses	95
3.2	Optimización del sistema de información	101
3.2.1	Codificación de equipos	101
3.2.2	Orden de trabajo de mantenimiento	110
3.2.3	Fichas técnicas de las máquinas de SMT.....	119
3.2.4	Mejoras en Logbook digital mantenimiento.....	122
3.3	Mantenimiento autónomo.....	126
3.3.1	Manuales para SIPLACE SX1/SX2 V2	128
3.3.2	Manuales para Screen and Stencil Printer X5 Professional	158
3.3.3	Listas de chequeo de mantenimiento autónomo.....	169

3.3.4	Control visual para el mantenimiento autónomo	172
3.3.5	Implementación del mantenimiento autónomo.....	174
3.4	Mejoras enfocadas.....	176
3.4.1	Disminución de pérdidas por tiempos muertos y de vacío	176
3.4.2	Disminución de pérdidas por productos o procesos defectuosos	181
3.4.3	Propuesta de mejora enfocada en el futuro	185
3.5	Indicadores del mantenimiento	186
3.5.1	Índice de eficiencia global (Overall Equipment Effectiveness, OEE)....	186
3.5.2	Tiempo medio entre fallas (TMEF)	189
3.5.3	Tiempo medio de reparación (TMDR)	190
3.5.4	Disponibilidad.....	191
3.5.5	Confiabilidad.....	193
3.5.6	Indicadores para mantenimientos preventivos.....	197
3.6	Estrategia de venta y cambio cultural de la organización	203
3.7	Plan de seguimiento y sostenibilidad del proyecto	207
4.	Capítulo IV. Análisis Económico	210
4.1	Análisis de costo de oportunidad	210
4.2	Costos del proyecto realizado	212
4.3	Ahorros que producirá el proyecto.	213
4.4	Análisis financiero del proyecto.....	214
5.	Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones	217
5.1	Conclusiones	217
5.2	Recomendaciones	218
6.	Capítulo VI. Bibliografía	219

7.	Capítulo VII. Apéndices	222
7.1	Fichas técnicas	222
7.2	Listas de chequeo de mantenimiento autónomo	231
8.	Capítulo VIII. Anexos	235
8.1	Ayuda para errores según SIPLACE SX1/SX2 V2	235
8.2	Cotizaciones	238

Índice de figuras

Figura 1.1 Casa de “Lean Manufacturing” manufactura esbelta.....	4
Figura 1.2 Relación de mantenimiento correctivo y preventivo	7
Figura 1.3 Distribución del trabajo.....	7
Figura 1.4 Diagrama de estructura organizacional de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.	13
Figura 1.5 Descripción gráfica del proceso productivo de Zollner Electronics Costa Rica Ltda.....	15
Figura 1.6. Línea de producción de SMT	18
Figura 2.1 Diagrama del ciclo de mejora continua o ciclo Deming.....	36
Figura 2.2 Pasos para la realización de mejoras enfocadas según Carola Gómez, 2011, p. 53.....	37
Figura 2.3 Panel con diez tarjetas de circuito impreso.	51
Figura 3.1. Estado inicial de las líneas de SMT antes de implementación de cinco eses	53
Figura 3.2 Propuesta de mesa para las líneas de SMT.....	61
Figura 3.3 Sobremesa para estandarizar las mesas de SMT	62
Figura 3.4. Fotografías de las mesas de trabajo en las líneas de SMT antes de la realización del proyecto.	63
Figura 3.5. Mesa de trabajo estandarizada de las líneas de SMT	64
Figura 3.6. Mesa de cambio de estenciles y ayuda visual.....	71
Figura 3.7. Documento FE6CR_0033_A Zollner Electronics.....	72
Figura 3.8. Fotografías de gabinete común antes de la realización del proyecto.	73
Figura 3.9. Gabinete de insumos de SMT después de orden de 5S	74
Figura 3.10. Etiquetado de objetos en el gabinete de insumos	75
Figura 3.11. Lista de chequeo presentada en Tabla 3.3. Lista de chequeo de artículos y herramientas necesarios en el gabinete para las líneas de SMT. Colocada en el gabinete de insumos.....	76
Figura 3.12. Ejemplos de tiempos de baja en la producción por falta de estandarización, orden y limpieza.....	77

Figura 3.13. Ejemplo de prevención de fallos en las máquinas mediante la verificación del estado de las máquinas	84
Figura 3.14 Herramientas para la gaveta 1	87
Figura 3.15. Herramientas para la gaveta 2.	88
Figura 3.16. Herramientas de la gaveta 3 antes y después de la organización	89
Figura 3.17. Herramientas de la gaveta 4 antes y después de la organización	89
Figura 3.18. Herramientas sin espacio en el gabinete de herramientas	91
Figura 3.19. Elementos eliminados del gabinete de herramientas el día de la organización	92
Figura 3.20. Espuma realizada para organización de la gaveta 4.	92
Figura 3.21. Fotografía antes de recolocar los sujetadores.....	96
Figura 3.22. Fotografías después de recolocar los sujetadores de documentos en las máquinas	97
Figura 3.23. Lista de chequeo por cada gaveta ubicada en el gabinete de herramientas	98
Figura 3.24. Sobre de aluminio para estandarización de las mesas de trabajo debidamente etiquetado.	99
Figura 3.25. Etiquetado de elementos en el gabinete de insumos de SMT.	100
Figura 3.26. Detalles de cada parte del código de las máquinas para el área de producción de Zollner Electronics Costa Rica Limitada.....	104
Figura 3.27. Etiquetas de codificación para máquinas de SMT	109
Figura 3.28 Máquinas SIPLACE, escáner y horno antes y después de la codificación	109
Figura 3.29 Propuesta de orden de trabajo de mantenimiento	111
Figura 3.30 Flujo-grama de orden de trabajo correctiva para el área de SMT.....	114
Figura 3.31. Flujo-grama de orden de trabajo correctiva para el área de SMT.....	115
Figura 3.32. Muestra de ficha técnica para las máquinas del área de SMT	120
Figura 3.33. Colocación de las fichas técnicas en las máquinas de SMT.....	121
Figura 3.34. Ejemplo de causas raíz encontradas en el Logbook antes de la propuesta de mejora.....	123

Figura 3.35 Diagrama Pareto de las máquinas en el área de SMT según tiempos de baja.....	127
Figura 3.36. Carteles informativos para 5S y mantenimiento autónomo.	173
Figura 3.37. Manómetros antes y después de la señalización	174
Figura 3.38. Implementación de mantenimiento autónomo en la máquina SIPLACE SX1/SX2	175
Figura 3.39. Implementación de mantenimiento autónomo en la máquina Screen and stencil printer.	175
Figura 3.40. Diagrama Pareto de errores en máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2	177
Figura 3.41. Manómetros antes y después de la mejora.	179
Figura 3.42. Ejemplo de tiempo de baja en la producción por fallos en el marco de estéciles.....	181
Figura 3.43. Componentes desechados por la máquina SIPLACE en un mantenimiento mensual.	184
Figura 3.44. Gráfico de índice de eficiencia global de enero a mayo para cada línea de producción y el total del área de SMT.	188
Figura 3.45. Porcentaje de reducción de tiempo de baja debido a mantenimiento u otros.....	192
Figura 3.46. Resumen de confiabilidad de las máquinas de la línea 2 de SMT	194
Figura 3.47. Resumen de confiabilidad de las máquina de la línea 3 de SMT	195
Figura 3.48. Resumen de confiabilidad de línea 3 de SMT	196
Figura 3.49. Cantidad de mantenimiento correctivo y preventivo entre enero y mayo 2017.....	200
Figura 3.50. Porcentaje de mantenimiento preventivo de enero a mayo de 2017 ...	201

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Índice de eficiencia global (OEE).....	47
Ecuación 2. Rendimiento.	48
Ecuación 3. Disponibilidad.....	48
Ecuación 4. Calidad.....	49
Ecuación 5. Tiempo medio entre fallos.....	49
Ecuación 6. Tiempo medio de reparación.....	50
Ecuación 7. Confiabilidad.....	50

Índice de tablas

Tabla 1.1 Valores de índices en enero de 2017.....	5
Tabla 1.2 Comparación de tiempos perdidos en el área de tecnología de montaje superficial.	6
Tabla 1.3 Metodología para el primer objetivo específico del proyecto.	22
Tabla 1.4. Metodología para el segundo objetivo específico del proyecto.....	23
Tabla 1.5. Metodología para el tercer objetivo específico del proyecto.	24
Tabla 1.6. Metodología para el cuarto objetivo específico del proyecto.	25
Tabla 1.7. Metodología para el quinto objetivo específico del proyecto.....	26
Tabla 1.8. Metodología para el sexto objetivo específico del proyecto.....	27
Tabla 1.9. Cronograma de actividades de enero y febrero.....	28
Tabla 1.10. Cronograma de actividades de marzo.....	29
Tabla 1.11. Cronograma de actividades de abril.....	30
Tabla 1.12 Cronograma de actividades de mayo.....	30
Tabla 2.1. Seis grandes pérdidas en la producción afectadas por el mantenimiento	38
Tabla 3.1. Lista de verificación de los objetos necesarios en cada mesa de trabajo.	56
Tabla 3.2. Artículos y herramientas presentes en el gabinete antes de la organización.	58
Tabla 3.3. Lista de chequeo de artículos y herramientas necesarios en el gabinete para las líneas de SMT.....	59

Tabla 3.4 Lista de verificación de limpieza para cinco eses para línea 1 de SMT	84
Tabla 3.5 Herramientas necesarias en el departamento de mantenimiento de SMT .	86
Tabla 3.6 Herramientas organizadas en la gaveta N. 1.....	87
Tabla 3.7 Herramientas organizadas en la gaveta N. 2.....	88
Tabla 3.8 Herramientas organizadas en la gaveta N.3.....	88
Tabla 3.9 Herramientas organizadas en gaveta N. 4	89
Tabla 3.10 Herramientas organizadas en la gaveta N. 5.....	90
Tabla 3.11 Herramientas sin espacio disponible en el área de mantenimiento de SMT	91
Tabla 3.12. Lista de verificación para las gavetas del gabinete de herramientas del área de mantenimiento de SMT	94
Tabla 3.13. Descripción de costos para la implementación de las cinco eses.....	100
Tabla 3.14 Codificación por áreas de producción	102
Tabla 3.15 Codificación por máquinas del área de SMT	103
Tabla 3.16 Codificación de equipos para la línea uno de SMT.....	105
Tabla 3.17 Codificación de equipos para la línea dos de SMT	106
Tabla 3.18 Codificación de equipos para la línea tres de SMT.....	107
Tabla 3.19 Codificación de equipos para la línea cuatro de SMT.....	108
Tabla 3.20 Especificaciones según el grado de prioridad de una orden de trabajo .	112
Tabla 3.21 Propuestas para análisis de criticidad de equipos	117
Tabla 3.22 Criticidad de los equipos del área de tecnología de montaje superficial	118
Tabla 3.23. Lista de verificación para los procedimientos de los mantenimientos autónomos semestrales de las máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2.....	170
Tabla 3.24. Lista de verificación para los procedimientos de los mantenimientos autónomos trimestrales de las máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2.....	171
Tabla 3.25. Estimación de tiempos para los mantenimientos autónomos	172
Tabla 3.26. Aportes de control visual para mantenimiento autónomo	173
Tabla 3.27. Errores de máquinas SIPLACE	177
Tabla 3.28. Errores a evitar mediante señalización en manómetros	180
Tabla 3.29. Tiempos reducidos por averías y costos de oportunidad respectivos ...	180

Tabla 3.30. Errores a disminuir mediante limpieza de sensor de componentes	183
Tabla 3.31. Errores a disminuir mediante limpieza de boquillas	183
Tabla 3.32. Valores de índices en enero de 2017	187
Tabla 3.33. Valores del índice de eficiencia global desde enero hasta mayo para cada línea de producción y el total del área de SMT.	188
Tabla 3.34. Resumen de valores de Tiempo medio entre fallas (en horas) de febrero a mayo de 2017	190
Tabla 3.35. Resumen de valores de tiempo medio de reparación (en minutos) de febrero a mayo de 2017	190
Tabla 3.36. Resumen de porcentaje de disponibilidad	191
Tabla 3.37. Comparación de disponibilidades antes y después del proyecto para cada línea de producción.....	192
Tabla 3.38. Resumen de confiabilidad de la línea 2 de SMT.....	194
Tabla 3.39. Resumen de confiabilidad de la línea 3 de SMT.....	195
Tabla 3.40. Resumen de confiabilidad de la línea 4 de SMT.....	196
Tabla 3.41. Porcentaje de mantenimiento preventivo de enero a mayo de 2017. ...	200
Tabla 3.42 Cronograma de seguimiento e implementación del TPM	209
Tabla 4.1 Costo de oportunidad de la línea 2 de SMT	210
Tabla 4.2 Costo de oportunidad de la línea 3 de SMT	211
Tabla 4.3. Costo de oportunidad de línea 4 de SMT	211
Tabla 4.4 Costos de oportunidad de las tres líneas de producción analizadas en el proyecto y su promedio.....	212
Tabla 4.5. Resumen de ahorros económicos debidos al proyecto realizado	213
Tabla 4.6. Análisis del Flujo Neto de Efectivo del proyecto.	214
Tabla 4.7. Valores para la evaluación financiera del proyecto.....	215
Tabla 4.8. Porcentaje de recuperación del proyecto para los siguientes tres años .	216

Resumen

Dentro de la gestión del mantenimiento en las empresas, debe buscarse la reducción de pérdidas, desperdicios y averías para que en conjunto con otras áreas se avance hacia una compañía de manufactura esbelta como lo pretende ser Zollner Electronics Costa Rica Ltda. Para llegar a ello una de las bases es el mantenimiento productivo total (TPM), con el cual se buscan aumentar índices de eficiencia, disponibilidad y calidad.

Para ello, se inicia con la aplicación de las 5S, herramienta clave para la implementación del TPM, tanto en el departamento de mantenimiento como en las líneas de producción del área de SMT. Posteriormente, se introduce el mantenimiento autónomo y las mejoras enfocadas como pilares iniciales. Para el primero se realizan y se implementan manuales para las máquinas más críticas del proceso productivo. Para las mejoras enfocadas se coloca señalización en los manómetros de entrada de aire comprimido a las máquinas y se fortalecen actividades de limpieza de sensores y boquillas los cuales han presentado errores considerables en el pasado.

Para complementar y mejorar la gestión del mantenimiento se implementa la codificación de equipos, la criticidad de los mismos y se introducen las órdenes de trabajo de mantenimiento, a la vez que se mejora el sistema de información digital del departamento.

Se busca la medición de las mejoras y el análisis del impacto del mantenimiento en la empresa, por lo que se implementan índices de mantenimiento como el TMEF, TMDR, la confiabilidad y la disponibilidad. Para este último se evidencian mejorías de un 2% al finalizar el proyecto. Se da la medición del índice de eficiencia global para el cual se da un aumento de 21% entre enero y mayo de 2017.

Además, se diseña una estrategia de cambio cultural para dar continuidad y sostenibilidad al proyecto dentro de la empresa.

Palabras clave

Mantenimiento Productivo Total (TPM), Mantenimiento Autónomo, Cinco S (5S), Gestión del mantenimiento, Tecnología de Montaje Superficial (SMT), Indicadores.

Abstract

The maintenance management in the companies should be involved on the reduction of losses, wastes and breakdowns so that together with other areas, they progress towards a lean manufacturing company as Zollner Electronics Costa Rica Ltd. intends to be. To achieve that, one of the bases is the total productive maintenance (TPM), with which it is sought to increase indices of efficiency, availability and quality.

To do this, the project starts with the application of 5S (an important key for TPM implementation) both in the maintenance department and in the production lines of the SMT area. Subsequently, autonomous maintenance and focused improvements are introduced as initial pillars. For the former, manuals are made and implemented for the most critical machines in the production process. For the focused improvements, signaling is placed on the compressed air inlet gauges to the machines and the cleaning activities have been strengthening for sensors and nozzles which have presented considerable errors in the past.

To complement and improve the maintenance management, it has been made a codification for the equipment, the criticality has been defined and the maintenance work orders have been introduced, while the department's digital information system has been improved.

It is sought to measure the improvements and analysis of the impact of the maintenance on the company, so it is implemented maintenance indexes such as TMEF, TMDR, reliability and availability. For the latter, improvements of 2% are evident at the end of the project. There is also measured the overall efficiency index for which there is a 21% increase between January and May 2017.

In addition, a strategy of cultural change is designed to give continuity and sustainability to the project within the company.

Key words

Total Productive Maintenance (TPM), Autonomus Maintenance, Five S (5S), Surface Mount Technology (SMT), Indicators.

1. Capítulo I. Introducción

1.1 Introducción

La industria actualmente demanda una gestión del mantenimiento más eficiente, con mejores herramientas de información y documentación, así como métodos más ordenados y efectivos a la hora de trabajar con el equipo de producción.

Es allí donde se desarrollan proyectos que ayudan a disminuir las pérdidas de la empresa, como lo son paros por averías, defectos de calidad, defectos en la producción y minimizar los peligros para la seguridad de las personas y el ambiente. Es por eso que en Zollner Electronics Costa Rica Ltda., con este proyecto se busca mejorar la gestión del mantenimiento, implementando las bases necesarias para introducir un Mantenimiento Productivo Total de manera paulatina mediante los pilares de esta filosofía.

1.2 Problema y situación actual

En enero de 2017, se encuentra que la empresa Zollner Electronics Costa Rica, en el área de SMT no dispone de un historial completo de los trabajos de mantenimiento correctivo ni preventivo. Se tiene ausencia de índices como el tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, confiabilidad y la disponibilidad es el único indicador que sí se mide en la empresa y ese cuenta con errores de cálculo, además, que al no tener un historial completo, no es del todo confiable.

Un historial incompleto hace que no se tengan datos de averías crónicas y que sea difícil o imposible el cálculo de indicadores para evidenciar la gestión del departamento de mantenimiento.

Existen en las líneas de producción muchos paros en cada turno por averías en las máquinas, por falta de materiales e insumos para la producción, por el trabajo de

preparación de los productos que se fabricarán, entre otras actividades que reducen el tiempo útil de producción de la empresa.

Aparte de los tiempos de paro anteriormente mencionados, se tienen pérdidas de materia prima, como por ejemplo, componentes, que son rechazados en las máquinas debido a que no son leídos por los sensores de la máquina o por problemas al captarlos por parte de las boquillas.

Se tienen tanto en las líneas de producción como en el departamento de mantenimiento, espacios de trabajo desordenados y con falta de estandarización, por lo que se tienen más riesgos de accidentes y se pierde más tiempo a la hora de realizar algún trabajo ya que se requiere de tiempo para la búsqueda de herramientas o insumos.

Lo explicado anteriormente, es un problema para la empresa ya que se busca una manufactura esbelta y es evidente que, con la pérdida de tiempos por fallos, búsqueda de insumos y herramientas se reduce la disponibilidad para la producción y por lo tanto se reduce la efectividad de la compañía. Lo mismo ocurre con el caso de la pérdida de componentes, que hace que se den desperdicios de material a causa de fallos en ciertos elementos de las máquinas.

Se tiene ausencia de mantenimiento preventivo para ciertos elementos en las máquinas, así como de componentes importantes y de uso frecuente como los marcos de estenciles para colocar la pasta de soldadura o las boquillas que seleccionan los componentes, por lo que se dan problemas frecuentes con esos elementos en las máquinas correspondientes.

Si no se dan mejoras en la gestión del mantenimiento de esta área, es probable que los equipos con el paso del tiempo empiecen a presentar aún más fallos, lo que

significaría una disminución en la disponibilidad y por lo tanto en el tiempo productivo de la empresa, disminuyendo la rentabilidad.

1.3 Justificación del proyecto

La empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda., requiere de un historial de los fallos y las reparaciones, así como los mantenimientos que se hacen en las máquinas de producción de la empresa, lo anterior es exigido por las auditorías de la certificación que regula las empresas de manufactura de componentes para industria automotriz ISO/TS 16949. Por lo tanto, se debe fortalecer el sistema de información e índices del mantenimiento de esta área por motivos de auditoría y para tener un control e historial de las posibles fallas en el equipo.

Se desea llegar a ser una empresa de nivel mundial, de manufactura esbelta (Lean manufacturing) con el fin de mejorar la eficiencia al máximo buscando mejoras en la rentabilidad del negocio y a la vez ser la mejor opción para los clientes que buscan una excelente calidad en la industria electrónica y mecatrónica. Dentro de las bases del Lean Manufacturing se encuentra el TPM por sus siglas en inglés de Total Productive Maintenance (mantenimiento productivo total) como se observa en la siguiente figura:

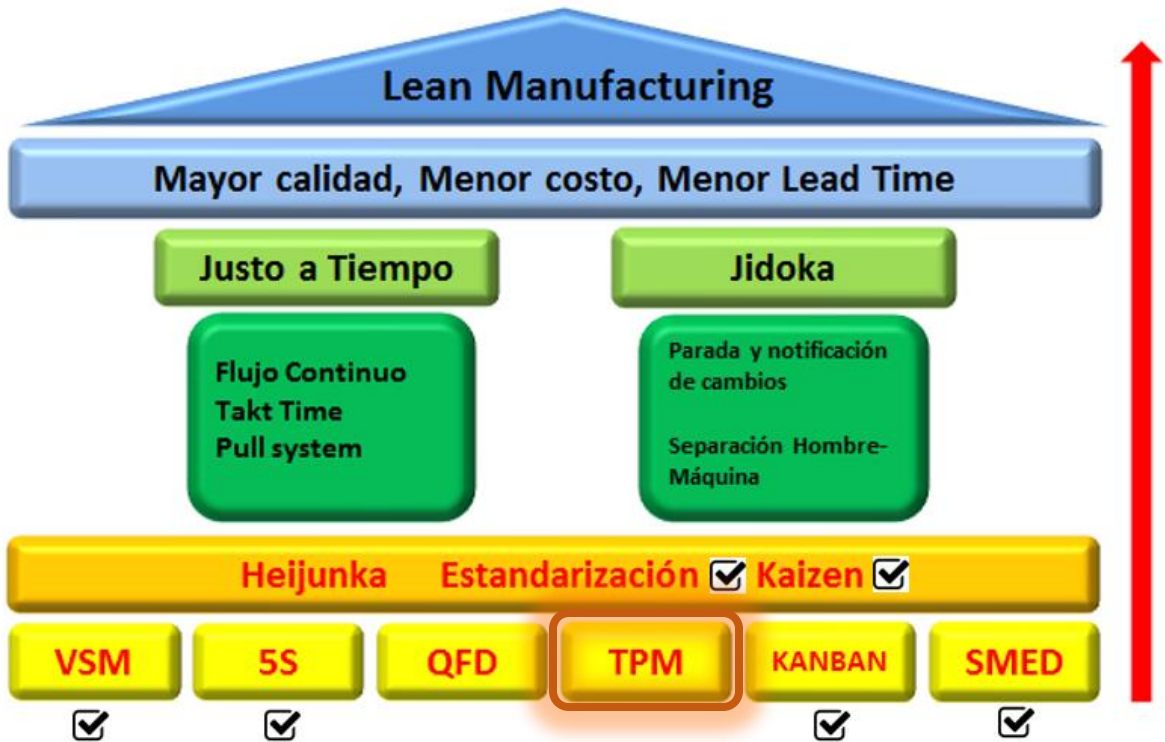


Figura 1.1 Casa de “Lean Manufacturing” manufactura esbelta.

Fuente: Departamento de Producción.

Dentro de los pilares se encuentran el Value Stream Map, técnica utilizada para el manejo de información; el KANBAN o control de inventarios; el Single Minute Exchange of Die, el cual se trabaja para disminuir gastos y pérdidas en los procesos de manufactura, las 5 S para orden y limpieza; así como el Quality Function Deployment, que se refiere al entendimiento de las necesidades del cliente para la adaptación del proceso productivo de manera que se cumplan las expectativas de los compradores y el Total Productive Maintenance, del cual se amplía el presente proyecto. Estos dos últimos aún no estaban en proceso en la empresa antes de enero de 2017, por lo que se piensa comenzar con el TPM o mantenimiento productivo total mediante el presente proyecto para continuar acercándose a la meta de una manufactura esbelta (Lean Manufacturing).

Antes del comienzo del proyecto ya se contaba con índices de eficiencia, disponibilidad y calidad (éste último llamado First pass yield o Rendimiento en la primera pasada) con lo que obtienen el índice de eficiencia global (OEE). Cuyos valores al iniciar el proyecto (Enero, 2017) se muestran a continuación.

Tabla 1.1 Valores de índices en enero de 2017

Índice	Línea 2	Línea 3	Línea 4	Promedio
Eficiencia	59%	26%	29%	38%
Calidad	50%	13%	70%	44%
Disponibilidad	89%	72%	75%	78%
OEE	27%	2%	15%	13%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Los datos para el análisis anterior son obtenidos del departamento de ingeniería y toma en cuenta los datos que van desde el 10 de enero de 2017 al 30 de enero de 2017. La meta de la empresa, según el departamento de ingeniería y basado en los objetivos de la compañía, con los índices anteriores es llegar al 85% en el índice de eficiencia global (OEE) mediante la obtención de un 95% en los tres índices que afectan a la eficiencia global: eficiencia, calidad y disponibilidad. Lo anterior debido a los estándares de calidad que solicitan los clientes y a la búsqueda de una mayor rentabilidad en la empresa. Por lo anterior, es necesario disminuir pérdidas para mejorar los tres índices o factores que afectan la eficiencia global.

Muchas de las pérdidas de tiempo se dan por fallos en las máquinas de las líneas de SMT. Eso se evidencia al hacer la comparación del total de tiempo perdido con respecto al tiempo perdido que corresponde a tareas de mantenimiento correctivo. Tomando en cuenta el costo de oportunidad que tiene el área de SMT se obtiene también información de cuanto está malgastando la empresa a causa de las pérdidas de tiempos totales y fallas en las máquinas. Esa información se resume a continuación.

Tabla 1.2 Comparación de tiempos perdidos en el área de tecnología de montaje superficial.

Tiempos perdidos (min)		Costos de oportunidad perdidos		Porcentaje debido a mantenimiento
Totales	Por mantenimientos	Totales	Por mantenimiento	
16709	6198	\$1 201 098	\$445 533	37%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

El encargado de mantenimiento de SMT explica que es común que se presenten problemas desconocidos para ellos, por lo que se debe contactar al ingeniero de servicio de área llamados Field Service Engineers para que ayuden con la solución del problema. Eso ocurre al menos tres veces a la semana.

Es así como se evidencia una vez más que es necesario disminuir pérdidas por parte del departamento de mantenimiento en el área de SMT, ya que las afectaciones económicas son altas y podrían aumentar si no se inicia con algún plan de reducción de pérdidas.

Los reportes realizados en los años anteriores (2015 y 2016) por el departamento de mantenimiento no se encuentran completos en ninguna de las tres modalidades de reporte (físico, digital y en SAP). Se buscan con este proyecto, por lo tanto, crear alternativas que permitan tener toda la información de mantenimiento necesarias para tener un sistema de información adecuado que permita el desarrollo adecuado del mantenimiento productivo total.

Otro aspecto que justifica la necesidad de organización y de la realización e implementación de pilares del mantenimiento productivo total es la relación actual entre el mantenimiento preventivo y el mantenimiento correctivo.

Se tiene según los datos de enero del departamento de mantenimiento y producción del área en estudio que la cantidad de minutos dedicada a mantenimiento correctivo fue de 6198 minutos mientras que lo dedicado a mantenimiento preventivo fue de 1800 minutos. Las relaciones entre ambos mantenimientos se muestran en la siguiente figura:

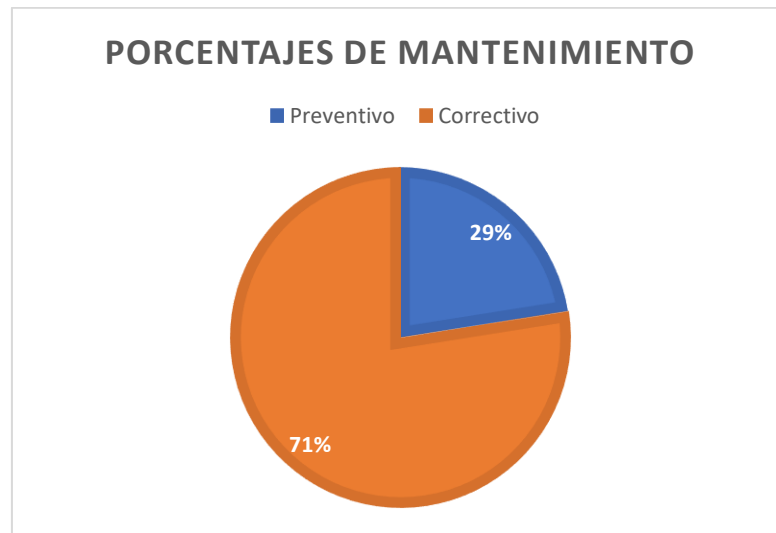


Figura 1.2 Relación de mantenimiento correctivo y preventivo

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Lo anterior evidencia que es necesario mejorar el mantenimiento que se da en el área de estudio para conocer si el mantenimiento está siendo bien aplicado o no, ya que la tendencia global para que un mantenimiento sea correcto es donde “la distribución por horas de mano de obra en una instalación industrial que funciona correctamente es como se describe en la siguiente figura” (Duffuaa, S. O. C et al., 2000, p. 76) según el libro *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*, donde se encuentra la siguiente figura.

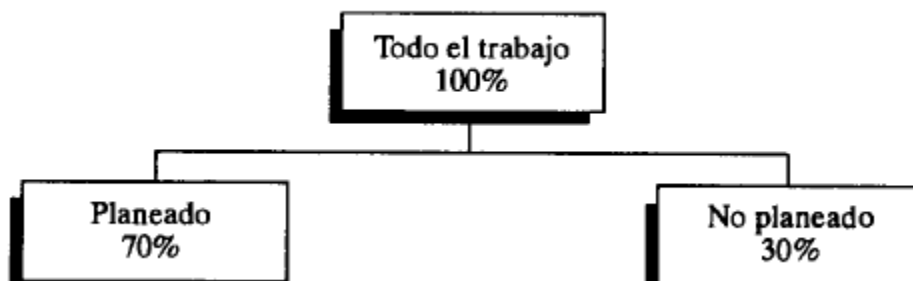


Figura 1.3 Distribución del trabajo

Fuente: Duffuaa, S. O. C et al., 2000, p. 76

Existe un alto riesgo de fallo en las máquinas en un futuro si no se comienza con la implementación del TPM. Si se dan errores más frecuencia entonces se daría una baja en la productividad y la eficiencia de la empresa. Actualmente, el mantenimiento no se da de una manera productiva ni eficaz, ya que no se optimizan recursos humanos, ni el tiempo, un ejemplo de ello es que actualmente, se pierde tiempo en la búsqueda de repuestos y herramientas a la hora de realizar los trabajos ya sea preventivos o correctivos, además que no se está realizando un mantenimiento autónomo, por lo que acciones preventivas que pueden estar a cargo del personal de producción (optimizando tiempo y recursos) son actualmente, tareas del personal de mantenimiento, lo que disminuye el tiempo útil de este departamento para realizar otras tareas de mayor demanda como análisis de causas de fallos o de información predictiva.

Para solucionar los problemas mencionados anteriormente, se propone ya sea el mantenimiento productivo total de manera que se reduzcan las pérdidas y desperdicios en la empresa, o la implementación de un mantenimiento preventivo y predictivo más ordenado, pero se determina que el mantenimiento productivo total es más afín a los objetivos, misión y visión de la empresa, al contemplar mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo y pilares de seguridad y ambiente que son parte de las políticas de la empresa.

Es así como se determina que la mejor alternativa por parte del departamento de mantenimiento y en conjunto con el de producción, para reducir pérdidas en la empresa es la implementación de un mantenimiento productivo total, y con este proyecto se pretende iniciar con dos pilares fundamentales en el área de SMT (mantenimiento autónomo y mejoras enfocadas) para posteriormente, ir expandiendo la filosofía con más pilares y más áreas de la planta, para enrumbarla hacia una compañía de manufactura esbelta, lo que requiere de un mantenimiento de nivel mundial.

Además, se determina que este es un buen momento para la realización de este proyecto, ya que la empresa tiene muy poco tiempo en el país, lo cual hace que tenga muchos trabajadores nuevos que tienen una buena actitud para el desarrollo de nuevos proyectos, como lo es el mantenimiento autónomo y la implementación de mejoras, que requieren de colaboradores motivados y consientes de la importancia de ello. Además, los encargados de la empresa se encuentran muy anuentes a desarrollar el proyecto y lo creen oportuno en el desarrollo de la planta para una mejora en la eficiencia global, además de que los acerca a una compañía “Lean” o esbelta de manufactura, lo cual es uno de sus objetivos. Otra razón es que la planta se encuentra en un gran crecimiento tanto de personal como de producción, por lo que se debe comenzar cuanto antes a implementar los pilares del TPM progresivamente, para irlos expandiendo a las otras áreas de la empresa.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Mejorar los indicadores de productividad en el área de tecnología de montaje superficial (SMT) de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda., a través de pilares del mantenimiento productivo total (TPM).

1.4.2 Objetivos específicos

1. Establecer las bases del TPM mediante la aplicación de la herramienta de 5S en el área de SMT.
2. Optimizar el control de las labores de mantenimiento mediante el uso de órdenes de trabajo.
3. Fortalecer el servicio de mantenimiento por parte del personal de producción a través de la aplicación de mantenimiento autónomo.
4. Realizar mejoras enfocadas en el área de SMT atacando las grandes pérdidas de la empresa en esa área.
5. Determinar el impacto de la gestión del mantenimiento en la empresa mediante la aplicación e implementación de indicadores.
6. Diseñar una estrategia de cambio cultural en el departamento SMT que permita dar sostenibilidad y continuidad a la implementación de los pilares del TPM.

1.5 Descripción de la empresa

1.5.1 Visión

“Convertirnos en la unidad de negocio más atractiva del Grupo Zollner con bajo costo, alta calidad y rentabilidad.” Departamento de Recursos Humanos, Empresa Zollner Electronic Limitada.

1.5.2 Misión

“Mercado: Industria Electrónica & Automotriz

Mercado Meta: Norte América

Productos: Tarjetas de circuito impreso y Mecatrónica

Diferencial: Una fuerza laboral altamente educada y talentosa, experiencia y mejora continua de nuestros procesos.” Departamento de Recursos Humanos, Empresa Zollner Electronic Limitada.

1.5.3 Política de calidad

“En Zollner Electronics Costa Rica estamos comprometidos a satisfacer los requerimientos de nuestros clientes mediante altos estándares de calidad, entregas a tiempo, precios competitivos y procesos de mejora continua.” Departamento de Recursos Humanos, Empresa Zollner Electronic Limitada.

1.5.4 Política ambiental

“En Zollner Electronics Costa Rica estamos comprometidos con el ambiente mediante la prevención de la contaminación, cumpliendo con la legislación de Costa Rica y los requerimientos aplicables a través de los objetivos, metas y procesos de mejora continua. “ Departamento de Recursos Humanos, Empresa Zollner Electronic Limitada.

1.5.5 Reseña de la empresa

La empresa Zollner Electronics fue fundada en 1965 en Zandt, Bavaria, Alemania, por Manfred Zollner. A partir de allí la empresa comienza a expandirse con 18 diferentes plantas alrededor del mundo. La planta de Zollner Electronics Costa Rica Limitada se ubica en el parque industrial de La Lima en Cartago, donde inicia producción en octubre de 2014, en un área de producción de 3900 m².

Esta es una empresa de Manufactura de Servicios Electrónicos (EMS, Electronics Manufacturing Services), dedicada a la fabricación de productos mecatrónicos. En la planta de Costa Rica, la compañía se dedica a la creación de tarjetas electrónicas para industria automotriz y médica principalmente. La planta cuenta con cuatro áreas principales de producción que son: SMT por sus siglas en inglés de Surface Mount Technology (tecnología de montaje superficial), THT por sus siglas en inglés de Through Hole Technology (tecnología de agujeros pasantes), Coating o recubrimiento y el área de Testing o pruebas.

El proyecto se desarrolla en el área de SMT, por la cual pasa la totalidad de la producción de la planta. En ella se encuentran cuatro líneas de producción iguales, las cuales agregan soldadura, así como los circuitos integrados y dispositivos que el cliente requiera para una aplicación específica.

1.5.6 Ubicación

La empresa está ubicada en la provincia de Cartago, cantón Central, distrito San Nicolás, Parque Industrial La Lima.

1.5.7 Organigrama

La empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda., cuenta con 345 empleados hasta la fecha. A continuación, se muestra un esquema de la estructura organizacional de la planta con sus principales departamentos. Se detallará más el área en que se va a desarrollar el proyecto: Gerencia de Operaciones. Cabe destacar que el departamento de mantenimiento en el área de SMT se compone de un-supervisor-y-tres-técnicos-electromecánicos.

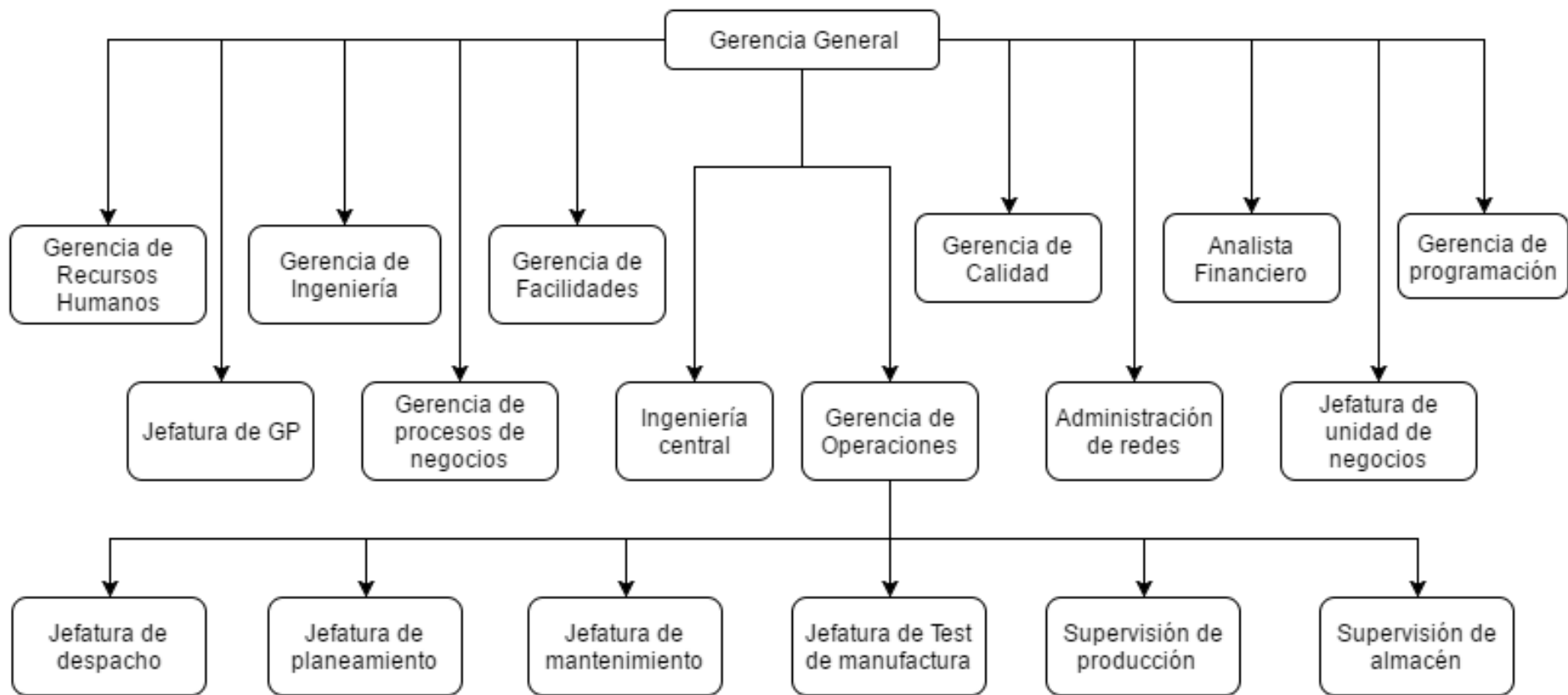


Figura 1.4 Diagrama de estructura organizacional de la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Fuente: Elaboración propia, Power Point 2016
 Aprobada por: Departamento de Recursos Humanos, Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

1.5.8 Mercado meta de la empresa

Zollner Electronics Costa Rica Ltda., desarrolla productos de tipo electrónico, automotriz y médicos, donde la mayoría de la producción es para el sector automotriz, los de tipo electrónico son principalmente dispositivos de control de ambiente, como calentadores de agua o aires acondicionados.

El tercer tipo de mercado que se maneja, son los dispositivos electrónicos para la industria médica, en este caso se trabajan 5 proyectos. Las tarjetas electrónicas para la industria médica son ensambladas para una bomba de insulina que suministra la dosis respectiva de dicha sustancia a las horas correspondientes, controla la presión con que se dispensa, la cantidad de insulina en la sangre y los cambios de cartuchos de la sustancia.

La empresa exporta tarjetas a México (principal país para la exportación) y Estados Unidos, aparte de eso se realizan algunos servicios de re-trabajo en tarjetas electrónicas para empresas ubicadas en Costa Rica.

1.5.9 Descripción del proceso productivo

Se presentará un flujo general de los procesos que tiene la empresa, donde dependiendo del producto que se realice habrá algunos procesos que no son necesarios, dependiendo de los requerimientos del cliente. Esos procesos son explicados-también-a-continuación.

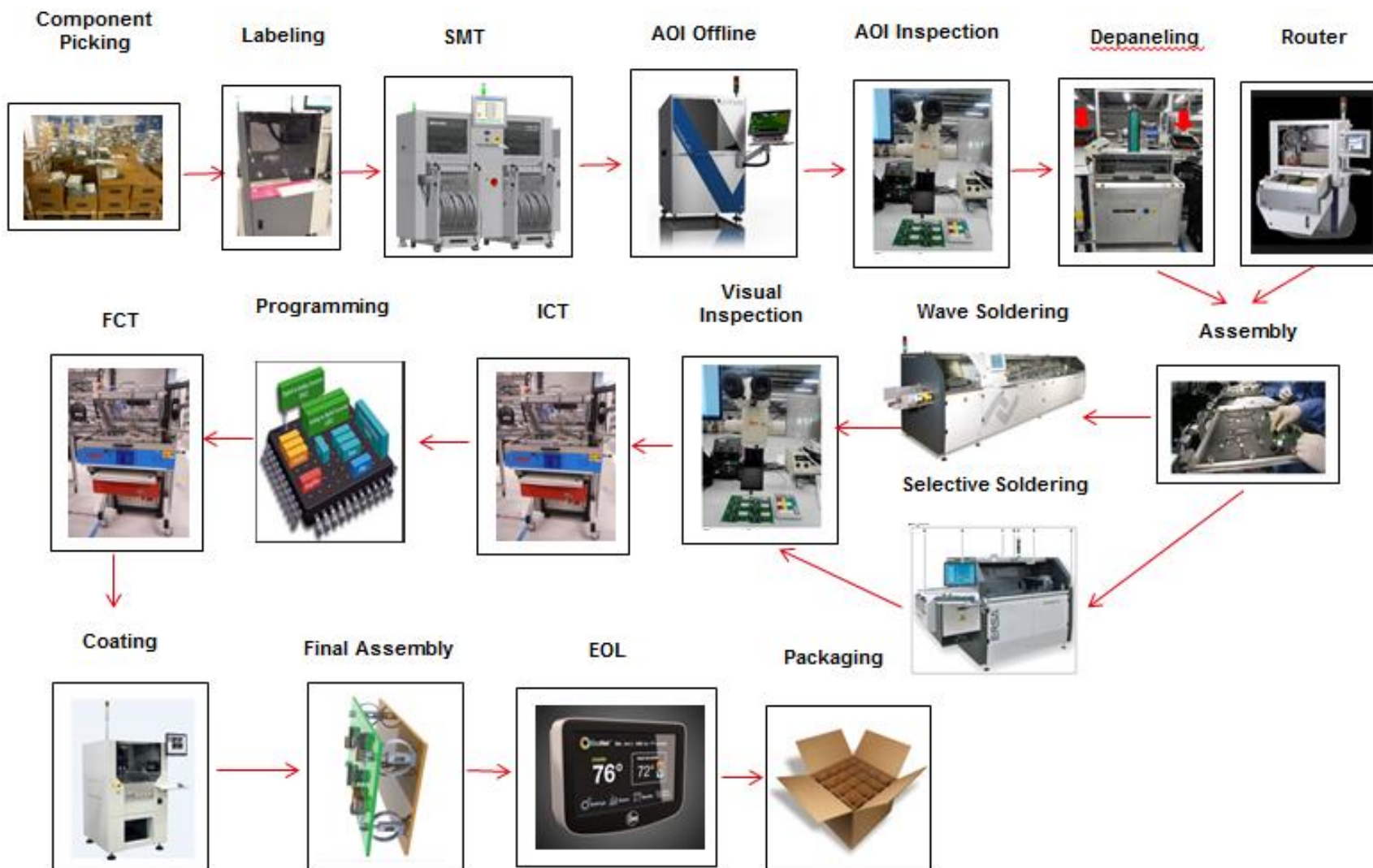


Figura 1.5 Descripción gráfica del proceso productivo de Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Zollner Electronics Costa Rica Ltda. (2017)

Como se observa en el flujo del proceso en la figura anterior, el proceso inicia desde que llegan los productos a la bodega. Allí los productos son ingresados al sistema electrónico de control de inventarios (SAP) e inspeccionados para saber que efectivamente se haya recibido el producto pedido, así como la revisión de algunos componentes, la cual se realiza aleatoriamente a algunas cajas de componentes electrónicos.

En el área de “component picking” o selección de componentes se encarga de seleccionar la materia prima necesaria para llevar a cabo una orden de producción según una lista previamente diseñada y con el material que se encuentra ya registrado en bodegas, basándose también en la cantidad de tarjetas electrónicas que requiere el cliente y del producto específico que se realizará

Posteriormente, es necesario pasar todos los paneles y tarjetas electrónicas al área de “labeling” donde se etiqueta cada uno de los paneles y las tarjetas de circuito impreso (PCB por sus siglas en inglés) que se encuentren en cada panel, eso para mantener la trazabilidad de cada una de la tarjetas, para mantener la información de cada proceso por el que pasan, el momento exacto en el que se realiza, bajo la supervisión de quién y en caso de que exista algún inconveniente con algún producto toda la información será rastreable gracias a la trazabilidad que se le da. Aparte de eso, las máquinas rastrean este código cada vez que ingresa una tarjeta nueva, de manera que la máquina no trabaja si no presentan el código de trazabilidad correspondiente.

A continuación, el panel con varias PCB pasa al área de SMT por sus siglas en inglés de Surface Mount Technology (tecnología de montaje superficial), es decir, es donde se da el ensamble de los componentes que quedarán soldados a la tarjeta de manera superficial. Este proceso se detallará en el siguiente apartado por ser el área del proceso en el que se desarrolla este proyecto.

Después del área de SMT la tarjeta pasa al área de Inspección Óptica Automatizada (AOI, por sus siglas en inglés) en ella se realizan comparaciones de una imagen patrón con imágenes tomadas por la máquina para determinar que se encuentren todos los componentes necesarios en el lugar correspondiente. Es así como el producto es dividido en conforme y no conforme, donde éste último es analizado por expertos en el área para determinar si es posible realizarle un re-trabajo a la pieza o si ya se convierte en una pieza de desecho (scrap)

Después, las piezas conformes se trasladan a la sección de “Depaneling” y “Router” donde se separan las tarjetas de circuito impreso de los paneles. A continuación, se encuentra el área de THT por sus siglas en inglés de Through Hole Technology (tecnología de agujero pasante), el cual es un proceso manual en el que se ensamblan componentes en la tarjeta, que luego son soldados mediante la tecnología de ola de soldadura o de soldadura selectiva, según sea el caso. Se realiza después de eso una inspección visual para cerciorarse que los componentes están en las posiciones correctas y que se encuentran bien soldados.

Se tienen dos maneras de corroborar que la tarjeta ensamblada cumpla con lo pedido por el cliente. Una de ellas es la prueba estructural, llamada ICT por sus siglas en inglés de In-circuit Test donde se garantiza que no existan cortos de corriente en la PCB así como verificar valores de resistencias, capacitancias, entre otros. La otra prueba es de programación de la tarjeta, donde se le introduce la programación que el cliente desea que lleve su tarjeta y se prueba que esta trabaje correctamente, este último es llamado FCT por las siglas del inglés de Functional Circuit Test.

Una vez probadas, algunas de las tarjetas pasan al área de coating, donde se recubren con una capa protectora de aditivo sintético para protegerlas de polvo y humedad. Otro de los procesos opcionales según el cliente y el producto es el ensamble final (Final Assembly) en el que se les colocan componentes extras para hacer que el producto vaya más terminado para su uso final, de manera que el cliente solo tenga que

ensamblarlo en su producto final. Es aquí donde finalizaría el proceso en la línea de producción, a lo que se le llama EOL por sus siglas en inglés de End of Line.

Finalmente se realizan controles de calidad de los productos, generalmente de manera automatizada, para posteriormente ir al área de “packaging” o empaque, pasando al área de salida o “outgoing” donde se almacenan hasta ser transportadas a la empresa de destino.

1.5.10 Descripción del área de SMT

La línea de tecnología de montaje superficial es como la que se muestra a continuación. Donde se especifican los diferentes procesos por los que debe pasar un panel de tarjetas de circuito impreso. Cada uno de los procesos que se observan en la siguiente imagen se explica en esta sección del documento.

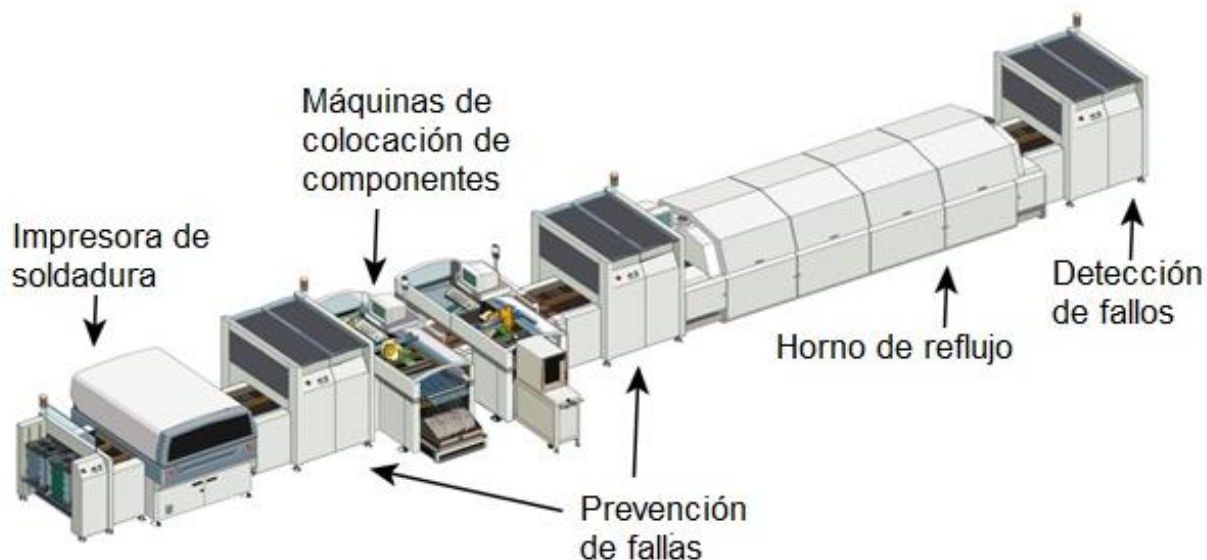


Figura 1.6. Línea de producción de SMT

Fuente: (Janóczki, Becker, & Jakab, 2013)

El área de tecnología de montaje superficial, llamada SMT por sus siglas en inglés de Surface Mount Technology inicia una vez colocada la etiqueta de trazabilidad. Las tarjetas son colocadas apiladas en magazines o estantes, de donde una máquina (magazine unloader), se encarga de tomar uno por uno los paneles para introducirlos a

la línea de producción, en medio de los procesos que se explicarán a continuación siempre se encuentran máquinas transportadoras y escáner los cuales verifican que el proceso anterior se haya realizado correctamente y que se encuentren las etiquetas de trazabilidad correspondientes para poder dirigir las a la siguiente fase del proceso.

El primer proceso en la línea se da en la plataforma de impresión de soldadura, la cual coloca pasta de soldadura en las tarjetas mediante estenciles que permiten que esta se coloque sólo en los “pats” o espacios donde se colocarán componentes. A continuación, se encuentra la máquina Sigma X, que verifica que la soldadura se haya colocado en la cantidad correcta y el espacio correspondiente, así examina y hace que se corrijan errores en la impresora de pasta de soldadura (máquina anterior). Esta es la única máquina de prevención de fallas que se encuentra en las líneas de SMT de Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Una vez colocada la soldadura se colocan los componentes electrónicos mediante una serie de máquinas SIPLACE de las que se encuentran ya sean tres o dos por cada una de las líneas de SMT. Mediante un sistema de revólver se colocan los componentes de manera precisa en los espacios correspondientes, para que luego los paneles con las PCB por sus siglas en inglés de Printed Circuit Board (Tarjetas de circuito impreso) pasen por el horno de reflujo, donde se da un perfil de temperaturas que permite que la soldadura se derrita para que los componentes caigan en ella, luego se solidifica la soldadura y se enfría para que los componentes queden adheridos al salir del horno.

Finalmente, se da una inspección visual automática mediante la AOI por sus siglas en inglés de Automatic Optical Inspector (Inspectora Óptica Automatizada) donde se comparan las tarjetas con fotografías patrón para determinar cuáles de ellas se colocan en magazines de material conforme o no conforme.

1.5.11 Departamento de mantenimiento en SMT

El departamento de mantenimiento del área de SMT está liderado por un supervisor de mantenimiento, quien tiene a su cargo tres técnicos electromecánicos, uno por cada turno de producción.

Ellos son encargados del mantenimiento preventivo y correctivo de las máquinas que se encuentran en las cuatro líneas. Se tiene una lista de chequeo de mantenimientos preventivos basado en los manuales de las máquinas y los trabajos correctivos se dan cuando sean requeridos por el técnico del turno correspondiente.

Se les pide a los técnicos llenar registros de la reparación realizada. Ese registro debe ser físico en la hoja "LogBook" de cada máquina, además en Excel en el Logbook digital. En ambos casos se debe reportar la hora de inicio y la hora final del mantenimiento, la máquina, el problema y la reparación hecha, así como las firmas del técnico que la realiza y la del encargado de producción en SMT. Se ha pedido además que se registren también los fallos en SAP, donde no se tiene el módulo para mantenimiento industrial, sino que se debe reportar solo en general la especificación del problema según la línea de producción y no existe una separación entre las máquinas de cada línea.

1.6 Descripción del Proyecto

El presente proyecto pretende mejorar las bases del TPM, aplicando las cinco eses como herramienta clave, así como mejorando la gestión de información y los indicadores del mantenimiento en el área de SMT. Posteriormente, se implementarán dos pilares del mantenimiento productivo total, como lo son el mantenimiento autónomo y las mejoras enfocadas en el área de SMT (Tecnología de montaje superficial). La primera de ellas para fortalecer el servicio de mantenimiento por parte de producción, y la segunda con el fin de disminuir las llamadas grandes pérdidas, como lo son las pérdidas por averías y tiempos de paro, así como defectos de calidad.

Se determinarán los indicadores para evaluar el impacto de la aplicación de estos pilares en la gestión del mantenimiento. De manera que se les añada valor a los procesos de la empresa y que se reduzcan los defectos, así como las pérdidas de material y tiempo en la producción.

Este proyecto es necesario, ya que esta es una empresa EMS (Electronical Manufacturing Services) o de servicios de manufactura de electrónicos, que responde a sus clientes, quienes realizan auditorias constantes además de las auditorias de las normas con las que se certifica Zollner Electronics como la ISO 14001 de ambiente, ISO 9001 sobre calidad y la ISO/TS 16949 sobre calidad en industria automotriz. Es por esa razón que se ha visto la necesidad de un sistema de información para el mantenimiento de las diferentes áreas de producción ya que ha sido un hallazgo dentro de las auditorias las cuales también piden indicadores del mantenimiento que muestren principalmente la disponibilidad de las máquinas de producción.

En este caso, el mantenimiento autónomo garantiza una mayor productividad, reduciendo tiempos de parada y aumentando la disponibilidad de los equipos, a la vez que se libera tiempo de los técnicos de mantenimiento para otras actividades. Además, las mejoras enfocadas buscan disminuir pérdidas como lo son las debidas a defectos de calidad y re-procesos, pérdidas por preparación, medición y ajuste.

Se presenta a continuación tanto la metodología del proyecto como el cronograma de trabajo que se desarrollará.

1.6.1 Metodología del proyecto

Tabla 1.3 Metodología para el primer objetivo específico del proyecto.

Etapa	Actividad	Entregable
Preparación de las 5S	Dar a conocer la filosofía, explicar los objetivos a los involucrados y organizar un programa de 5S en el área de SMT	Cronograma de actividades de implementación de las 5S en el área de SMT
Realizar la gran limpieza	Dividir en áreas pequeñas y asignar responsabilidades, eliminar desperdicios y objetos innecesarios. Limpiar áreas de herramientas y materiales.	Eliminación de objetos innecesarios y suciedad del área de SMT tanto en el área de producción como de mantenimiento. Orden de los manuales de las máquinas de SMT.
Seiri, clasificación	Definir que es necesario e innecesario, analizar causas de acumulación de basura y prevenirlo, realizar recorridos diarios en búsqueda de organización	Listado de los objetos necesarios para las líneas del área de SMT, el gabinete de insumos de las líneas y el gabinete de herramientas de mantenimiento.
Aplicación diaria de Seiton (orden) y Seiso (limpieza).	Instar al personal para la realización diaria de las actividades de orden y limpieza para una mayor productividad y calidad.	Manual de inspección y limpieza de las líneas de producción de SMT. Listas de verificación para los manuales de inspección y limpieza.
Seiketsu, estandarización	Estandarizar procedimientos de orden y limpieza, así como gabinetes y mesas de trabajo.	Estandarización y etiquetado de las mesas de las líneas de producción de SMT y gabinetes de insumos y herramientas. Listas de verificación de objetos de las líneas de SMT, gabinetes de insumos y de herramientas. Manual y ayuda visual para colocación de estenciles en los marcos de la impresora de pasta de soldadura.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.4. Metodología para el segundo objetivo específico del proyecto.

Etapa	Actividad	Entregable
Codificar los equipos del área de SMT	Determinar e implementar una codificación que sea fácil de recordar y que funcione para toda la empresa.	Estructura de codificación para el área de producción de la empresa y código de cada máquina del área de SMT.
Determinar la criticidad de las máquinas de área de SMT	Analizar estrategias y métodos para definir la criticidad de las máquinas y definirla para el área en estudio.	Listado de la propuesta de prioridad según el tipo de máquina para el área de SMT
Diseño e implementación de órdenes de trabajo de mantenimiento y mejoras en la información de las máquinas.	<p>Crear una orden de trabajo para el área de SMT y que pueda ser funcional para otras áreas de la empresa.</p> <p>Crear fichas técnicas con la información importante de las máquinas y colocarlas en un lugar de fácil acceso.</p>	<p>Implementación de las ordenes de trabajo de mantenimiento en el área de SMT.</p> <p>Listado de especificaciones según el grado de prioridad de una orden de trabajo.</p> <p>Fichas técnicas de cada máquina de SMT</p>
Mejorar el sistema de información digital de mantenimiento del área de SMT	Realizar mejoras en el LOGBOOK digital utilizado por la empresa para llevar el historial de reparaciones y trabajos de mantenimiento de las máquinas.	Cambios en el LOGBOOK digital del área de SMT

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.5. Metodología para el tercer objetivo específico del proyecto.

Etapa	Actividad	Entregable
Realización de análisis de Pareto	Determinar cuáles de las máquinas en el área de SMT son más críticas para el proceso productivo.	Diagrama Pareto de máquinas del área de SMT según sus fallos
Determinar actividades para mantenimiento autónomo	Clasificar las actividades que pueden ser ejecutadas por operarios y categorizar el nivel de complejidad.	Definición de actividades a explicar en los manuales de mantenimiento autónomo
Elaboración de procedimientos	Realizar un manual de los procedimientos de mantenimiento autónomo que deben realizar los operarios, adonde además se especifique la frecuencia de los procedimientos.	Manuales de mantenimiento autónomo de las máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2 y Screen and Stencil Printer X5 Professional. Listas de chequeo para los procedimientos de mantenimiento autónomo.
Explicación de procedimientos, capacitación y mejoras visuales.	Capacitar al personal para que evacuen las dudas con respecto a los procedimientos, guiarlos para realizar un mantenimiento autónomo eficiente y eficaz, a la vez que se facilitan las tareas mediante símbolos visuales.	Capacitaciones en el área de SMT para la realización de procedimientos de mantenimiento autónomo. Cartel de actividades del mantenimiento autónomo. Identificación de filtros y lubricantes con diferentes colores.
Evaluación del mantenimiento y retroalimentación	Realizar una evaluación de los trabajos autónomos y realizar retroalimentaciones para obtener un trabajo más eficiente.	Listado de mejorar por realizar en los manuales y hacia los operarios del área en estudio.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.6. Metodología para el cuarto objetivo específico del proyecto.

Etapa	Actividad	Entregable
Revisión de pérdidas del área de SMT	Realizar una revisión y evaluación de pérdidas y desperdicios del área de SMT para definir las grandes pérdidas de esa área.	Diagrama Pareto de errores en SIPLACE SX1/SX2 V2
Diseñar las propuestas enfocadas a las grandes pérdidas	Realizar un plan de acción para las diferentes propuestas seleccionadas para eliminar las pérdidas encontradas en el área de SMT.	Listado de propuestas para reducir las grandes pérdidas.
Implementar propuestas de reducción de las grandes pérdidas.	Evaluar todas las propuestas y definir la mejor propuesta para cada una de las grandes pérdidas encontradas en la empresa. .	Señalización en manómetros según el rango de presiones Aumento de planes de limpieza para la disminución de errores.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.7. Metodología para el quinto objetivo específico del proyecto.

Etapa	Actividad	Entregable
Realizar una revisión bibliográfica sobre indicadores de mantenimiento	Investigar sobre normas de indicadores de mantenimiento y su implementación en la industria para saber cuáles indicadores son más aptos para el área de SMT según los objetivos de la organización	Definición de los indicadores necesarios en el departamento de mantenimiento del área de SMT
Establecer una línea base en la que se encuentra la empresa.	Determinar el nivel actual del área de SMT con respecto a los indicadores más aptos, de manera que se conozca el punto de partida del proyecto.	Valores de los índices de eficiencia global de enero.
Definir el punto de llegada deseado por la empresa	Determinar cuáles son los niveles a los que desea llegar la empresa en diferentes aspectos de eficiencia, disponibilidad y confiabilidad.	Listado de valores óptimos para la empresa en los índices evaluados.
Obtener los indicadores	Adaptar las bases de datos de manera que se puedan generar los indicadores elegidos de manera sencilla.	Indicadores de marzo y abril de TMEF, TMDR, Disponibilidad, Código de producción y eficiencia global.
Determinar índices modelo de los indicadores	Comparar los indicadores obtenidos con los deseados por la empresa para determinar que se debe mejorar, adónde se está fallando y adonde se están realizando bien los procedimientos de mantenimiento.	Propuestas de mejora para acercar los índices a los deseados.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.8. Metodología para el sexto objetivo específico del proyecto.

Etapa	Actividad	Entregable
Conocimiento de la cultura organizacional de la empresa	Recibir aportes de parte de los operarios y encargados de las diferentes áreas de la empresa para la búsqueda de un proceso de adaptación cultural apta para la implementación de los pilares del TPM.	Listado de necesidades de los colaboradores de la organización para una mayor motivación hacia la realización del proyecto.
Definición de la cultura empresarial óptima para la implementación de los pilares del TPM	Describir cuál sería el ambiente y cultura óptimos para que el proceso de la inserción de los pilares del TPM.	Listado de las actividades, necesidades y pretensiones para una cultura óptima para la implementación del TPM.
Realización del plan de cambio cultural adecuado	Diseñar un plan de acción en búsqueda de alcanzar una cultura y ambiente de trabajo adecuados para dar sostenibilidad, crecimiento y continuidad a la implementación de los pilares del TPM.	Estrategia de acción para alcanzar la cultura y ambiente adecuados para la continuidad del TPM. Plan de seguimiento y sostenibilidad del proyecto de TPM.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

1.6.2 Cronograma

Tabla 1.9. Cronograma de actividades de enero y febrero.

Semana	Actividades	Objetivo Específico
23 de enero al 28 de enero	Inducción en la empresa	N/A
	Obtención de información básica de indicadores y 5S en la empresa.	1
	Reconocimiento de la separación entre mantenimiento de facilidades y de producción.	N/A
30 de enero al 4 de febrero	Definir estrategia de 5S	1
	Realización de análisis de Pareto en las máquinas de SMT según sus fallos	3
	1-S Producción; Seiri, definir que es necesario y que es innecesario en las líneas de SMT	1
	2-S Producción; Seiton, definir un lugar para cada objeto en las líneas de SMT	1
	Presentación del anteproyecto al asesor industrial.	N/A
6 de febrero al 10 de febrero	Inicio del marco teórico del proyecto	N/A
	3-S Producción; Seiso, Realizar planes de limpieza para las líneas de SMT	1
	4-S Producción; Seiketsu, Realizar modelo en Solid Works para estandarización de mesas de trabajo, definir medidas y material.	1
	5-S Producción, Shitsuke, Realizar listas de verificación para los operarios de SMT para el cumplimiento del programa de 5S	1
	1-S Mantenimiento; Seiri, definir que es necesario e innecesario para el mantenimiento de SMT	1
	2-S Mantenimiento; Seiton, definir un lugar para cada objeto y herramienta de mantenimiento de SMT	1
	3-S Mantenimiento; Seiso, Realizar un plan de limpieza del gabinete de mantenimiento.	1
13 de febrero al 17 de febrero	4-S y 5-S Mantenimiento; Seiketsu y Shitsuke, Realizar listas de verificación para el gabinete del departamento de mantenimiento de SMT	1
	Realizar una codificación para las máquinas de SMT	2
	Definir las máquinas clave para el mantenimiento autónomo.	3
	Obtener manuales digitales de las máquinas de SMT y las listas de chequeo de mantenimiento preventivo actual.	3
	Cotizar, comprar y colocar las calcas para codificación en las máquinas de SMT	2
	Diseñar una orden de trabajo para el departamento de mantenimiento de SMT	2
20 de febrero al 24 de febrero	Iniciar manuales de mantenimiento autónomo de máquinas SIPLACE y Screen Printer Platform	3
	Continuar y finalizar marco teórico del proyecto	N/A
	Recolección de datos de errores de las máquinas SIPLACE.	4
	Conocer necesidades de los operarios y las tareas que realizan actualmente.	6
27 de febrero al 3 de marzo	Obtener datos para la medición de Índice de eficiencia global de enero así como costos de PCB en SMT para analizar los datos.	5
	Iniciar realización de fichas técnicas para las máquinas de SMT	2
	Estudiar historial de mantenimiento en el LOGBOOK digital de la empresa.	2

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.10. Cronograma de actividades de marzo.

Semana	Actividades	Objetivo Específico
6 de marzo al 10 de marzo	Mejorar justificación, problema y situación actual del proyecto.	N/A
	Continuar manuales de mantenimiento autónomo.	3
	Determinar los indicadores más aptos para el departamento de mantenimiento en el área de SMT	5
	Establecer el método de obtención de los indicadores seleccionados	5
	Diseñar una hoja de cálculo de los indicadores de mantenimiento en el área de SMT	5
13 de marzo al 17 de marzo	Acompañar a los operarios en el llenado de órdenes de trabajo	3
	Colocar imágenes de 5S en el documento	1
	Establecer la línea base en la que se encuentra el mantenimiento de SMT con respecto a los indicadores seleccionados	5
	Definir el punto de llegada deseado por la empresa para cada indicador	5
	Terminar manuales de mantenimiento autónomo.	3
	Listado de objetos presentes en el gabinete de insumos de SMT y definición de cantidades y objetos necesarios.	1
20 de marzo al 25 de marzo	Recolocar sujetador de manuales en cada máquina	1
	Hacer procedimiento de colocación de estenciles en marcos	1
	Realizar organización del gabinete de insumos de SMT	1
	Terminar fichas técnicas	2
	Lectura de documento mejoras del mismo	N/A
27 de marzo al 31 de marzo	Definir la cultura organizacional adecuada para una mejor implementación de los pilares del TPM para dar continuidad y sostenibilidad a su implementación	6
	Plantear mejoras para el LOGBOOK digital	2
	Realizar listas de verificación de las actividades de los manuales de mantenimiento autónomo.	3
	Revisión y mejoras en el documento final del proyecto de práctica profesional	N/A

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.11. Cronograma de actividades de abril.

Semana	Actividades	Objetivo Específico
3 de abril al 7 de abril	Realizar un análisis bibliográfico sobre cambio cultural.	6
	Colocar fichas técnicas en documento de informe final	2
	Mejorar orden de trabajo y flujo-gramas	2
10 de abril al 14 de abril	Semana Santa	N/A
17 de abril al 21 de abril	Proponer mejoras enfocadas de limpieza, señalización de manómetros, filtros y lubricantes.	4
	Calcular índices de marzo	5
	Presentar avance del proyecto a asesor industrial	N/A
	Realizar un plan para dar continuidad a los pilares del TPM, donde se incluya cronograma de actividades	6
24 de abril al 28 de abril	Mejorar estrategia de venta y cambio cultural con aportes del departamento de recursos humanos	6
	Implementar las propuestas para disminuir las grandes pérdidas en SMT	4
	Capacitar a los colaboradores para realizar las actividades correspondientes de mantenimiento autónomo	3
	Implementar mejoras en LOGBOOK digital	2

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 1.12 Cronograma de actividades de mayo.

Semana	Actividades	Objetivo Específico
1 de mayo al 5 de mayo	Colocar Rotulación en mesas y gabinetes del área de SMT	1
	Colocar fichas técnicas en las máquinas	2
	Realizar mejoras en manuales de mantenimiento autónomo	3
	Calcular los indicadores de abril	5
8 de mayo al 12 de mayo	Describir metodología para implementar indicador de efectividad de mantenimientos preventivos	5
	Comparar los indicadores obtenidos con los iniciales y con los deseados para determinar que se debe mejorar	5
	Documentar mejoras enfocadas a implementar en el futuro	4
	Realizar análisis de costos del proyecto y rentabilidad del mismo	N/A
	Realizar conclusiones y recomendaciones del proyecto	N/A
15 de mayo al 19 de mayo	Presentar el proyecto a la gerencia de la empresa	N/A
	Entregar borrador del proyecto	N/A
	Realizar correcciones del documento	N/A
22 al 26 de mayo	Entregar resumen al panel de jurados	N/A
	Presentar el proyecto a la gerencia de la empresa	N/A
	Presentar proyecto a profesor tutor	N/A
29 al 2 de junio	Realizar mejoras en la presentación	N/A

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

1.7 Alcance del proyecto

En este proyecto se implementarán las 5S en el área de SMT sin tomar en cuenta las otras áreas de la empresa como lo son Labeling, THT, Coating o Testing. Se elaborarán manuales de mantenimiento autónomo en los equipos más críticos del área de SMT, basándose en los resultados del análisis de Pareto según el historial de fallos de los mismos.

Se tomará en cuenta para este proyecto las líneas de producción número 2, 3 y 4 del área de SMT debido a que la línea 1 se encuentra fuera de servicio desde enero de 2017, por lo que se han estado realizando cambios de máquinas y ordenamiento dentro de la misma.

Se diseñará la propuesta de cambio cultural en el área de SMT para permitir una continuidad en la aplicación de los pilares del TPM en esa área.

Se realizarán indicadores para la medición de la eficiencia del mantenimiento en el área de SMT, antes y después de realizar mejoras enfocadas que reduzcan las grandes pérdidas que se encuentren en el área de SMT.

1.8 Limitaciones del proyecto

En la empresa actualmente, no se miden indicadores del mantenimiento ni se tiene un historial completo del mantenimiento, por lo que el estado actual de la empresa en cuanto a productividad, eficiencia y paros por mantenimiento de los equipos no es del todo confiable. Es por ello que se empezará a habilitar la información para lograr medir indicadores y así obtener el nivel actual de la empresa y determinar adonde se desea llegar con este proyecto.

A pesar de la alta automatización de la empresa, los récords de fallos en las máquinas se llevan en papel, lo cual dificulta la tarea de cuantificar fallos y pérdidas. Es por eso que se demostrará a la empresa la importancia de la cuantificación de indicadores para que se avance hacia un ordenamiento digital de las fallas y paros ocurridos en las máquinas.

1.9 Necesidad de recursos

Es importante para la realización del proyecto disposición por parte de los operarios del área de SMT así como de la alta gerencia de la empresa. Para eso se busca el apoyo de la gerencia desde el inicio del proyecto y se busca la implementación de un cambio en la cultura de la empresa que fomente la implementación del proyecto mediante la motivación de los colaboradores involucrados.

Se debe tener acceso a información referente al historial de mantenimiento para determinar las máquinas más críticas, así como los fallos más comunes en el área de SMT. Para ello se obtiene el acceso tanto al Logbook digital (hoja de historial del mantenimiento en el área de producción de la empresa) así como a los documentos de producción los que los operarios anotan hora a hora lo que se realiza en la línea, así como los problemas que se presentan o las pérdidas de tiempo en la producción.

Es necesario tener a la disposición los manuales de las máquinas del área de SMT para la realización de los manuales de mantenimiento autónomo y limpieza para 5 eses. Para ello se obtienen los manuales digitales que se tienen y el acceso a los manuales físicos del resto de las máquinas.

Se requiere presupuesto para la realización de los sobres en las mesas de trabajo de cada línea de SMT para realizar su estandarización, así como para codificación, control visual y mejoras enfocadas. Es por eso que se logra justificar el proyecto con la gerencia y obtener el presupuesto requerido para el mismo.

2. Capítulo II. Marco Teórico.

2.1 Introducción

El mantenimiento en sí, tiene su origen desde la aparición de las primeras herramientas creadas por el hombre. Cómo lo indica Gómez, F. En su libro Tecnología del mantenimiento industrial, “Resulta lógico pensar que, junto con el uso de las primitivas y más rudimentarias herramientas, debía coexistir algún tipo de cuidados, encaminados a mantener sus características constructivas o mejorar su rendimiento.” (Gómez, F, 1998, p. 22)

Es después de la segunda guerra mundial cuando se empieza a dar un mayor auge de las diferentes técnicas de mantenimiento como lo es el mantenimiento basado en el costo de ciclo de vida y el mantenimiento productivo total, el cual “aboga, como método organizativo, el máximo rendimiento global de las instalaciones de producción con un máximo aprovechamiento humano de todos los actores que intervienen en el proceso productivo.” (Fernández, F. J. G, 2004, p. 21)

Es a partir de allí que las más grandes empresas en el mundo empiezan a organizar el mantenimiento según los métodos mencionados buscando la mayor efectividad en sus equipos y la menor cantidad de fallos y pérdidas posibles.

2.2 Mantenimiento productivo total (TPM)

El mantenimiento productivo total, llamado TPM por sus siglas del inglés total productive maintenance, es una técnica que surge en Japón después de la segunda guerra mundial en 1945 adaptando el mantenimiento preventivo que había surgido en los Estados Unidos de América. “El objetivo del mantenimiento productivo era maximizar la efectividad de las plantas y su equipo para obtener el ciclo de vida óptimo de la maquinaria de producción.” (Agustiady, T. K., & Cudney, E. A, 2015, p. 9)

Dentro de los beneficios y metas del TPM se encuentran los siguientes según Cudney et al., 2015, p.12:

- Reducción de averías.
- Reducción de problemas en calidad.
- Reducción de incidentes de seguridad y ambiente.
- Reducción de costos.
- Mejorar el rendimiento.
- Ventajas competitivas.
- Mantenimiento de emergencia y no planificado al mínimo.

Además se identifican cuatro objetivos principales del TPM según Cudney et al 2015, p. 12:

- Evitar desperdicios en ambientes que cambian rápidamente.
- Reducir los costos de manufactura.
- Producir un lote de bajo tamaño en el menor tiempo posible.
- Enviar los bienes al cliente sin defectos.

“El modelo original TPM propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene.” (Gómez, C, 2011, p. 5)

Los pilares mencionados por Carola Gómez se explican a continuación.

2.2.1 Mejora continua

Se define según la norma ISO 9001 como “Mejorar la eficacia de su sistema aplicando la política de calidad, los objetivos de calidad, los resultados de las verificaciones de inspección, el análisis de los datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión de la Dirección.” (Norma, ISO, 2008, p. 19)

Además, se indica en la norma “La organización debe tomar acciones para eliminar las causas de las no conformidades con objeto de prevenir que vuelvan a ocurrir. Las acciones correctivas deben ser apropiadas a los efectos de las no conformidades encontradas.” (Norma, ISO, 2008, p. 20)

En el libro TPM en un entorno Lean Management, se dan ejemplos de los enfoques que se pueden llevar a cabo para realizar mejoras en los equipos, en la producción y en el mantenimiento como se explica a continuación.

Para obtener disminución en los costos de los procesos se deben implementar mejoras en el equipo, su diseño y prestaciones, así como en la operación del mismo. Algunos ejemplos pueden ser los siguientes:

- Diseño del equipo: Se refiere a realizar simplificaciones de algún aspecto de su manejo que reduzca el tiempo del proceso.
- Prestaciones del equipo: Este es para disminuir el tiempo de producción mediante un aumento de su capacidad agilizándola de alguna manera.
- Operativa con el equipo: Igualmente se busca la reducción de tiempos en cada proceso con la mejora de métodos de trabajo.
- Mantenimiento: Son mejoras que reduzcan las necesidades o la frecuencia de las operaciones de mantenimiento, eliminando así tiempos que éstos pueden exigir.

Se refiere con la mejora continua también al ciclo de Deming, el cual se muestra en la siguiente figura, este es un método de cuatro pasos básicos para lograr la mejora continua.

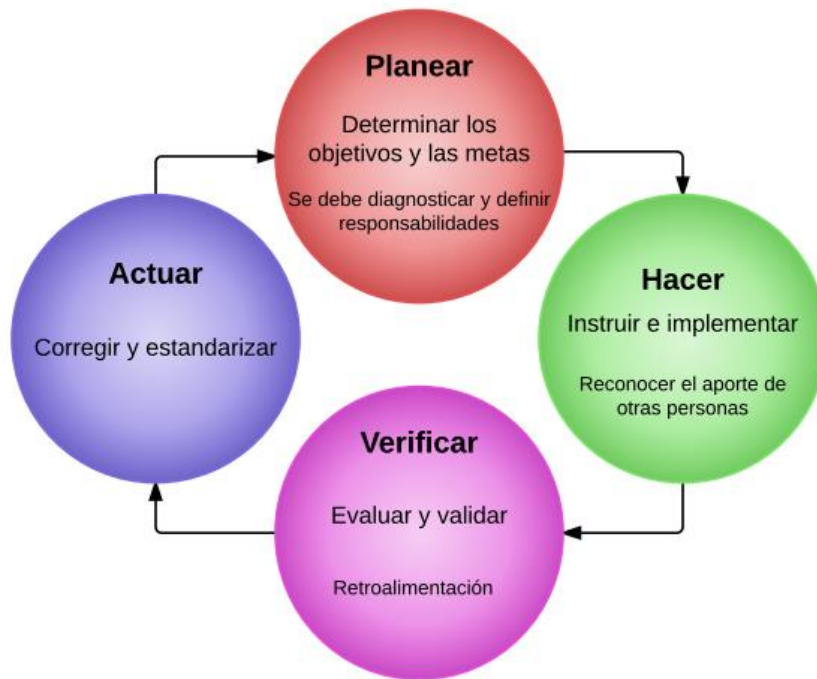


Figura 2.1 Diagrama del ciclo de mejora continua o ciclo Deming

Fuente: Elaboración propia (Lucidchart online, 2017)

2.2.2 Mejoras enfocadas

En el libro *Mantenimiento productivo total. Una visión global*, Carola Gómez define las mejoras enfocadas como se describe a continuación.

“Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objetivo de maximizar la efectividad global de los equipos, procesos y plantas (...), concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.” (Gómez, C. 2011, p. 53)

En estas mejoras también se utiliza el ciclo Deming como base y se tienen siete pasos para la realización de mejoras enfocadas según Carola Gómez, los cuales se muestran en la siguiente figura:

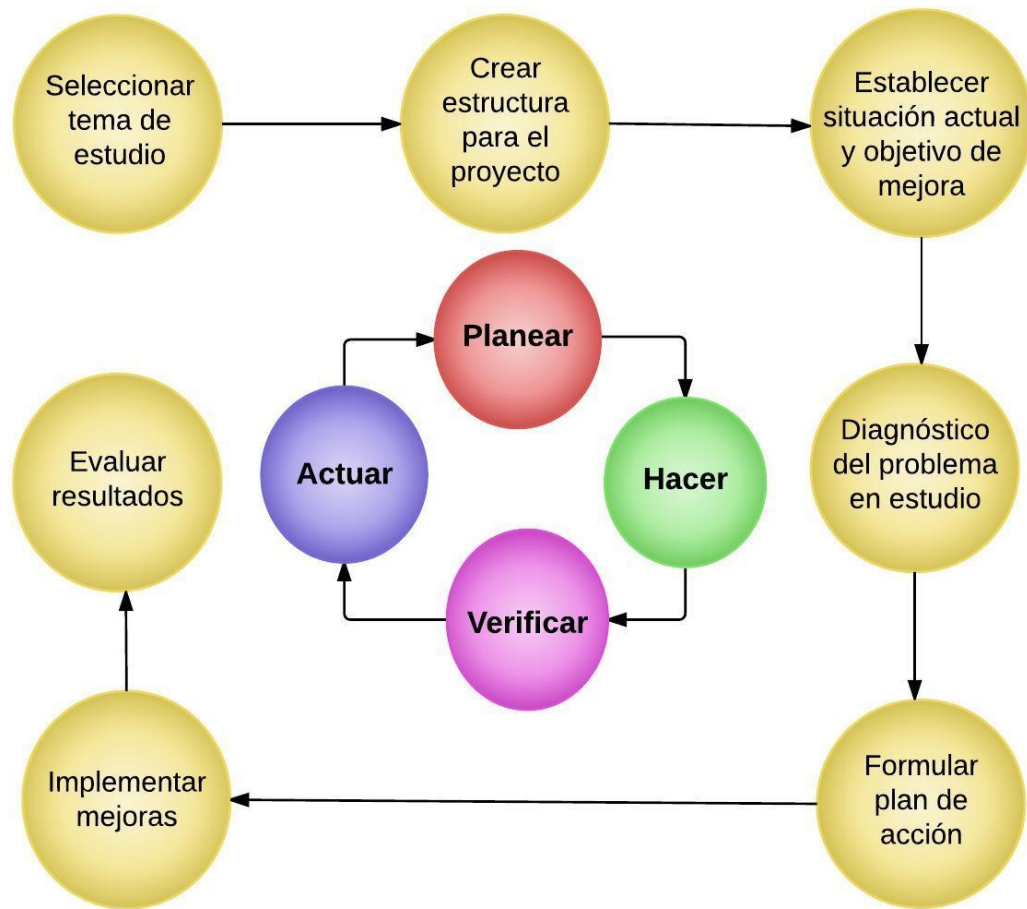


Figura 2.2 Pasos para la realización de mejoras enfocadas según Carola Gómez, 2011, p. 53

Fuente: Elaboración propia (Lucidchart online, 2017)

2.2.2.1 Las seis grandes pérdidas

Existen seis grandes pérdidas en la producción que pueden ser afectadas por el mantenimiento que se le da al equipo. Ellas son explicadas en el libro TPM hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción de Lluís Cuatrecasas. A continuación, se presenta una tabla resumen de ellas:

Tabla 2.1. Seis grandes pérdidas en la producción afectadas por el mantenimiento

Tipo	Pérdidas	Tipo y características	Objetivo
Tiempos muertos y de vacío	1. Averías	Tiempos de paro del proceso por fallos, errores o averías, ocasionales o crónicas de los equipos	Eliminar
	2. Tiempos de preparación y ajuste de los equipos	Tiempos de paro del proceso preparación de máquinas o útiles necesarios para su puesta en marcha.	Reducir al máximo
Pérdidas de velocidad del proceso	3. Funcionamiento a velocidad reducida	Diferencia entre la velocidad actual y la de diseño del equipo según su capacidad. Se pueden contemplar además otras mejoras en el equipo para superar su velocidad de diseño.	Anular o hacer negativa la diferencia con el diseño
	4. Tiempo en vacío y paradas cortas	Intervalos de tiempo en el que el equipo está en espera para poder continuar. Paradas cortas por desajustes varios	Eliminar
Productos o procesos defectuosos	5. Defectos de calidad y repetición de trabajos	Producción con defectos crónicos u ocasionales en el producto resultante y, consecuentemente, en el modo de desarrollo de sus procesos.	Eliminar productos y procesos fuera de tolerancias
	6. Puesta en marcha	Pérdidas de rendimiento durante la fase de arranque del proceso, que pueden derivar de exigencias técnicas.	Eliminar o minimizar según exigencias técnicas

Fuente: (Cuatrecasas Arbós, L., 2000, p. 53)

Cada una de ellas es evaluada y con ello se buscan mejoras que se puedan realizar en la empresa para disminuir las pérdidas de la empresa.

2.2.3 Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo se refiere a “la participación activa por parte de los operarios en el proceso de prevención a los efectos de evitar averías y deterioros en las máquinas y equipos.” (Lefcovich, M. 2009, p. 7)

Un motivo por el que el mantenimiento autónomo es necesario en una empresa que busca máxima eficiencia es la que describe Steve Borris.

“Usar técnicos altamente calificados para todas las labores de mantenimiento no es efectivo económicamente. Si los operadores pueden ser entrenados para realizar esas tareas básicas, eso les da la oportunidad de incrementar su nivel de habilidades, se hacen más responsables en el uso de las herramientas, incrementan sus prospectos de trabajos y se liberan los técnicos para que puedan trabajar en tareas más complejas incluyendo las del equipo de TPM.” (Borris, S, 2006 p. 108)

Los beneficios del mantenimiento autónomo según Julio Carvajal en su libro Mantenimiento Productivo Total. Orientaciones para su implementación se resumen a continuación:

- Limpieza con inspección constante de la maquinaria y equipo.
- Detección oportuna y reportes inmediatos sobre la variación en parámetros de operación.
- Participación del operario de la máquina en las inspecciones de mantenimiento.
- Armonía en las relaciones con los técnicos de mantenimiento.
- Seguimiento disciplinado en el proceso de encendido, operación y apagado de la maquinaria.
- Entendimiento de la labor que lleva a cabo el departamento de mantenimiento de los equipos.
- Aportes al momento de reparar una falla.
- Revisión de la calidad y disponibilidad de los materiales que van a ser procesados por la maquinaria.
- Incremento en el control de la calidad del producto que sale de la máquina.
- Conciencia y compromiso a la hora de medir el trabajo de mantenimiento y reportarse las horas de parada de la maquinaria.

2.2.4 *Mantenimiento planificado*

Se define al mantenimiento planificado como las labores que buscan disminuir las fallas de los equipos, por lo que “El mantenimiento planificado ve las causas más importantes de los problemas del equipo, identifica e implementa las soluciones que se den en un análisis causa-raíz.” (Borris, S, 2006, p. 110)

Además, para ello se define un plan de acción ya sea diario, semanal, quincenal, mensual, entre otros que como indica Mauricio Lefcovich a continuación.

“Implica generar un programa de mantenimiento por parte del departamento de mantenimiento. Constituye el conjunto sistemático de actividades programadas a los efectos de acercar progresivamente la planta productiva a los objetivos de: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminaciones. Este conjunto de labores serán ejecutadas por personal especializado en mantenimiento.” (Lefcovich, M. 2009, p. 8)

2.2.5 *Mantenimiento de Calidad*

Para lograr una mejor calidad en los productos y rendimiento, es necesario mejorar los procesos y las máquinas. El concepto e importancia del mantenimiento de calidad es explicado según Borris, S a continuación.

“Siempre habrá algún tipo de variación en la calidad o los atributos físicos del producto. La causa de las variaciones son las limitaciones del diseño de la máquina y la elección de los componentes utilizados. Este pilar utiliza equipos multifuncionales para analizar las áreas del equipo donde las variaciones del producto deben ser reducidas.” (Borris, S, 2006, p. 112)

Además, cada vez que se encuentra una causa de la variación en la calidad se debe investigar si es posible la implantación de un cambio o mejora para mitigar el error. Si eso no es posible también se puede optar por buscar un proceso de manufactura distinto, sin las limitaciones del método anteriormente utilizado.

Otro modo de explicar y entender lo que se busca con el mantenimiento de calidad se da gracias a Francisco Sacristán, quien indica que tomando como base que para mantener la calidad de un producto o pieza es necesario mantener el equipo en perfectas condiciones de buen funcionamiento, por lo que se establecerán las condiciones en las que el equipo va a producir mala calidad y se realizará la inspección y medición de las condiciones de funcionamiento a lo largo del tiempo.

Verificando que esas medidas están dentro de los parámetros de referencia, se prevé la ocurrencia de productos defectuosos y observando las desviaciones de los valores medidos en el tiempo, se calcula la probabilidad de fabricar productos con defecto, tomando acciones correctivas antes de llegar a tal punto.

Cómo indica Francisco Sacristán, “El estado de referencia es aquel en que el equipo, máquina o instalación de producción puede proporcionar su mayor rendimiento en función de su concepción.” (Sacristán, F. R. 2001, p. 180)

2.2.6 *Prevención del mantenimiento*

Este pilar del mantenimiento productivo total busca hacer más fácil el mantenimiento de los equipos además de disminuir las causas que provocan que haya que darles mantenimiento a las máquinas, esto se explica más ampliamente por Mauricio Lefcovich.

Para reducir averías y costos de mantenimiento se debe desarrollar la ingeniería de equipos, lo que busca optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos desde la concepción y diseño de los mismos, buscando errores y problemas de funcionamiento que puedan producirse como consecuencia de fallos de concepción, diseño, desarrollo y construcción del equipo, instalación y pruebas del mismo hasta que se consiga el establecimiento de su operación normal con producción regular.

“El objetivo es lograr un equipo de fácil operación y mantenimiento, así como la reducción del período entre la fase de diseño y la operación estable del

equipo y la elevación en los niveles de fiabilidad, economía y seguridad, reduciendo los niveles y riesgos de contaminación.” (Lefcovich, M. 2009, p. 9)

2.2.7 Mantenimiento de áreas de soporte

“Este pilar busca eliminar perdidas en todos los departamentos de la empresa y no solo en el de producción. De manera que se reduzcan perdidas de tiempos administrativos en todos los procesos, además de que se mejoren los procedimientos y procesos.” (Lefcovich, M. 2009, p. 9)

2.2.8 Polivalencia y desarrollo de habilidades

Con ello se busca además que el empleado se empodere y tenga mayores capacidades. Como se explica en el Handbook de Administración del Mantenimiento e ingeniería.

“El empoderamiento de los empleados se refiere a la medida en que los empleados que producen un bien o servicio, tienen el sentido de controlar su trabajo, recibir información sobre el desempeño y pueden ser recompensados por afectar la mejora del desempeño en el lugar de trabajo.” (Ben-Daya, M., et al., 2009, p. 438)

Lo anterior se produce mediante “mejoramiento de las competencias del empleado hacia sus trabajos, con una cultura de equipo y un sentido de pertenencia de los trabajadores, esquemas de sugerencias adecuados, incentivos adecuados y un ambiente seguro. (Ben-Daya, M., et al., 2009, p. 438)

Todo esto junto con la capacitación continua, con el fin de nutrir las habilidades de los empleados para que vayan acorde con sus puestos de trabajo.

2.2.9 Seguridad y entorno

Como se indica en el Handbook de Administración del Mantenimiento e ingeniería.

“Este pilar facilita la organización al ayudar a alcanzar las practicas estandarizadas de operación; hacer un ambiente seguro de trabajo, empleados motivados y lugares libres de contaminación. Este pilar ayuda a afectar en la transformación de la cultura organizacional.

Este pilar hace que los operarios entiendan que ellos son parte importante de la organización. Se deben realizar los pasos necesarios para eliminar las prácticas de trabajo riesgosas y dar un adecuado entrenamiento para la seguridad, motivándolos a seguir las normas de seguridad.” (Ben-Daya, M.,et al., 2009, p. 449)

2.3 Filosofía de Cinco Eses

Se define como “un programa que consiste en desarrollar actividades de orden, limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de todos a nivel individual y grupal, mejorando el ambiente de trabajo, la seguridad de personas y equipos, así como la productividad.” (Sacristán, F. R. 2005, p. 17)

Los orígenes de esta filosofía se encuentran en Japón, por lo que sus nombres se derivan de ese idioma y todos ellos inician con una S, razón del nombre de las cinco eses cómo filosofía. Cada uno de ellos se explica a continuación.

2.3.1 Seleccionar (Seiri)

El objetivo principal de esta primera etapa es “Organizar todo, separar lo que sirve y clasificar esto último. Por otro lado, aprovechamos la organización para establecer normas que nos permitan trabajar en las máquinas sin sobresaltos. La meta será mantener el progreso alcanzado y elaborar planes de acción que garanticen la estabilidad y nos ayuden a mejorar.” (Sacristán, F. R. 2005, p. 18)

En resumen, en esta etapa se separa lo que sirve de lo que no sirve.

2.3.2 Ordenar (Seiton)

Para la segunda etapa se desea encontrar un orden, por lo que Francisco Sacristán recomienda lo siguiente.

“Tiramos lo que no sirve y establecemos normas de orden para cada cosa. Además, vamos a colocar las normas a la vista para que sean conocidas por todos y en el futuro nos permitan practicar la mejora de forma permanente.

Así pues, situamos los objetos de trabajo en orden, de tal forma que sean fácilmente accesibles para su uso, bajo el eslogan de: un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.” (Sacristán, F. R. 2005, p. 18)

2.3.3 Limpiar (Seiso)

Este paso es importante ya que ayuda a mantener las zonas de trabajo limpias, de manera que es más sencillo encontrar problemas como por ejemplo fugas de algún fluido o gas que se logre notar debido a la constante limpieza de algún sitio. Se explica a continuación según Francisco Sacristán.

“Realizar la limpieza inicial con el fin de que las personas se identifiquen con su puesto de trabajo y máquinas o equipos que tengan asignados.

No se trata de hacer brillar las máquinas sino de enseñar a la persona cómo son sus equipos por dentro e indicarle, en una operación conjunta con el responsable, dónde están los focos de suciedad de su puesto.” (Sacristán, F. R. 2005, p. 19)

Como acción para evitar la suciedad continua se propone “en grupos de trabajo hay que investigar de dónde proviene la suciedad y sensibilizarse con el propósito de mantener el nivel de referencia alcanzado, eliminando las fuentes de suciedad.” (Sacristán, F. R. 2005, p. 19)

2.3.4 Mantener (Seiketsu)

Para lograr continuar con el orden y la limpieza es necesario “A través de gamas y controles, iniciar el establecimiento de los estándares de limpieza, aplicarles y mantener el nivel de referencia alcanzado. Así pues, esta S consiste en distinguir fácilmente una situación normal de otra anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos, así como mediante controles visuales de todo tipo.” (Sacristán, F. R. 2005, p. 20)

2.3.5 Disciplinar (Shitsuke)

La disciplina es el último de los pasos de las 5S, este se describe según Francisco Sacristán de la siguiente manera.

“Realizar la auto inspección de manera cotidiana. Cualquier momento es bueno para revisar y ver cómo estamos, establecer las hojas de control y comenzar la aplicación, mejorar los estándares de las actividades realizadas con el fin de aumentar la fiabilidad de los medios y el buen funcionamiento de los equipos de oficina. En definitiva, ser rigurosos y responsables para mantener el nivel de referencia alcanzado, entrenando a todos para continuar la acción con disciplina y autonomía.” (Sacristán, F. R. 2005, p. 21)

2.4 Indicadores del mantenimiento

2.4.1 Selección de indicadores

Para la selección de indicadores a medir se debe evaluar qué es lo que se requiere medir en la empresa. Según la Norma UNE 66175, “se deben desarrollar aquellos indicadores que sean “rentables” para la Organización, es decir, aquellos para los cuales la importancia de la información que simbolizan signifiquen el esfuerzo necesario para su obtención.” (Norma, U. N. E, 2003, p. 9)

Para valorar cuáles indicadores es recomendable utilizar se pueden usar los siguientes criterios según la misma norma.

- Grado de cumplimiento de los objetivos asignados y de las acciones derivadas
- Evolución de cumplimiento de los objetivos asignados y de las acciones derivadas.
- Evolución de las áreas, procesos o parámetros conflictivos o con problemas reales o potenciales.
- Información sobre el costo e información necesaria para establecer el sistema de indicadores: forma de obtener la información, tratamiento, documentación, etc.
- Fiabilidad del proceso de capacitación de la información y su explotación, así como la capacidad en plazo y nivel de motivación del personal involucrado para desarrollar la actividad.

Se recomienda en la misma norma además elegir de manera correcta los indicadores de manera que ayuden a la compañía a elegir momentos adecuados dentro del ciclo de vida de los equipos.

“La organización debería definir los indicadores de tendencia que la ayudan a tomar decisiones eficientes a largo plazo durante la vida útil. Esto puede ayudar a encontrar el intercambio óptimo de costes de inversión y otros costes de ciclo de vida. Esto también puede ayudar a hacer inversiones apropiadas en el momento correcto para favorecer los objetivos de la organización y los requisitos para sus activos físicos.” (Norma, U. N. E, 2003, p.11)

2.4.2 Eficiencia Global de los equipos de producción (OEE)

Este indicador “es un concepto que permite medir la producción industrial en función de la Disponibilidad, Rendimiento y Calidad de una planta.” (Belohlavek, P. 2006, p. 28)

Para el cálculo de este indicador de Eficiencia global (EG u OEE) se multiplican cada uno de los factores o coeficientes mencionados anteriormente:

Ecuación 1. Índice de eficiencia global (OEE)

$$EG = Rendimiento \times Disponibilidad \times Calidad$$

Cada uno de los anteriores se explica en los siguientes apartados.

2.4.2.1 Rendimiento

Se describe el rendimiento como el factor que “Representa la propiedad de acercarse lo más posible a la conservación de la capacidad productiva para alcanzar su capacidad potencial. Se mide entonces como un desvío entre la producción real y la potencial.” (Belohlavek, P. 2006, p. 29)

Para el cálculo de este factor se requiere el tiempo ideal de un ciclo (TIC) medido en minutos por unidad, la cantidad producida (Cant) medido en unidades y el tiempo neto de operación (TNO), medido en minutos, en el que se produjo la cantidad correspondiente indicada. Por lo que según Juan Flores este factor sería:

Ecuación 2. Rendimiento.

$$Rendimiento = \frac{TIC \times Cant}{TNO}$$

2.4.2.2 Disponibilidad:

Este se define según Peter Belohlavek de la siguiente manera.

“La disponibilidad del equipamiento es el factor más observable. Lo que no resulta observable son los matices de disponibilidad durante las puestas en marcha o paradas que generan faltas en la disponibilidad más allá de lo evidente.

La disponibilidad se mide restando del tiempo operativo el tiempo de parada y relacionándolo con el tiempo total operativo disponible.” (Belohlavek, P. 2006, p. 29)

Para el cálculo de este factor se requiere el tiempo neto de operación (TNO) que se refiere al tiempo y el tiempo de ejecución (TE). Este último se refiere al tiempo neto de operación menos las pérdidas de tiempo por defectos. Por lo tanto, este factor será según Juan Flores:

Ecuación 3. Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{TNO}{TE}$$

2.4.2.3 Calidad

En el libro OEE: Overall Equipment Effectiveness se define este factor como se menciona a continuación.

“La calidad resulta de comparar la cantidad de bienes o servicios producidos dentro de los parámetros de calidad establecidos con la cantidad total de bienes o servicios producidos en la realidad.

Es el factor que está más cerca de influir en el mantenimiento, ya que las pérdidas de calidad suelen tener un resultado económico negativo por la pérdida de materiales y horas de producción.” (Belohlavek, P. 2006, p. 30)

Para el cálculo de este factor se requiere la cantidad total de producto (CTP) y la cantidad de producto defectuoso (CPD). Con lo que según Juan Flores se tiene la siguiente fórmula para el cálculo del factor de calidad.

Ecuación 4. Calidad

$$Calidad = \frac{CTP - CPD}{CTP}$$

2.4.3 Tiempo medio entre fallas TMEF (Meantime between failures, MTBF)

Este índice se refiere al tiempo que se da entre las fallas que se presentan en las máquinas de producción (MTBF por sus siglas en inglés de Meantime Between Failure). Se debe recordar que “cuanto mayor sea el tiempo medio entre fallas mejor será ya que indica que en un mayor plazo se dieron menos o igual cantidad de fallos.” (Renovatec, 2017). Este se calcula de la siguiente manera.

Ecuación 5. Tiempo medio entre fallos

$$MTBF = \frac{\text{Número de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{Número de averías}}$$

2.4.4 Tiempo medio de la reparación TMDR (Meantime to repair, MTTR)

Este índice muestra el tiempo promedio que se tarda en cada reparación (MTTR por sus siglas en inglés de Meantime to Repair). Según la página de Renovatec éste permite “conocer la importancia de las averías que se producen en un equipo considerando el tiempo medio hasta su solución.” (Renovatec, 2017) Además, el cálculo se da de la siguiente manera según la misma página web.

Ecuación 6. Tiempo medio de reparación

$$MTTR = \frac{\text{Numero de horas de paro por avería}}{\text{Número de averías}}$$

2.4.5 Confiabilidad

Se refiere a confiabilidad como la “estimación probabilística, acerca del tiempo en que la máquina entregará sus servicios, acorde con los estándares de calidad exigidos por el usuario.” (Valderrama, J. O, 2014, p. 75)

Se tiene que el cálculo de este índice, según el artículo sobre la confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento, es como se detalla a continuación.

La confiabilidad de un equipo o producto puede ser expresada a través de la expresión:

Ecuación 7. Confiabilidad

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

Donde:

R(t): Confiabilidad de un equipo en un tiempo t dado

e: constante Neperiana (e=2.303..)

λ : Tasa de fallas (número total de fallas por período de operación)

t: tiempo

(Ortiz, Y, et al., 2006, p.156)

2.5 Estructura del mantenimiento, mantenimiento de área

Según la norma COVENIN ISO 3049 se define el mantenimiento de área a la estructura en la que se subdivide al sistema productivo en varias partes geográficas y a cada una de ellas se asignan cuadrillas de personal para ejecutar las acciones de mantenimiento.

Esta busca aumentar la eficiencia operativa, ya que estas pequeñas organizaciones se encontrarán cerca de los equipos a los que sirven. Se caracteriza

por: mayor y mejor control de personal por área, personal especializado en el área de trabajo, aumento de costos por especialización funcional, mayor fuerza laboral, programación y prevenciones más ajustadas a la realidad, sistemas de información más complejos y recomendables para el sistema productivo suficientemente grandes en distribución geográfica, diversidad de procesos y de personal.

2.6 Conceptos claves en la industria electrónica

2.6.1 Tarjetas de circuito impreso (PCB)

Este es un concepto muy utilizado en la empresa Zollner Electronics por ser un elemento básico en el mercado de la electrónica.

“Normalmente un circuito integrado se instala en una tarjeta de circuito impreso (PCB) que lo conecta con otros circuitos integrados en un sistema. Las tarjetas de circuito impreso de capas múltiples tienen las pistas de cobre que están grabadas sobre varias capas delgadas de fibra de vidrio, las cuales están laminadas formando una sola tarjeta que tiene un espesor cercano a 1/16 de pulgada.” (Wakerly, J. F, 2001, p. 18)

Un panel se le llama al conjunto de PCB unidas en una placa más grande. Se ejemplifica en la figura siguiente un panel con diez PCB.

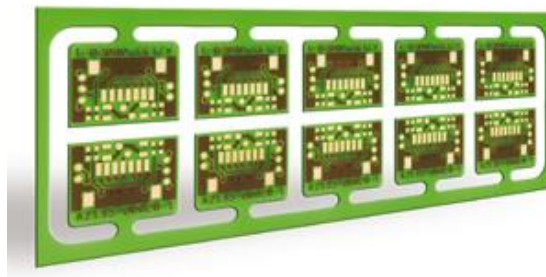


Figura 2.3 Panel con diez tarjetas de circuito impreso.

Fuente: AT&S, 2017

2.6.2 Materiales ESD

Primeramente, se debe definir el término ESD que proviene de Electrostatic Discharge el cual se define de la siguiente manera.

“ESD es una descarga repentina de electricidad estática acumulada en un objeto o persona. Esta descarga ocurre cuando dos objetos con carga diferente respecto a tierra tienen contacto directo. Aunque la ESD normalmente no es peligrosa en los humanos, puede dañar seriamente un circuito electrónico o componente.” (García, M. Á. G. 2012, p. 87)

Es por eso que los materiales que protegen contra la descarga electroestática son llamados materiales ESD. Se recomienda para ello los materiales disipativos los cuales: poseen “una resistencia superficial comprendida entre 10^4 y 10^{11} Ohm”. (García, M. Á. G. 2012, p. 87)

2.6.3 Área protegida de descarga eléctrica (EPA)

El área protegida de descarga eléctrica es “el espacio de trabajo que está diseñado, construido y equipado con materiales y equipos destinados a limitar el daño a los elementos sensibles a la ESD. Puede ser un lugar donde el operario realiza ciertos trabajos con equipos electrónicos dentro de un laboratorio, o el espacio destinado a albergar los equipos.” (García, M. Á. G. 2012, p. 88)

3. Capítulo III. Desarrollo del proyecto

En esta sección se detallan las acciones y propuestas llevadas a cabo en la empresa Zollner electronics Costa Rica Ltda., para la realización del proyecto de manera que se cumpla con los objetivos propuestos.

3.1 Estrategia de 5 eses

Se comienza analizando el área en la que se realizará el proyecto, donde se encuentra que los operarios y los colaboradores del área de SMT conocen sobre la filosofía de las 5s ya que la empresa cuenta con este programa para la mejora continua y con el objetivo de alcanzar una empresa de manufactura esbelta “Lean Manufacturing”. Es por eso que se encuentran ya algunas áreas de SMT rotuladas. A pesar de ello, las mesas de trabajo de cada línea no se encuentran estandarizadas, la limpieza de las máquinas solo se da cuando se realizan auditorías y mantenimientos programados.

Se presentan a continuación imágenes del área de SMT antes de la realización del proyecto, donde se observa que a pesar de la rotulación de espacios aún hace falta orden y limpieza principalmente en la mesa de trabajo de cada línea, mostrada en la siguiente imagen con una flecha roja.



Figura 3.1. Estado inicial de las líneas de SMT antes de implementación de cinco eses

Fuente: Blanco, E. (2017)

Se divide la realización de las cinco eses en dos partes. Una para las líneas de producción de SMT y otra para el departamento de mantenimiento de SMT.

3.1.1 Líneas de producción

3.1.1.1 Seiri

En la primera etapa de 5S (Seiri) se realiza una visita de campo en las líneas de SMT para determinar qué es necesario e innecesario, con ayuda de los operarios de las líneas se detectan diferencias en los equipos y herramientas de trabajo, así como la falta de rotulación en algunas áreas. Lo anterior evidencia la falta de estandarización en las líneas, principalmente en las mesas de trabajo.

Por lo tanto, se pretenden estandarizar las cuatro líneas de manera que se encuentren los mismos artículos que cumplan con las necesidades de los operarios en las líneas de SMT.

El estándar en cada línea requiere de:

- ✓ 3 basureros ESD rotulados.
- ✓ Un área de estenciles.
- ✓ Una mesa de trabajo.
- ✓ Un espacio con caja ESD para la materia prima de reserva a utilizar (componentes electrónicos).
- ✓ Un espacio con caja para las carruchas vacías de componentes.
- ✓ Una mesa de re-fill.

Además, se tendrán los siguientes espacios comunes para toda el área de SMT:

- ✓ Mesa para colocación de estenciles.
- ✓ Gabinete de insumos generales.

Se detectan como innecesarios en las mesas de cada línea los siguientes objetos:

Pines, lubricante utilizado por el departamento de mantenimiento, vernier, excesos de toallas secas pequeñas y en rollo, barras de soporte en exceso, cintas azules.

En la mesa de trabajo se debe encontrar los siguientes objetos y herramientas:

Pasta de soldadura, guantes, toallas secas pequeñas, aplicadores, toallas pre-saturadas con alcohol, spray limpiador, soportes para estéciles en Ekra, barras de soporte, brocha ESD para limpieza, calcas para defectos, alcohol, regla de metal, lupa, espejo periscópico, cinta adhesiva ESD, cinta resistente a altas temperaturas, lentes de seguridad y llaves Allen de 3 mm y 1,5 mm.

Se propone también colocar un gabinete común en el que se encuentren materiales consumibles, de manera que cuando se gasten, los operarios no tengan que ir hasta la bodega por ellos. Este se ubicará después de la línea uno cerca del área de labeling, donde se encuentra espacio disponible para ello. Se tendrá además una mesa común para la tarea de colocación y retiro de estéciles para la impresora de soldadura para lo cual es necesario utilizar un pedal neumático, que se ubicará en una mesa en la línea 3, la cual tiene espacio para ello.

Tabla 3.1. Lista de verificación de los objetos necesarios en cada mesa de trabajo.

Cant.	Artículos y herramientas	Línea 1	Línea 2	Línea 3	Línea 4
1	Pasta de soldadura				
1	Caja de guantes				
1	Toallas secas pequeñas				
1	Aplicadores				
1	Toallas pre-saturadas con alcohol				
1	Toallas húmedas para limpieza de soldadura				
1	Spray limpiador				
2	Soportes (clamps) para estenciles en Ekra				
2	Cuchillas (blades) para "clamps"				
6	Barras de soporte para PCB de una cara				
10	Soportes de pin para PCB 2 caras en Ekra				
10	Soportes de placa para PCB 2 caras en Ekra				
1	Brocha para limpieza ESD				
1	Espátula ESD				
1	Regla de metal				
1	Llave Allen de 3 mm				
1	Llave Allen de 1,5 mm				
1	Calcas para defectos				
1	Alcohol				
1	Lentes de seguridad				
1	Lupa				
1	Espejo				
1	Cinta adhesiva resistente a altas temperaturas				
1	Cinta adhesiva ESD				

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word 2016)

Por lo tanto, para estandarizar la línea 1 es necesario:

Quitar tres soportes rectangulares, ya que hay nueve y la mayor cantidad que se usan son seis. Quitar repuestos de pipeta (pipette) y boquilla (nozzle).

Es necesario colocar en esta línea una brocha, unos lentes de seguridad, alcohol, pasta de soldadura, guantes, toallas pre-saturadas con alcohol, spray para limpieza, soportes para estenciles, brocha y calcas para productos con defectos.

Para estandarizar la línea 2 es necesario:

Pasar la herramienta para quitar esténciles a una mesa común, se requieren además rótulos para caja de materia prima a utilizar y para la caja de carruchas usadas. Es necesario colocar en esta línea aplicadores y spray para limpieza.

Para estandarizar la línea 3 es necesario:

Pasar al gabinete los excesos de toallas húmedas y secas que se encuentran en la línea 3, ya que son más de los necesarios.

Rotular “mesa de trabajo”, “basureros”, “materia prima para uso” y “carruchas de alimentadores vacías” así como aplicadores, brocha y spray para limpieza, toallas húmedas para limpieza de soldadura, soportes para esténciles (conocidos como clamps) y calcas para defectos.

Para estandarizar la línea 4 es necesario:

Etiquetas para el espacio de “Área de esténciles”, “mesa de accesorios”, “materia prima para uso”, “carruchas de alimentadores vacías”, es necesaria una brocha, lentes de seguridad y calcas para defectos.

El gabinete común a utilizar ya existe, pero es necesario realizar una organización y mejoras en el mismo. Inicialmente el gabinete cuenta con los objetos que se presentan a continuación.

Tabla 3.2. Artículos y herramientas presentes en el gabinete antes de la organización.

Cant	Artículo o herramienta	Cant	Artículo o herramienta
2	Galones alcohol Isopropílico	48	Soportes de pin para PCB 2 caras en Ekra
3	Cajas guantes	1	caja pines
4	Envases amarillos con alcohol	13	cajas single splice
5	Rollos calcas azules	15	Barras de soporte para PCB de una cara
1	Rollo calcas naranjas	1	Brocha ESD
1	Rollo cinta doble pega gruesa	1	Espátula
1	Rollo cinta doble pega delgada	4	Cuchillas (blades) para “clamps”
6	Caja cinta para splicing de 5 mm	6	Soportes (clamps) para estéciles en Ekra
4	Caja cinta para splicing de 9 mm	2	Splicing tool
2	Caja cinta para splicing de 18 mm	1	Caja clips brass splice frame
1	Pedal para cambio de estéciles	1	Varios ganchos para sobres de estéciles
1	Spray de limpieza	45	Cajas squeegees
1	Varios moldes aluminio	2	Rollos toallas secas
1	Bolsa de repuestos de boquillas	1	Toallas húmedas con alcohol
2	Cajas con estéciles top negros	3	Carruchas con componentes

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016.

Se decide a partir de allí sacar ciertos artículos innecesarios y organizar los que si son necesarios para suplir las líneas de SMT. Se presenta a continuación la tabla con los artículos y herramientas necesarias con su respectiva cantidad.

Tabla 3.3. Lista de chequeo de artículos y herramientas necesarios en el gabinete para las líneas de SMT.

Cant	Artículo o herramienta	3-may			4-may			5-may			6-may		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	Calcas azules												
1	Cinta doble pega delgada												
4	Cajas cinta para splicing de 5 mm												
4	Cajas cinta para splicing de 9 mm												
4	Cajas cinta para splicing de 18 mm												
4	Cajas single splice 12 mm												
4	Cajas single splice 16 mm												
4	Cajas single splice 24 mm												
3	Squeegees 200 mm												
5	Squeegees 250 mm												
5	Squeegees 300 mm												
5	Squeegees 350 mm												
5	Squeegees 400 mm												
5	Squeegees 450 mm												
5	Squeegees 500 mm												
40	Soportes de pin para PCB												
10	Barras de soporte para PCB												
1	Cuchillas (blades) para "clamps"												
5	Soportes (clamps) para estenciles												
2	Splicing tool												
4	Caja clips brass splice frame												
1	Spray de limpieza												
4	Toallas secas												
8	Toallas pre-saturadas con alcohol												
1	Brochas ESD												
4	Espátulas												

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016.

Para el gabinete y la mesa común es necesaria:

Rotular el gabinete con lo que se encuentra en el interior. Introducir los consumibles de las líneas de producción de SMT para disminuir el tiempo de cambio de consumibles, para que los operarios no tengan que ir siempre a bodega por ellos, sino que los tengan mucho más cerca.

Rotular la mesa de trabajo común y colocar en ella herramienta para soltar esténciles, de manera que se convierta en una mesa de trabajo específica para este proceso de retiro y colocación de esténciles.

3.1.1.2 Seiton

Para la segunda etapa, Seiton, se debe determinar un lugar para cada uno de los objetos que se tienen. Para estandarizar las mesas de las líneas 1, 2, 3 y 4 (las cuales son iguales) se propone colocar un patrón con las figuras correspondientes para cada objeto como las toallas húmedas para limpieza de soldadura, las toallas secas, aplicadores, spray de limpieza, espátula, brocha, lentes de seguridad y soportes para impresión de componentes en la máquina EKRA. Cada uno de los espacios será rotulado para que no exista confusión y para que se respeten los espacios correspondientes.

El estándar para las mesas de las líneas de SMT se presenta a continuación:

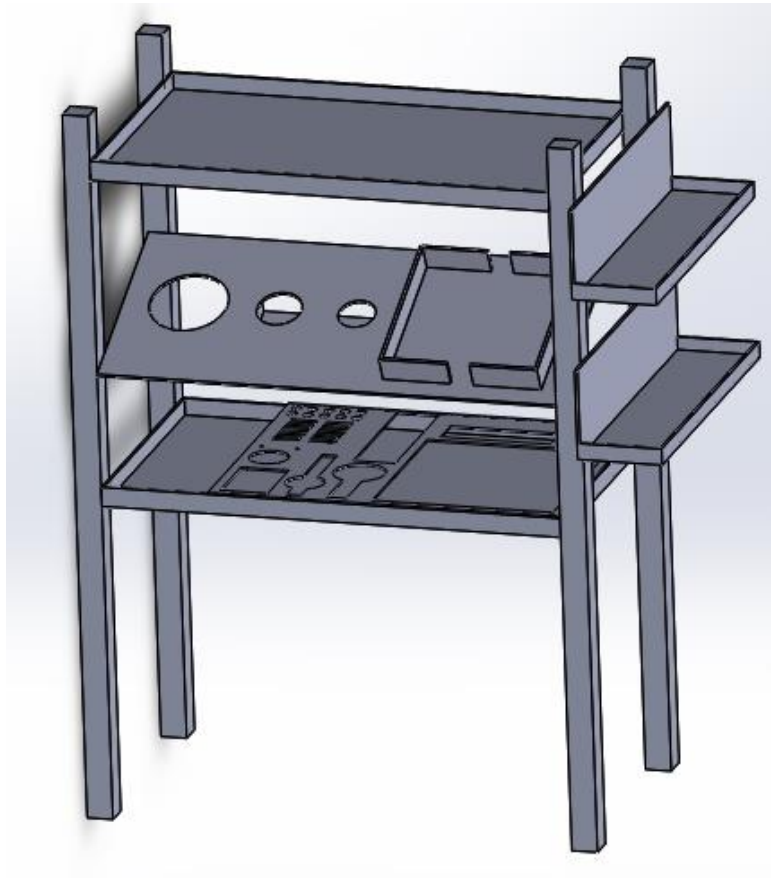


Figura 3.2 Propuesta de mesa para las líneas de SMT

Fuente: Elaboración propia, Solid Works 2016

En el sobre propuestos que se propone se estarían colocando los siguientes objetos como se muestra la figura a continuación.

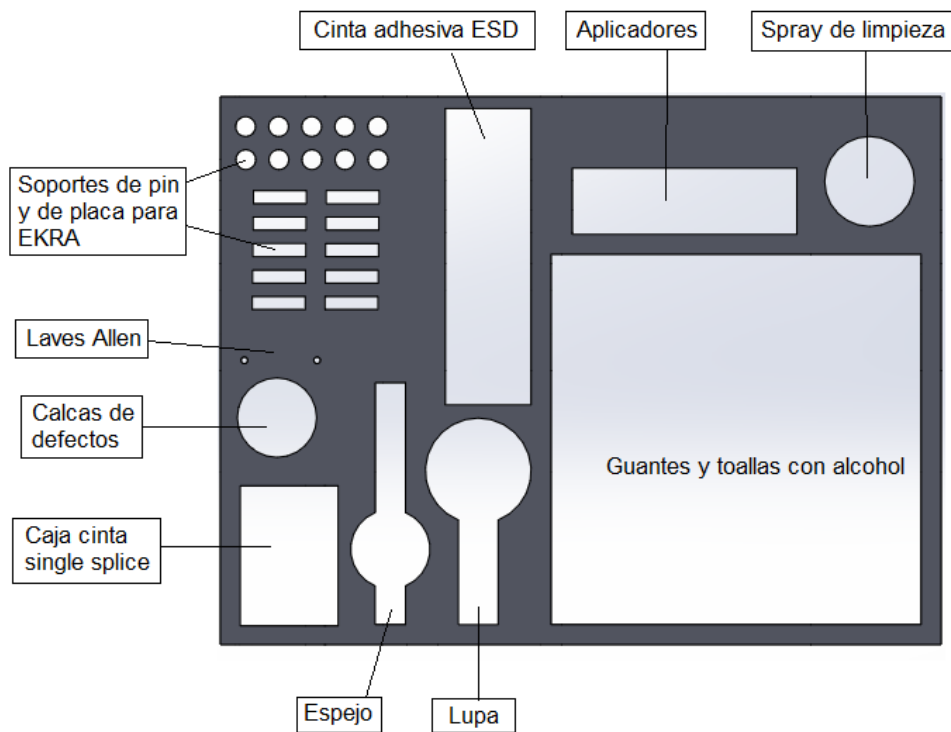


Figura 3.3 Sobremesa para estandarizar las mesas de SMT

Fuente: Elaboración propia (Solid Works 2016)

Las mesas de estas líneas ya se encuentran, por lo que solo es necesario realizar ciertas modificaciones. Se debe crear un sobre con las figuras de los objetos que se colocarán en el nivel del centro de la mesa. Es importante destacar que el material de ese debe ser de un material ESD, es decir, que proteja de la descarga eléctrica, ya que eso es lo que se pide según las certificaciones ISO/TS 16949 además que los clientes piden que se encuentre dentro del área de producción solo materiales ESD.

Se muestra a continuación la diferencia entre el estado inicial general del área de producción en SMT y el estado al finalizar el proyecto.

Mesas de las líneas de SMT antes del inicio del proyecto



Figura 3.4. Fotografías de las mesas de trabajo en las líneas de SMT antes de la realización del proyecto.

Fuente: Blanco, E. (2017).

Mesas de las líneas de SMT después de las mejoras en 5s

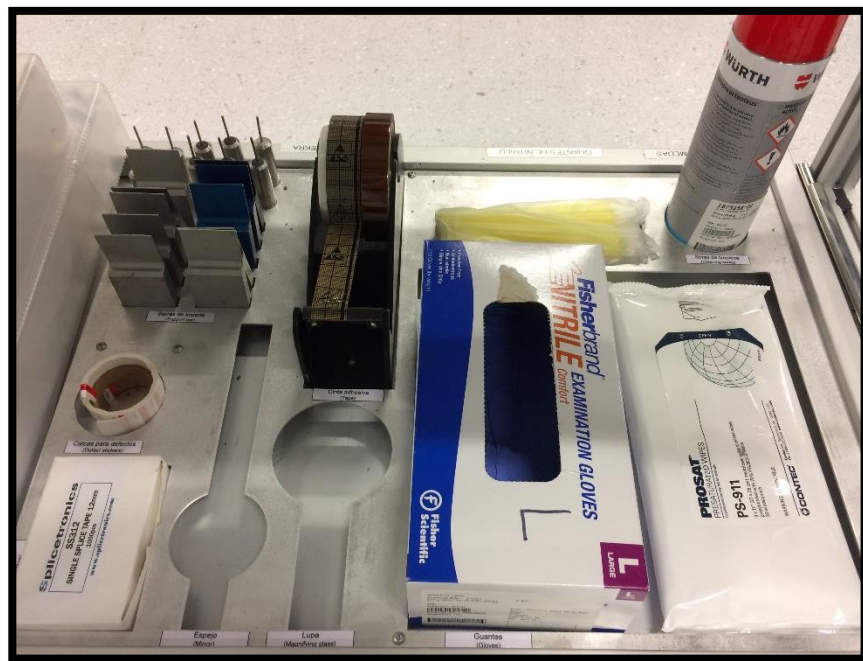


Figura 3.5. Mesa de trabajo estandarizada de las líneas de SMT

Fuente: Blanco, E. 2017

Al estandarizar las mesas de las cuatro líneas se logra que en caso de que se roten los operarios de las diferentes líneas aún logren conocer la ubicación de objetos y que sea más simple el cambio de línea, de manera que no se pierdan tiempos en búsqueda de objetos, materiales y herramientas. La estandarización de las mismas ayuda además a controlar los objetos que deben encontrarse en las líneas de manera que nada se pierda y que cuando algún material se encuentra en otro sitio este sea notorio y se pueda mantener el orden en las líneas.

Se coloca además una mesa especializada para la colocación y el retiro de esténciles de los marcos para la impresora de pasta de soldadura la cual cuenta con el pedal neumático y el abastecimiento de aire comprimido que requiere. Se realiza un procedimiento para colocarlo en la mesa y para que este sea efectuado por todos los operarios de la misma manera y de forma correcta. Con el fin expandir la vida útil tanto de los marcos para esténciles como de la herramienta. El procedimiento se elaboró con ayuda de operarios experimentados y bajo la supervisión de la gerente de producción Hazel Calvo, el cual se muestra a continuación.

Procedimiento para colocar estenciles en los marcos

1. Verifique que la presión en el manómetro se encuentre en 0,7 MPa. Como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Manómetro de aire comprimido.

Fuente: Blanco, E (2017)

- Si no se encuentra en un valor cercano a ese, debe informar a mantenimiento para que este varíe la presión girando la válvula superior.
2. Coloque el marco en la mesa con la válvula a su mano derecha.
 3. Conecte la manguera de aire comprimido a la válvula insertándola en el orificio como se observa en la figura 2.

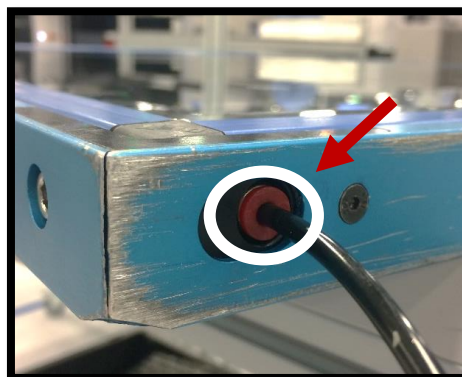


Figura 2. Conexión de la manguera de aire comprimido al marco.

Fuente: Blanco, E (2017)

4. Tome el estencil con ambas manos y verifique este se encuentre sin deformaciones y que las esquinas negras mostradas con un rectángulo rojo en la siguiente figura estén colocadas en el mismo.

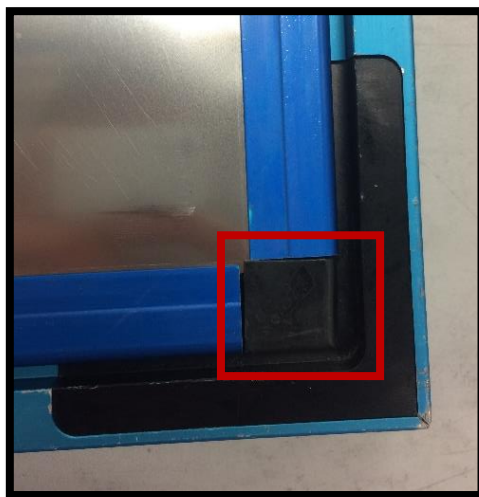


Figura 3. Esquinas de estenciles en buen estado.

Fuente: Blanco, E (2017)

- Si la esquina o el marco del estencil se encuentra sin el soporte negro marcado con un cuadro rojo en la figura anterior, repórtelo al departamento de mantenimiento.
5. Presione el pedal mostrado en la figura 4 y observe cómo se abren los topes del marco.



Figura 4. Pedal para el paso de aire comprimido.

Fuente: Blanco, E (2017)

6. Con las 2 manos coloque el estencil sobre el marco como se muestra en la figura 5. Asegúrese de que se encuentre completamente dentro del marco.

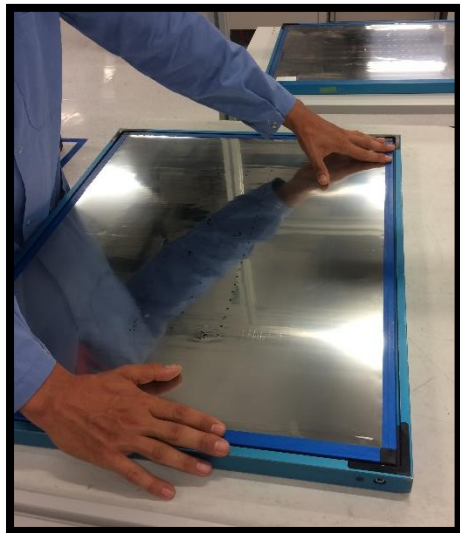


Figura 5. Colocación del estencil dentro del marco.

Fuente: Blanco, E (2017)

7. Suelte el pedal y debe verificar que los topes del marco se cierran alrededor.
8. Desconecte la manguera de la válvula del marco.

Procedimiento para retirar estenciles de los marcos

1. Verifique que la presión en el manómetro se encuentre en 0,7 MPa cómo se muestra en la figura 6.



Figura 6. Manómetro de aire comprimido.

Fuente: Blanco, E (2017)

- Si no se encuentra en un valor cercano a ese, debe informar a mantenimiento para que este varíe la presión girando la válvula superior.
2. Coloque el marco en la mesa con la válvula a su mano derecha.
 3. Conecte la manguera de aire comprimido a la válvula insertándola en el orificio como se observa en la figura 7.

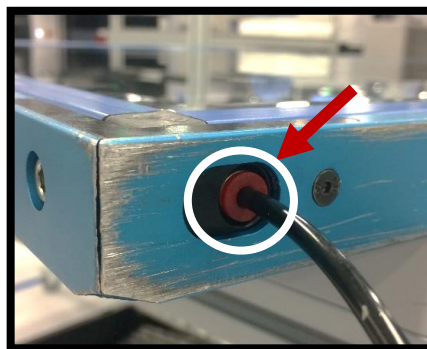


Figura 7. Conexión de la manguera de aire comprimido al marco.

Fuente: Blanco, E (2017)

4. Presione el pedal cómo se muestra en la figura 8 y observe cómo se abren los topes del marco.



Figura 8. Pedal para el paso de aire comprimido.

Fuente: Blanco, E (2017)

5. Empuje suavemente desde la parte inferior del marco para retirar el estencil. Asegúrese de que se encuentre completamente fuera del marco. Vea la figura 9.

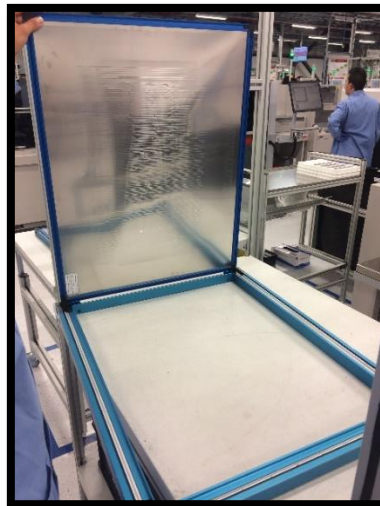


Figura 9. Verificar que el estencil se encuentre fuera del marco antes de soltar el pedal

Fuente: Blanco, E (2017)

- Si debe aplicar mucha fuerza para extraer el estencil por favor informe a mantenimiento porque puede haber un posible daño en el marco.
6. Suelte el pedal.
 7. Desconecte la manguera de la válvula del marco.

Mesa de cambio de estenciles en los marcos con su respectivo procedimiento

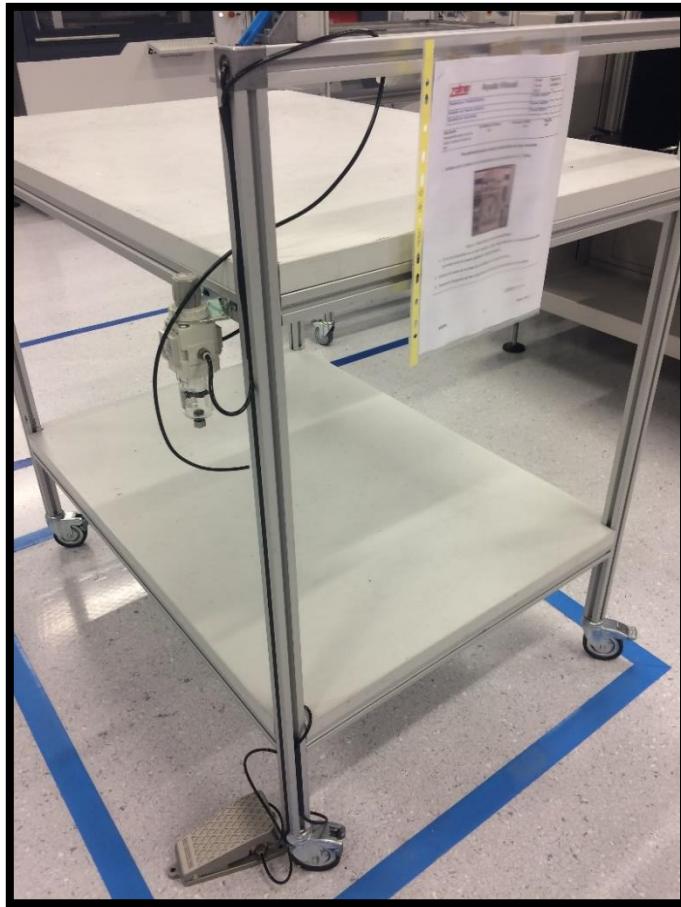



Figura 3.6. Mesa de cambio de estenciles y ayuda visual.

Fuente: Blanco, E (2017)

	Ayuda Visual	Dept: Engineering VA #: VA+ENG 415 REV: A
Preparado por: Pamela Sánchez		Fecha: 04/03/17
Revisado por: Gerardo Cisneros		Fecha: 04/03/17
Aprobado por: Ana Arrieta		Fecha: 04/03/17

Descripción	No Material Cliente:	Numero SAP:	Cliente:
Procedimiento para el uso de Vector Guards en el área de SMT.	N/A	N/A	N/A

Procedimiento para colocar estenciles en los marcos

1. Verifique que la presión en el manómetro se encuentre en 0,7 MPa.



Figura 1. Manómetro de aire comprimido

- Si no se encuentra en un valor cercano a ese, debe informar a mantenimiento para que este varíe la presión girando la válvula superior.
2. Coloque el marco en la mesa con la válvula a su mano derecha.
 3. Conecte la manguera de aire comprimido a la válvula insertándola en el orificio.

18 ABR 2017
Zollner E6CRQA

INTERN

1/6

FE6CR_0033_A

Figura 3.7. Documento FE6CR_0033_A Zollner Electronics

Fuente: Blanco, E. 2017

Gabinete común de SMT antes de su organización

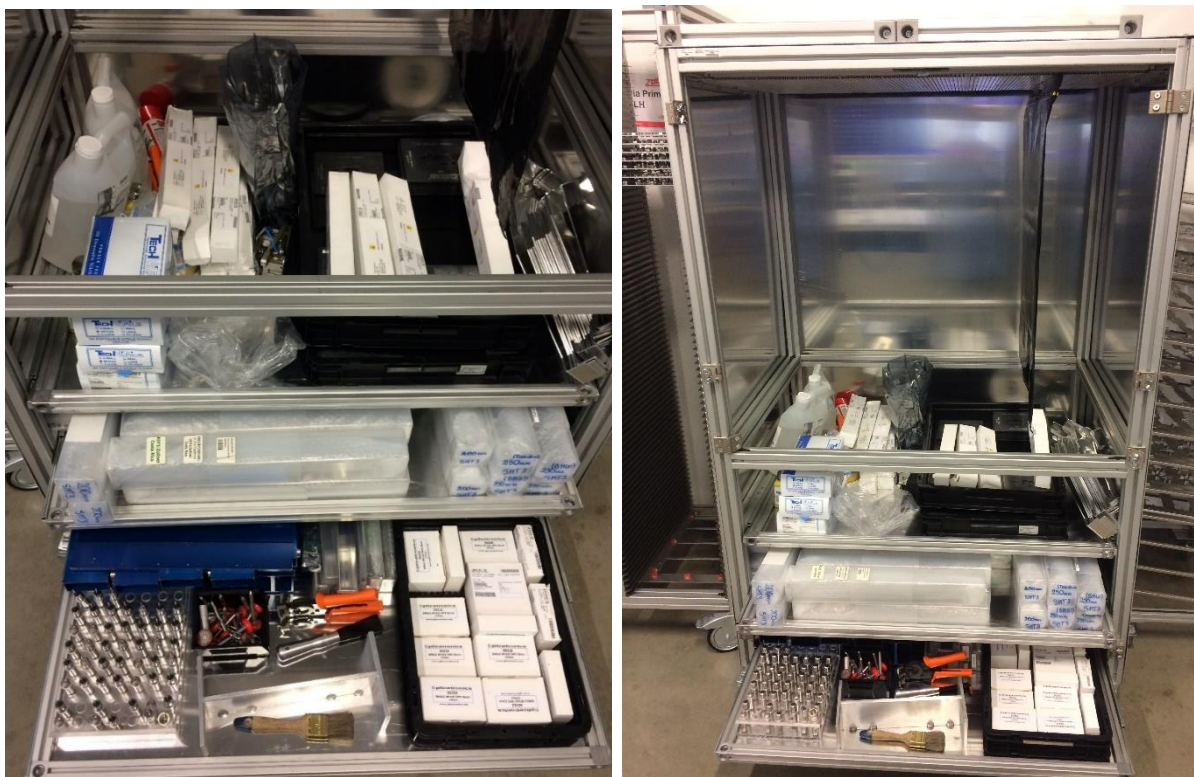


Figura 3.8. Fotografías de gabinete común antes de la realización del proyecto.

Fuente: Blanco, E (2017)

Gabinete común de SMT después de su organización



Figura 3.9. Gabinete de insumos de SMT después de orden de 5S

Fuente: Blanco, E. 2017



Figura 3.10. Etiquetado de objetos en el gabinete de insumos

Fuente: Blanco, E. 2017

Día y turno		3-May			4-May			5-May			6-May		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Cant	Artículo o herramienta												
4	Calcas azules												
1	Cinta doble pega delgada												
4	Cajas cinta para splicing de 5 mm												
4	Cajas cinta para splicing de 9 mm												
4	Cajas cinta para splicing de 18 mm												
4	Cajas single splice 12 mm												
4	Cajas single splice 16 mm												
4	Cajas single splice 24 mm												
3	Squeegees 200 mm												
5	Squeegees 250 mm												
5	Squeegees 300 mm												
5	Squeegees 350 mm												
5	Squeegees 400 mm												
5	Squeegees 450 mm												
5	Squeegees 500 mm												
40	Soportes de pin para PCB												
10	Barras de soporte para PCB												
1	Cuchillas (blades) para "clamps"												
5	Soportes (clamps) para estenciles												
2	Splicing tool												
4	Caja clips brass splice frame												
1	Spray de limpieza												
4	Toallas secas												
8	Toallas presaturadas con alcohol												
1	Brochas ESD												
4	Espátulas												

Si hace falta algún material, solicítelo en bodega con el formato FMM002C

Figura 3.11. Lista de chequeo presentada en Tabla 3.3. Lista de chequeo de artículos y herramientas necesarios en el gabinete para las líneas de SMT. Colocada en el gabinete de insumos

Fuente: Blanco, E. 2017

En la lista de chequeo colocada en el gabinete se indica en la parte inferior que en caso de hacer falta algún material es necesario solicitarlo en bodega con el formato FMM002C. Eso para que cada turno pueda recibir el gabinete lleno, de manera que en caso de que requieran algún insumo allí mismo lo puedan encontrar.

Con las propuestas e implementaciones anteriormente mencionadas en este apartado se buscan disminuir errores como los que se presentan a continuación.

Tiempo de baja	Categoría	Proceso	Comentario
0:30	N/A	EKRA	Se recibe la línea con falta de soldadura en la EKRA, por lo que hay que ir a bodega a solicitar para el reabastecer en la EKRA.
0:10	Falta de componentes	EKRA	Se acaba rollo de limpieza de EKRA, no hay disponibles en el piso, se atrasa mientras se solicita en bodega
0:30	Preparación (Set up)	Proceso	Se atrasa el set up por extravío de pieza de EKRA

Figura 3.12. Ejemplos de tiempos de baja en la producción por falta de estandarización, orden y limpieza.

Fuente: Hourly Production (Enero, 2017)

Se evidencian tiempos de baja en la producción de 95 minutos en enero que son corregibles mediante el uso de los insumos en el gabinete dentro de la planta. La eliminación de estos tiempos de baja según el análisis económico del costo de oportunidad por hora que se encuentra en el capítulo de análisis económico permite decir que se puede aprovechar ese tiempo para la producción y generar aproximadamente \$6.830.

3.1.1.3 Seiso

Para la tercera etapa, Seiso, se busca la limpieza, por lo que se realizan manuales en los que se especifique las actividades y las frecuencias necesarias de inspección y limpieza. Este manual se muestra a continuación.

Manual de limpieza general plan de 5 eses

Frecuencia: Diaria

Código: SMT-TURN-01



Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes de laboratorio, gabacha, zapatos con protección ESD y sea atento al presente manual de instrucciones.



Recursos necesarios

Toallas secas

Spray de limpieza

Instrucciones de limpieza general para 5 eses

Transportadoras

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
Transportadoras (TRA)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.
2. Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad. (Por ejemplo, sonidos en las fajas o ejes).

Descargadoras

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
Unloaders (LOA)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.

Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad.

Escáner

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
Escáners (SCA)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.
2. Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad.

Impresora de pasta de soldadura

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
Impresora de pasta (PRI)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.

2. Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad.

Sigma X

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
Sigma X (SIG)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.
2. Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad.

SIPLACE

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
SIPLACE (SIP)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.
2. Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad.

Horno

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
Horno (HOR)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.
2. Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad.

Automatic Optical Inspection

Máquina	Parte	Actividad	Frecuencia
Automatic Optical Inspection (AOI)	Máquina base	Limpieza e inspección	1 vez por turno

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y aplique spray de limpieza sobre ella. Limpie la máquina por la parte exterior eliminando rastros de suciedad.
2. Preste atención a la máquina y notifique si percibe alguna situación o sonido anormal en la misma, vibraciones, olores diferentes, temperaturas superiores, entre otra irregularidad.

3.1.1.4 Seiketsu

Para la cuarta etapa, Seiketsu, se realizan listas de chequeo, de manera que los operarios puedan verificar que los instrumentos y materiales de trabajo se encuentran en los lugares asignados, además de que las máquinas y mesas se encuentren limpias y que todo se encuentre debidamente rotulado. Las tablas de chequeo son las que se encuentran en las secciones anteriores, es decir, Tabla 3.1. Lista de verificación de los objetos necesarios en cada mesa de trabajo., Tabla 3.3. Lista de chequeo de artículos y herramientas necesarios en el gabinete para las líneas de SMT.y la siguiente tabla para el chequeo de la limpieza y verificación en cada turno de operación. Se muestra en este caso el ejemplo de la tabla de verificación para febrero para la línea 1 de SMT.

Tabla 3.4 Lista de verificación de limpieza para cinco eses para línea 1 de SMT

Actividades a realizar: Limpieza y verificación en cada máquina

Máquina			Enero																														
General	Código	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
LOA	SM-1-LOA-1	Magazine unloader AES03D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	SM-1-LOA-2	Magazine unloader AES03D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
TRA	SM-1-TRA-1	Destaker LSB03	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SM-1-TRA-2	Transport module TRM01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SM-1-TRA-3	Transport module TRM02	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SM-1-TRA-4	Transport module TRM01	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SCA	SM-1-SCA-1	Insignum 1000 Scanner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SM-1-SCA-2	Insignum 1000 Scanner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SM-1-SCA-3	Insignum 1000 Scanner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
PRI	SM-1-PRI-1	Printer platform	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SIG	SM-1-SIG-1	Sigma x	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
SIP	SM-1-SIP-1	SIPLACE SX1/SX2 V2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SM-1-SIP-2	SIPLACE SX1/SX2 V2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	SM-1-SIP-3	SIPLACE SX1/SX2 V2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
HOR	SM-1-HOR-1	Horno de convección	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
AOI	SM-1-AOI-1	Inspección óptica automatizada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016

Mediante la implementación de este se esperan reducir fallas, por la notificación de cambios en el comportamiento normal de la máquina, como se dio el 4 de abril en una SIPLACE según se reporta en el Logbook digital.

Down Time	Problem	Root cause	Corrective Action
0:15:00	Sonido fuerte	Residuos de tape en el recorrido de la cuchilla	Se remueve los residuos y se lubrica la cuchilla

Figura 3.13. Ejemplo de prevención de fallos en las máquinas mediante la verificación del estado de las máquinas

Fuente: Logbook digital, Zollner Electronics Costa Rica. 2017

3.1.1.5 Shitsuke

Se realizan auditorias constantes de manera que inicialmente los operarios se acostumbren a realizar las tareas propuestas en los planes presentados en las etapas anteriores de 5s, para que se vaya dando una disciplina de orden y limpieza en el área de SMT.

3.1.2 *Departamento de mantenimiento*

3.1.2.1 Seiri

Se realiza una visita de campo con ayuda del técnico del turno dos de mantenimiento de SMT (Técnico de mantenimiento Alejandro Catalán) para determinar que es necesario en las cajas de herramientas y materiales y qué es innecesario.

Se detecta allí que existe ausencia completa de rotulación para las herramientas, los materiales y la ubicación de los espacios para las mesas de mantenimiento. Se procede a realizar una lista del equipo necesario e innecesario que se encuentra.

Se determina que los objetos necesarios son los siguientes:

Tabla 3.5 Herramientas necesarias en el departamento de mantenimiento de SMT

Cant	Herramienta	Cant	Herramienta
1	Imán telescópico	1	Dremel Lapiz grabador
1	Cutter con hoja de 18 mm	1	Wera Zyklus
1	Tape negro	1	Set cubos allen espiga de 3/8
1	Teflón para roscas y juntas	1	Set cinces y sembropunto
2	Brochas	1	Mazo cabeza de goma
2	Focos	1	Mazo de bola
1	Juego de llaves máquinas	2	Mazo de piqueta
2	Cigüeñales elevador SiPlace	1	Herramienta de calibración de feeders
2	Cajas repuestos pequeños	1	Puentes de contacto block terminales
1	Set llaves interlock equipos	1	Set botadores
1	Llave Allen de 3 mm	1	Sacatacos
3	Set llaves Allen	1	Juego de desarmadores
2	Cortador de cables	1	Kit de calibración de cabezas SiPlace
3	Pinzas de presión	2	Brochas
1	Prensa-terminales	3	Cables set up
6	Alicates	1	Set calibraciones
22	Desatornilladores varios	1	Kit de puntas intercambiables metabo
1	caja de fusibles ESKA	4	lentes de seguridad
8	Desarmadores Torkx	4	Llaves T tipo Torks
8	Llaves coro-fijas	1	Cinta métrica
1	Nivel	1	Alicate
11	Llaves españolas medianas	1	metro rígido carpintero
1	Palanca	1	set de alicates múltiples
1	Set de llaves españolas de nariz	1	Llave de cañería
1	Palanca "J"	1	desarmador de cubo 5 mm
1	Termómetro Fluke	1	set de saca-seguros
1	Tester de gancho	3	Juego de llaves máquinas
1	Multímetro	1	Llave "pico de lora"
1	Cautín	2	Cajas tornillos varios

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016

3.1.2.2 Seiton

Para la segunda etapa (Seiton) se debe colocar cada objeto en su espacio seleccionado. Es por ello que primeramente se organiza el mueble principal de herramientas con el que cuenta el departamento, donde se decide colocar en cada una de las cuatro gavetas lo siguiente:

Tabla 3.6 Herramientas organizadas en la gaveta N. 1

Cantidad	Herramientas
1	Imán telescópico
6	Pinzas planas
1	Cutter de hoja de 18 mm
1	Tape negro
1	Teflón para roscas y juntas
2	Brochas
2	Focos
1	Juego de llaves máquinas
1	Cigüeñal elevador SiPlace
2	Cajas repuestos pequeños
1	Set llaves interlock equipos
1	Llave Allen de 3 mm

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016



Figura 3.14 Herramientas para la gaveta 1

Fuente: Blanco, E. 2017

Tabla 3.7 Herramientas organizadas en la gaveta N. 2

Cantidad	Herramientas
3	Set llaves Allen (0,09; 1,3; 1,5; 2; 2,5; 3 mm)
2	Cortador de cables
3	Pinzas de presión
1	Prensa-terminales
3	Alicates planos
3	Alicates de corte

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016



Figura 3.15. Herramientas para la gaveta 2.

Fuente: Blanco, E. 2017

Tabla 3.8 Herramientas organizadas en la gaveta N.3

Cantidad	Herramientas
12	Desatornilladores planos
10	Desatornilladores de estrella
1	Caja de fusibles ESKA
8	Desarmadores Torqx

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016



Figura 3.16. Herramientas de la gaveta 3 antes y después de la organización
Fuente: Blanco, E. 2017

Tabla 3.9 Herramientas organizadas en gaveta N. 4

Cantidad	Herramientas
8	Llaves coro-fijas (Número: 30, 13, 12, 11, 8, 7, 6, 5)
1	Nivel
11	Llaves españolas (Numero: 41-36, 24-30, 32-27, 23-21, 19-18, 17-16, 15-14, 14-12, 13-12, 11-10, 9-8)
1	Palanca plana
1	Set llaves españolas de nariz
1	Palanca "J"

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016



Figura 3.17. Herramientas de la gaveta 4 antes y después de la organización
Fuente: Blanco, E. 2017

Tabla 3.10 Herramientas organizadas en la gaveta N. 5

Cantidad	Herramientas
1	Termómetro Fluke
1	Tester de gancho
1	Multímetro digital
1	Dremel lápiz grabador
1	Cautín
1	Wera toolcheck
1	Wera Zyklop
1	Set cubos allen espiga de 3/8
1	Set cinceles y sembropunto
1	Mazo cabeza de goma
1	Mazo de bola
2	Mazo de piqueta
1	Herramienta de calibración de feeders
1	Puentes de contacto block terminales
1	Set botadores
1	Sacatacos
1	Juego de desarmadores
1	Kit de calibración de cabezas SiPlace
2	Brochas
3	Cables set up
1	Set de varios calibradores
1	Kit de puntas intercambiables metabo

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016

Se determina que el espacio actual correspondiente a las herramientas necesarias no es suficiente, por lo que se genera desorden en las gavetas al colocar los objetos en cualquier espacio que se encuentre. Es por ello que se recomienda la adquisición de un nuevo espacio para la organización de los instrumentos de trabajo que no tienen un espacio en el gabinete actual.

Para estos se propone una caja de herramientas donde se pueda introducir lo siguiente:

Tabla 3.11 Herramientas sin espacio disponible en el área de mantenimiento de SMT

Cantidad	Herramientas
4	lentes de seguridad transparentes
4	Llaves T tipo Torks
1	Cinta métrica de 5 m.
1	Alicate plano
1	metro rígido carpintero
1	set de alicates múltiples
1	Llave de cañería
1	desarmador de cubo 5 mm
1	set de saca-seguros
3	Juego de llaves máquinas
1	Llave "pico de lora"
2	Cajas tornillos varios

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016



Figura 3.18. Herramientas sin espacio en el gabinete de herramientas

Fuente: Blanco, E. 2017



Figura 3.19. Elementos eliminados del gabinete de herramientas el día de la organización

Fuente: Blanco, E. 2017



Figura 3.20. Espuma realizada para organización de la gaveta 4.

Fuente: Blanco, E. 2017

3.1.2.3 Seiso

En la tercera etapa, Seiso, en el departamento de mantenimiento de SMT se busca mantener los gabinetes y las áreas de mantenimiento limpias y en orden. Es por ello que se recomienda una limpieza de los gabinetes y verificación de herramientas en cada cambio de turno. Además, se debe realizar “5S” (orden y limpieza) en el gabinete en la caja de herramientas cada vez que se termina un mantenimiento de cualquier tipo.

3.1.2.4 Seiketsu

Se realiza una lista de chequeo en la que los técnicos verifiquen que todas las herramientas se encuentren en el lugar adecuado. Esta se puede evidenciar en la tabla que se presenta a continuación y la Figura 3.11. Lista de chequeo presentada en Tabla 3.3. Lista de chequeo de artículos y herramientas necesarios en el gabinete para las líneas de SMT. Colocada en el gabinete de insumos.

Tabla 3.12. Lista de verificación para las gavetas del gabinete de herramientas del área de mantenimiento de SMT

Gaveta	Cant	Herramienta	Día y turno																	
			8-may			9-may			10-may			11-may			12-may			13-may		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1	Imán telescópico																		
	3	Pinzas planas																		
	1	Cutter de hoja de 18 mm																		
	1	Tape negro																		
	1	Teflón para roscas y juntas																		
	2	Brochas																		
	2	Focos																		
	1	Juego de llaves máquinas																		
	1	Cigüeñal elevador SiPlace																		
	2	Cajas de repuestos varios																		
	1	Set llaves interlock equipos																		
1	Llave Allen de 3 mm																			
2	3	Set llaves Allen de 1,3; 1,5; 2; 2,5 y 3 mm																		
	2	Cortador de cables																		
	3	Pinzas de presión																		
	1	Prensa-terminales																		
	6	Alicates planos																		
3	22	Desatornilladores (12 planos, 10 estrella)																		
	1	caja de fusibles ESKA																		
	8	Desarmadores Torx																		
4	8	Llaves coro-fijas																		
	11	Llaves españolas																		
	1	Palanca																		
	1	Palanca "J"																		
5	1	Termómetro Fluke																		
	1	Tester de gancho																		
	1	Multímetro digital																		
	1	Dremel																		
	1	Cautín																		
	1	Wera toolcheck/ Zyklop																		
	1	Set cubos allen espiga de 3/8																		
	1	Set cinceles																		
	3	Mazos (cabeza de goma, bola y piqueta)																		
	1	Herramienta de calibración de feeders																		
	1	Puentes de contacto block terminales																		
	1	Juego de desarmadores																		
	1	Kit de calibración de cabezas SiPlace																		
	2	Brochas																		
	3	Cables set up																		
1	Kit de puntas intercambiables metabo																			

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

3.1.2.5 Shitsuke

Para esta etapa final de las cinco eses se realizan auditorias constantes para verificar que los instrumentos de trabajo se encuentren en los lugares correspondientes y que se esté realizando la limpieza permanente de las áreas de mantenimiento, de manera que los colaboradores se disciplinen con el orden y la limpieza de las áreas correspondientes.

3.1.3 Control Visual en cinco eses

Dentro del control visual necesario para una mejor implementación de las cinco eses en el área de SMT se encuentran las siguientes acciones:

- Recolocar los sujetadores de manuales en la puerta de las máquinas:

Se tiene antes del comienzo de este proyecto que los manuales de operación de cada máquina, así como la hoja de registros de mantenimiento llamada Logbook, se encuentran dentro de la máquina en la parte posterior, pero al abrir la puerta de la máquina en la mayoría de casos estos documentos caen al suelo por no estar sujeto el soporte correspondiente.

Es por lo anterior que se recolocan los sujetadores de manera que sea fácil el acceso a esos documentos y que no se deterioren por un mal almacenamiento de los mismos. Se muestran a continuación fotografías del antes y después de esta mejora.



Figura 3.21. Fotografía antes de recolocar los sujetadores

Fuente: Blanco, E. (2017)



Figura 3.22. Fotografías después de recolocar los sujetadores de documentos en las máquinas

Fuente: Blanco, E. (2017)

- Etiquetado de gavetas de herramientas de mantenimiento.

Se coloca una lista de las herramientas que se encuentran en cada gaveta del gabinete de mantenimiento, donde se puede identificar qué se encuentra en cada una en caso de que se desconozca la ubicación de algún objeto.



Figura 3.23. Lista de chequeo por cada gaveta ubicada en el gabinete de herramientas

Fuente: Blanco, E. 2017

- Etiquetado de las mesas de las líneas de SMT

Se realizan etiquetas para colocar en los espacios de la mesa de trabajo de cada línea de SMT, de manera que quede claro que objeto, material o instrumento se debe ubicar en cada espacio. Se muestra a continuación una del sobre de aluminio con cada uno de los espacios etiquetados.

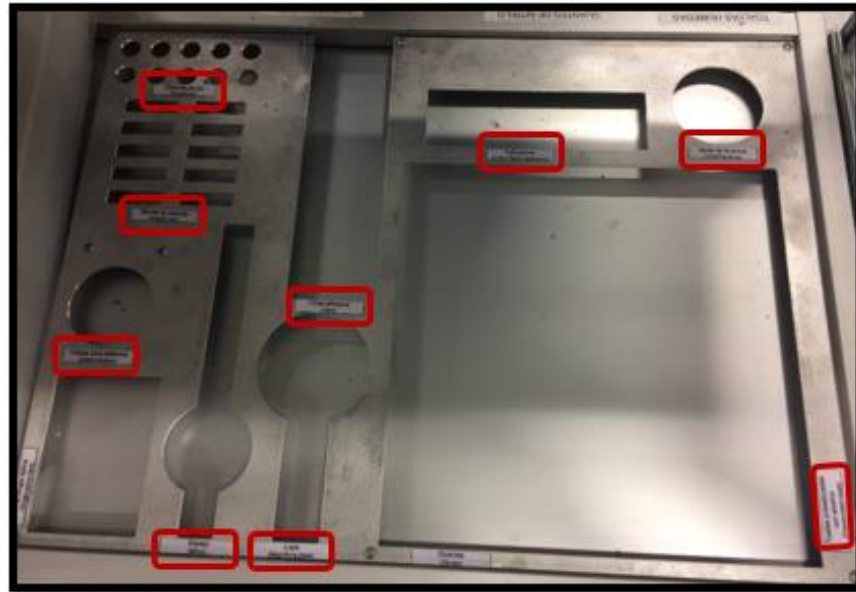


Figura 3.24. Sobre de aluminio para estandarización de las mesas de trabajo debidamente etiquetado.

Fuente: Blanco, E. 2017

- Etiquetado en el gabinete común de SMT

Se realizan etiquetas para colocar en el gabinete de insumos del área de SMT, esto para dejar claro en qué lugar se debe encontrar cada material. Además, se coloca la lista de chequeo de materiales evidenciada en la Tabla 3.2. Artículos y herramientas presentes en el gabinete antes de la organización. Y la Figura 3.9. Gabinete de insumos de SMT después de orden de 5S. Con ello los operarios pueden saber también la cantidad de cada material presente en el gabinete.



Figura 3.25. Etiquetado de elementos en el gabinete de insumos de SMT.

Fuente: Blanco, E. 2017

3.1.3.1 Costos de la implementación de las cinco eses en el proyecto

Tabla 3.13. Descripción de costos para la implementación de las cinco eses

Rubro	Costo (\$)
4 sobres de aluminio para las mesas de SMT	88
Calcas para rotulación de mesas y gabinetes	10
Total	98

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

3.2 Optimización del sistema de información

El departamento de mantenimiento de Zollner Electronics Costa Rica Ltda., es de tipo mantenimiento de área, que como ha sido explicado en el marco teórico se encarga de una sola área de producción, por lo que es más especializado y se encuentra cerca del lugar donde ocurre. Esto es muy beneficioso en esta empresa, ya que cada una de las máquinas es muy especializada y ocupa cuidados diferentes a las demás. Es así como tanto los técnicos como supervisores van aprendiendo cada vez más de un área en específico, incluso teniendo contacto con los encargados de su misma área en otras plantas de Zollner alrededor del mundo. Además, esto ayuda a que cada vez que se realizan visitas de parte de los fabricantes de las máquinas del área, los técnicos puedan estar allí, sacar el mayor provecho y aprender más sobre las máquinas del área correspondiente.

3.2.1 Codificación de equipos

Se propone para la planta de Zollner Electronics Costa Rica Ltda., una codificación alfa-numérica para las máquinas de producción, que consta de cuatro partes principales que ayuden a los usuarios y colaboradores a entender de qué máquina se trata con sólo ver su código. Este código será necesario para el uso en los registros de mantenimiento y para referirse a cada una de ellas de manera sencilla. Este código será único para cada una de las máquinas presentes en el área de trabajo.

Se propone un código en el que los primeros dos caracteres sean alfabéticos y que correspondan al área de trabajo de la máquina como se presenta a continuación.

Tabla 3.14 Codificación por áreas de producción

Código	Nombre del área
LA	Labeling (Etiquetadoras)
SM	Surface Mount Technology (Tecnología de montaje superficial)
TH	Through Hole Technology (Tecnología de agujero pasante)
TE	Testing (Pruebas)
CO	Coating (cobertura)

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Posterior a los dos caracteres alfabéticos se encontrará un guion medio y luego un número que se refiere a la línea de producción en la que se encuentra la máquina según el caso. Por ejemplo, para el área de SMT se encuentran cuatro líneas por lo que será un número del 1 al 4.

Después del número de línea se coloca un código de tres letras para la máquina específica. A continuación, se presentan los códigos de las máquinas para el área de SMT.

Tabla 3.15 Codificación por máquinas del área de SMT

Código	Máquina
LOA	Magazine unloader AES03D Buffer System FPS30B (First in first out) Buffer Station PS08 Magazine loader AMS 03D
TRA	Destaker LSB03 Basic dstaker BDS 01 Transport module TRM01 Transport module TRM02 Transport system TDM06
SCA	Insignum 1000 Scanner
PRI	Printer platform
SIG	Sigma x
SIP	SIPLACE SX1/SX2 V2
HOR	Horno de convección
AOI	Inspección óptica automatizada

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Después de las tres letras de la máquina se indicará un número que será consecutivo en el orden en que se encuentran las máquinas desde el inicio de la línea de producción hasta el final de la línea según se repitan los códigos de las máquinas.

Se presenta a continuación un ejemplo y la explicación de lo que se encuentra en cada espacio de la codificación.

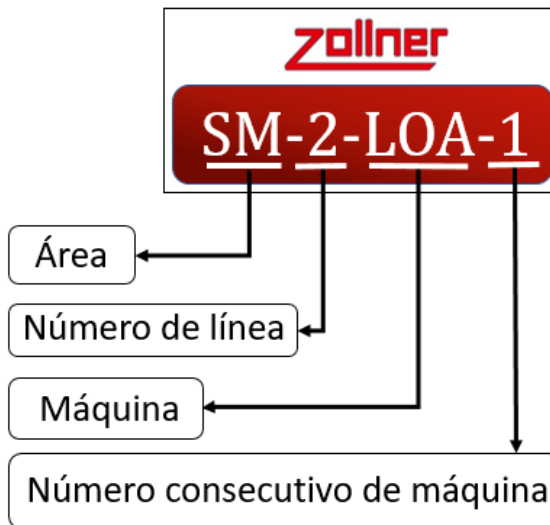


Figura 3.26. Detalles de cada parte del código de las máquinas para el área de producción de Zollner Electronics Costa Rica Limitada

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Power Point, 2016)

Se decide también realizar un código en el que se agrupe toda la línea de producción de manera que al realizar un mantenimiento preventivo a toda la línea solo sea necesario el uso de un código para toda la línea. Para ello se colocará TOT en el espacio correspondiente a la “máquina” indicando que es el total de la línea.

Por lo que los códigos de las respectivas máquinas del área de SMT hasta la fecha del proyecto, en febrero de 2017 son las siguientes, en orden de Éste a Oeste, en el sentido que se da la producción:

Tabla 3.16 Codificación de equipos para la línea uno de SMT.

Código	Máquina
SM-1-LOA-1	Magazine unloader AES03D
SM-1-TRA-1	Destaker LSB03
SM-1-SCA-1	Insignum 1000 Scanner
SM-1-PRI-1	Printer platform
SM-1-SIG-1	Sigma x
SM-1-TRA-2	Transport module TRM01
SM-1-SCA-2	Insignum 1000 Scanner
SM-1-SIP-1	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-1-SIP-2	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-1-SIP-3	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-1-TRA-3	Transport module TRM02
SM-1-SCA-3	Insignum 1000 Scanner
SM-1-HOR-1	Horno de convección
SM-1-TRA-4	Transport module TRM01
SM-1-LOA-2	Magazine unloader AES03D
SM-1-TRA-5	Transport module TRM01
SM-1-AOI-1	Inspección óptica automatizada
SM-1-TOT- /	Total de máquinas línea 1

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 3.17 Codificación de equipos para la línea dos de SMT

Código	Máquina
SM-2-LOA-1	Magazine unloader AES03D
SM-2-TRA-1	Destaker LSB03
SM-2-SCA-1	Insignum 1000 Scanner
SM-2-PRI-1	Printer platform
SM-2-SIG-1	Sigma x
SM-2-TRA-2	Transport module TRM01
SM-2-LOA-2	Buffer Station PS08
SM-2-TRA-3	Transport module TRM02
SM-2-SCA-2	Insignum 1000 Scanner
SM-2-SIP-1	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-2-SIP-2	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-2-SIP-3	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-2-TRA-4	Transport module TRM02
SM-2-TRA-5	Transport system TDM06
SM-2-SCA-3	Insignum 1000 Scanner
SM-2-HOR-1	Horno de convección
SM-2-TRA-6	Transport module TRM01
SM-2-LOA-3	Buffer System FPS30B
SM-2-SCA-4	Insignum 1000 Scanner
SM-2-AOI-1	Inspección óptica automatizada
SM-2-LOA-4	Magazine unloader AES03D
SM-2-TOT- /	Total de máquinas línea 2

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 3.18 Codificación de equipos para la línea tres de SMT

Código	Máquina
SM-3-LOA-1	Magazine unloader AES03D
SM-3-TRA-1	Destaker LSB03
SM-3-SCA-1	Insignum 1000 Scanner
SM-3-PRI-1	Printer platform
SM-3-SIG-1	Sigma x
SM-3-TRA-2	Transport module TRM01
SM-3-LOA-2	Buffer Station PS08
SM-3-SCA-2	Insignum 1000 Scanner
SM-3-SIP-1	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-3-SIP-2	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-3-SIP-3	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-3-TRA-3	Transport module TRM02
SM-3-TRA-4	Transport system TDM06
SM-3-SCA-3	Insignum 1000 Scanner
SM-3-HOR-1	Horno de convección
SM-3-LOA-3	Buffer System FPS30B
SM-3-SCA-4	Insignum 1000 Scanner
SM-3-AOI-1	Inspección óptica automatizada
SM-3-LOA-4	Magazine unloader AES03D
SM-3-TOT- /	Total de máquinas línea 3

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 3.19 Codificación de equipos para la línea cuatro de SMT

Código	Máquina
SM-4-LOA-1	Magazine unloader AES03D
SM-4-TRA-1	Basic destaker BDS01
SM-4-SCA-1	Insignum 1000 Scanner
SM-4-PRI-1	Printer platform
SM-4-SIG-1	Sigma x
SM-4-TRA-2	Transport module TRM01
SM-4-LOA-2	Buffer System FPS30B
SM-4-SCA-2	Insignum 1000 Scanner
SM-4-SIP-1	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-4-SIP-2	SIPLACE SX1/SX2 V2
SM-4-TRA-3	Transport module TRM02
SM-4-TRA-4	Transport system TDM06
SM-4-SCA-3	Insignum 1000 Scanner
SM-4-HOR-1	Horno de convección
SM-4-LOA-3	Buffer System FPS30B
SM-4-SCA-4	Insignum 1000 Scanner
SM-4-AOI-1	Inspección óptica automatizada
SM-4-LOA-4	Magazine unloader AES03D
SM-4-TOT- /	Total de máquinas línea 4

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Estos códigos se implementan mediante etiquetas en todas las máquinas de SMT y se colocan en un lugar visible cerca del panel de control de cada máquina, de manera que tanto los operarios, los técnicos y el personal encargado pueda observarlo fácilmente.

Se muestra a continuación un ejemplo de las etiquetas diseñadas y el cambio en algunas máquinas al colocar las etiquetas de codificación.

zollner
SM-2-LOA-1

Figura 3.27. Etiquetas de codificación para máquinas de SMT

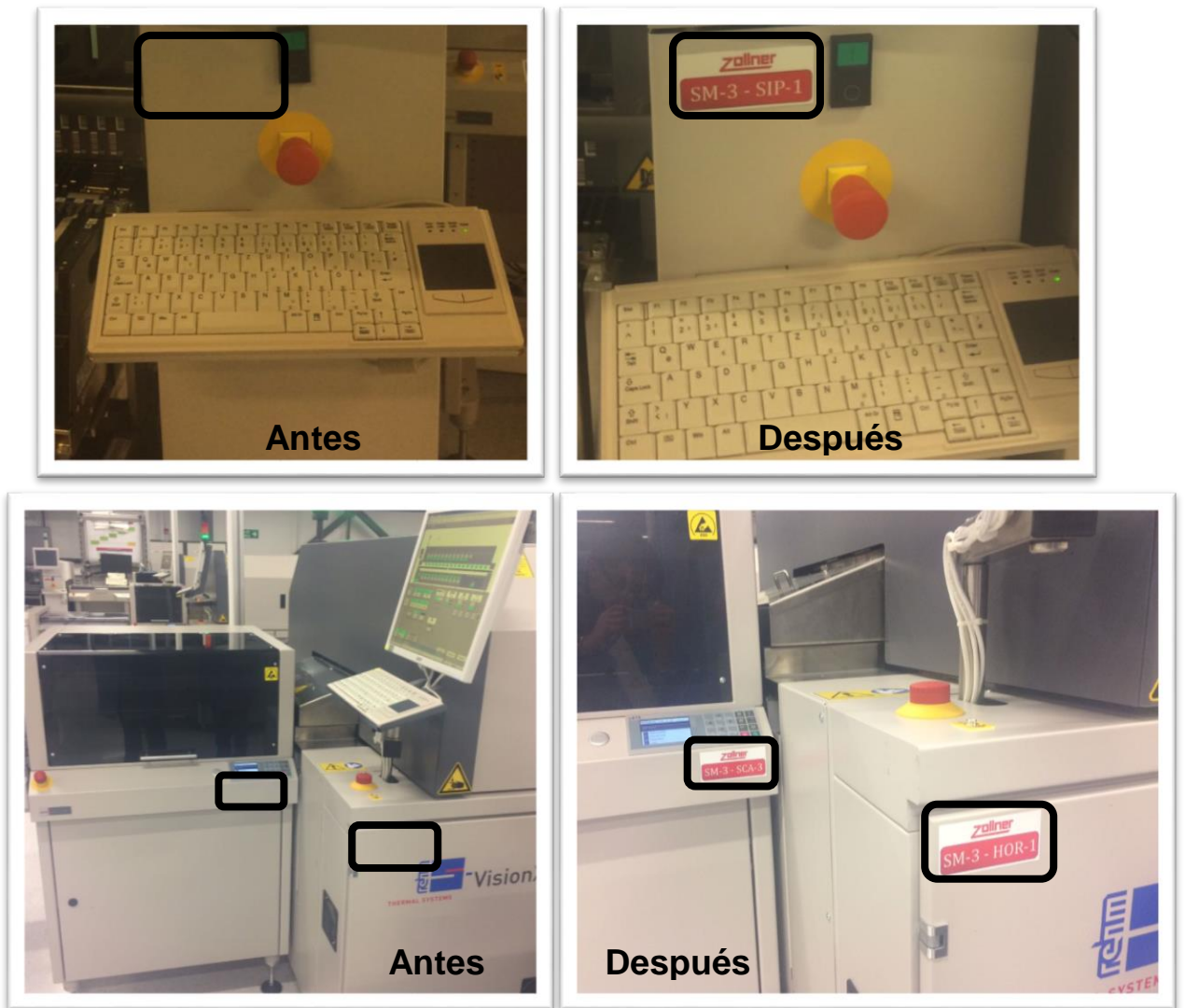


Figura 3.28 Máquinas SIPLACE, escáner y horno antes y después de la codificación

3.2.2 Orden de trabajo de mantenimiento

Al no contar con una orden de trabajo de mantenimiento en la empresa, los trabajos de mantenimiento se realizan cuando el departamento de planeación tenga un tiempo a disposición, al menos una vez por semana para los mantenimientos preventivos y en caso de que surja un problema en alguna línea se realiza el mantenimiento correctivo inmediatamente.

Es por eso que a continuación se propone una orden de trabajo de mantenimiento, con la que se pueda tener la información de una manera más inmediata de lo acontecido para posteriormente registrar en digital la información necesaria para el historial de mantenimiento y para realizar un análisis de fallos, lo cual es necesario para las auditorías de las certificaciones con las que cuenta la empresa.

Se muestra a continuación la propuesta de orden de trabajo de mantenimiento para la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Zollner Departamento de Mantenimiento

Orden de trabajo N°: _____

Fecha: Día ____ Mes ____ Año ____

Solicitante: _____ Prioridad: Baja

Máquina/Sistema: ____ - ____ - ____ - ____ Media

Alta

Trabajo solicitado:

----- Técnico de mantenimiento -----

Técnico Asignado: _____

Hora inicio: ____:____ Hora finalización: ____:____

Minutos ordinarios: ____ Minutos extraordinarios: ____

Afecta tiempo de producción: Sí No

Tipo de mantenimiento: Correctivo Preventivo

Predictivo Modificativo

Trabajo realizado:

Repuestos utilizados:

Retroalimentación:

Firma Conforme Solicitante

Firma Técnico

Firma Supervisor

Figura 3.29 Propuesta de orden de trabajo de mantenimiento

Fuente: Elaboración propia (Excel, 2016)

Se debe especificar que, en ella, los primeros espacios como la fecha, el solicitante, la máquina (código de máquina), la prioridad de la orden y la especificación del problema se dan por parte del personal de producción. Mientras que el resto de la orden de trabajo es rellena por personal de mantenimiento. El grado de prioridad de la orden de trabajo se define principalmente basándose en el nivel de criticidad de la máquina averiada, esa categorización se explicará más adelante, además de eso, se detallan otros aspectos que categorizan la falla en baja, media o alta prioridad. El resto de las especificaciones son basadas en las afectaciones que se dan en la producción y los posibles perjuicios en las personas que operan o se encuentran cerca de las máquinas, para ello se toman criterios por parte del departamento de producción y de mantenimiento. Se muestran a continuación las especificaciones según el grado de prioridad.

Tabla 3.20 Especificaciones según el grado de prioridad de una orden de trabajo

Prioridad	Especificaciones
Baja	No afecta el proceso de producción. No afecta la integridad de las personas. No afecta la integridad de las máquinas a corto plazo. Es un equipo de criticidad C.
Media	Afecta el proceso de producción, pero no detiene la producción por completo. Fallo de un sistema en el que se encuentra algún respaldo o back up. Es un equipo de criticidad B.
Alta	Detiene el proceso de producción. Afecta la integridad de las personas. Afecta la integridad de otras partes del o los equipos. Compromete la calidad del producto. Es un equipo de criticidad A.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

Para la orden de trabajo de mantenimiento se diseña una propuesta de flujo-grama que se debe cumplir con cada una de ellas para realizar un proceso ordenado en la reparación de las averías que se dan en el área de SMT. Se muestra a continuación el proceso a seguir para los trabajos correctivos y preventivos.

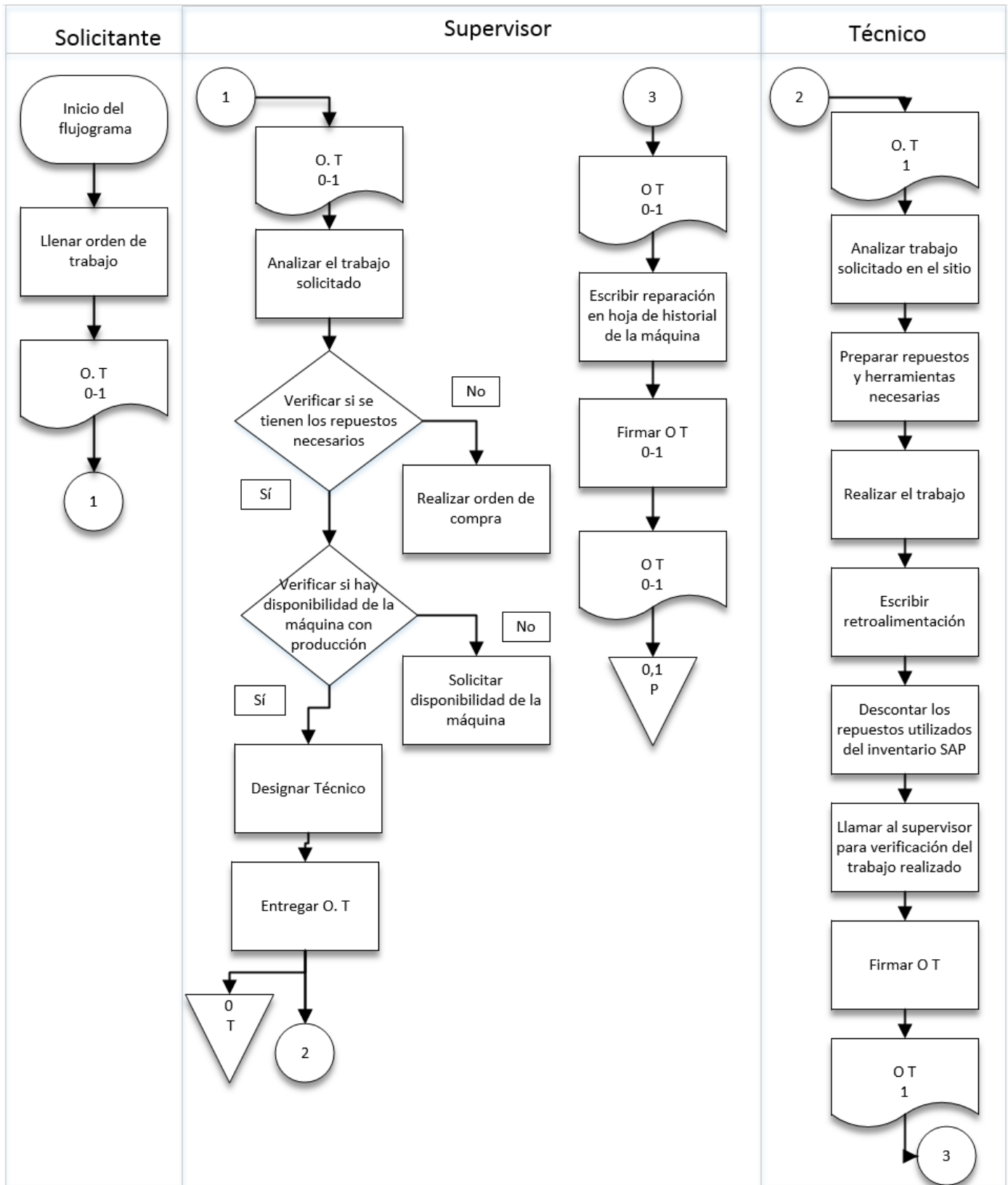


Figura 3.30 Flujo-grama de orden de trabajo correctiva para el área de SMT.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Visio, 2016)

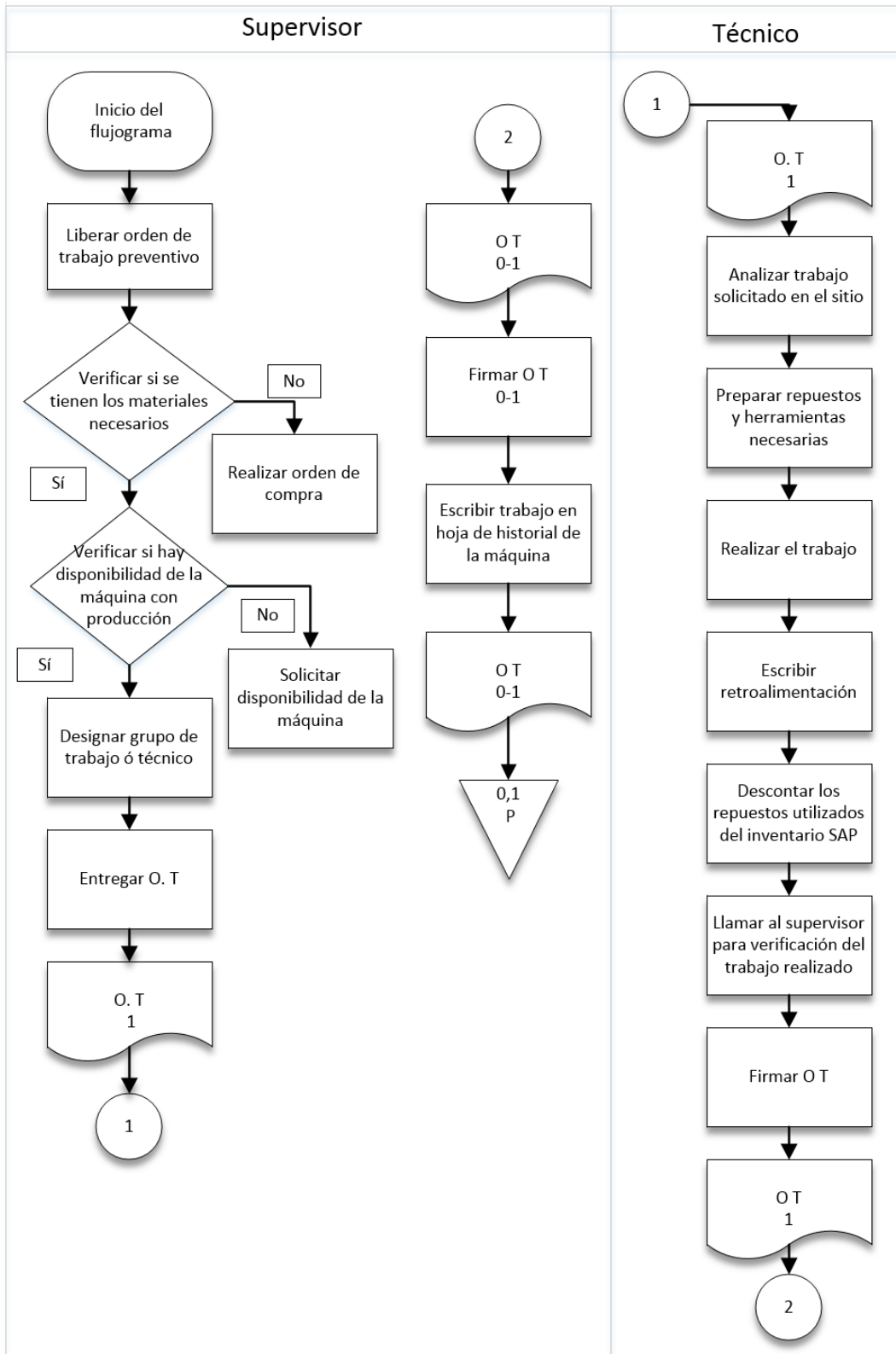


Figura 3.31. Flujo-grama de orden de trabajo correctiva para el área de SMT.
 Fuente: Elaboración propia (Microsoft Visio, 2016)

Los trabajos de mantenimiento planeado llamados preventivos se realizan todas las semanas en un horario ya estipulado según la profundidad del mantenimiento, dependiendo si es mensual, trimestral, semestral o anual. Y se intercala una línea de producción de SMT cada semana. Los datos de esos mantenimientos son anotados en el Logbook digital.

3.2.2.1 Criticidad de equipos

Se deben además conocer los niveles de criticidad de los equipos del área donde se desarrolla el proyecto. En muchos casos es necesario tener un historial de fallos en las máquinas de manera que se pueda decidir en cuales máquinas se debe concentrar más la atención debido a mayores pérdidas, paros más prolongados, entre otros. A pesar de ello, al no tener un historial suficientemente completo, se busca una alternativa que permita categorizar las máquinas de producción en diferentes niveles de criticidad de una manera más cualitativa. Dentro de la literatura evaluada se encuentra y se toma como base la siguiente propuesta de criticidad basándose en la tabla obtenida del libro Organización y gestión integral de mantenimiento. (Garrido, S. G, 2010, p. 25)

Tabla 3.21 Propuestas para análisis de criticidad de equipos

Tipo de equipo	Seguridad y medio ambiente	Producción	Calidad	Mantenimiento
A CRÍTICO	Puede originar accidente muy grave.	Su parada afecta al Plan de Producción.	Es clave para la calidad del producto.	Alto coste de reparación en caso de avería.
	Necesita revisiones periódicas frecuentes (mensuales).		Es el causante de un alto porcentaje de rechazos.	Averías muy frecuentes.
	Ha producido accidentes en el pasado.			Consumen una parte importante de los recursos de mantenimiento (mano de obra y/o materiales).
B IMPORTANTE	Necesita revisiones periódicas (anuales).	Afecta a la producción, pero es recuperable (no llega a afectar a clientes o al Plan de Producción).	Afecta a la calidad, pero habitualmente no es problemático.	Coste Medio en Mantenimiento.
	Puede ocasionar un accidente grave, pero las posibilidades son remotas.			
C PRESCINDIBLE	Poca influencia en seguridad.	Poca influencia en producción.	No afecta a la calidad.	Bajo coste de Mantenimiento.

Fuente: Garrido, S. G, 2010, p. 25

Por lo tanto, para los equipos del área de SMT se tiene las siguientes criticidades, tomando en cuenta lo dispuesto en la tabla anterior.

Tabla 3.22 Criticidad de los equipos del área de tecnología de montaje superficial

Equipo	A Crítico	B Importante	Prescindible C
Magazine unloader AES03D			
Buffer System FPS30B (First in first out)			
Buffer Station PS08			
Destaker LSB03			
Transport module TRM01			
Transport module TRM02			
Transport system TDM06			
Insignum 1000 Scanner			
Printer platform			
Sigma X			
SIPLACE SX1/SX2 V2			
Horno de convección			
Inspección óptica automatizada			

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

Los equipos marcados en la columna de “B Importante” son equipos que al fallar o averiarse, causarían una afectación a la empresa de consecuencias asumibles. En este caso se categorizan allí todas las transportadoras o descargadoras de paneles de tarjetas de circuito impreso. Esos se ubican en esta categoría ya que dentro del rubro de calidad no son críticos, por no afectar directamente el estado final del producto. Además, estos equipos si requieren de revisiones periódicas de verificación y mantenimiento preventivo, pero no es tan urgente como con otras máquinas dentro de la misma línea de producción. A pesar de ello, no se ubican en la categoría de prescindibles, debido a que sí tiene una influencia en la producción, pues al fallar, el proceso se enlentecería.

Por motivos similares, los escáneres se encuentran en la columna de importantes, ya que a pesar de no tener una afectación grave en la calidad o en el proceso, son necesarios para cada proceso principalmente, por la trazabilidad que se da para cada producto en la empresa.

La impresora de pasta de soldadura, así como las SIPLACE, el horno, la Sigma X y la inspectora óptica automatizada son máquinas tipo “A Crítico” debido a que son fundamentales en el proceso, la calidad del producto dependerá de su buen funcionamiento y un fallo de ellas hace que se detenga la línea de producción por completo.

Esta criticidad sirve para determinar los equipos más importantes del área en estudio, de manera que en el momento que se requiera decidir en cual equipo de esta área se debe aplicar el mantenimiento predictivo ya se tengan ideas más claras de la importancia de ciertos equipos. Además, tener claro el nivel de criticidad de las máquinas ayudará a elegir mejor en que máquinas se invierten mayores esfuerzos para tener una mayor disponibilidad y confiabilidad del mismo.

3.2.3 Fichas técnicas de las máquinas de SMT

Se realiza dentro del proyecto también cada una de las fichas técnicas para todas las máquinas del área de SMT, estas con el fin de tener la información más relevante de las máquinas de una manera sencilla y a mano. Un ejemplo se muestra en la siguiente figura y el resto de ellas se encuentra en los apéndices de este documento.

Zollner		Ficha técnica de maquinaria	
Máquina:	Destacker	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	LSB 03	Código:	SM-1-TRA-3
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	063097
<hr/>			
Peso:	280 kg	Altura:	1010 mm
Ancho:	1000 mm	Largo:	1590 mm
<hr/>			
Dimensiones permitidas en PCB		min:	50x50 mm
		max:	460x460 mm
<hr/>			
Características técnicas:		Foto de la máquina	
<ul style="list-style-type: none"> • Fuente de alimentación: 120 V / 60 Hz • Consumo de potencia: 0,75 KW • Voltaje secundario: 24 V DC • Presión: 5 bar • Consumo de aire: 5 l/min 			
<hr/>			
Funciones:			
<ul style="list-style-type: none"> • Módulo para transferir PCBs apilados en la línea de producción. • Puede contener una cabeza de recarga de PCBs adicional 			
Elaborado por: E. Blanco, 2017			

Figura 3.32. Muestra de ficha técnica para las máquinas del área de SMT

Fuente: Elaboración propia, (Microsoft Excel, 2016)

La implementación de las mismas en cada máquina del área de SMT se realiza el día 26 de abril de 2017 y se colocan como se muestran a continuación en la parte trasera de la puerta de la máquina con los manuales de la misma.

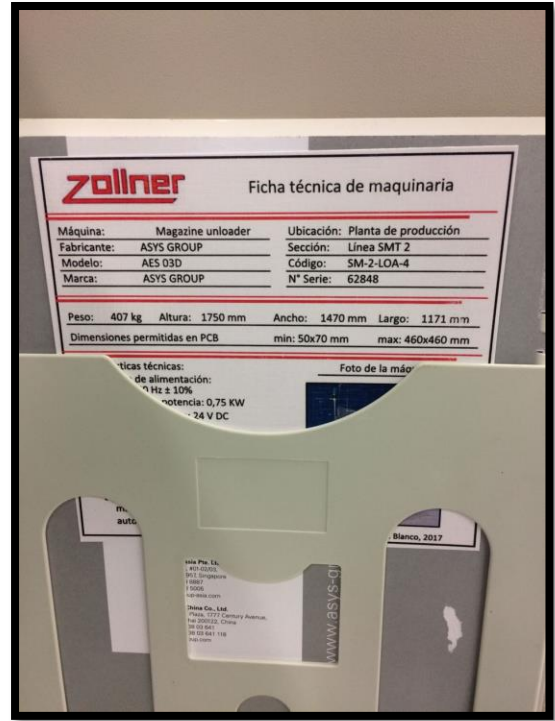


Figura 3.33. Colocación de las fichas técnicas en las máquinas de SMT

Fuente: Blanco, E. 2017

3.2.4 Mejoras en Logbook digital mantenimiento

Se propone para el documento digital de historial de mantenimientos realizar mejoras que ayuden a optimizar y facilitar el registro de datos, a la vez, se busca motivar a los técnicos de mantenimiento a completar el mismo, ya que existe una gran cantidad de actividades de mantenimiento tanto correctivo como preventivo que no se están registrando.

Una de las primeras mejoras al documento es la implementación de la codificación propuesta en este documento para referirse a cada máquina. Eso para estandarizar la información de las máquinas y para tener un historial claro de cada una de ellas.

En este documento se cuenta con varias hojas electrónicas según el tipo de mantenimiento. Se discutirán a continuación los cambios propuestos en la sección de mantenimientos correctivos y en la de preventivos.

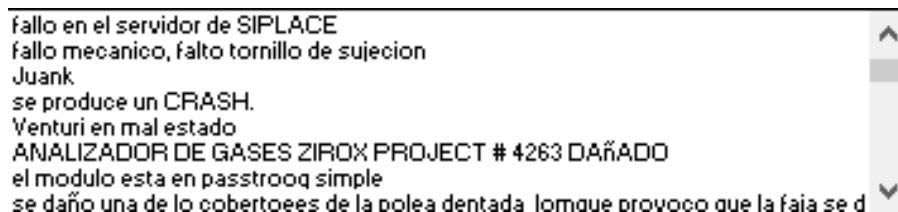
3.2.4.1 Mantenimiento correctivo

En esta sección se mide un único índice de mantenimiento, la disponibilidad, la cual presentaba un error en su cálculo. Se tenía en la hoja de cálculo que la disponibilidad sería el tiempo de baja en todas las líneas entre el tiempo mensual, trimestral o anual según se desee. Eso es un error ya que no se puede castigar como si un error en una máquina detuviera a todas las líneas.

Por lo tanto, se recomienda cambiar la medición de la disponibilidad para realizarla por línea y posteriormente ya sea promediarlas u obtener una general tomando el tiempo ya sea mensual, trimestral, o el que se requiera y multiplicándolo por cuatro que es la cantidad total de líneas.

Se propone dejar libre el rubro de “Acción correctiva”, es decir, permitir que los técnicos puedan escribir la acción realizada, ya que antes de la mejora, de ese se desplegaba una lista muy amplia (92 acciones en total), de las cuales muchas son bastante amplias ya que explican la acción llevada a cabo. Se sabe que las acciones que se llevan a cabo para reparar los diferentes problemas de las distintas máquinas serán muchos y sería agotador buscar dentro de una lista la acción realizada, ya estas son muy variantes. Es por eso que se debe dejar este espacio para que el técnico lo pueda describir libremente.

Finalmente, en esta hoja electrónica se mejoran las “Causas raíz” de los problemas, ya que se tenía una lista muy amplia (88 causas en total) con algunas de ellas no actualizadas. Se muestra a continuación una muestra de ellas.



fallo en el servidor de SIPLACE
fallo mecanico, falto tornillo de sujecion
Juank
se produce un CRASH.
Venturi en mal estado
ANALIZADOR DE GASES ZIROX PROJECT # 4263 DAÑADO
el modulo esta en passtrooq simple
se daño una de lo cobertoees de la polea dentada lomaue provoco que la faia se d

Figura 3.34. Ejemplo de causas raíz encontradas en el Logbook antes de la propuesta de mejora

Fuente: Departamento de mantenimiento Zollner Electronics Costa Rica, 2017.

Se propone reducir la lista a las siguientes causas raíz y añadir después de eso sólo las que sean completamente necesarias porque no se adaptan a ninguna de las que acá se encuentran.

- Cable o conector dañado.
- Faja desmontada.
- Desajuste de algún elemento.
- Daño de algún componente de la máquina.
- Corto circuito.
- Falso contacto.
- Fallos por tape.
- Sensor desajustado o dañado.

- Falta de calibración.
- Faja dañada o desgastada.
- Motor dañado.
- Errores en la boquilla.
- Componentes desplazados.
- Mala sujeción del soporte de la tarjeta.
- Fallo en fuente de alimentación.
- Fallo mecánico.
- Errores de software.
- Suciedad.
- Cumple con su vida útil.

3.2.4.2 Mantenimiento preventivo.

Dentro de esta hoja de cálculo de mantenimientos preventivos se ha sugerido la eliminación de columnas que no son necesarias según el tipo de mantenimiento. Por ejemplo, para este no es necesario colocar una causa raíz, ya que lo que se busca es la prevención de averías y esa será la causa en la mayoría de ocasiones. En caso de que esta no sea la causa raíz se puede anotar la misma en la columna de observaciones.

Se propone la eliminación de las columnas de “Problema” y “Acción correctiva”, ya que estas no pertenecen a un mantenimiento preventivo sino a uno correctivo.

Otra mejora es agrupar las máquinas por línea, ya que el historial de mantenimiento preventivo se encuentra muy desactualizado pues se hace fatigoso para los técnicos colocar cada máquina en el documento, además de que los mantenimientos preventivos se hacen para todas las máquinas de la línea, por lo que los técnicos no tienen el tiempo exacto de la duración en cada máquina, ya que las actividades se realizan en paralelo entre las diferentes máquinas.

Es por eso que se propone que los técnicos de mantenimiento reporten solamente un tiempo total de duración de todo el mantenimiento preventivo para toda la línea, para lo que se propone un código para cada línea completa el cual se ha

explicado en el apartado de codificación de equipos. Ese código sería el que se coloque el Logbook digital con el tiempo total que tomó el mantenimiento preventivo y la retroalimentación necesaria o los fallos presentados en el mismo.

3.3 Mantenimiento autónomo

Para el inicio del mantenimiento autónomo en la empresa Zollner Electronics Costa Rica se considerarán tareas de limpieza, inspección y lubricación en las máquinas en las que se han presentado más fallos en los últimos dos años de operación en la empresa.

Se busca con esto mejorar la condición de las máquinas mediante una mejor limpieza y lubricación, además de monitorear el estado de las mismas mediante una mejor inspección basada en procedimientos y en los conocimientos de los operarios.

Se pretende también liberar tiempo de los técnicos de mantenimiento para el fortalecimiento de actividades de mantenimiento preventivo que no se realizan en la empresa actualmente y la futura implementación de mantenimiento predictivo. De manera que se reduzcan los tiempos de baja (llamados Down Time) en la producción a causa de mantenimiento.

El tiempo que se liberará para los técnicos de mantenimiento con las actividades que se presentarán en los manuales más adelante será en total de 58 horas por cada una de las líneas de producción por año, es decir, 232 horas anuales (aproximadamente 20 horas mensuales) que podrán ser utilizadas para análisis de información y mejoras en las actividades de mantenimiento preventivo.

Este pilar además hace que se reduzca el tiempo de máquina detenida por mantenimientos preventivos, ya que mientras los operarios trabajan en el mantenimiento autónomo, los técnicos realizan el resto de labores preventivas correspondientes en la línea de producción, haciendo que el tiempo de no producción sea mejor utilizado. Serían por lo tanto 232 horas anuales que se pueden reducir de los tiempos de máquina parada por mantenimientos preventivos.

Para determinar en qué máquinas se debe iniciar con un mantenimiento autónomo se realiza un análisis de Pareto que toma en cuenta los minutos de tiempo

de baja registrados a causa de fallos en las máquinas en enero de 2017. La información se obtiene de las bases de datos del departamento de ingeniería y el departamento de mantenimiento de la misma empresa. El resultado de ese análisis se muestra a continuación.

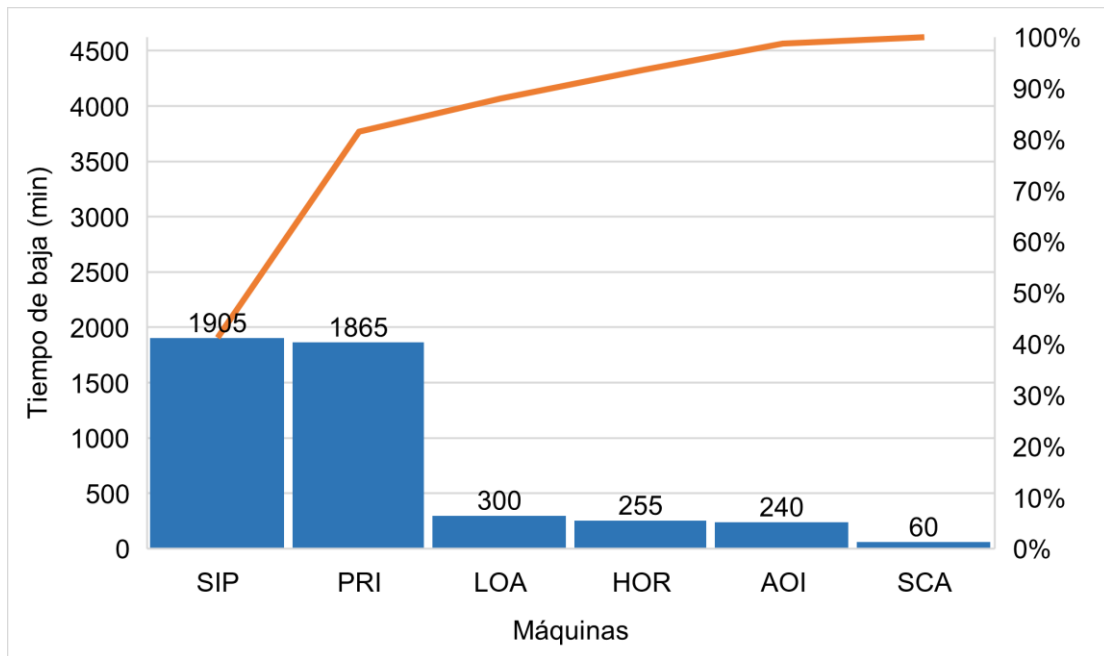


Figura 3.35 Diagrama Pareto de las máquinas en el área de SMT según tiempos de baja

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

De esa manera se determina que las máquinas con mayores fallas son principalmente la SIPLACE y la impresora de pasta de soldadura, se observa que esas dos máquinas abarcan el 82% de los tiempos de paro. Se espera que implementando el mantenimiento autónomo en ellas en las líneas de producción se disminuya considerablemente la cantidad de fallos y paradas.

Además, es muy recomendado realizarlo en las SIPLACE ya que aparte de ser un elemento muy importante en la producción de cada tarjeta de circuito integrado por ser la máquina que coloca los componentes, esta se convierte en muchos de los casos

un cuello de botella en el proceso por tener que colocar gran cantidad de componentes. Otra razón es que en cada línea de producción se encuentran dos o tres de éstas máquinas colocadoras de componentes.

Con respecto a la impresora de pasta, esta es crucial en el proceso, ya que, si la pasta de soldadura no es agregada de manera correcta, se tendrán problemas posteriores al colocar los componentes los cuales no podrían adherirse a la PCB. Además de que esta se encuentra al inicio del proceso productivo, por lo que disminuir errores en ella implica que se propaguen menos errores a lo largo de la línea de producción.

3.3.1 Manuales para SIPLACE SX1/SX2 V2

Se presenta a continuación el manual realizado para las máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2 el cual se divide en semanal, trimestral, semestral y anual. Se ha tomado como base el manual de la misma máquina para la realización de éste manual, así como la experiencia previa del encargado de mantenimiento, el señor Gerardo Cisneros y de los técnicos de mantenimiento del área de SMT de los tres turnos de producción. Se coordinan reuniones con la gerente de operaciones para coordinar tiempos en los que se pueda enseñar a los operarios las acciones a realizar-en-los-manuales.

Manual de mantenimiento semanal autónomo para máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2

Frecuencia: Semanal

Código de manual: SIP-SEMA-01



Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes de laboratorio, gabacha, lentes de seguridad y zapatos con protección ESD y sea atento al presente manual de instrucciones.



Spray de limpieza

Recursos necesarios



Espátula ESD no metálica



Toallas secas



Hoja de papel





Alcohol Isopropílico



Aspiradora y sus boquillas

Trabajo Preparatorio

Parte I

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina estará en mantenimiento.
2. Solicite al departamento de mantenimiento que realicen el procedimiento de devolución de pines en la máquina con el comando “Return to magazine”
3. Quitar todos los carros de componentes (feeders) fuera de la máquina. Presionando el botón mostrado como  en la figura 1 y posteriormente el mostrado con  en la misma figura 1.
4. Quite las bandejas de residuos de los empaques de componentes, deséchelos en el basurero de reciclaje de “plástico”.

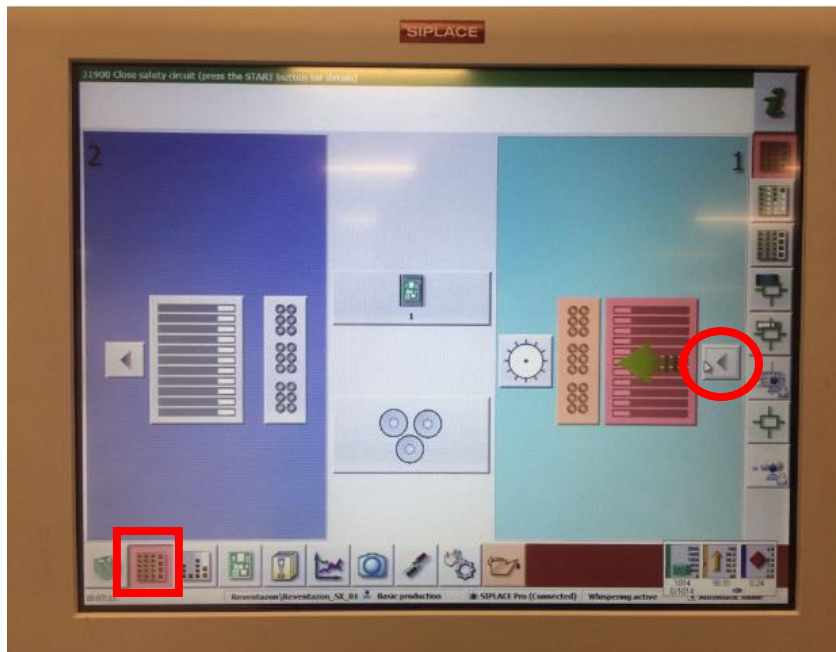


Figura 1. Imagen en la pantalla para retirar feeders

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Instrucciones de mantenimiento semanal autónomo

Parte I

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina Base	Cobertores de ventiladores (4x)	Limpieza y verificación	4 min

¿Cómo hacerlo?

1. Verificar la salida de aire con su mano arriba de los cobertores.
2. Si no hay salida de aire reportar con un técnico de mantenimiento (Llenar orden de trabajo).
3. Aspirar el cobertor y las rejillas en la máquina donde se ubica el mismo, posteriormente limpiarlo con una toalla seca humedecida con spray de limpieza.
4. Si el cobertor se encuentra defectuoso cambiarlo, si se encuentra en buen estado colocarlo de nuevo en su lugar.



Si tiene dudas con el procedimiento puede ver el video



Aspirado de cobertor de ventilad

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina Base	Ventiladores GCU	Verificación	2 min

¿Cómo hacerlo?

1. Abrir cobertor y sentir con la mano el flujo de aire para verificar el funcionamiento de los ventiladores (marcados con un 2) del GCU (marcado con un 1). Ver figura 2.
2. Si no hay salida de aire reportar con un técnico de mantenimiento (Llenar orden de trabajo).

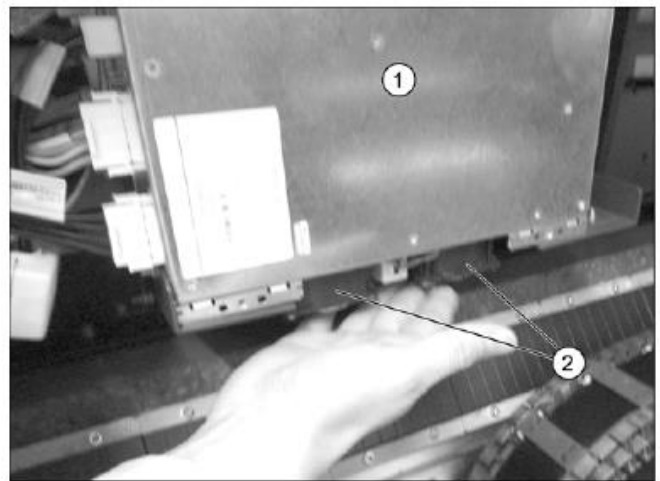


Figura 2. Ventiladores del GCU

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Trabajo Preparatorio

Parte II

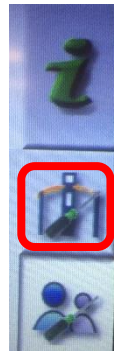
5. Apague la máquina y los componentes adicionales. Para ello:

- Presione el botón de paro “STOP”
- Apague la computadora de la estación, para ello:

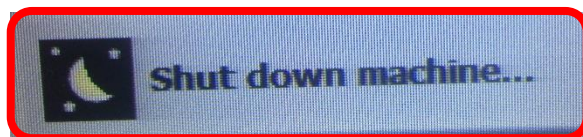
Acceda al icono de los 2 desatornilladores en la parte inferior de la pantalla



Acceda al segundo icono en la parte lateral derecha



Una vez allí, presione shut down machine, observe a continuación el icono que se encontrará en la pantalla. Espere a que se apague.



- Apague desde el interruptor principal de la máquina girándolo en sentido contrario a las manecillas del reloj
6. Aísle la máquina de todas las fuentes de energía. Para ello:
- Cierre la entrada de aire comprimido
-


Instrucciones de mantenimiento semanal autónomo

Parte II


Componente	Parte	Actividad	Duración
Ejes "X" y "Y"	Partes magnéticas	Limpieza y chequeo	3 minutos

¿Cómo hacerlo?

1. Utilizar toalla seca para limpiar los ejes Y (mostrado como 1) y el eje X (marcado como 2) Ver figura 3.

 Recuerde que puede mover la cabeza de la máquina con la mano para tener más espacio en los lugares que limpiará.

2. Quitar componentes que se encuentren en los ejes con una espátula no metálica.

 Si tiene dudas con el procedimiento puede ver los videos:



Partes magnéticas eje Y limpieza SIP.MC



Partes magneticas eje X limpieza SIP.MC

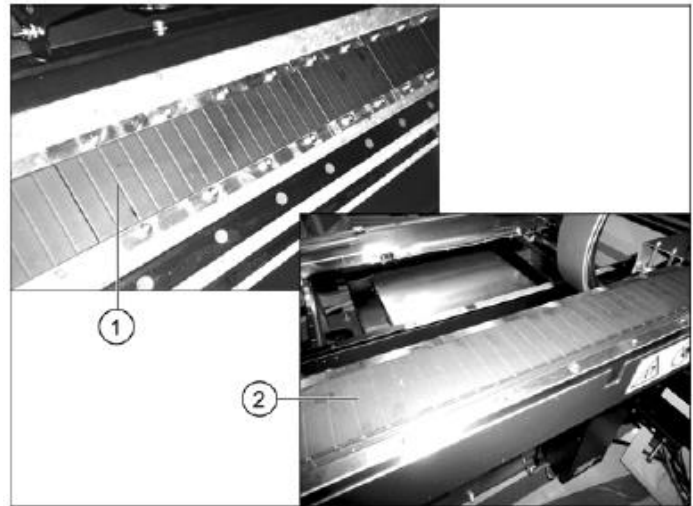


Figura 3. Ejes magnéticos X y Y


Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Partes	Actividad	Duración
Ejes "X" y "Y"	Rodamiento suelto	Limpieza	2 min
	Superficie de contacto de rodamiento		3 min

Eje X

¿Cómo hacerlo?

1. Limpiar rodamientos y la superficie de contacto con toalla seca mostrados en la figura 4 como 1 y 2 respectivamente.
2. Repetir este procedimiento para el otro lado de la cabeza de montaje.

 Si tiene dudas con el procedimiento puede ver el video:



Explicación limpieza rodamiento eje X.MC

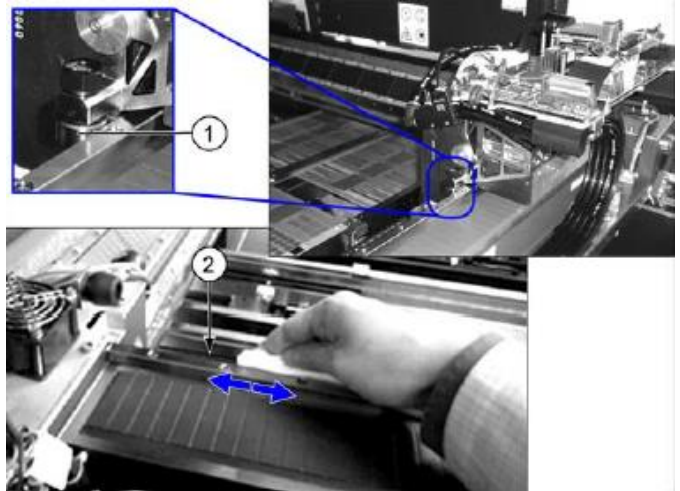



Figura 4. Rodamiento y superficie de contacto eje X


Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Eje Y

1. Limpiar rodamientos y la superficie de contacto con la toalla seca mostrados en la figura 5 como 1, 2 y 3.

 Cuidado no tocar la escala de la máquina ya que es muy delicada.

2. Repetir este procedimiento para todos los portales.

 Si tiene dudas con el procedimiento puede ver el video:



Explicación limpieza rodamiento eje Y.MC

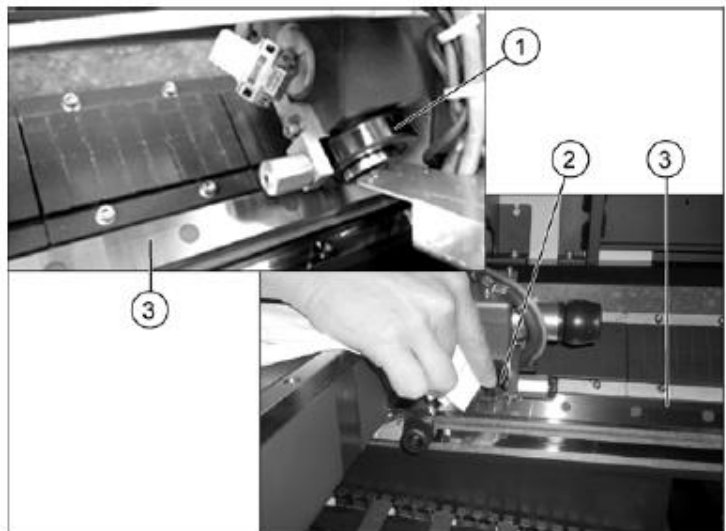


Figura 5. Rodamiento y superficie de contacto eje Y

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad	Duración
Transporte	Banda transportadora	Aspirar y reconfigurar	5 min
	Cambiador de boquillas		
	Insertor		

¿Cómo hacerlo?

- A. Saque las cajas de componentes desechados y bote los componentes en una bolsa ESD. Coloque de nuevo las cajas en sus respectivos lugares.



Si tiene dudas con el procedimiento puede ver los videos



Vaciado de cajas de componentes desec



Vaciado de componentes.MOV

- B. Utilizar la aspiradora para quitar todos los componentes sueltos en la máquina.
 C. Prestar mayor atención a las siguientes partes señaladas en la siguiente figura.

1. Mesa de elevación.
2. Mecanismo de ajuste de ancho y faja dentada.
3. Cables de arrastre en ejes y transporte.
4. Faja transportadora
5. Tornillos de bola
6. Cambiador de boquilla
7. Unidad de acoplamiento y cortador de cinta.

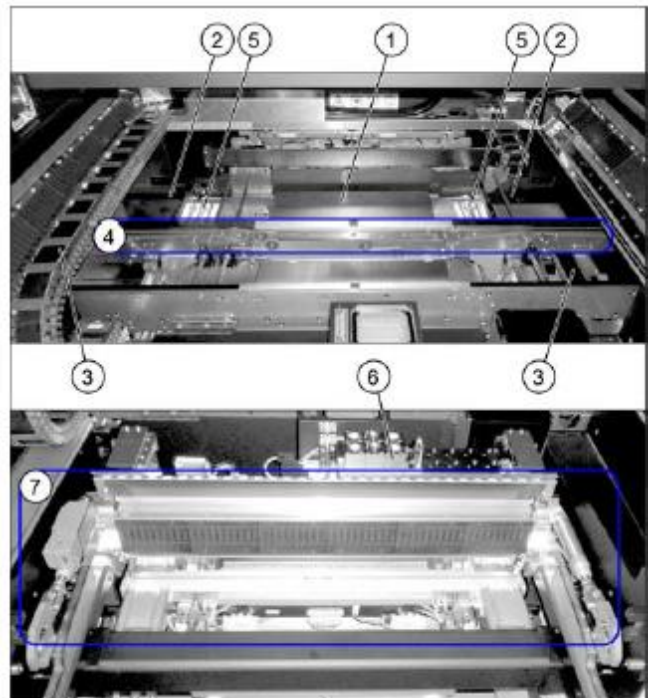


Figura 6. Partes a aspirar en la SIPLACE

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad	Duración
Soporte de pin inteligente	Alimentación de componentes	Aspirar	1 min

¿Cómo hacerlo?

1. Verificar que el carro de componentes (feeders) se encuentre desmontado y fuera de la máquina.
2. Aspirar todos los pines como se muestra en la figura 7.



No los toque con su mano, solo aspírelos

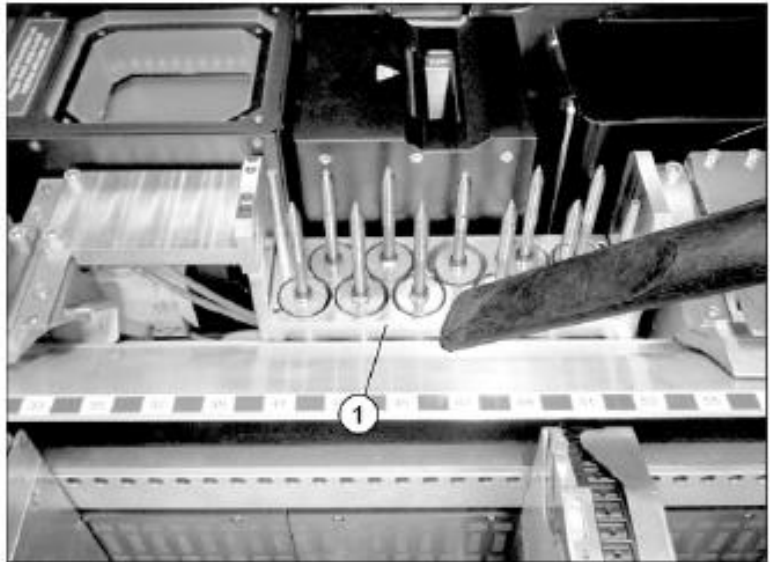


Figura 7. Aspirar pines

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Reinicio de la máquina

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina será reiniciada.
2. Asegúrese de que todos los dispositivos de seguridad se encuentren en su lugar.
3. Asegúrese que todos los componentes se encuentran en su lugar y que ha retirado todo lo que no corresponde a la máquina.
4. Encienda la máquina, asegúrese que una persona autorizada verifique la operación del equipo.

Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes de laboratorio, gabacha, lentes de seguridad y zapatos con protección ESD y sea atento al presente manual de instrucciones.



Recursos necesarios



Toallas secas



Escoba y pala





Alcohol Isopropílico

Trabajo Preparatorio

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina estará en mantenimiento.
2. Utilice el software de la estación para ajustar el transportador de manera que pueda tener acceso tanto a las fajas como al área completa debajo de los lados.

Manuales de mantenimiento autónomo

3. Solicite al departamento de mantenimiento que realicen el procedimiento de devolución de pines en la máquina con el comando "Return to magazine"
4. Quitar todos los carros de componentes (feeders) fuera de la máquina. Presionando el botón mostrado como  en la figura 1 y posteriormente el mostrado con  en la misma figura 1.

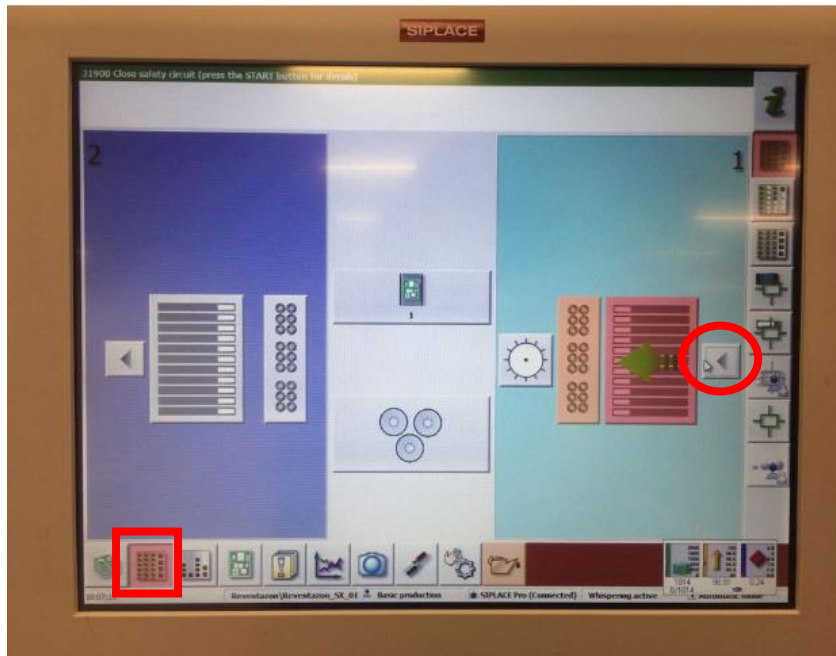


Figura 1. Imagen en la pantalla para retirar feeders

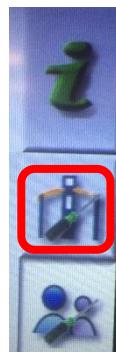
Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

5. Apague la máquina y los componentes adicionales. Para ello:
 - Presione el botón de paro "STOP"
 - Apague la computadora de la estación como se indica a continuación:

Acceda al icono de los 2 desatornilladores en la parte inferior de la pantalla

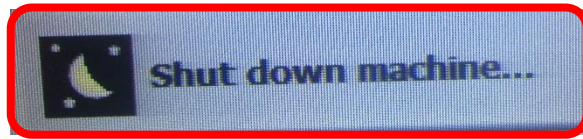


Acceda al segundo icono en la parte lateral derecha



Manuales de mantenimiento autónomo

Una vez allí, presione shut down machine, observe a continuación el icono que se encontrará en la pantalla. Espere a que se apague.



- Apague desde el interruptor principal de la máquina girándolo en sentido contrario a las manecillas del reloj

7. Aísle la máquina de todas las fuentes de energía. Para ello:

- Cierre la entrada de aire comprimido

Instrucciones de mantenimiento autónomo trimestral

Componente	Parte	Actividad	Duración
Sistemas ópticos	Cámaras de IC y FC	Limpieza	4 min

¿Cómo hacerlo?

1. Cuidadosamente levante la parte superior de la cámara IC como se muestra en la Figura 2.
2. Limpie el vidrio inclinado con un paño de micro-fibra, además retire los componentes que se encuentren en el ducto marcado como (2) en la Figura 3.

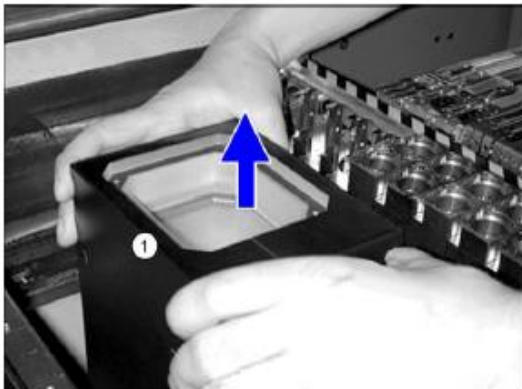


Figura 2. Levantamiento de cámara IC

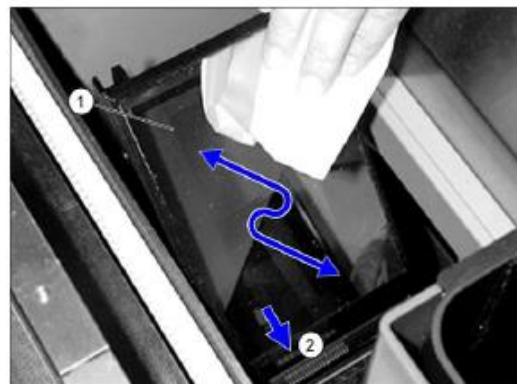


Figura 3. Limpieza y retiro de componentes

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Manuales de mantenimiento autónomo

3. Recolocar la cámara en su posición original.
4. Repetir los pasos para las cámaras IC y FC.

Componente	Parte	Actividad	Duración
Sistemas ópticos	Módulo de sensores 3D estacionarios	Limpieza	2 min

¿Cómo hacerlo?

1. Limpiar el lente del sensor del módulo 3D (mostrado en la figura 4) con toalla seca.

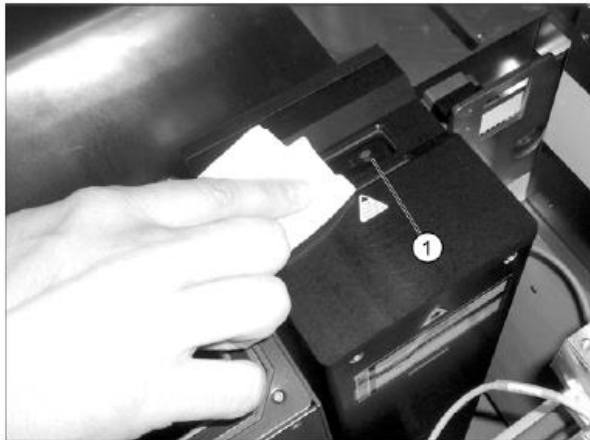


Figura 4. Módulo de sensores 3D estacionarios

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad	Duración
Sistemas ópticos	Escáner de códigos de las PCB	Limpieza	2 min

¿Cómo hacerlo?

1. Limpiar el escáner de códigos mostrado en la figura 5 con paño de micro-fibra.



Figura 5. Escáner de códigos de las PCB

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad	Duración
Ejes "X" y "Y"	Escala de los ejes	Limpieza	4 min

- ❖ Recuerde realizar este procedimiento con una presión de limpieza baja para no dañar la escala.

¿Cómo hacerlo?

Limpie la escala de los ejes "X" y "Y" con un paño lint-free mojado en etanol. Se muestra el eje X en la figura 6 y el eje Y en la figura 7 a continuación.

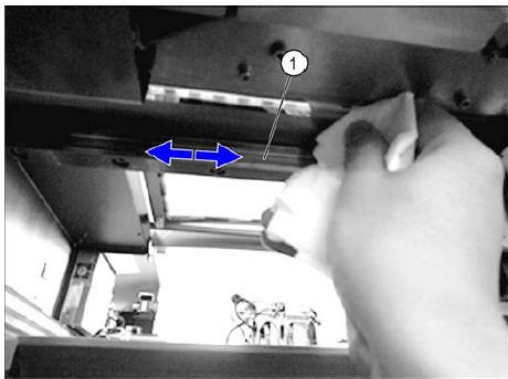


Figura 6. Limpieza escala eje X

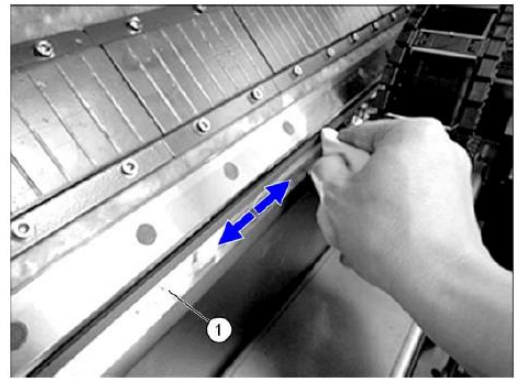


Figura 7. Limpieza escala eje Y

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Reinicio de la máquina

5. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina será reiniciada.
6. Asegúrese de que todos los dispositivos de seguridad se encuentren en su lugar.
7. Asegúrese que todos los componentes se encuentran en su lugar y que ha retirado todo lo que no corresponde a la máquina.
8. Encienda la máquina, asegúrese que una persona autorizada verifique la operación del equipo.

**Manual de mantenimiento
autónomo para máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2**

Frecuencia: Semestral

Código de manual: SIP-SEME-01



Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes de laboratorio, gabacha, lentes de seguridad y zapatos con protección ESD y sea atento al presente manual de instrucciones.



Alcohol Isopropílico

Recursos necesarios



Toallas secas





Aplicadores de algodón

Trabajo Preparatorio

6. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina estará en mantenimiento.
7. Utilice el software de la estación para ajustar el transportador de manera que pueda tener acceso tanto a las fajas como al área completa debajo de los lados.

Manuales de mantenimiento autónomo

8. Solicite al departamento de mantenimiento que realicen el procedimiento de devolución de pines en la máquina con el comando “Return to magazine”
9. Quitar todos los carros de componentes (feeders) fuera de la máquina. Presionando el botón mostrado como  en la figura 1 y posteriormente el mostrado con  en la misma figura 1.

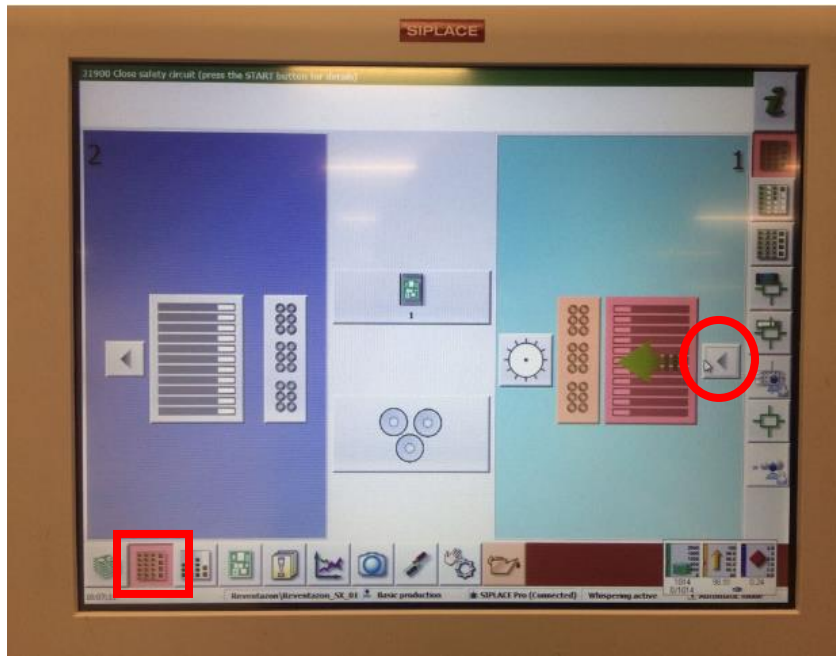


Figura 1. Imagen en la pantalla para retirar feeders

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

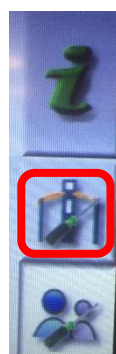
10. Apague la máquina y los componentes adicionales. Para ello:

- Presione el botón de paro “STOP”
- Apague la computadora de la estación como se indica a continuación:

Acceda al icono de los 2 desatornilladores en la parte inferior de la pantalla

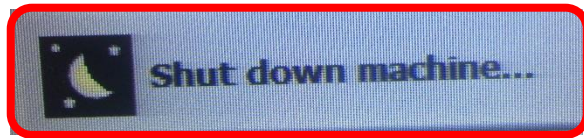


Acceda al segundo icono en la parte lateral derecha



Manuales de mantenimiento autónomo

Una vez allí, presione shut down machine, observe a continuación el icono que se encontrará en la pantalla. Espere a que se apague.



- Apague desde el interruptor principal de la máquina girándolo en sentido contrario a las manecillas del reloj

11. Aísle la máquina de todas las fuentes de energía. Para ello:

- Cierre la entrada de aire comprimido

Instrucciones de mantenimiento semestral autónomo

Componente	Parte	Actividad	Duración
Transporte	Elementos de sujeción	Limpiar y preservar	11 min

Mueva los portadores o transportadores todos a un lado de la máquina.

Ejes hexagonales

¿Cómo hacerlo?

1. Aplique teflón en una toalla seca y limpie con ella los ejes hexagonales del transportador
2. Repita ese procedimiento para todos los ejes hexagonales del portador o transportador.

Carriles guía

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie todas las superficies de los carriles guía, tanto por arriba (mostrado con un 1 en la figura 1) como a los lados (mostrado como 2 en la figura 1)
2. Repita ese procedimiento para todos los carriles guía en el portador
- 3.

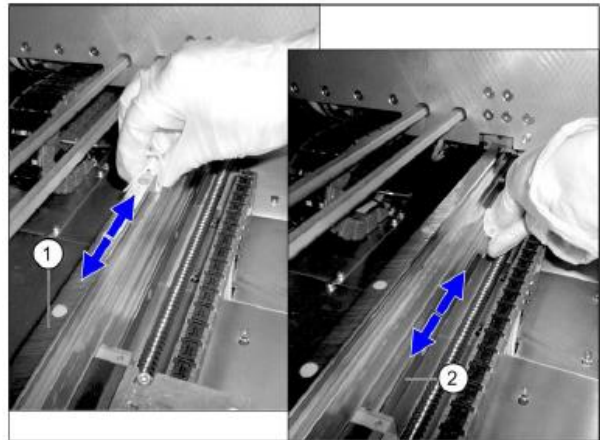


Figura 1. Limpieza de carriles guía

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Eje roscado

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie el eje roscado con una toalla seca pasándola a lo largo de todas las roscas del eje
2. Repita ese procedimiento para todos los ejes roscados del portador

Superficies de sujeción

¿Cómo hacerlo?

1. Utilice una toalla seca con etanol para remover la suciedad presente en las superficies de sujeción de los portadores
2. Repita el procedimiento para todas las superficies de sujeción de los portadores.

Componente	Parte	Actividad	Duración
Soporte de pin inteligente	Pines	Limpiar	3 min por cada 5 piezas

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie la superficie de los pines y los surcos del mismo (mostrado como 1 en la figura 2) con una toalla seca
2. Remueva el aceite extra que se encuentra en la parte magnética mostrada como 2 y 3 en la figura 2 con una toalla lint-free
3. Repita esos pasos para todos los pines

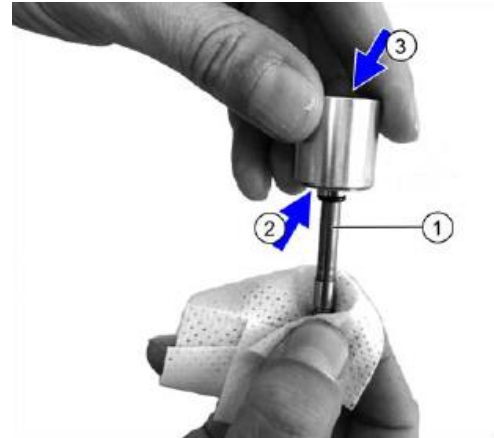


Figura 2. Limpieza de pines

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad	Duración
Soporte de pin inteligente	Sujetador de pines	Limpiar	2 min

¿Cómo hacerlo?

1. Mueva el portal en la dirección del eje Y hasta el tope mecánico de manera que tenga acceso al colector de pines como se observa en la figura 3.
2. Moje un aplicador de algodón con etanol y utilícelo para limpiar en todo el interior del agujero mostrado con un 1 en la figura 3.
3. Repita esos pasos para todos los sujetadores de pines

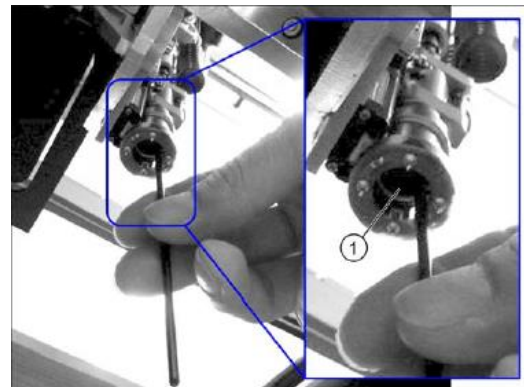


Figura 3. Limpieza de sujetador de pines

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Reinicio de la máquina

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina será reiniciada.
2. Asegúrese de que todos los dispositivos de seguridad se encuentren en su lugar
3. Asegúrese que todos los componentes se encuentran en su lugar y que ha retirado todo lo que no corresponde a la máquina.
4. Encienda la máquina, asegúrese que una persona autorizada verifique la operación del equipo.

**Manual de mantenimiento
autónomo para máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2**

Frecuencia: Anual

Código de manual: SIP-ANUA-01



Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes de laboratorio, gabacha, lentes de seguridad y zapatos con protección ESD y sea atento al presente manual de instrucciones.



Recursos necesarios

Desatornillador plano

Pistola de engrase

Grasa klüberplex BEM 34-132 (número de parte 00374565)

Espátula

Toalla seca

Spray de limpieza

Alcohol Isopropílico

Trabajo Preparatorio

Parte I

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina estará en mantenimiento.
2. Utilice el software de la estación para ajustar el transportador de manera que pueda tener acceso tanto a las fajas como al área completa debajo de los lados.
3. Prepare la pistola de engrase para ser usada

¿Cómo llenar la pistola de engrase?

- Tire hacia atrás del embolo
- Desenrosque la parte superior para abrir la pistola de engrase
- Utilice una espátula limpia para rellenar la pistola con grasa. Trate de llenarla sin dejar espacios de aire
- Cierre la pistola de engrase enroscando la parte superior.
- Afloje los seguros de la pistola en la parte trasera (mostrado como, **O**). El resorte moverá el émbolo.
- Empuje hacia atrás la bola en el tornillo de ventilación (mostrado como **□**). Utilice un desatornillador para ayudarse.
- Presione el gatillo hasta que comience a salir grasa. Límpiela para proceder a los procedimientos de engrase.
- Si no queda claro se puede ver video “Llenado de pistola de engrase”

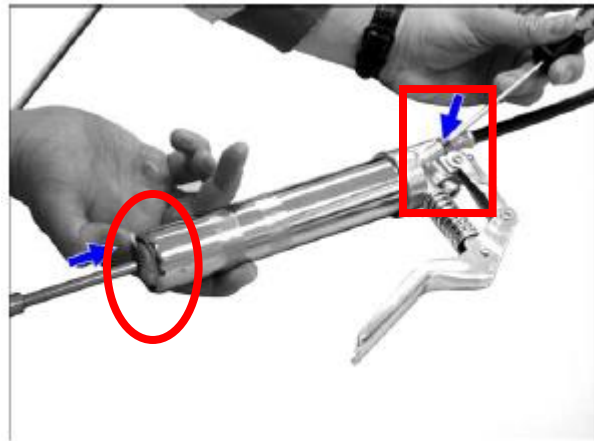


Figura 1. Pistola de engrase

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Instrucciones de mantenimiento anual autónomo

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina base	Componentes de seguridad	Comprobar funcionamiento de componentes de seguridad	6 min

Manuales de mantenimiento autónomo

¿Cómo hacerlo?

Si en cualquiera de los casos el mecanismo de seguridad no funciona detenga cualquier actividad y repórtelo con el departamento de mantenimiento.

Botón de parada de emergencia

1. Confirme que la máquina esté encendida y que el sistema operativo esté en marcha.
2. Asegúrese que el control de la máquina esté encendido, eso se observa en el control de fallas principal.
3. Verifique el funcionamiento de los botones de “Emergency stop” (Ubicado en la parte inferior del monitor). Presiónelo, la máquina debe detenerse, debe escuchar aire comprimido escapando.

Interruptores en la cubierta

1. Asegúrese que la máquina esté encendida y que el sistema operativo esté en marcha.
2. Abra un protector de cubierta, el otro debe estar cerrado.
3. La máquina deberá apagarse y se escuchará salida de aire comprimido
4. Asegúrese que el interruptor de cubierta se encuentre sin daños
5. Verifique que el actuador se mueva fácilmente en la unidad del interruptor (1)

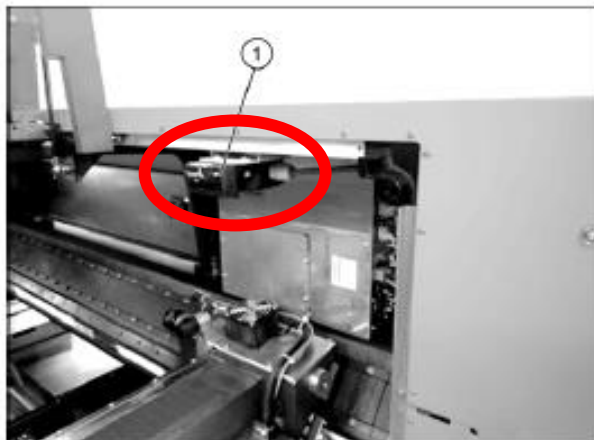


Figura 2. Ubicación del interruptor de cubierta
Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Interruptor de seguridad para la carretilla de componentes (feeders)

1. Asegúrese que la máquina esté encendida y que el sistema operativo esté en marcha.
2. Retire la carretilla de componentes (feeder). Inmediatamente se debe mostrar un mensaje en el panel de control.
3. Repita para todas las ubicaciones.

Interruptor de seguridad en bumper

Solo los que se encuentran debajo de las computadoras tienen sensor.

1. Asegúrese que la máquina esté encendida y que el sistema operativo esté en marcha.
2. Quite los dos tornillos que sujetan al cobertor (marcados como ○) y retírelo hacia un lado.
3. Quite el tornillo que sujeta el bumper (marcado como □) Retire el bumper. Debe aparecer un mensaje en el panel de control
4. Sujete de nuevo el bumper en su lugar y coloque el cobertor en su lugar sujetado con los tornillos. Ver figura 3.

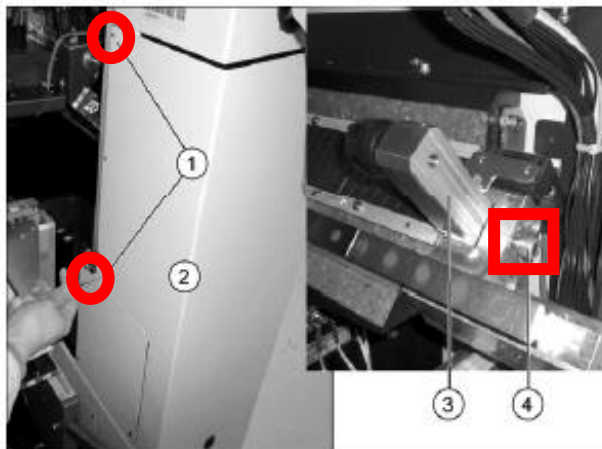


Figura 3. Ubicación de tornillos para verificación en bumper
Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Trabajo Preparatorio

Parte II

1. Solicite al departamento de mantenimiento que realicen el procedimiento de devolución de pines en la máquina con el comando “Return to magazine”
2. Quitar todos los carros de componentes (feeders) fuera de la máquina. Presionando el botón mostrado como □ en la figura 1 y posteriormente el mostrado con ○ en la misma figura 1.

Manuales de mantenimiento autónomo

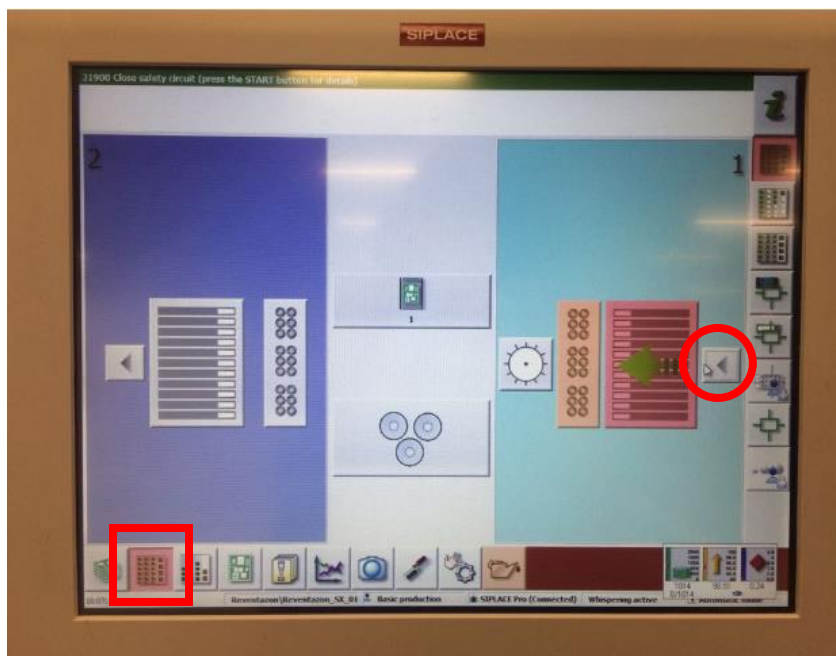


Figura 4. Imagen en la pantalla para retirar feeders

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

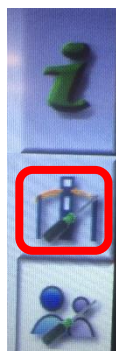
4. Apague la máquina y los componentes adicionales. Para ello:

- Presione el botón de paro "STOP"
- Apague la computadora de la estación como se indica a continuación:

Acceda al icono de los 2 desatornilladores en la parte inferior de la pantalla

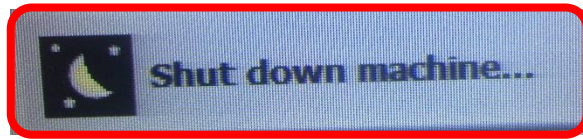


Acceda al segundo icono en la parte lateral derecha



Manuales de mantenimiento autónomo

Una vez allí, presione shut down machine, observe a continuación el icono que se encontrará en la pantalla. Espere a que se apague.



- Apague desde el interruptor principal de la máquina girándolo en sentido contrario a las manecillas del reloj
5. Aísle la máquina de todas las fuentes de energía. Para ello:
- Cierre la entrada de aire comprimido
-


Monitoreo de los depósitos de rechazo

1. Remueva el depósito de rechazo de las boquillas (mostrado como 1). Debe aparecer un mensaje inmediatamente en el panel de control.
2. Reinsértelo en su posición inicial
3. Remueva el depósito de rechazo de componentes (mostrado como 2). Debe aparecer un mensaje inmediatamente en el panel de control.
4. Reinsértelo en su posición inicial



Figura 5. Ubicación de depósitos de rechazo
Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Monitoreo de ductos de rechazo y boquillas de los magazines

1. Remover los ductos de rechazo (marcados con 1). Debe aparecer un mensaje en el panel de control.
2. Colóquelos de nuevo en sus lugares originales.
3. Remueva las boquillas de los magazines (marcados en un ) hale hacía arriba todo el conjunto.
4. Cierre los cobertores y presione el botón de encendido. Se mostrará un mensaje en el panel de control.

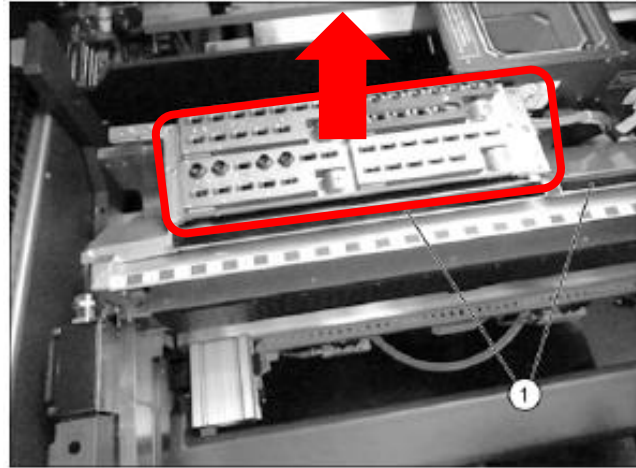


Figura 6. Ubicación de depósitos de rechazo
Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina base	Amortiguadores de presión de gas en las cubiertas protectoras	Chequear y limpiar o reemplazar	2 min

¿Cómo hacerlo?

1. Abrir los cobertores de protección. Limpiar las superficies de los deslizadores de los amortiguadores con una toalla seca como se muestra en la figura 7.
2. Abra y cierre el cobertor tres veces. Asegúrese que después de eso no se vea aceite en el pistón
3. Abra el cobertor aproximadamente 30 cm horizontalmente hacia usted. Este debe abrirse completamente. Si observa alguna falla hágalo saber al departamento de mantenimiento.

Manuales de mantenimiento autónomo

4. Empuje el cobertor de protección hasta una posición media entre la parte superior e inferior y suéltelo. El cobertor debe mantenerse en esa posición o abrirse un poco.



Figura 7. Limpieza de amortiguadores

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad	Duración
Ejes "X" y "Y"	Guía de rodamientos	Limpiar y engrasar	4 min



Eje "X"

¿Cómo hacerlo?

1. Posicione la pistola de engrase en el punto de lubricación. Aplique un apriete de la pistola. Repita este procedimiento en ambas guías del eje.
2. Mueva la cabeza del eje X aproximadamente 30 cm. Eso hace que se distribuya la grasa.
3. Repita el proceso de engrase. Se deben aplicar en total dos aprietes por cada guía del eje.
4. Use una toalla seca para retirar cualquier exceso de grasa.

Eje “Y”

¿Cómo hacerlo?

1. Posicione la pistola de engrase en el punto de lubricación 1 (marcado como  en la figura 8). Aplique un apriete de la pistola.
2. Mueva el portal aproximadamente 30 cm. Eso hace que se distribuya la grasa.
3. Use una toalla seca para retirar cualquier exceso de grasa.
4. Realice lo mismo para el punto de lubricación del eje Y que se encuentra en dirección hacia el interior de la máquina (marcado como  en la figura 8)
5. Repita para todas las guías lineales.

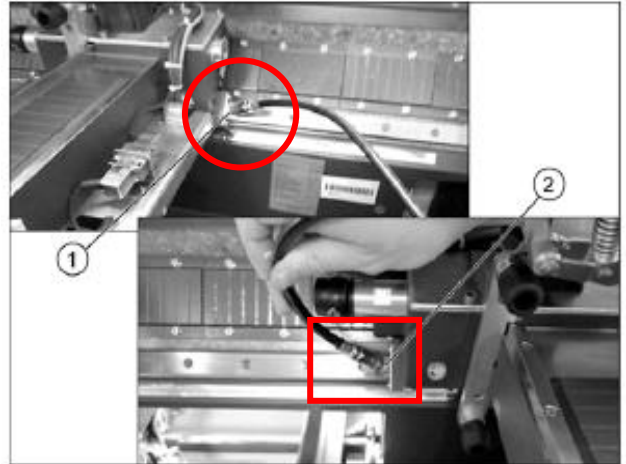


Figura 8. Puntos de engrase para guía de los rodamientos eje Y

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Componente	Parte	Actividad
Ejes “X” y “Y”	Guías lineales	Limpiar

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie las guías lineales del eje “X” y “Y” a lo largo de toda la guía como se muestra en la Figura 9 y 10 respectivamente.

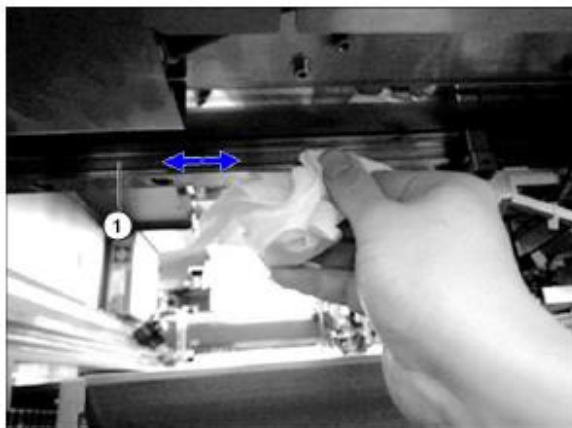


Figura 9. Limpieza de guías lineales del eje “X”

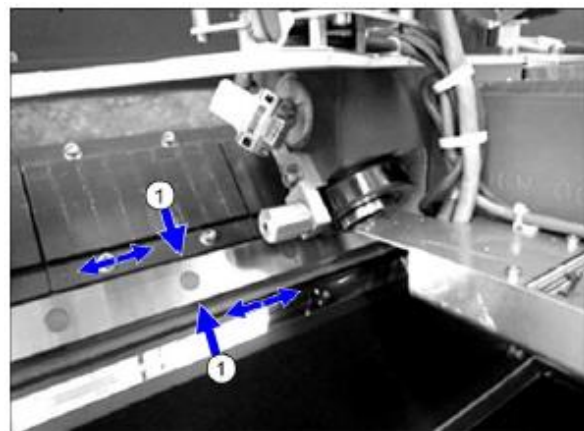


Figura 10. Limpieza de guías lineales del eje “Y”

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Reinicio de la máquina

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina será reiniciada.
2. Asegúrese de que todos los dispositivos de seguridad se encuentren en su lugar
3. Asegúrese que todos los componentes se encuentran en su lugar y que ha retirado todo lo que no corresponde a la máquina.
4. Encienda la máquina, asegúrese que una persona autorizada verifique la operación del equipo.

3.3.2 Manuales para Screen and Stencil Printer X5 Professional

Se presentan a continuación los manuales para las máquinas impresoras de pasta de soldadura Screen and Stencil Printer X5 Professional. Las frecuencias de estos manuales son semanales y trimestrales. Se ha tomado como base el manual de la misma máquina para la realización de éste manual, así como la experiencia de los técnicos y el encargado de mantenimiento para mejorar los mismos.

Manual de mantenimiento semanal autónomo para Screen and Stencil Printer X5 Professional de EKRA



Frecuencia: Semanal

Código de manual: PRI-SEMA-01

Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes de laboratorio, gabacha, lentes de seguridad y zapatos con protección ESD y sea atento al presente manual de instrucciones.



Recursos necesarios



Alcohol Isopropílico



Espátula ESD no metálica



Toalla presaturada con alcohol



Toallas secas

Trabajo Preparatorio

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina estará en mantenimiento.
2. Mueva la cámara hacia atrás de la máquina presionando el botón de “home en la pantalla”
3. Levante los squeegees y la mesa de sujeción con el botón de “Squeegee up/down” y con “Screen clamping”
4. Apague la máquina, para ello presione el botón de paro “STOP”
5. Abra la puerta de la máquina
6. Remueva los clamps, el estencil y los soportes para las PCBs de la máquina
7. Cierre la puerta de la máquina
8. Remueva los excesos de pasta de soldadura presentes en la máquina con una espátula y toallas húmedas con alcohol

Instrucciones de mantenimiento semanal autónomo

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina Base	Pantalla táctil	Limpieza	2 min

¿Cómo hacerlo?

1. Tome una toalla seca y humedézcala con agua y/o alcohol, con ella limpie la pantalla táctil

 Si tiene dudas con el procedimiento puede ver el video



Limpieza de
pantalla táctil PRIM

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina base	Cabezal de Squeegees y máquina base	Limpieza	5 min

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie el sistema de montaje y las cuchillas usando una toalla seca y un agente de limpieza, trate de eliminar cualquier rastro de suciedad en la máquina base.

Componente	Parte	Actividad	Duración
Unidad neumática	Separador de condensados	Chequeo y vaciado	5 min

¿Cómo hacerlo?

1. Observe si existe condensado en el bulbo de vidrio. Si no se ve ningún líquido no realice otra actividad en la unidad neumática.

Si se encuentra condensado en la unidad:

2. Cierre la válvula de desconexión, válvula 1 (marcada como □ en la figura 1)
3. Coloque una toalla seca debajo del embolo y abra la válvula marcada como 2 (○) en la figura 1 desenroscando en sentido contrario a las manecillas del reloj para vaciar el separador de agua.
4. Cierre la válvula 2 ahora en sentido de las manecillas del reloj
5. Abra la válvula 1

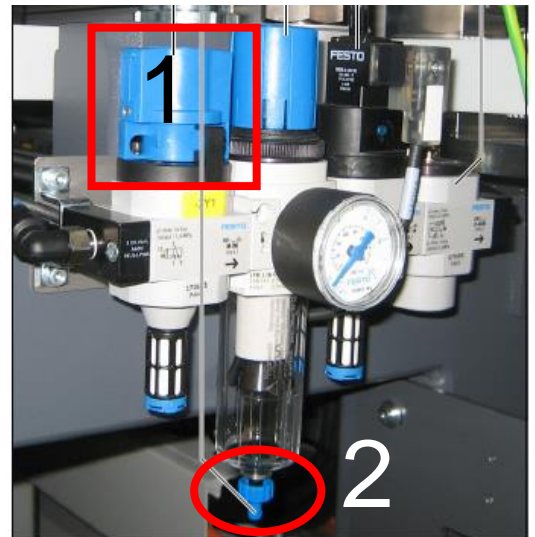



Figura 1. Separador de condensados

Fuente: Manual de sistema de Screen and Stencil Printer

 Si tiene dudas con el procedimiento puede ver el video



Vaciado de
separador de conde

Reinicio de la máquina

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina será reiniciada.
2. Asegúrese de que todos los dispositivos de seguridad se encuentren en su lugar
3. Asegúrese que todos los componentes se encuentran en su lugar y que ha retirado todo lo que no corresponde a la máquina.
4. Encienda la máquina, asegúrese que una persona autorizada (encargado de producción) verifique la operación del equipo.

Manual de mantenimiento autónomo para Screen and Stencil Printer X5 Professional de EKRA

Frecuencia: Trimestral

Código de manual: PRI-TRIM-01



Instrucciones de Seguridad

Utilice guantes de laboratorio, gabacha, lentes de seguridad y zapatos con protección ESD y sea atento al presente manual de instrucciones.



Recursos necesarios



Toalla presaturada con alcohol



Espátula ESD no metálica



Toallas secas

Pistola engrasadora



Grasa klüberplex BEM 34-132 (número de parte 00374565)

Trabajo Preparatorio

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina estará en mantenimiento.
2. Apague la máquina, para ello presione el botón de paro "STOP"
3. Abra la puerta de la máquina

4. Remueva los clamps, el estencil y los soportes para las PCBs de la máquina
5. Cierre la puerta de la máquina
6. Mueva la cámara hacia atrás de la máquina presionando el botón de “home en la pantalla”
7. Levante los squeegees y la mesa de sujeción con el botón de “Squeegee up/down” y con “Screen clamping”
8. Remueva los excesos de pasta de soldadura presentes en la máquina con una espátula y toallas húmedas con alcohol
9. Aspire el interior de la máquina para terminar de remover la suciedad presente.
10. Prepare la pistola de engrase para ser utilizada

¿Cómo llenar la pistola de engrase?

- Tire hacia atrás del embolo
- Desenrosque la parte superior para abrir la pistola de engrase
- Utilice una espátula limpia para rellenar la pistola con grasa. Trate de llenarla sin dejar espacios de aire
- Cierre la pistola de engrase enroscando la parte superior.
- Afloje los seguros de la pistola en la parte trasera (mostrado como ). El resorte moverá el émbolo.
- Empuje hacia atrás la bola en el tornillo de ventilación (mostrado como ). Utilice un desatornillador para ayudarse.
- Presione el gatillo hasta que comience a salir grasa. Límpiela para proceder a los procedimientos de engrase.
- Si no queda claro se puede ver video “Llenado de pistola de engrase”

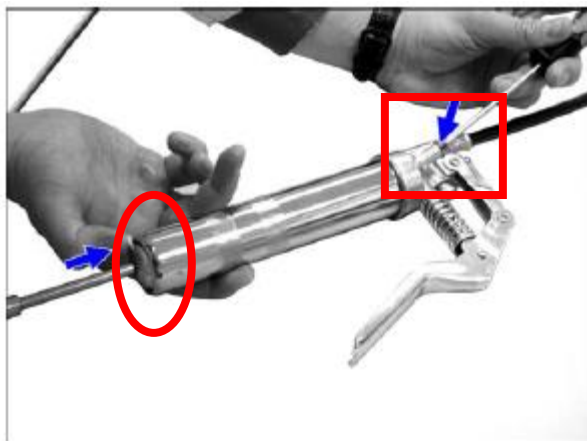


Figura 1. Pistola de engrase

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

Instrucciones de mantenimiento trimestral autónomo

Componente	Partes	Actividad	Duración
Transporte	Guías y eje roscado	Limpieza y lubricación	12 min

¿Cómo hacerlo?

1. Remueva los dos pernos de la parte superior del cobertor lateral y levántela.
2. Limpie la guía lineal (mostrado con 1 en la figura 2) con una toalla seca
3. Lubrique el carro guía en el punto de lubricación (mostrado como 2 en la figura 2)
4. Limpie la grasa extra
5. Mueva manualmente la unidad y verifique que haya una pequeña muestra de grasa, lo que indica que está bien lubricado.
6. Limpie los sensores de transporte
7. Realice a ambos lados de la máquina
8. Limpie el eje roscado con una toalla seca
9. Lubrique en el punto de lubricación 1 de la figura 3
10. Remueva los excesos de grasa
11. Mueva la unidad manualmente y verifique si hay un pequeño rastro de grasa estará bien lubricado.

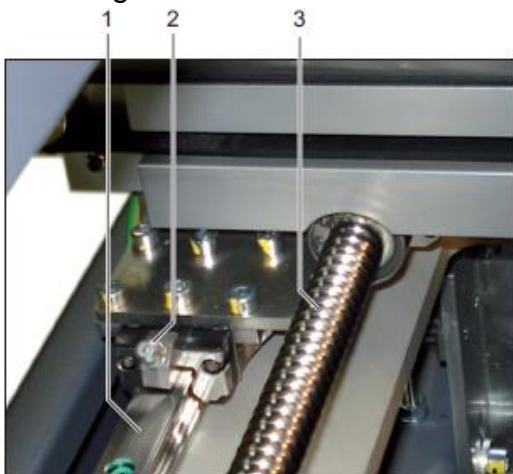


Figura 2. Punto de lubricación en la guía lineal

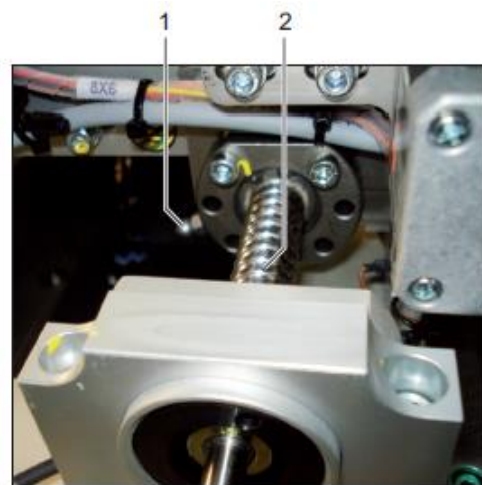


Figura 3. Punto de lubricación en el eje roscado

Fuente: Manual de sistema de Screen and Stencil Printer

Componente	Parte	Actividad	Duración
Transporte	Guía de los squeegees	Limpiar y lubricar	12 min

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie la guía lineal (mostrado con 1 en la figura 4) con una toalla seca.
2. Lubrique el carro guía en el punto de lubricación (mostrado como 2 en la figura 4)
3. Limpie la grasa extra
4. Mueva manualmente la unidad y verifique que haya una pequeña muestra de grasa, lo que indica que está bien lubricado



Figura 4. Guía de Squeegees, derecha
Fuente: Manual de sistema de Screen and Stencil Printer

Componente	Parte	Actividad	Duración
Sistema de cámaras	Cámara del eje X y Y	Limpiar y lubricar	12 min

Eje X

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie la guía lineal (mostrado con 1 en la figura 5) con una toalla seca
2. Lubrique el carro guía en el punto de lubricación a la derecha e izquierda (mostrados como 2 y 3 en la figura 5)
3. Limpie la grasa extra
4. Mueva manualmente la cámara y verifique que haya una pequeña muestra de grasa, lo que indica que está bien lubricado

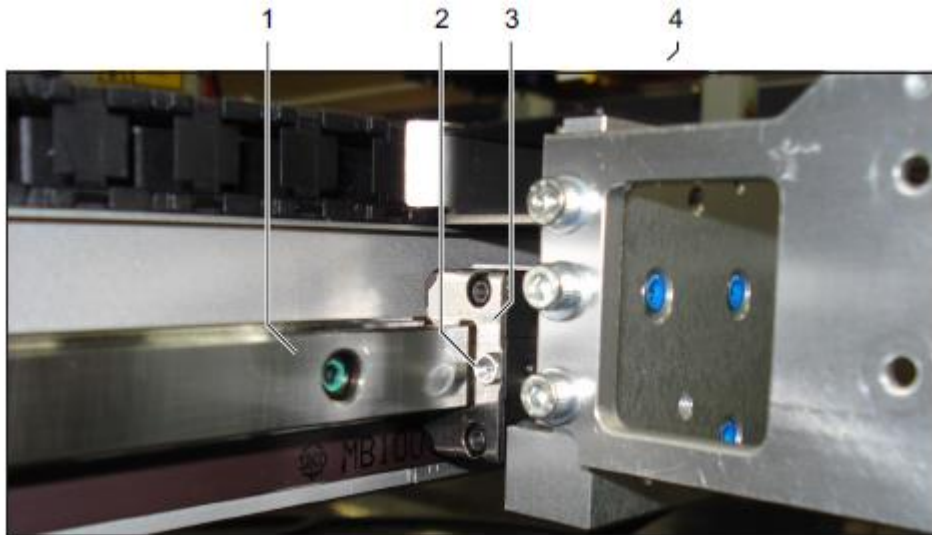


Figura 5. Cámara, eje X

Fuente: Manual de sistema de Screen and Stencil Printer

Eje Y

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie los carriles guía (mostrado con 1 en la figura 6) con una toalla seca
2. Lubrique el carro guía en el punto de lubricación (mostrado como 2 en la figura 6)
3. Limpie la grasa extra
4. Mueva manualmente la cámara y verifique que haya una pequeña muestra de grasa, lo que indica que está bien lubricado

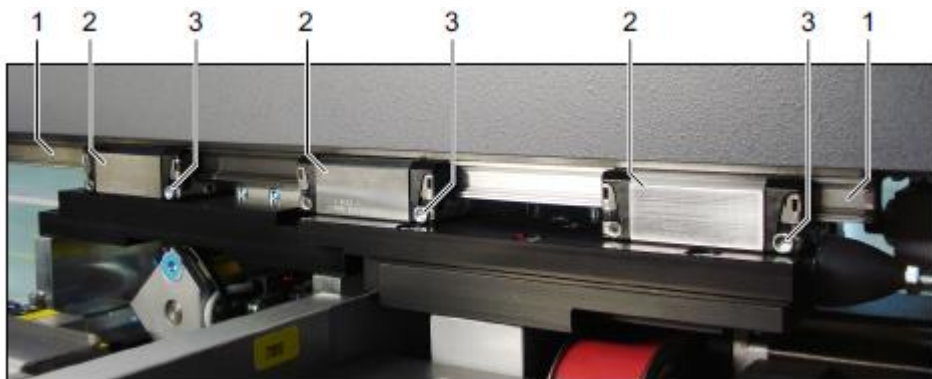


Figura 6. Carro de guía con sistema de limpieza acoplado, derecha

Fuente: Manual de sistema de Screen and Stencil Printer

Componente	Parte	Actividad	Duración
Dispensador de pasta de soldadura	Guías	Limpiar y lubricar	12 min

¿Cómo hacerlo?

1. Limpie la guía lineal (mostrado con 1 y 2 en la figura 7) con una toalla seca
2. Lubrique el carro guía en el punto de lubricación (mostrado como 5 en la figura 7)
3. Limpie la grasa extra
4. Mueva manualmente la unidad y verifique que haya una pequeña muestra de grasa, lo que indica que está bien lubricado.

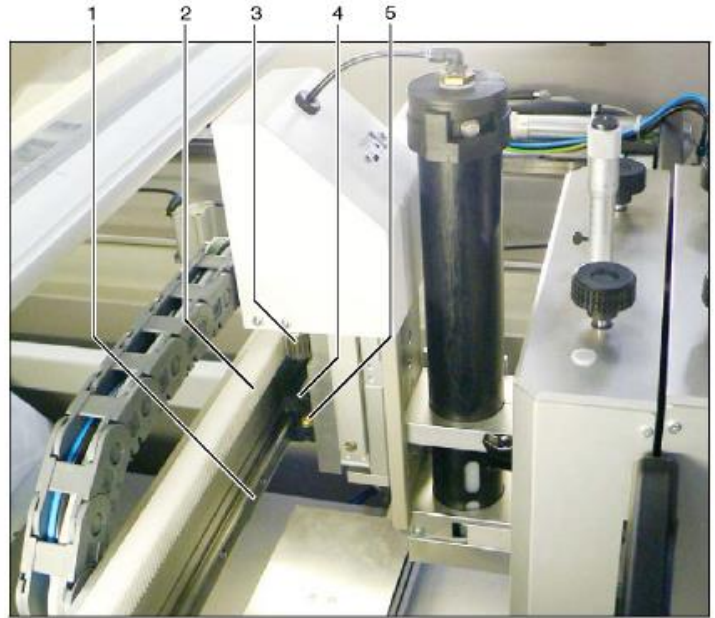


Figura 7. Dispensador de pasta de soldadura

Fuente: Manual de sistema de Screen and Stencil Printer

Reinicio de la máquina

1. Notifique a toda la línea de producción y trabajadores involucrados que la máquina será reiniciada.
2. Asegúrese de que todos los dispositivos de seguridad se encuentren en su lugar
3. Asegúrese que todos los componentes se encuentran en su lugar y que ha retirado todo lo que no corresponde a la máquina.
4. Encienda la máquina, asegúrese que una persona autorizada verifique la operación del equipo.

3.3.3 Listas de chequeo de mantenimiento autónomo

Se realizan también listas de chequeo para cada una de las máquinas (SIPLACE y la impresora de pasta de soldadura) en cada frecuencia de mantenimiento estipulada (semanal, trimestral, semestral y anual). Un ejemplo de estas listas de chequeo se muestra a continuación y en los apéndices del documento se mostrarán las demás.

Tabla 3.23. Lista de verificación para los procedimientos de los mantenimientos autónomos semestrales de las máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2.

Máquina		SIPLACE SX1/SX2 V2														Duración total (min)	Retroalimentación
Componente		Transporte								Soporte de pin inteligente							
Parte		Elementos de sujeción								Pines							
Actividad en		Ejes hexagonales		Carriles guía		Eje roscados		Superficies de sujeción		Pines			Sujetador de pines				
Año	Semana	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	3	1	2	3		
2017	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2018	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2019	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2020	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 3.24. Lista de verificación para los procedimientos de los mantenimientos autónomos trimestrales de las máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2.

Máquina		SIPLACE SX1/SX2 V2								Duración total (min)	Retroalimentación
Componente		Sistemas Ópticos					Ejes X y Y				
Parte		Cámaras y sensores					Escala de los ejes				
Actividad en		Cámaras de IC y FC				Módulo de sensores 3D estacionarios	Escáner de códigos de las PCB	Eje X	Eje Y		
Año	Semana	1	2	3	4	1	1	1	1		
2017	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2018	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	26	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel 2016)

Para los manuales de mantenimiento autónomo se tienen estimaciones de tiempo tomadas de los manuales originales de las máquinas en estudio, estos tiempos se pretenden mejorar con el constante uso de los mismos y su implementación.

Los tiempos estimados son los que se presentan a continuación a modo de resumen.

Tabla 3.25. Estimación de tiempos para los mantenimientos autónomos

Frecuencia	SIPLACE (min)	PRINTER (min)	Total en un año por línea (min)
Semanal	15	13	3016
Trimestral	12	45	324
Semestral	17	0	102
Anual	20	0	60

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Esto indicaría que en total se requieren de aproximada 3500 minutos por año por cada línea de producción, que corresponde aproximadamente a 58 horas anuales. Además, ese es el tiempo que se reduce en las tareas de los técnicos de mantenimiento

3.3.4 Control visual para el mantenimiento autónomo

El control visual es necesario en el mantenimiento autónomo para brindar una guía más sencilla para los operarios, para facilitar las inspecciones y ajustes, así como para que logren realizar las tareas de una manera más eficaz y para un aprendizaje más guiado de las mismas.

Es por lo anterior que se proponen las siguientes acciones de control visual dentro del área de tecnología de montaje superficial.

Tabla 3.26. Aportes de control visual para mantenimiento autónomo

Oportunidad de control visual	Máquina(s) o equipo(s)	Aporte	Recursos necesarios	Fecha meta
Señalización en manómetros	Impresora de pasta de soldadura, SIPLACE, transportadoras, escáner.	Facilitar la inspección de presión de entrada de aire comprimido a las máquinas y evidenciar cuando hay desgaste de los filtros correspondientes.	Adhesivo de colores	28 de abril 2017
Cartel de acciones de mantenimiento autónomo	SIPLACE e impresora de pasta de soldadura.	Informar a los operadores sobre las tareas de mantenimiento autónomo a realizar	Cartel Plástico	1 de mayo de 2017

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)



Figura 3.36. Carteles informativos para 5S y mantenimiento autónomo.

Fuente: Blanco, E. 2017

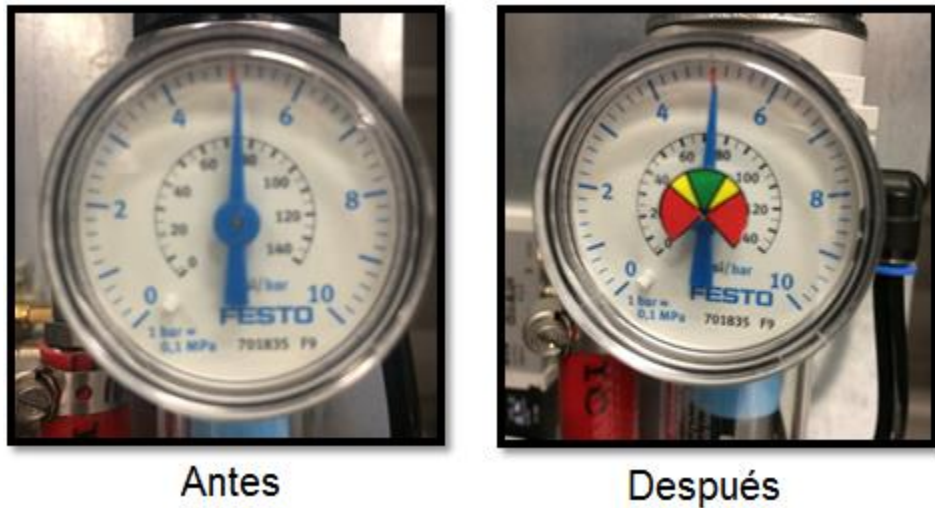


Figura 3.37. Manómetros antes y después de la señalización

3.3.5 Implementación del mantenimiento autónomo

Se inicia con la implementación del mantenimiento autónomo para lo cual se realizan las actividades de los manuales de mantenimiento semanal de la SIPLACE y la Screen and stencil printer. Con ello se toman tiempos de las actividades y se buscan mejorar los mismos manuales con aportes de los operarios y técnicos de mantenimiento. Se muestran a continuación imágenes de la primera implementación de mantenimiento autónomo en el área de SMT. Se debe tomar en cuenta que las mejoras detectadas al momento de la implementación ya se encuentran en los manuales presentes en este documento.

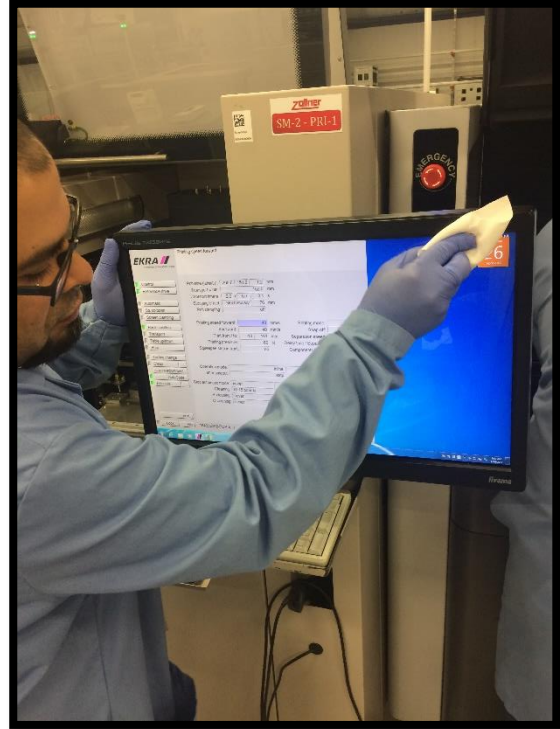
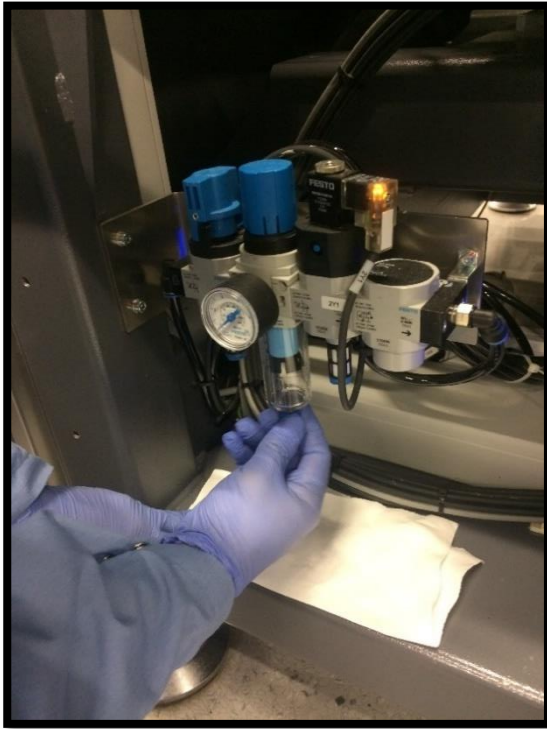


Figura 3.39. Implementación de mantenimiento autónomo en la máquina Screen and stencil printer.

Fuente: Blanco, E. 2017



Figura 3.38. Implementación de mantenimiento autónomo en la máquina SIPLACE SX1/SX2

Fuente: Blanco, E. 2017.

3.4 Mejoras enfocadas

En este apartado del documento se encuentran las mejoras enfocadas realizadas en la empresa Zollner Electronics Costa Rica, así como propuestas de mejoras a realizar en los siguientes meses después de la finalización del proyecto. Las acciones que se explicarán a continuación buscan reducir las pérdidas en el área de SMT y facilitar actividades dentro del desarrollo de los otros pilares del mantenimiento productivo total. Mejorando el control visual tanto para operarios como para los técnicos de mantenimiento de manera que las tareas de mantenimiento autónomo, preventivo y predictivo se puedan llevar a cabo de una manera más guiada y simple.

3.4.1 Disminución de pérdidas por tiempos muertos y de vacío

3.4.1.1 Disminución de pérdidas por averías

Para la evaluación de las pérdidas más importantes que se dan en las líneas de SMT, se revisan los fallos diagnosticados en las máquinas. Como se muestra en la Figura 3.35 Diagrama Pareto de las máquinas en el área de SMT según tiempos de baja, la máquina con más fallos es la SIPLACE, por lo que es más importante empezar por ella además de que es una de las máquinas claves para el proceso productivo y existen en total diez de ellas en el área de SMT, siendo cada una de ellas fundamental para la producción.

Por lo anteriormente mencionado, se decide comenzar analizando los fallos presentes en la SIPLACE, se obtiene en cada una de estas máquinas los errores presentados en los últimos 300 días y se determinan las siguientes fuentes de error.

Tabla 3.27. Errores de máquinas SIPLACE

Código	Error	Numero de errores	% relativo	% acumulado
C32571	Máquina se detiene: No puede medir punto de referencia (fiducial)	6684	50,3%	50,3%
C30728	Sensor de componentes cubierto	2749	20,7%	70,9%
C32578	Máquina se detiene: La posición especificada requiere inspección	1152	8,7%	79,6%
C35200	Tarjeta no ha llegado a la sección especificada	1074	8,1%	87,7%
C35297	Tiempo de espera aproximando la barrera de luz láser en el área de procesamiento especificada	448	3,4%	91,1%
C35396	Error del sensor de la tarjeta, no está la tarjeta.	354	2,7%	93,7%
C30619	La distancia de vacío es muy pequeña para el tipo de boquilla	328	2,5%	96,2%
C30624	Fallo en el scan de la boquilla	145	1,1%	97,3%
C33366	Ducto de succión bloqueado (842)	134	1,0%	98,3%
C33365	Boquilla sucia (841)	97	0,7%	99,0%
C30783	Componente presente después de la colocación	51	0,4%	99,4%
C30617	Vacío mínimo muy pequeño para el tipo de boquilla especificado	41	0,3%	99,7%
C32577	Máquina se detiene: Error en la presión del aire	40	0,3%	100,0%
Total		13297		

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

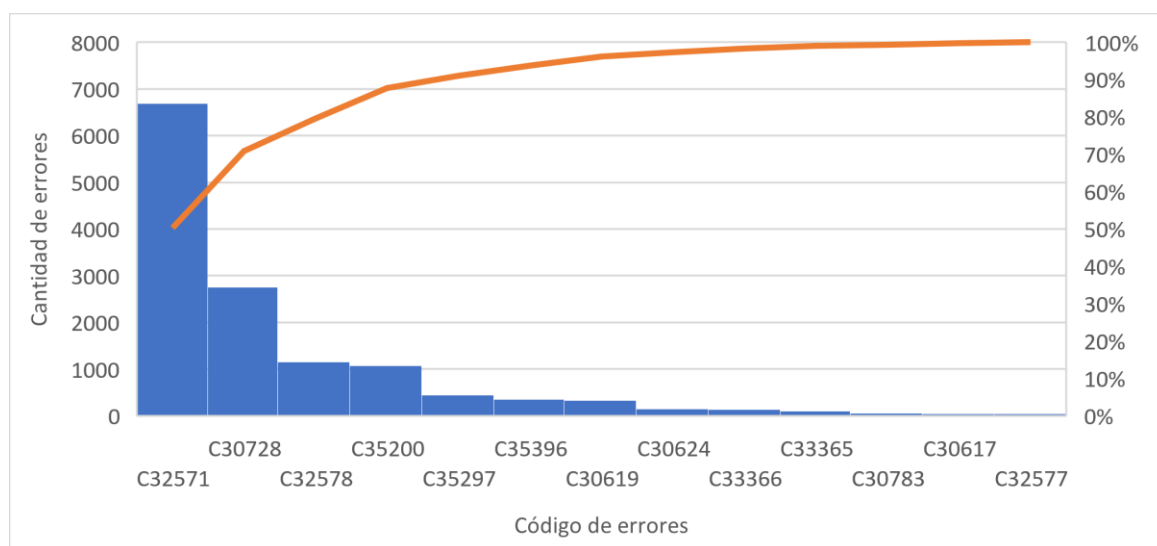


Figura 3.40. Diagrama Pareto de errores en máquinas SIPLACE SX1/SX2 V2

Fuente: Realización propia (Microsoft Excel, 2016)

Se presentan en los anexos las ayudas que presentan las máquinas para los errores anteriormente presentados, ya que a partir de ello se buscan soluciones para los errores más comunes.

Disminución de errores por presión de aire

Como primera acción para disminuir pérdidas de tiempo por averías se propone colocar en los manómetros de aire comprimido en las máquinas, etiquetas de colores según el rango de presión en el que se encuentren. Se colocará en color verde el rango de presiones de operación correctas en la máquina. En amarillo se encontrará el rango en el que la máquina puede operar bajo una alerta, el cual indica al operario que se debe consultar con el personal de mantenimiento para corregir la baja o alza en la presión. Y en color rojo será el rango de presiones en el que la máquina no puede operar ya sea por riesgos para la máquina, para el producto o para los colaboradores de la empresa. En este último caso el operario deberá apagar la máquina mediante el botón de paro de emergencia y notificar al departamento de mantenimiento sobre el estado de la máquina.

Se muestran a continuación fotografías de los manómetros antes y después de la implementación.



Antes

Después

Figura 3.41. Manómetros antes y después de la mejora.

Fuente: Blanco, E. 2017

Lo anterior pretende eliminar paros en las máquinas por errores en la presión de aire. Ya que se determina mediante la base de datos de las máquinas SIPLACE dentro de las cuatro líneas de producción, que en menos de 300 días se presentaron 40 paros en las máquinas por el siguiente error.

Tabla 3.28. Errores a evitar mediante señalización en manómetros

Código	Error	Numero de errores
C32577	Máquina se detiene: Error en la presión del aire	40
Total		40

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

La mejora anterior pretende eliminar aproximadamente 4 paros por mes, lo que correspondería a al menos 40 minutos por mes o 480 minutos anuales menos de paradas en la producción, es decir aproximadamente 8 horas anuales, asumiendo que cada una de esas averías detenga la producción solamente diez minutos. Esa información y el costo asociado a la misma, se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.29. Tiempos reducidos por averías y costos de oportunidad respectivos

	Tiempo de paros reducidos (h)	Costo de oportunidad respectivo
Mensual	0,7	\$2875
Anual	8	\$34500

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

3.4.1.2 Tiempos de preparación y ajuste de los equipos

Parte de las mejoras para disminuir tiempos de preparación y ajustes fue colocar un procedimiento en una mesa específica que tiene los requerimientos de aire comprimido necesario para realizar los cambios de estéciles en los marcos para las máquinas impresoras de pasta de soldadura. Esa se observa en la Figura 3.6. Mesa de cambio de estéciles y ayuda visual. Y la Figura 3.7. Documento FE6CR_0033_A Zollner Electronics. Con esto se busca también agilizar tal labor y reducir tiempos en el set up de cada orden así como posibles fallos por una mala colocación de los mismos.

Se presenta en la siguiente imagen un ejemplo de los tiempos de paro de producción que se buscan evitar con esta mejora.

Down Time Start (h:mm:ss)	Down Time End (h:mm:ss)	Down Time (h:mm:ss)	Comment (Down Time)	Efficiency (%)	Efficiency goal (%)	Equipment Availability (%)	Equipment Availability goal (%)
11:00:00	12:00:00	1:00:00	NO SE CORRE NADA DEBIDO A PROBLEMAS CON EL MARCO CELESTE DE LOS STENCILS DEBIDO A UNA FUGA DE AIRE SE TIENE QUE CAMBIAR VARIAS VECES EL STENCIL, PROBLEMAS CON EL GRIPPER EN LA SIPLACE PROBLEMAS DE PICK UP , PROBLEMAS CON EL FIRST DEBIUDO A LOS PROBLEMAS DE PICK UP POR LKO QUE SE TIENE QUE PASAR DOS FIRST	⊗ 4%	90%	⊗ 0%	70%

Figura 3.42. Ejemplo de tiempo de baja en la producción por fallos en el marco de estenciles.

Fuente: Departamento de Ingeniería, Zollner Electronics Costa Rica, 2017.

3.4.2 Disminución de pérdidas por productos o procesos defectuosos

Disminución de errores por falta de limpieza

Se tiene que en muchas de las ayudas mostradas por la misma máquina SIPLACE (mostradas en los anexos) se recomienda limpieza de boquillas y de sensores ya que una de las causas del fallo puede ser suciedad en los mismos. Por lo que a manera de mejorar la productividad y disminuir paradas de producción, errores y advertencias en las máquinas de colocación de componentes, se añaden actividades de limpieza para el sensor de componentes y las boquillas, las cuales se añaden al manual semanal de la SIPLACE SX1/SX2 V2 como se presentan a continuación.

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina Base	Sensor de componentes	Limpieza	4 min

¿Cómo hacerlo?

1. Cuidadosamente levante la parte superior de la cámara IC como se muestra en la Figura 1.
2. Limpie el vidrio inclinado con un paño de micro-fibra, además retire los componentes que se encuentren en el ducto marcado como (2) en la Figura 3.

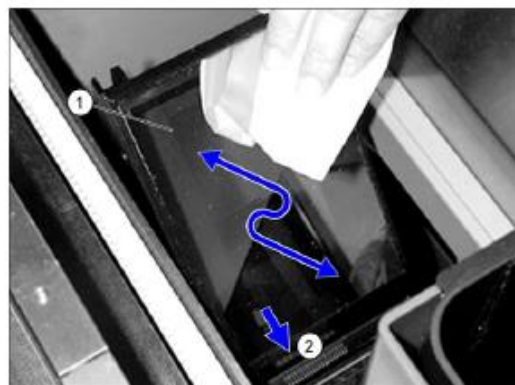
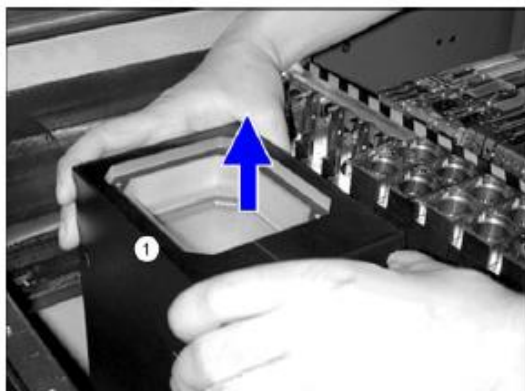


Figura 1. Levantamiento de cámara IC

Figura 2. Limpieza y retiro de componentes

Fuente: Manual de mantenimiento de SIPLACE SX1/SX2 V2

3. Recolocar la cámara en su posición original.
4. Repetir los pasos para las cámaras IC y FC.

Componente	Parte	Actividad	Duración
Máquina Base	Boquillas plásticas	Limpieza	3 min

¿Cómo hacerlo?

1. Con una toalla seca limpie cada una de las boquillas de plástico que se muestra en la siguiente figura.

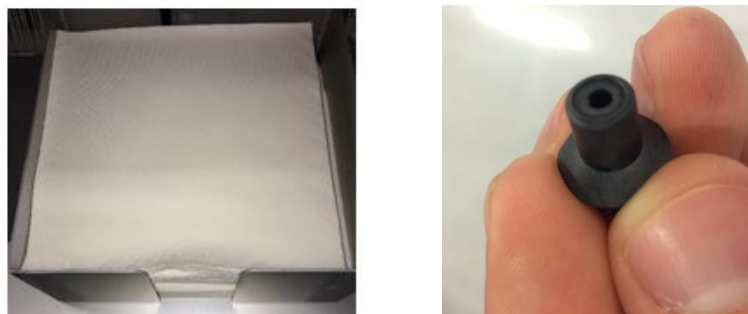


Figura 3. Limpieza de boquillas plásticas

Fuente: Blanco, E. 2017

La limpieza de los sensores de componentes busca reducir el siguiente error y advertencia:

Tabla 3.30. Errores a disminuir mediante limpieza de sensor de componentes

Código	Error	Numero de errores
C30728	Sensor de componentes cubierto	2749
WC30821	Sensor de componentes muy sucio (advertencia)	70
Total		2819

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

La limpieza de las boquillas busca disminuir los siguientes errores:

Tabla 3.31. Errores a disminuir mediante limpieza de boquillas

Código	Error	Numero de errores
C30619	La distancia de vacío es muy pequeña para el tipo de boquilla	328
C33366	Ducto de succión bloqueado (842)	134
C33365	Boquilla sucia (841)	97
C30783	Componente presente después de la colocación	51
C30780	Componente presente antes de la colocación	12
Total		622

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

Con ello se busca aportar a la reducción de averías y errores debidos a la mala colocación de componentes. Evitando 3441 errores producidos en 300 días, algunos de ellos hacen que se detenga la máquina, otros hacen que no se coloquen ciertos componentes o que la máquina tenga que realizar algún trabajo extra para colocarlos, como por ejemplo doble verificación de un componente o en muchos casos desechándolo, produciendo un gran desperdicio de los mismos que es evidente cada vez que se hace algún mantenimiento, ya que se deben vaciar los depósitos de componentes desechados, donde siempre se encuentran más de mil componentes pequeños como se muestra en la figura a continuación.

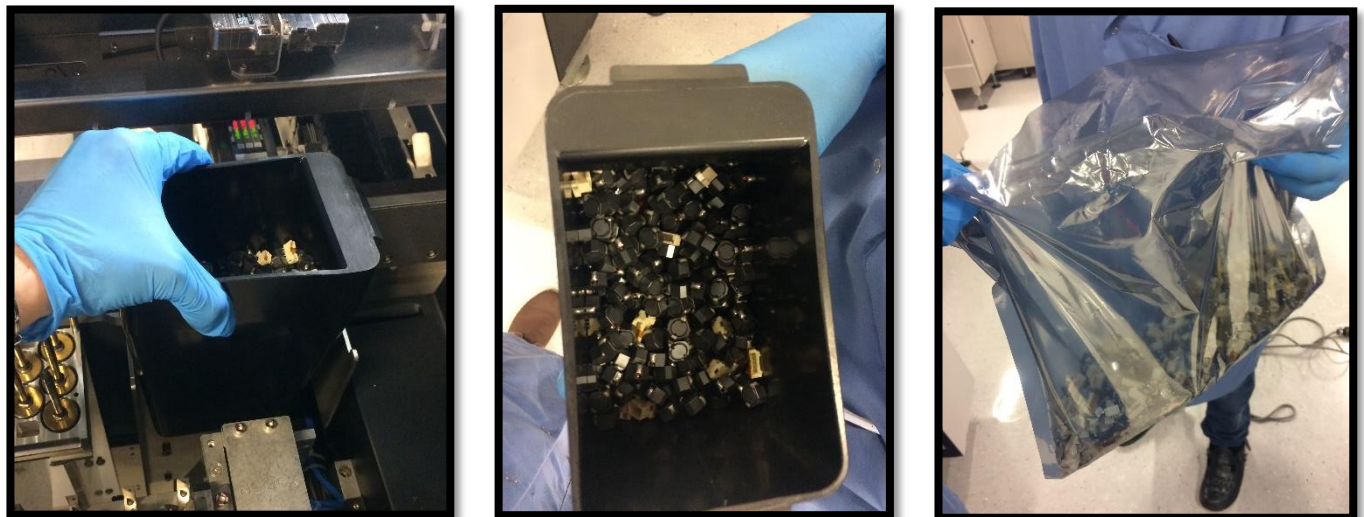


Figura 3.43. Componentes desechados por la máquina SIPLACE en un mantenimiento mensual.

Fuente: Blanco, E. 2017

3.4.3 Propuesta de mejora enfocada en el futuro

Cómo se puede observar en el diagrama de Pareto de los errores presentes en las máquinas SIPLACE en los últimos 300 días, se observa que un 50,3% corresponde al error código C32571: Máquina se detiene: No se puede medir punto de referencia (fiducial). De este se encuentran 6684 errores para las 11 máquinas analizadas.

Es por lo anterior que es indispensable atacar este error de alguna manera. Los operarios actualmente limpian cada uno de los marcadores de referencia de los paneles cuando estos empiezan a fallar por ese error, pero aun así el problema no se soluciona completamente ya que a pesar de ello se siguen dando errores.

Este problema se da debido a que la máquina no logra leer correctamente los puntos de referencia, los cuales se oxidan con el contacto con el ambiente por ser de un material metálico.

Es recomendable realizar pruebas a las tarjetas que tienen con fallos constantes de fiducial para determinar si esta es realmente la causa y en caso de que sea así tomar medidas para corregirlo o incluso negociar con el fabricante de las mismas de manera que se puedan realizar de un material más adecuado, ya que los fallos por este rubro si son significativos en la cantidad de paros que se producen en la producción.

3.5 Indicadores del mantenimiento

Dentro de este apartado se explicarán los indicadores de mantenimiento seleccionados para la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda. Además, se expondrán, se compararán y se analizarán los datos obtenidos entre el 10 de enero y el 10 de mayo de 2017. Se dictan también recomendaciones para la implementación de indicadores de mantenimiento preventivo.

3.5.1 Índice de eficiencia global (Overall Equipment Effectiveness, OEE)

Se cuenta antes del inicio del proyecto con indicadores de parte del departamento de ingeniería en el área de SMT, donde se mide la disponibilidad, rendimiento y calidad para obtener el índice de eficiencia global (OEE). Éste índice de eficiencia global es importante de calcular ya que permite evaluar de manera general la productividad de la empresa. Cada uno de los factores que afectan a la eficiencia global son importantes de determinar ya que permitirán evidenciar mejoras ya sea en calidad, detectando que tantos re-procesos y defectos se dan en la producción; rendimiento, de manera que se evalúe la afectación de micro-paradas y operaciones a velocidades inferiores a la estipulada; así como disponibilidad, indicando así la disminución de fallos y paradas no previstas. Esos indicadores deben seguirse midiendo, ya que dan un panorama general de la productividad, pero también será necesaria la implementación de otros indicadores nuevos principalmente en el área de mantenimiento, de los cuales se detallará más adelante en esta sección del documento.

El índice de eficiencia global así como los factores que lo afectan que se tienen antes de iniciar el proyecto se presentan a continuación.

Tabla 3.32. Valores de índices en enero de 2017

Línea	Rendimiento	Calidad	Disponibilidad	OEE
2	59%	50%	89%	26%
3	26%	13%	72%	2%
4	29%	70%	75%	15%
Promedio	38%	44%	79%	13%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Los datos para el análisis anterior son obtenidos del departamento de ingeniería y toma en cuenta los datos que van desde el 10 de enero de 2017 al 30 de enero de 2017. Con ello se observa que los valores de rendimiento y calidad son inferiores a los valores de disponibilidad. Los valores tanto de los tres factores que afectan la eficiencia global son bajos con respecto a lo que desea la compañía, donde se estipula que se desea un índice de eficiencia global de al menos el 85%, para lo que se requiere al menos de un 95% en cada uno de los tres factores que él contempla. Es evidente que los valores anteriormente mostrados no son los requeridos para cumplir completamente con los objetivos y metas de la compañía relacionados con manufactura esbelta, por lo que se ha buscado con este proyecto aumentar tales valores, mediante la implementación de mejoras dentro del departamento de producción y mantenimiento.

Se evidencia al final del proyecto, en mayo de 2017 que los índices de eficiencia global han aumentado a lo largo de los meses como se muestra a continuación.

Tabla 3.33. Valores del índice de eficiencia global desde enero hasta mayo para cada línea de producción y el total del área de SMT.

Mes		Efectividad	Calidad	Disponibilidad	OEE
Enero	Línea 2	59%	50%	89%	26%
	Línea 3	26%	13%	72%	2%
	Línea 4	29%	70%	75%	15%
	Total	38%	44%	79%	13%
Febrero	Línea 2	74%	53%	86%	34%
	Línea 3	44%	54%	67%	16%
	Línea 4	45%	79%	80%	28%
	Total	54%	62%	78%	26%
Marzo	Línea 2	68%	59%	85%	34%
	Línea 3	44%	45%	77%	15%
	Línea 4	47%	80%	84%	32%
	Total	53%	61%	82%	27%
Mayo	Línea 2	69%	70%	82%	40%
	Línea 3	64%	48%	81%	25%
	Línea 4	51%	80%	86%	35%
	Total	61%	66%	83%	34%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

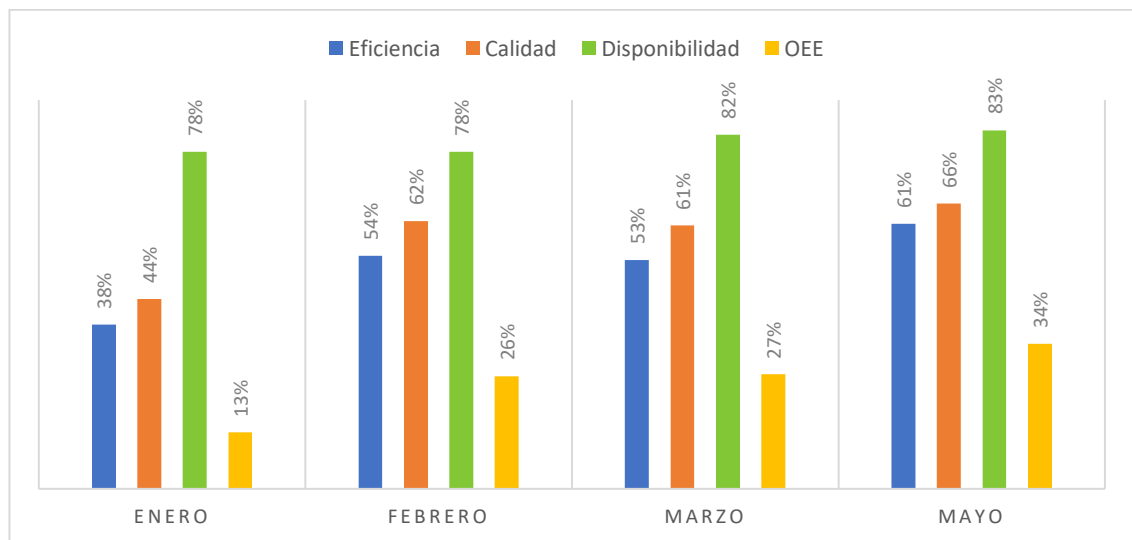


Figura 3.44. Gráfico de índice de eficiencia global de enero a mayo para cada línea de producción y el total del área de SMT.

Fuente: Blanco, E. 2017

Se evidencia allí que el índice de eficiencia global del área de SMT en la empresa ha aumentado de un 13% al inicio del proyecto a un 34% al finalizar el mismo. Donde la disponibilidad ha aumentado de un 78% a un 83%, lo que equivale al aumento de 32,4 horas por línea de aumento de producción al comparar el mes de inicio y finalización del proyecto, por lo que si se toman en cuenta las tres líneas de producción tomadas en cuenta serían 97,2 horas totales de aumento de tiempo productivo.

Se busca la medición de disponibilidad de las máquinas por parte del departamento de mantenimiento para así identificar cual es el aporte del mismo al índice de eficiencia global del área de SMT presentado anteriormente. La medición de estos índices se da cómo se ha indicado en el marco teórico en el apartado de indicadores del mantenimiento y mediante una hoja electrónica de Excel diseñada para la medición de estos índices en cada una de las máquinas en las cuatro líneas de SMT. (Se debe recordar que a pesar de que los indicadores se implementan para las cuatro líneas de producción, las mejoras solo se evidencian y se toman en cuenta tres de ellas, ya que la línea 1 se encuentra completamente fuera de servicio desde enero de 2017).

Para la medición de la disponibilidad y la confiabilidad, índices de clase mundial para el mantenimiento e importantes para reflejar la eficiencia del departamento, se deben tomar en cuenta los índices de Tiempo medio entre fallas y Tiempo medio de reparaciones los cuales se muestran a continuación.

3.5.2 *Tiempo medio entre fallas (TMEF)*

Dentro de los indicadores que se implementan en el departamento de mantenimiento está el tiempo medio entre fallas (TMEF) el cual es importante para el análisis de la fiabilidad. Este mostrará en promedio cuánto es el tiempo entre averías para una unidad reparable. Mientras más alto sea este índice será mejor ya que indicará que hubo menos cantidad de fallas ya sea por máquina o por conjunto de máquinas o sistema analizado. La fórmula de cálculo de este índice se encuentra en el marco teórico de este documento. Se muestra a continuación una comparación de los datos de TMEF (medido en horas) obtenidos para marzo, abril y mayo.

Tabla 3.34. Resumen de valores de Tiempo medio entre fallas (en horas) de febrero a mayo de 2017

	Febrero (h)	Marzo (h)	Abril (h)	Mayo (h)
2-SIP	11	24	23	28
Línea 2	9	16	15	15
3-SIP	20	25	30	28
Línea 3	13	20	16	15
4-SIP	15	22	23	24
Línea 4	11	11	12	11
Promedio	10	12	18	13

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Se tiene con el resumen anterior que se tiene una falla cada 10 horas en promedio para el mes de febrero y de 13 horas para el mes de mayo. Con lo que se evidencia que efectivamente, se reduce la cantidad total de fallos en las líneas de producción de SMT.

3.5.3 Tiempo medio de reparación (TMDR)

Se calcula el tiempo medio de reparación en el cual se refleja en promedio cuánto tarda una reparación en cada máquina, así como en las líneas de producción en general y en promedio general de toda el área de SMT.

Se muestra a continuación los datos obtenidos en los meses analizados a partir de febrero hasta parte de mayo.

Tabla 3.35. Resumen de valores de tiempo medio de reparación (en minutos) de febrero a mayo de 2017

	Febrero (min)	Marzo (min)	Abril (min)	Mayo (min)
2-SIP	32	25	34	36
Línea 2	30	32	35	37
3-SIP	41	58	38	43
Línea 3	40	53	51	44
4-SIP	41	34	36	41
Línea 4	38	45	39	43
Promedio	36	44	42	40

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Se muestra en el resumen anterior que la duración promedio de la reparación si aumenta de febrero a mayo, pasando de aproximadamente 36 minutos en promedio a 40 minutos. Este indicador aumenta por tener menor cantidad de fallas, por lo que el tiempo de averías totales se divide entre un menor número.

Para resumir el TMEF y el TMDR se puede decir que por ejemplo para la línea 3 se tiene para febrero en promedio una falla cada 13 horas que dura 40 minutos, lo cual según el análisis de costo de oportunidad presente en el capítulo de análisis económico esas fallas en un mes costarían aproximadamente \$143.175 que se dejan de percibir. Mientras que en mayo en promedio se da una falla cada 15 horas que dura 44 minutos, por lo que se dejan de percibir \$136 636 ese mes. Obteniendo una diferencia de \$6.539 entre esos meses.

3.5.4 Disponibilidad

Una vez obtenidos los datos de TMEF y TMDR es conveniente obtener la disponibilidad de los equipos en análisis. El resumen de los datos obtenidos se muestra a continuación.

Tabla 3.36. Resumen de porcentaje de disponibilidad

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
2-SIP	96%	98%	98%	98%
Línea 2	95%	97%	96%	96%
3-SIP	97%	96%	98%	98%
Línea 3	95%	96%	95%	95%
4-SIP	96%	97%	98%	97%
Línea 4	94%	93%	95%	94%
General	94%	94%	96%	96%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Esta es la disponibilidad de las máquinas del área de SMT por parte del departamento de mantenimiento, es decir que se toman en cuenta los tiempos de baja debidos a averías en las mismas, pero queda fuera de este indicador el tiempo de baja en la producción debido a depuración de programas o recetas, así como pruebas de ingeniería, tiempos de preparación de producto, entre otras actividades que no son debidas a fallos en las máquinas.

Es por lo anterior que se realiza una comparación de la disponibilidad presente en el índice de eficiencia global y la disponibilidad de parte del departamento de mantenimiento.

Tabla 3.37. Comparación de disponibilidades antes y después del proyecto para cada línea de producción.

		<i>Antes del proyecto</i>	<i>Después del proyecto</i>	<i>Diferencia</i>
<i>General</i>	Disponibilidad	78%	83%	5%
	Tiempo de baja en la producción (h)	142,6	110,1	32,5
<i>Por mantenimiento</i>	Disponibilidad	94%	96%	2%
	Tiempo de baja en la producción (h)	38,9	29,2	9,7

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016).

Se tiene con la información anterior que se reducen 32,5 horas de tiempos de baja en la producción para cada una de las tres líneas de producción en total, pero que de esa reducción 9,7 horas son las que corresponden a disminución de averías y fallos en las máquinas, lo que representa un 30% del total como se muestra a continuación.

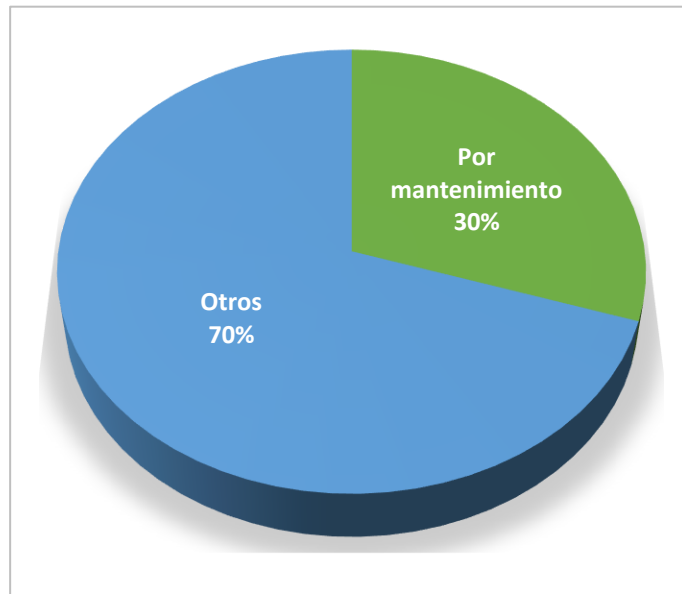


Figura 3.45. Porcentaje de reducción de tiempo de baja debido a mantenimiento u otros.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Se evidencia con este proyecto una reducción de 9,7 horas por tiempos de averías entre enero y mayo para cada línea de producción, lo cual equivale a un total de 29,1 horas para las tres líneas de producción en los cuatro meses del proyecto, lo cual representa un aumento de \$125.508 en los ingresos según el costo de oportunidad por hora que se analiza en el capítulo de análisis económico.

Se puede observar también que el porcentaje de tiempos de baja en la producción debido a mantenimiento antes de iniciar el proyecto es de un 27,3%, y al finalizar el proyecto es de 26,5%

Es importante analizar que un aumento en un 1% en la disponibilidad para una línea de producción equivale a un aumento de 6,5 horas productivas, lo que equivale según el análisis económico de costo de oportunidad a \$27.948 mensuales. Si se toman en cuenta las tres líneas de producción actuales, un aumento de 1% en la disponibilidad general equivaldría a un aumento de según el costo de oportunidad de aproximadamente \$83.845 por mes.

3.5.5 Confiabilidad

Se aprovecha el valor de TMEF para determinar la confiabilidad (R) de la máquina o sistema, lo que indicará la probabilidad de que la misma funcione sin fallos en un tiempo determinado (t). En este caso se calculará la confiabilidad para periodos de un mes, una semana y un día, lo anterior para visualizar la probabilidad de fallo que existe en cada máquina para esos tres diferentes periodos. Utilizando la ecuación

$$R(t) = e^{-t/TMEF}$$

Se muestran a continuación los datos tomando en cuenta los reportes de fallas desde febrero hasta mayo.

Tabla 3.38. Resumen de confiabilidad de la línea 2 de SMT

Máquina	Mensual	Semanal	Diaria
SM-2-LOA-3	67%	91%	99%
SM-2-TRA-1	45%	84%	97%
SM-2-SCA-3	67%	91%	99%
SM-2-PRI-1	1%	34%	84%
SM-2-SIG-1	30%	76%	96%
SM-2-SIP-1	0%	11%	69%
SM-2-SIP-2	0%	9%	67%
SM-2-SIP-3	0%	9%	67%
SM-2-SIP-T	0%	0%	30%
SM-2-HOR-1	3%	45%	87%
SM-2-AOI-1	6%	53%	90%
SM-2-TOT	0%	0%	17%

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel, 2016)

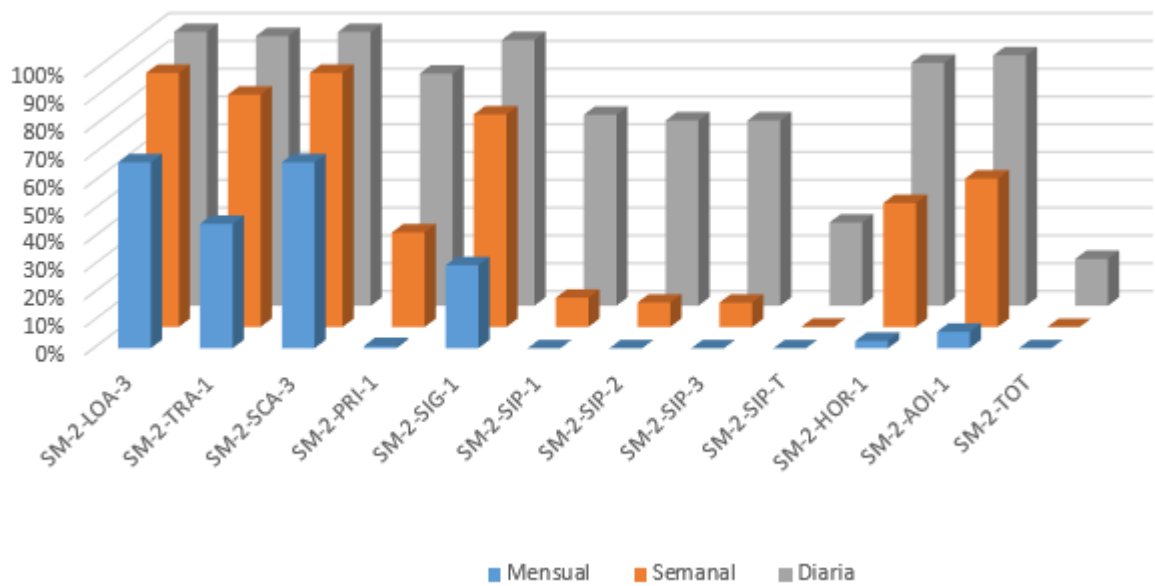


Figura 3.46. Resumen de confiabilidad de las máquinas de la línea 2 de SMT

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 3.39. Resumen de confiabilidad de la línea 3 de SMT

Máquina	Mensual	Semanal	Diaria
SM-3-LOA-1	67%	91%	99%
SM-3-LOA-3	20%	70%	94%
SM-3-SCA-3	45%	84%	97%
SM-3-SCA-4	67%	91%	99%
SM-3-PRI-1	9%	58%	91%
SM-3-SIP-1	0%	20%	76%
SM-3-SIP-2	0%	14%	72%
SM-3-SIP-3	0%	14%	72%
SM-3-SIP-T	0%	0%	39%
SM-3-HOR-1	0%	28%	81%
SM-3-AOI-1	20%	70%	94%
SM-3-TOT	0%	0%	23%

Fuente: Elaboración Propia (Microsoft Excel, 2016)

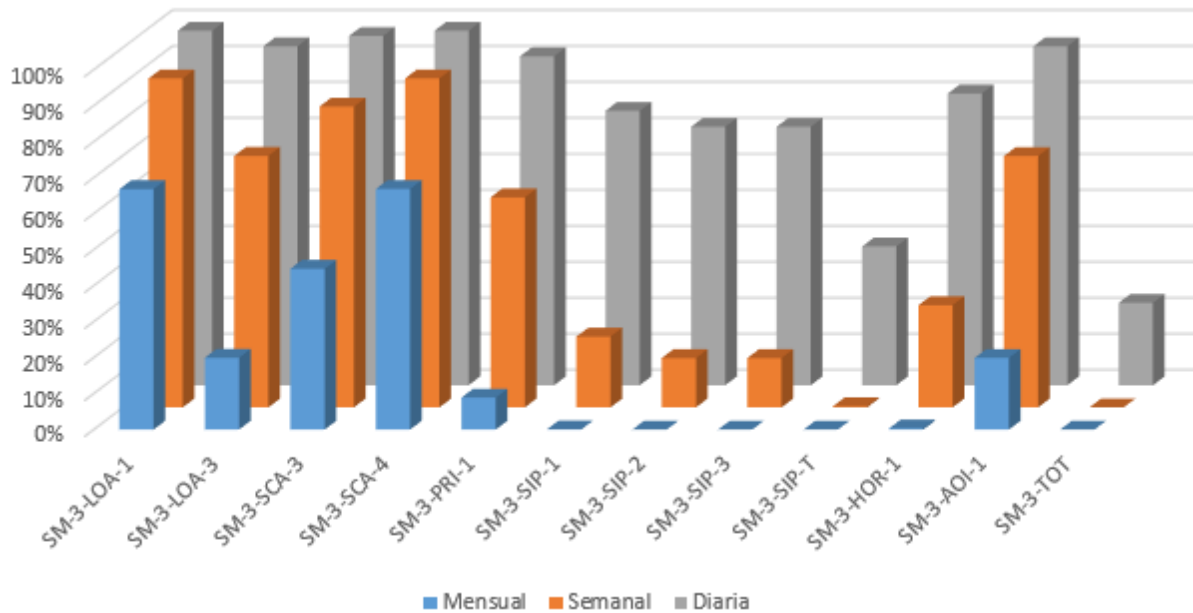


Figura 3.47. Resumen de confiabilidad de las máquina de la línea 3 de SMT

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Tabla 3.40. Resumen de confiabilidad de la línea 4 de SMT

Máquina	Mensual	Semanal	Diaria
SM-4-LOA-1	45%	84%	97%
SM-4-LOA-3	30%	76%	96%
SM-4-TRA-1	67%	91%	99%
SM-4-SCA-4	67%	91%	99%
SM-4-PRI-1	1%	37%	85%
SM-4-SIG-1	30%	76%	96%
SM-4-SIP-1	0%	4%	57%
SM-4-SIP-2	0%	3%	56%
SM-3-SIP-T	0%	0%	32%
SM-4-HOR-1	0%	11%	69%
SM-4-AOI-1	0%	24%	79%
SM-4-TOT	0%	0%	11%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

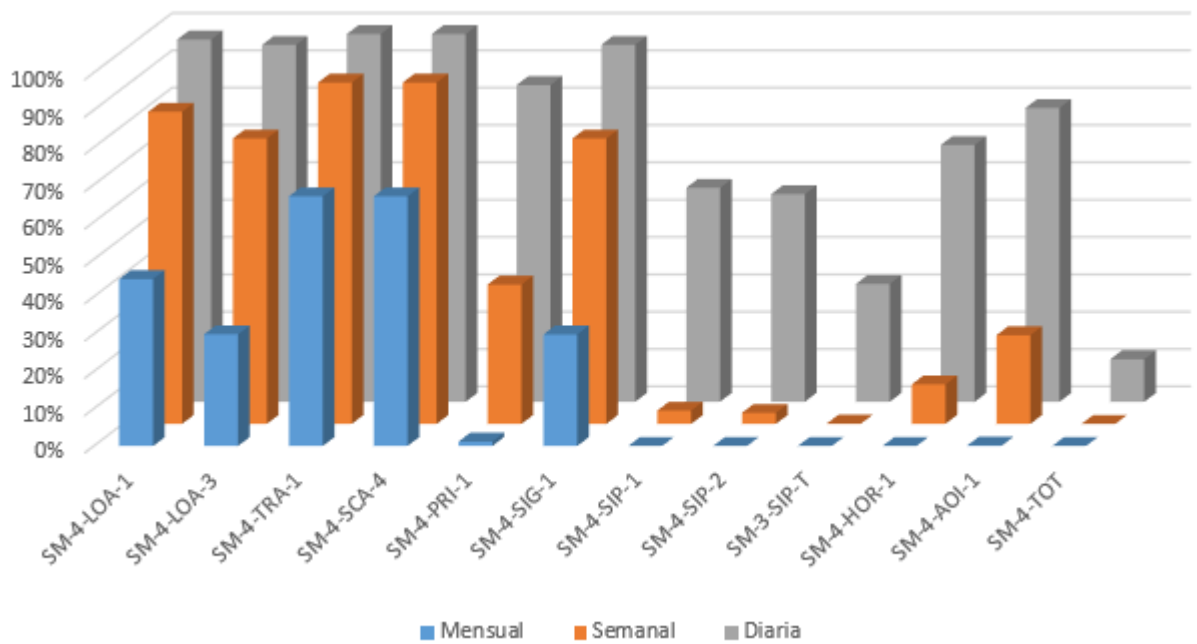


Figura 3.48. Resumen de confiabilidad de línea 3 de SMT

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Se puede observar que la confiabilidad en todos los casos aumenta para el cálculo diario con respecto al mensual y semanal. Eso se debe a que existe una menor probabilidad de que la máquina falle en un día, pero en muchos casos y debido a los datos obtenidos en este mes es bastante probable que ciertas máquinas fallen en el plazo de un mes.

3.5.6 Indicadores para mantenimientos preventivos

Se deben tener indicadores que evidencien la efectividad de los mantenimientos preventivos, por lo que se proponen acá tres índices básicos para lograr medir este tipo de mantenimiento.

3.5.6.1 Tasa de realización de mantenimientos preventivos.

Uno de los indicadores es el de tasa de realización de mantenimientos preventivos, en el cuál se mide el porcentaje de actividades de mantenimiento preventivo ejecutadas según las actividades que debieron hacerse, por lo que su cálculo se da de la siguiente manera.

$$\text{Porcentaje de realización de PM} = \frac{\text{Número de actividades llevadas a cabo}}{\text{Número de actividades previstas}} \times 100$$

Hasta la fecha, en el área de SMT se han cumplido con todas las actividades de mantenimiento preventivo desde el comienzo de este proyecto, por lo que para todas las máquinas y para el área de SMT este índice es del 100% desde enero hasta abril de 2017.

A pesar de eso, es importante la medición de este índice ya que en conjunto con los que se explicarán a continuación, permiten mostrar que tan eficiente es el mantenimiento preventivo en la empresa, además la tasa de realización evidencia el porcentaje de trabajos preventivos cumplidos, por lo que, si se da un fallo en una máquina se puede tener un respaldo que ese no fue debido al incumplimiento de los planes preventivos en caso de que si se hayan cumplido los mismos y en caso contrario se mostrará que la falta en mantenimientos preventivos puede conducir a fallos en las máquinas si ellos tienen alguna relación.

Para poder continuar con la medición de este es necesario que se sigan completando las listas de chequeo de mantenimientos preventivos cada vez que se dan estas actividades.

La meta que se ha fijado para este indicador es de un 100%, eso debido a que se busca la prevención y disminución de fallas, además de que se recomienda aumentar las actividades preventivas para evitar fallos que se presentan en las máquinas actualmente. Principalmente en algunos componentes específicos como las boquillas, las cuales presentan muchos fallos actualmente.

3.5.6.2 Tasa de uso del mantenimiento preventivo.

En este se comparará el tiempo planificado con el tiempo real utilizado para mantenimientos preventivos, con la ecuación que se muestra a continuación.

$$\text{Porcentaje de uso del PM} = \frac{\text{Horas totales utilizadas para PM}}{\text{Horas planificadas para PM}} \times 100$$

Para este es necesario que se completen los tiempos de cada mantenimiento preventivo en el Logbook digital del departamento, ya que ese será el tiempo de “Horas totales utilizadas para PM” y las horas planificadas serán tomadas de los planes de mantenimiento preventivo ya programadas según el período de tiempo que se tome para el cálculo del indicador.

Este ayudará a determinar si se está tomando más tiempo en los mantenimientos preventivos para posteriormente analizar las causas y buscar disminuir los tiempos de mantenimiento preventivo sin sacrificar la buena realización de los mismos cumpliendo con todas las actividades asignadas y realizándolas como es debido según los manuales de las mismas. Con el tiempo se debe buscar optimizar tales tiempos y tenerlos claros según cada una de las actividades, lo cual se puede lograr.

El valor que se va a obtener en este indicador será el porcentaje utilizado del tiempo asignado. Es decir que si por ejemplo se tienen 32 horas asignadas para mantenimiento planificado y se utilizan 64 la tasa será del 200%, es decir que se ha utilizado el doble del tiempo estipulado. Por el contrario, si se tienen las mismas 32 horas asignadas y se utilizan solamente 24 entonces la tasa será del 75%, lo que indica que se ha utilizado solamente un 75% del tiempo previsto para esas actividades.

Se espera que este índice se mantenga entre un 90% y un 100%, eso ya que la planificación en las líneas de producción debe mantenerse para no afectar el tiempo de producción, por lo que se espera que no se ocupe más del 100% de lo planificado para estos trabajos. Por otro lado, se espera que las actividades de mantenimiento preventivo se hagan completas en todos los casos, por lo que el tiempo no podría disminuir más allá de un 90% si se realizan todas las actividades.

3.5.6.3 Relación de mantenimiento correctivo y preventivo.

Este indicador busca obtener la relación entre los mantenimientos que se realizan en la empresa que en este caso son solamente mantenimiento preventivo, correctivo y ahora autónomo por parte de los operarios. En caso de que se llegue a aplicar otro tipo como el predictivo habrá que añadirlo dentro de este indicador.

Para este se requiere la cantidad de tiempo en actividades por fallos correctivos, el tiempo de mantenimiento preventivo y autónomo en el tiempo en que se quiera medir el indicador, por ejemplo, mensual.

Para este caso si se tiene los datos para el cálculo, por lo que los resultados se muestran a continuación:

Tabla 3.41. Porcentaje de mantenimiento preventivo de enero a mayo de 2017.

Mes	Preventivo	Correctivo	Total	Porcentaje de preventivo
Enero	2520	6198	8718	29%
Febrero	2160	5000	7160	30%
Marzo	2520	6714	9234	27%
Abril	2280	4612	6892	33%
Mayo	840	1535	2375	35%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

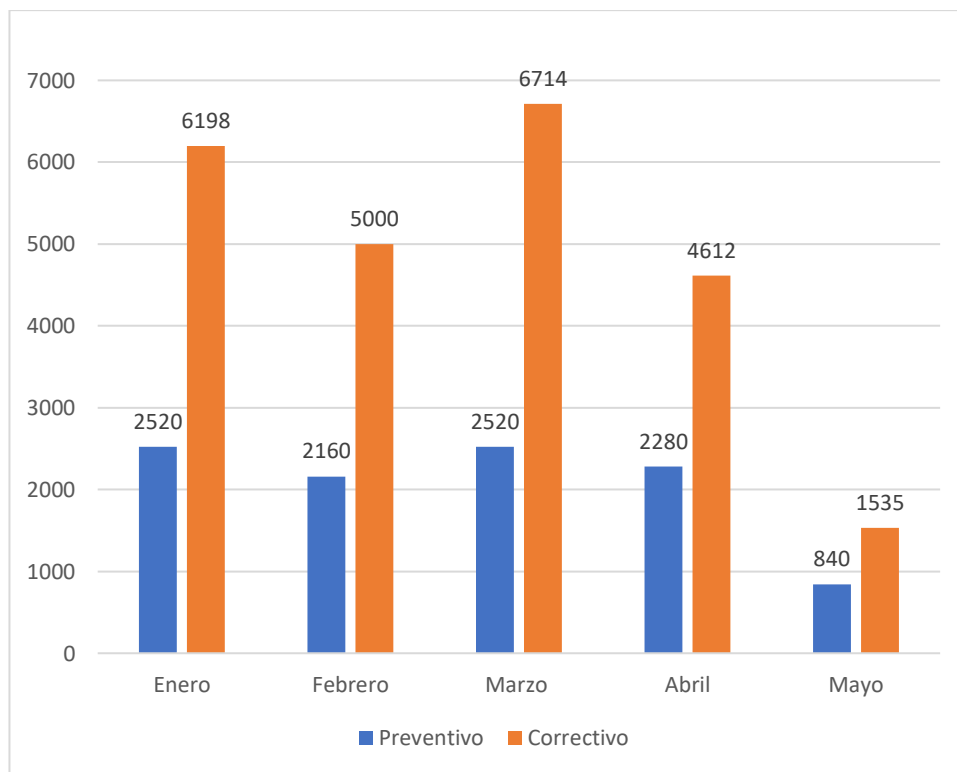


Figura 3.49. Cantidad de mantenimiento correctivo y preventivo entre enero y mayo 2017.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

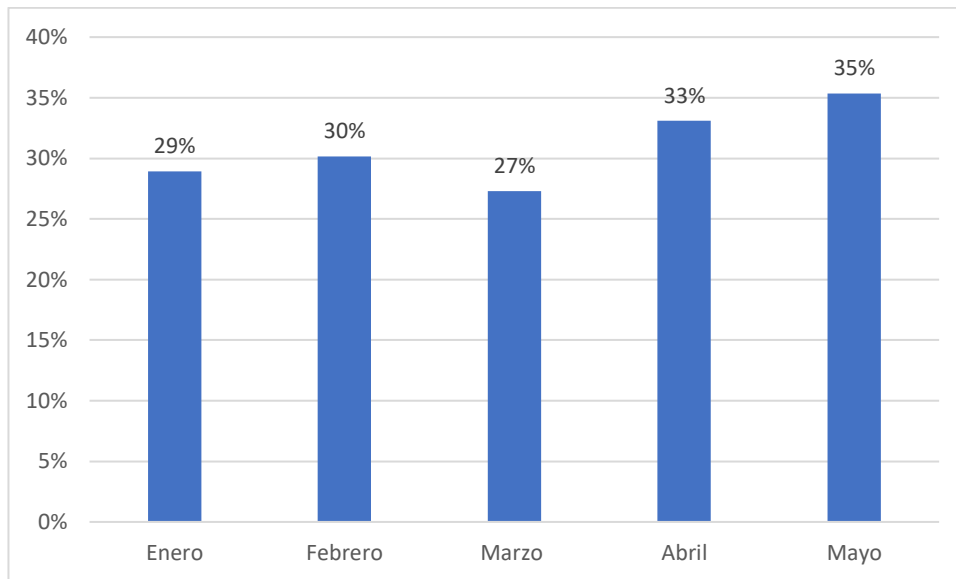


Figura 3.50. Porcentaje de mantenimiento preventivo de enero a mayo de 2017

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Con los datos anteriores se observa que se da un aumento general en el porcentaje de mantenimiento preventivo a pesar de que la cantidad de horas para este tipo de mantenimiento es relativamente constante. Eso se debe a la disminución de la cantidad de mantenimiento correctivo.

Otro aspecto importante que se evidencia es el aumento de este porcentaje en abril que puede ser debido a una menor cantidad de días laborados por la semana santa, lo cual hace que en esos días no se den fallos y que además de eso los ciclos de las máquinas disminuyan para ese mes, causando menor cantidad de fallos en abril.

Se debe buscar en la empresa aumentar este porcentaje mediante la disminución de fallos, lo que implicaría disminución de mantenimiento correctivo y si fuera necesario se debe aumentar el mantenimiento preventivo, reforzando principalmente las partes de las máquinas en las que se dan más fallos.

3.5.6.4 Número de fallas entre mantenimientos preventivos.

Con este indicador se busca evidenciar que tan efectivos son los mantenimientos preventivos que se realizan en cada máquina, cada línea de producción y en general en el área de SMT.

Se requiere para este indicador tener la fecha y hora de finalización del primer mantenimiento preventivo que se tome como base, así como el inicio del segundo mantenimiento preventivo a analizar. Se tomarán entonces la cantidad de acciones preventivas llevadas a cabo en esa línea de producción o máquina que se encuentra en análisis y ese será el número de fallas entre mantenimiento preventivo. Con ello se busca conocer a que se deben las fallas que se dan después de los mantenimientos preventivos, de manera que se empiecen a incluir actividades preventivas para esos fallos, además de notar si se genera alguna falla debida a los mantenimientos preventivos para modificarla.

Se debe realizar esto de manera diferenciada para los mantenimientos preventivos mensuales, trimestrales, semestrales y anuales para identificar si la frecuencia de las actividades es correcta o si se debe acortar la frecuencia o aumentarla en caso de que sea posible sin arriesgar a que se produzcan fallos por ello.

Es de suma importancia para la obtención de este indicador que se lleve un registro completo de las actividades de mantenimiento tanto correctivo como preventivo, ya que sin eso la información no será completamente certera, ya que a partir del Logbook digital es de donde se puede obtener este indicador. Aplicando un filtro entre las fechas de mantenimientos preventivos en la sección de mantenimientos correctivos.

3.6 Estrategia de venta y cambio cultural de la organización

Para la implementación de los pilares del TPM es necesario que todos los colaboradores de la empresa conozcan lo que se desea realizar con este proyecto y para qué es importante el mismo.

Para ello, se recomienda a Zollner Electronics Costa Rica la creación de un comité que vele por dar a conocer la importancia de su implementación así como guiar a las diferentes áreas para la implementación de los pilares del TPM. Este equipo será liderado por el gerente y en cada área de producción se tendría un líder que se encargue de la organización de grupos de trabajo para el TPM en cada una de las áreas. Lo anterior para guiar al resto de la organización en cada uno de los pilares que se vayan a implementar.

Es importante conocer la cultura organizacional deseada para la implementación del TPM. Esa se detalla a continuación.

1. El personal de planta debe estar interesado del buen funcionamiento de su máquina para obtener una mayor productividad con una buena calidad
2. Se debe buscar que los operarios tengan conciencia de la importancia del buen funcionamiento de las máquinas y que se preocupen por identificar perturbaciones en los equipos, de manera que las variaciones sean informadas al departamento pertinente para la realización de mejoras.
3. Es deseable que el personal de mantenimiento pueda guiar y enseñar a los operarios de las máquinas, para que conozcan los procedimientos más sencillos de mantenimiento en las máquinas de producción, realizando tareas conjuntas entre el departamento de producción y el de mantenimiento.
4. Un departamento de mantenimiento que esté al tanto de buscar solución a los problemas comunes o crónicos en las máquinas, implementando las mejoras para eliminar fallos, averías, pérdidas de calidad y de tiempos.

5. Personal proactivo que busque dar más de lo estipulado, en la búsqueda constante de mejoras en cada aspecto. De manera que vaya más allá de los procedimientos de trabajo.
6. Colaboradores bien capacitados para lograr determinar la manera más eficaz de eliminar pérdidas de tiempo, paros y averías en máquinas, defectos, velocidades reducidas y pérdidas por pequeños ajustes.
7. Equipos de trabajo multidisciplinarios motivados que logren idear e implementar mejoras para la eliminación de pérdidas.

Para lograr los puntos anteriores se crea una estrategia de cambio que implica primeramente dar mayor información sobre las ventajas que tiene el Mantenimiento productivo total tanto para la empresa como para los empleados. Dentro de esas ventajas se encuentran:

Para la empresa:

- Eliminación de pérdidas de calidad, tiempos y desperdicios, mejorando así la efectividad general de la empresa, la productividad y la rentabilidad.
- Acercamiento de la empresa a una de nivel mundial y de manufactura esbelta.
- Disminución de costos de mediante la producción esbelta y el mantenimiento justo a tiempo.
- Aumento en la capacidad de identificación de problemas y actividades negativas y la búsqueda de soluciones para las mismas.
- Aumento en la capacidad competitiva de la empresa.

Para los colaboradores de la empresa:

- Oportunidades de crecimiento y aprendizaje dentro de la empresa al lograr un mayor involucramiento con las máquinas de trabajo, logrando tener un mayor valor como colaboradores.
- Incremento en la moral del empleado al reconocer la importancia que tiene su trabajo para la empresa.

- Aprendizaje permanente.
- Creación de una cultura de prevención de eventos negativos para la salud, eliminando actividades que afecten la integridad de las personas y previniendo los fallos de las máquinas que sean nocivos para la salud.
- Eliminación de causas potenciales de accidentes.

Las ventajas anteriores deben ser del conocimiento de los empleados para poder motivarlos en la realización correcta de las actividades del mantenimiento productivo total. Una vez que ya se conoce lo anterior es recomendable crear competencias sanas para incrementar la participación e involucramiento de los colaboradores. Las competencias pueden ser entre las diferentes áreas de producción, líneas de producción o turnos, premiando en cuál de ellas se llevan a cabo más mejoras, se puede evaluar en cuál equipo de trabajo se cumple con más procedimientos de mantenimiento autónomo cuantificando también la reducción de pérdidas, así como en cual se logra obtener una eficiencia global mayor. Las competencias anteriormente mencionadas se pueden premiar con “Tradinos”, los cuales son bonos para el posterior cambio de objetos como tasas, gorras, libretas, entre otros objetos. La premiación mediante “Tradinos” es una medida ya utilizada en la empresa para los colaboradores que realizan proyectos de mejora continua.

El mismo método se puede utilizar no solo con los operarios de las líneas sino también con los técnicos y encargados del mantenimiento, de manera que se puedan premiar proyectos de mejora u acciones de reducción de pérdidas e ideas de valor que aporten a la empresa.

Se ha explicado la estrategia al departamento de recursos humanos y se cuenta con su aval para premiar con el método anteriormente mencionado. Se debe tener en cuenta que además de estas propuestas, ya la empresa se trabaja en fortalecer la motivación de los empleados, ya que uno de los cuatro pilares de Zollner Electronics son los colaboradores, por lo que se busca que la empresa sea catalogada como “Great Place to Work” o Excelente lugar para trabajar. Para lograr un buen trabajo por parte de los colaboradores es necesario tener a las personas motivadas, por lo que se realizan encuestas en los diferentes departamentos, evaluando los siguientes aspectos:

- ✓ Satisfacción en el puesto de trabajo, donde se evalúa si el operario cuenta con todas las herramientas que requiere para poder realizar su trabajo de forma correcta y cómoda.
- ✓ Satisfacción general, que se refiere a temas de comunicación de actividades, objetivos, deberes y derechos.
- ✓ Motivación, donde se quiere saber si la persona disfruta asistir al trabajo, y el equilibrio que tiene entre el trabajo y sus actividades fuera del mismo.
- ✓ Dirección del área, para determinar cómo es la relación entre los jefes y subalternos.
- ✓ Oportunidades de desarrollo, con lo que se busca conocer el progreso que tiene el colaborador en la empresa y las opciones para crecer dentro de la misma.

Se realizan también en la empresa reuniones de los departamentos o áreas de trabajo sin el jefe, de manera que se puedan saber los problemas ya sea del proceso, del área o del departamento en sí. Otro aspecto positivo en la empresa que permite la implementación del TPM es el trabajo mediante líderes, lo cual logra involucrar más a todos los involucrados por ser grupos más pequeños de trabajo.

Para lograr un mayor involucramiento de los colaboradores en la empresa y principalmente en el mantenimiento productivo total se deben tomar en cuenta a los involucrados, realizando reuniones en las que se conozcan los intereses y aspiraciones del personal de manera que se puedan implementar mejoras para ellos y que eso se vea reflejado en una mayor motivación. Además, toda acción dentro de los planes de mantenimiento autónomo puede ser filtrada por los operarios y encargados del mantenimiento para obtener mejoras y que las acciones no sean simplemente impuestas, sino que haya una colaboración y elaboración por ambas partes.

Es necesario realizar capacitaciones al personal de producción sobre un mantenimiento autónomo adecuado y eficaz. Donde puedan conocer además de los procedimientos la importancia de cualquier variación en la máquina, de manera que ellos mismos se preocupen más por el buen funcionamiento ya que si no se verá reflejado en productos no conformes, pérdidas de tiempo o fallos y averías.

Se debe capacitar tanto al personal de producción como al de mantenimiento en buenas prácticas de seguridad y manejo de herramientas para evitar accidentes a la hora de producir, realizar reparaciones o hacer mantenimiento a los equipos. El departamento de mantenimiento debe recibir capacitaciones con mayor profundidad en temas de mantenimiento y buenas prácticas en las máquinas de la empresa.

3.7 Plan de seguimiento y sostenibilidad del proyecto

Para dar sostenibilidad al proyecto se recomienda que otras áreas de la empresa auditen las mejoras realizadas referentes a documentación, tanto en las listas de chequeo de cinco eses como las de los manuales de mantenimiento autónomo y las ordenes de trabajo de mantenimiento.

Se debe auditar también que se continúe con el registro de información de mantenimientos preventivos y correctivos en el Logbook digital y que se lleve a cabo la medición de los indicadores de mantenimiento aquí propuestos.

Esas auditorías serán necesarias para crear la costumbre de realizar los trabajos referentes a cinco eses y mantenimiento autónomo, así como para verificar que se completen los documentos mencionados.

Para dar seguimiento al proyecto se recomienda continuar con la implementación de planes de mantenimiento preventivo y la capacitación hacia los operarios para que pueden realizar más tareas de engrase, lubricación, limpieza e inspección en mayor cantidad de máquinas. Y posteriormente con otros pilares como mantenimiento de calidad y prevención del mantenimiento o mantenimiento predictivo.

Es necesario luego expandir el mantenimiento productivo total a otras áreas de la planta de producción poco a poco y mediante la implementación de algunos pilares para ir introduciendo posteriormente en toda la empresa el mantenimiento productivo total.

En otra etapa, es necesario implementar el TPM en áreas administrativas, de manera que los procesos sean más eficientes y ayuden a reducir las pérdidas de tiempos y desperdicios en la producción. Analizando causas de pérdidas que sean generadas desde el área administrativa.

Se ha hecho ver en la empresa la necesidad del mantenimiento productivo total como método de reducción de pérdidas y gastos, así como para la mejora de la eficiencia y productividad. Es por lo anterior que la gerencia pretende continuar con el proyecto mediante los encargados de las diferentes áreas en conjunto con un líder general del TPM.

Se presenta a continuación un cronograma de la propuesta de implementación del mantenimiento productivo total en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda.

Tabla 3.42 Cronograma de seguimiento e implementación del TPM

Fecha inicial	Fecha final	Área	Pilar / Actividad
ene-17	jun-17	SMT	Cinco eses
			Cinco eses
			Mantenimiento Autónomo
			Control Visual
			Mejoras enfocadas
			Indicadores del mantenimiento
jun-17	oct-17	SMT	Mantenimiento preventivo
			Educación y entrenamiento
		Testing	Cinco eses
			Mantenimiento autónomo
			Mantenimiento preventivo
			Mejoras enfocadas
			Educación y entrenamiento
			Indicadores del mantenimiento
		Labeling	Cinco eses
			Mantenimiento autónomo
			Mantenimiento preventivo
			Mejoras enfocadas
			Educación y entrenamiento
			Indicadores del mantenimiento
		oct-17	ene-18
Mantenimiento autónomo			
Mantenimiento preventivo			
Mejoras enfocadas			
Educación y entrenamiento			
Indicadores del mantenimiento			
ene-18	may-18	SMT	Mantenimiento predictivo
		THT	Cinco eses
			Mantenimiento autónomo
			Mantenimiento preventivo
			Mejoras enfocadas
			Educación y entrenamiento
			Educación y entrenamiento
			Indicadores del mantenimiento
may-18	ago-18	Coating	Cinco eses
			Mantenimiento autónomo
			Mantenimiento preventivo
			Mejoras enfocadas
			Educación y entrenamiento
			Indicadores del mantenimiento
ago-18	dic-18	Áreas administrativas	TPM en áreas administrativas

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Excel, 2016

4. Capítulo IV. Análisis Económico

En el presente capítulo del proyecto se pretende analizar el costo del proyecto realizado en la empresa Zollner Electronics Costa Rica Ltda., así como los ahorros que el mismo generará.

4.1 Análisis de costo de oportunidad

Según información brindada por el departamento de planeación de producción se obtienen datos de los productos estrella o de alta demanda, que son los que se producen semanalmente en mayor cantidad y con mayor frecuencia para cada una de las tres líneas de producción estudiadas en este proyecto. De cada uno de ellos se obtiene la cantidad producida por semana, la duración del proceso de producción y el precio de venta de cada panel. Con ello se busca determinar el costo de oportunidad que cuesta en promedio una hora en cada una de las líneas de SMT. Los datos más importantes de cada línea se presentan a continuación.

Tabla 4.1 Costo de oportunidad de la línea 2 de SMT

Productos de alta demanda	Tiempo semanal (h)	Costo de oportunidad por hora
Headlamp D544 Park- RH	20,75	\$3.245
Headlamp D544 Park- LH	20,75	\$3.245
TeslaX Headlamp LDM ECE up-level - bottom	11,93	\$2.098
TeslaX Headlamp LDM SAE up-level - bottom	36,93	\$2.052
Promedio ponderado		\$2.606

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

En la línea 2, los productos de alta demanda de la tabla anterior representan el 74% del tiempo total de producción de la línea. Además, de allí se obtiene que asumiendo un tipo de cambio de 565 colones por dólar se tiene que el costo de oportunidad por hora aproximado de ₡1.472.390

Tabla 4.2 Costo de oportunidad de la línea 3 de SMT

Producto de alta demanda	Tiempo semanal (h)	Costo de oportunidad por hora
TeslaX FASCIA LDM up level ECE	15,20	\$1.595
TeslaX FASCIA LDM UP LEVEL SAE	10,66	\$1.630
TeslaX FASCIA LDM Base ECE	3,20	\$745
TeslaX FASCIA Turn LH	6,08	\$2.885
TeslaX CHMSL LDM	5,05	\$1.903
TeslaX FASCIA Turn RH	7,39	\$2.885
Promedio ponderado		\$1.944

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

En la línea 3, los productos de alta demanda de la tabla anterior representan el 46% del tiempo total de producción de la línea. Además, de allí se obtiene que asumiendo un tipo de cambio de 565 colones por dólar se tiene que el costo de oportunidad por hora aproximado de ₡1.098.360

Tabla 4.3. Costo de oportunidad de línea 4 de SMT

Producto de alta demanda	Tiempo semanal (h)	Costo de oportunidad por hora
TeslaX HL SIG/PARK Delivery set LH	5,35	\$7.515
TeslaX Headlamp LDM SAE base level - bottom	1,45	\$8.617
TeslaX HL SIG/PARK Delivery set RH	9,96	\$7.515
TeslaX Headlamp LDM ECE up-level - bottom	6,05	\$9.092
TeslaX Headlamp LDM SAE up-level - bottom	17,58	\$8.892
Promedio ponderado		\$8.390

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

En la línea 4, los productos de alta demanda de la tabla anterior representan el 34% del tiempo total de producción de la línea. Además, de allí se obtiene que asumiendo un tipo de cambio de 565 colones por dólar se tiene que el costo de oportunidad por hora aproximado de ₡4.740.350

Con los datos anteriores de cada línea se toma un promedio para la realización de cálculos económicos de una manera más sencilla. El resumen se muestra a continuación.

Tabla 4.4 Costos de oportunidad de las tres líneas de producción analizadas en el proyecto y su promedio.

Línea	Costo de oportunidad por hora
2	\$2.606
3	\$1.944
4	\$8.390
Promedio	\$4.313

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Es decir que en colones eso representaría un promedio costo de oportunidad por hora aproximado de ₡2 436 845, tomando el tipo de cambio de 565 colones por dólar.

Se tiene al inicio del proyecto que hay pérdidas debido a mantenimiento de 6198 minutos en el mes de enero, lo cual equivale a 103,3 horas. Es decir, que el costo de oportunidad perdido en enero fue de \$445.533 lo que equivale a ₡251 726 000

4.2 Costos del proyecto realizado

Mediante este proyecto la empresa Zollner Electronics invierte en los siguientes rubros.

Rubro	Especificación	Costo
Sobre para mesas de SMT	Estandarización de mesas de las líneas de SMT para cinco eses	\$88
Calcas de codificación de máquinas y etiquetas varias	Codificación para el mejoramiento del sistema de información	\$84
Mano de obra especializada	Salario e incentivos pagados durante los meses del proyecto	\$1900
Materiales para control visual	Cartones, y plásticos de colores	\$10
Total		\$2082

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word, 2016)

4.3 Ahorros que producirá el proyecto.

A lo largo de este proyecto se han mencionado actividades que ayudan a reducir las pérdidas de la empresa ya sea en tiempos de paros de la producción o disminución de desperdicios.

Esas mejoras en la efectividad de la empresa presentada en los capítulos anteriores de este documento se resumen a continuación.

Tabla 4.5. Resumen de ahorros económicos debidos al proyecto realizado

Acción implementada	Mejora medida	Tiempo de paros reducidos anuales (h)	Ahorro económico anual
Señalización de manómetros	Reducción de error C32577 (Error en la presión de aire)	8	\$34 500
Estandarización, orden y limpieza	Reducción de tiempos de baja en producción por falta de insumos y desorden de elementos.	1,6 Solamente de enero	\$6 830
Mantenimiento autónomo y 5S	Aumento en la disponibilidad por parte del departamento de mantenimiento	29,1 De enero a mayo	\$125 508
Total		38,7	\$166 838

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Aparte de los ahorros económicos presentados en la tabla anterior, se tiene algunas otras mejoras en el área de SMT debidas al proyecto realizado que son difíciles de cuantificar. Una de ellas es la reducción de componentes desechados en la máquina de colocación de componentes (SIPLACE) al realizar una limpieza más constante de los sensores y las boquillas se esperan reducciones de los errores en las mismas por lo que la tasa de rechazo de componentes será menor. Otra mejora debe darse con respecto al mejoramiento en la colocación y retiro de los estenciles en el marco para la máquina impresora de pasta de soldadura, ya que se espera una reducción en los tiempos de “set up” o de preparación, así como una reducción en las averías de los mismos por la mala colocación.

Se espera disminución de tiempos en la reparación de fallas, así como disminución de tiempos en las actividades de mantenimiento preventivo debido a un mayor orden en las herramientas del departamento. Igualmente, en las líneas gracias al orden se espera obtener una mayor eficiencia.

Mediante el mantenimiento autónomo y las rutinas diarias de 5S se esperan reducciones en los fallos debido a la notificación previa de variaciones en los parámetros físicos como vibraciones, ruidos, entre otros, lo cual ya se ha evidenciado como se muestra en la Figura 3.13. Ejemplo de prevención de fallos en las máquinas mediante la verificación del estado de las máquinas.

4.4 Análisis financiero del proyecto

En el siguiente apartado se describirán los gastos y ahorros que se generan con este proyecto, con el fin de evidenciar la viabilidad del mismo. Se procede a continuación a especificar la inversión realizada y el ahorro a obtener en los próximos tres años mediante el flujo neto de efectivo (FNE)

Tabla 4.6. Análisis del Flujo Neto de Efectivo del proyecto.

Año	0	1	2	3
Ahorros	\$0	\$166 838	\$166 838	\$166 838
Inversión del Proyecto				
Mano de obra práctica profesional	\$1 900	\$0	\$0	\$0
Sobre de aluminio para mesas SMT	\$88	\$0	\$0	\$0
Calcas de codificación y etiquetas	\$84	\$0	\$0	\$0
Materiales para control Visual	\$10	\$0	\$0	\$0
FNE (Flujo neto de efectivo)	-\$2 082	\$166 838	\$166 838	\$166 838
VA (Valor Actual)		\$151 671	\$137 883	\$125 348

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Con los datos anteriores es posible obtener los valores necesarios para la evaluación financiera del proyecto, cómo lo son el Valor actualizado neto del proyecto a tres años plazo y la Tasa de Retorno de la inversión para el mismo periodo, tomando en cuenta que la tasa de rendimiento mínima aceptable en este caso es del 10%.

Tabla 4.7. Valores para la evaluación financiera del proyecto

Descripción	Valor
Valor Netos Actuales	\$414 901
TREMA (Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable)	10,00%
VAN (Valor Actualizado Neto)	\$412 819
TIR (tasa de Retorno de Inversión)	8013%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

De allí se obtiene que el valor actual neto de este proyecto, a tres años plazo es de aproximadamente \$412 000, lo que indica que ese sería el ingreso aumentado en la empresa si se utilizan los tiempos liberados para la producción. Además, se tiene que la tasa de retorno de la inversión es de más del 8000%, lo que indica que ese es el porcentaje de ganancia a tres años con respecto a la inversión realizada.

Es evidente que el proyecto es muy rentable por el hecho de que la inversión es muy baja con respecto a los aumentos en los ingresos que puede producir un aumento en la producción de la empresa. Eso se confirma al observar que el VAN es positivo y que el TIR es mayor que la TREMA por lo que si se sobrepasan las expectativas mínimas aceptables de ganancia del proyecto.

Se muestra a continuación la recuperación que se da cada uno de los tres años para los cuales se evalúa este proyecto.

Tabla 4.8. Porcentaje de recuperación del proyecto para los siguientes tres años

Periodo de Recuperación	Inversión	Valor Recuperado	Valor Actual	Porcentaje recuperado
1	\$-2 082	\$151 671	\$149 589	7285%
2	\$149 589	\$137 883	\$287 472	13907%
3	\$287 472	\$125 348	\$412 819	19928%

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel, 2016)

Se muestra en la tabla anterior que la recuperación de la inversión del proyecto se da en el primer año, recuperando más de un 7000% de la inversión en el año uno.

5. Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. El orden, la limpieza y la estandarización, implementadas en el área de SMT evidencian reducciones de paros de al menos 95 minutos por mes.
2. La codificación de los equipos constituye un mecanismo con el que el departamento de mantenimiento puede referenciar los equipos en el sistema de información de la empresa.
3. Las órdenes de trabajo de mantenimiento mejoran el historial de fallos de las máquinas, lo que permite el cálculo de indicadores.
4. La implementación de manuales de mantenimiento autónomo fortalece el servicio de mantenimiento por parte del personal de producción.
5. Se disminuyen al menos 8 horas de paros anualmente mediante la señalización de manómetros y la implementación de actividades de limpieza.
6. Se obtiene un aumento general de un 2% en el indicador de disponibilidad del departamento de mantenimiento lo que da posibilidad a un aumento en los ingresos de la empresa de \$125 508 por año.
7. Se determina que el porcentaje de paros en la producción debidos a fallos en las máquinas pasa de ser 27,2% en enero a 26,5% en mayo de 2017 en el área de SMT.
8. La disponibilidad general aumenta de un 78% a un 83%, lo que equivale al aumento de 32,4 horas por línea de producción.
9. Se plantea el uso de Tradinnos así como la capacitación para la motivación de los colaboradores en los proyectos referentes al TPM.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda auditar las actividades de 5S implementadas en el área de SMT para crear una disciplina de orden y limpieza de manera que se aumente la prevención de fallos en las máquinas y se reduzcan tiempos en la preparación de la producción y en la reparación de averías.
2. Es importante el uso constante de órdenes de trabajo para la creación de una cultura de registro de las actividades de mantenimiento para el cálculo de indicadores y la obtención de un historial claro que ayude a mejorar la gestión del mantenimiento en la empresa.
3. Se debe continuar con la creación de manuales de mantenimiento autónomo y la implementación de los mismos tanto en otras máquinas de SMT como en el resto de las áreas de la empresa, eso acompañado de más capacitación para técnicos y operarios, lo anterior para disminuir la cantidad de averías, mejorar la productividad y recibir retroalimentación por parte de los operarios.
4. Se recomienda implementar las mejoras enfocadas analizadas en este documento para reducir los errores observados en las máquinas SIPLACE los cuales son responsables de gran cantidad de averías en el área de SMT.
5. Es importante continuar con la medición de los indicadores de mantenimiento e implementar los propuestos para la medición de la efectividad de los mantenimientos preventivos.
6. Se recomienda la motivación de los colaboradores involucrados en el proyecto del TPM mediante la metodología de Tradinnos para mejorar la implementación del mismo, así como la expansión del proyecto a las otras áreas de la empresa.

6. Capítulo VI. Bibliografía

- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2015). *Total Productive Maintenance*. Taylor & Francis,.
- ASM Assembly Systems GmbH & Co. (2014). *SIPLACE SX1/SX2 V2 Maintenance Manual*. Munchen, Alemania.
- AT&S. (15 de Febrero de 2017). *AT&S*. Obtenido de <http://www.ats.net>
- Belohlavek, P. (2006). *OEE: overall equipment effectiveness*. Blue Eagle Group.
- Ben-Daya, M., Ait-Kadi, D., Duffuaa, S. O., Knezevic, J., & Raouf, A. (2009). *Handbook of maintenance management and engineering* (Vol. 7). Springer London.
- Borris, S. (2006). *Total productive maintenance*. New York: McGraw-Hill.
- Carvajal, J. (2012). *Mantenimiento Productivo Total. Lecturas escogidas*. Costa Rica: Publicaciones TEC.
- Carvajal, J. (2014). *TPM. Mantenimiento Productivo Total. Orientaciones para su implementación*. Costa Rica: Publicaciones TEC.
- COVENIN 304.9. (1993). *Mantenimiento: Definiciones. 1era revisión*.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2000). *TPM: Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*. Gestión 2000,.
- de León, F. C. G. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. Editum.
- Departamento de Cotizaciones. (2017). [Excel] Zollner Electronics Costa Rica Ltda., Rheem SMT line costs. Cartago.
- Departamento de Ingeniería. (2017). [Excel] Zollner Electronics Costa Rica Ltda., Hourly Production. Cartago.
- Departamento de Planeación. (2017). [Excel] Zollner Electronics Costa Rica Ltda., Reporte_prod wk 8. Cartago.
- Departamento de Recursos Humanos. (2017). Zollner Electronics Costa Rica Ltda., Estrategia de cambio cultural y sostenibilidad del proyecto. Cartago.
- Duffuaa, S, Dixon, J. Abdul, R., Niebel, B. W., Maynard, H. B., MARIA, J., Castanyer, F, & Filiba, S. (2000). *Sistemas de mantenimiento: planeación y control*. Limusa,.

- Fernández, F. J. G. (2004). *Auditoria del mantenimiento e indicadores de gestión*. Editorial FC.
- Fernández, F. J. G. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. Editorial FC.
- Flores, J. F. (2004). *Medición de la efectividad de la cadena de suministro*. Editorial Panorama.
- [Fotografía de Esteban Blanco] (Planta de producción. 2017). Archivos fotográficos proyecto de graduación. Zollner Electronics, Cartago, Costa Rica.
- Garrido, S. G. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos.
- Gómez, C. (2011). *Mantenimiento Productivo Total. Una visión global*. España.
- Hansen, R. C. (2001). *Overall equipment effectiveness: a powerful production/maintenance tool for increased profits*. Industrial Press Inc.
- Janóczki, M., Becker, Á., & Jakab, L. (10 de Junio de 2013). *INTECH*. Obtenido de www.intechopen.com
- JUDGE, T. A., Robbins, S. P., & Sobral, F. (2009). *Comportamiento organizacional*. Prentice-Hall.
- Norma, I. S. O. (2008). 9001: 2008. *System zarządzania jakością–Wymagania*.
- Norma, U. N. E. (2003). 66175: *Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la implantación de sistemas de indicadores*. UNE, 66175.
- Ortiz, Y; Mesa, D; Pinzón, M; (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. *Scientia Et Technica*, Mayo, 155-160
- Lefcovich, M. (2009). *TPM mantenimiento productivo total: un paso más hacia la excelencia empresarial*. El Cid Editor.
- Lluis, C., & Torrell, F. (2010). *TPM en un entorno Lean Management*. Profit Editorial. Barcelona. España.
- Renovetec. (13 de Febrero de 2017). *renovetec*. Obtenido de <http://www.renovetec.com>

- Rodríguez, H. V. (2004). *Manual de implementación del programa 5S*. Juan Carlos Martínez Coll.
- Sacristán, F. R. (2001). *Mantenimiento total de la producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo*. FC Editorial.
- Sacristán, F. R. (2005). *Las 5S: orden y limpieza en el puesto de trabajo*. FC Editorial.
- valderrama, J. O. (2014). Diseño de un programa computacional para evaluar la gestión del mantenimiento basado en la seguridad del mantenimiento. *Información tecnológica*, 15, 71-78.
- Wakerly, J. F. (2001). *Diseño digital: principios y prácticas*. Pearson educación.
- Wireman, T. (2004). *Total productive maintenance*. Industrial Press.
- Willmott, P. (1994). *Total productive maintenance*. Oxford: Butterworth-Heinemann.

7. Capítulo VII. Apéndices

7.1 Fichas técnicas

		Ficha técnica de maquinaria	
Máquina:	Magazine unloader	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	AES 03D	Código:	SM-1-LOA-1
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	62848
Peso: 407 kg Altura: 1750 mm Ancho: 1470 mm Largo: 1171 mm			
Dimensiones permitidas en PCB min: 50x70 mm max: 460x460 mm			
Características técnicas:		Foto de la máquina	
<ul style="list-style-type: none">• Fuente de alimentación: 230 V- 50 Hz \pm 10%• Consumo de potencia: 0,75 KW• Voltaje secundario: 24 V DC• Presión: 5 bar• Consumo de aire: 5 l/min			
Funciones:		Elaborado por: E. Blanco, 2017	
<ul style="list-style-type: none">• Módulo para carga automática de PCBs• Puede ser equipado de dos o más magazines cambiando automáticamente al finalizar			

Máquina:	Buffer System	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	FPS 30B	Código:	SM-1-LOA-2
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	063105

Peso: 390 kg Altura: 2060 mm Ancho: 1375 mm Largo: 1200 mm

Dimensiones permitidas en PCB min: 50x80 mm max: 460x610 mm

Características técnicas:

- Fuente de alimentación:
230 V / 60 Hz
- Consumo de potencia: 0,8 KW
- Presión: 5 bar
- Consumo de aire: 5 - 8 l/min

Funciones:

- Módulo para el almacenamiento de PCBs.
- Transporte de PCBs, puede seleccionarse para todas las tarjetas o solo las que cumplen ciertos parámetros. Se puede elegir modo First in First Out o en el orden reverso al orden de llegada.

Foto de la máquina



Elaborado por: E. Blanco, 2017

Máquina:	Magazine Loader	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	AMS 03D	Código:	SM-1-LOA-3
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	062848

Peso:	400 kg	Altura:	1850 mm	Ancho:	1470 mm	Largo:	1171 mm
Dimensiones permitidas en PCB	min: 80x80 mm		max: 460x460 mm				

Características técnicas:

- Fuente de alimentación:
230 V- 50 Hz \pm 10%
- Consumo de potencia: 0,75 KW
- Voltaje secundario: 24 V DC
- Presión: 5 bar
- Consumo de aire: 5 NI/min

Funciones:

- Módulo para carga automática de PCBs de hasta dos líneas a la
- Puede ser equipado de dos o más magazines cambiando automáticamente al finalizar

Foto de la máquina



Elaborado por: E. Blanco, 2017

Máquina:	Basic Destaker	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	BDS 01	Código:	SM-1-TRA-2
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	062837

Peso: 85 kg Altura: 1222 mm Ancho: 800 mm Largo: 530 mm

Dimensiones permitidas en PCB min: 50x70 mm max: 460x460 mm

Características técnicas:

- Fuente de alimentación:
230 V- 60 Hz \pm 10%
- Consumo de potencia: 0,9 KW
- Voltaje secundario: 24 V DC
- Presión: 6 bar
- Consumo de aire: 13 l/min

Funciones:

- Módulo para separar tarjetas apiladas.
- Modulo de transporte de las tarjetas a la siguiente unidad de la línea.

Foto de la máquina



Elaborado por: E. Blanco, 2017

Máquina:	Transport Module	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	TRM 01	Código:	SM-1-TRA-3
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	062839

Peso: 100 kg Altura: 1085 mm Ancho: 800 mm Largo: 530 mm

Dimensiones permitidas en PCB min: 80x80 mm max: 460x460 mm

Características técnicas:

- Fuente de alimentación:
230 V / 50 Hz
- Consumo de potencia: 0,75 KW
- Voltaje secundario: 24 V DC
- Presión: 5 bar
- Consumo de aire: 3 - 8 l/min

Funciones:

- Módulo para transporte para la conexión entre máquinas de producción
- Modulo para inspección al detener el transporte

Foto de la máquina



Elaborado por: E. Blanco, 2017

Máquina:	Transport Module	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	TRM 02	Código:	SM-1-TRA-4
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	062842

Peso: 135 kg Altura: 1120 mm Ancho: 800 mm Largo: 1060 mm

Dimensiones permitidas en PCB min: 70x70 mm max: 460x460 mm

Características técnicas:

- Fuente de alimentación:
120 V / 60 Hz
- Consumo de potencia:
0,75 KW
- Voltaje secundario:
24 V DC
- Presión:
5 bar
- Consumo de aire:
3 - 8 l/min

Foto de la máquina**Funciones:**

- Módulo para transporte para la conexión entre máquinas de producción
- Modulo para inspección al detener el transporte

Elaborado por: E. Blanco, 2017

Máquina:	Transport System	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	TDM 06	Código:	SM-1-TRA-5
Marca:	ASYS GROUP	N° Serie:	062843

Peso: 280 kg Altura: 1010 mm Ancho: 1000 mm Largo: 1590 mm

Dimensiones permitidas en PCB min: 50x50 mm max: 460x460 mm

Características técnicas:

- Fuente de alimentación:
120 V / 60 Hz
- Consumo de potencia:
0,75 KW
- Voltaje secundario:
24 V DC
- Presión: 5 bar
- Consumo de aire:
5 l/min

Foto de la máquina



Funciones:

- Módulo para transporte para la conexión entre máquinas de producción
- Sección extendible telescópica para poder crear un pasillo en una línea de producción larga

Elaborado por: E. Blanco, 2017

Máquina:	Escáner	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASYS GROUP	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	Insignum 1000 Scar	Código:	SM-1-SCA-1
Marca:	ASYS GROUP	Nº Serie:	063104

Peso: 90 kg Altura: 1250 mm Ancho: 950 mm Largo: 790 mm

Dimensiones permitidas en PCB min: 50x80 mm max: 460x610 mm

Características técnicas:

- Fuente de alimentación:
230 V- 50 Hz \pm 10%
- Consumo de potencia: 0,75 KW
- Presión de operación: 5 bar
- Consumo de aire: 3-8 l/min

Funciones:

- Módulo de transporte de PCBs de una unidad a otra.
- Módulo de escáner para leer códigos de barras en las PCBs.
- Módulo para inspección de las PCBs.

Foto de la máquina



Elaborado por: E. Blanco, 2017

Máquina:	Sigma X	Ubicación:	Planta de producción
Fabricante:	ASM Assembly Systems	Sección:	Línea SMT 1
Modelo:	SX1/SX2 V2	Código:	SM-1-SIP-1
Marca:	ASM Assembly Systems	N° Serie:	

Masa: 980 kg Altura: 1470 mm Ancho: 1866 mm Largo: 1180 mm

Dimensiones permitidas en PCB min: 80x50 mm max: 508x508 mm

Características técnicas:

- Fuente de alimentación: 400 V AC; 50/60 Hz
- Consumo de potencia: 2 KW
- Presión: 6-10 bar
- Consumo de aire: 1,5 NI/min

Funciones:

- Transporte de las tarjetas después de colocar la pasta de soldadura
- Impresión de pasta de soldadura en los espacios donde se colocarán componentes

Foto de la máquina



Elaborado por: E. Blanco, 2017

7.2 Listas de chequeo de mantenimiento autónomo

Máquina	SIPLACE SX1/SX2 V2																			Duración total (min)	Retroalimentación
Componente	Máquina Base						Ejes "X" y "Y"								Transporte			Soporte de pin			
Parte	Ventiladores						Partes magnéticas				Rodamientos y superficie de contacto				Banda transportadora			Pines			
Actividad en	Cobertores				Ventiladores GCU		Eje X		Eje Y		Eje X		Eje Y		Cambiador de boquillas, insertor, otros			Alimentación de componente			
Semana	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	A	B	C	1	2		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Máquina	SIPLACE SX1/SX2 V2																				Duración total (min)	Retroalimentación												
Componente	Máquina Base										Ejes "X" y "Y"																							
Parte	Componentes de seguridad										Cubiertas protectoras	Guía de rodamientos					Guías lineales																	
Actividad en	Botón emergencia		Interruptores en cubierta				Interruptor de feeders		Interruptor en bumper		Depósitos de rechazo		Ductos de rechazo y boquillas de magazines		Amortiguadores de presión				Eje "X"				Eje "Y"					Eje "X"	Eje "Y"					
Año	1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	1
2017	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2018	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2019	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2020	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Máquina	Screen and Stencil Printer X5 Professional de EKRA									Duración total (min)	Retroalimentación
Componente	Máquina Base										
Parte	Pantalla táctil	Cabezal de squeeges		Repisa de succión	Separador de condensados						
Semana	1	1	2	1	1	2	3	4	5		
1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
11	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
12	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
13	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
14	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
15	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
16	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
17	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
18	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
19	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Máquina		Screen and Stencil Printer X5 Professional de EKRA																								Duración total (min)	Retroalimentación					
Componente		Transporte											Sistemas de cámaras								Dispensador de pasta de soldadura											
Parte		Guías y eje roscado											Guía de los squeegees				Cámara en eje X				Cámara en eje Y				Guías							
Año	Semana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1			2	3	4		
2017	1	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	14	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	26	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	40	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2018	1	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	14	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	26	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	40	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2019	1	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	14	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	26	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	40	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
2020	1	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	14	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	26	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	40	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

8. Capítulo VIII. Anexos

8.1 Ayuda para errores según SIPLACE SX1/SX2 V2

30780 Component present before pickup

Component is attached to the nozzle.
Remove the component and clean or replace the nozzle.

Nozzle is dirty.
Clean the nozzle and replace it if necessary.

30783 Component present after placement

The component could not be placed correctly.

Component is attached to the nozzle.
Remove the component and clean or replace the nozzle if necessary.

Nozzle is dirty.
Clean the nozzle and replace it if necessary.


30728 Component sensor coated

Check that the illumination for the component sensor is switched on and ensure that the gap between the light source and the sensor is not obstructed.

If a ray that is not covered can be seen, the component sensor is too dirty.
Clean the component sensor.

If cleaning is no longer possible:
Replace the component sensor.

Note:

The voltage value of the component sensor can be checked in the C&P20 or CPP head > Z axis  view.

The lower the voltage measured, the greater the degree of soiling.

33366 Suction duct blocked (842)

A blocked nozzle suction duct was detected by SIPLACE Vision.
Clean or replace the nozzle.

30619 Vacuum distance too small for nozzle type

The difference between the vacuum values for an open and closed nozzle is too low.

The nozzle is dirty or the nozzle type is incorrect.

Set up a nozzle as specified.

Check the compressed air supply / compressed air sensor / hoses / compressed air using the compressed air pressure gauge and pay attention to correct valve positions.

32577 Machine has stopped: air pressure error

The compressed air has been switched off.

Switch the compressed air on again.

Check the compressed air supply / compressed air sensor / hoses / compressed air using the compressed air pressure gauge and pay attention to correct valve positions.

32578 Machine has stopped: The specified place position requires inspection

A placement head has reported that it is not possible to reliably determine whether the component for a placement position has been placed or rejected.

Check the placement position:



1. Switch to the board view
2. select the placement position from the list,
3. click the Show image button and
4. check the placement position shown in the camera image.
5. Click Placed or Not placed.
6. Click Finish board to continue placement.

30624 Nozzle scan failed

For at least one nozzle, the nozzle position could be determined, but the check was unsuccessful.
Inspect the nozzles visually and replace if necessary.
For more detailed information, refer to the messages in the error chain.

32571 Machine has stopped: Cannot measure fiducial

A fiducial required for placement will not be measured.

Switch to the Board > Teaching fiducials



view and teach the fiducials again.

30617 Minimum vacuum closed too small for specified nozzle type

Check whether the correct nozzle type is fitted to the specified segment and whether the nozzle has shifted or is damaged.

Valve plunger faulty, leaking or moving too freely.
Replace valve plunger.

Compressed air circuit between compressed air unit and placement head interrupted.
Notify line engineer: Replace kinked pneumatic hoses. Hoses in vicinity of head not airtight. Check screw fittings and tighten if necessary.

Silencer dirty or not properly maintained.
Notify line engineer: Fit a new filter in the silencer.

30821 Component sensor is heavily soiled

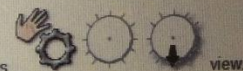
Reliable recognition of components $\leq 1 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm}$ is no longer possible.
Clean the component sensor.

If cleaning is no longer possible:
Replace the component sensor.

Note:

The voltage value of the component sensor can be checked in the C&P20 or CPP head > Z axis

The lower the voltage measured, the greater the degree of soiling.



8.2 Cotizaciones



Suministros Técnicos S.A.

150 Mts Norte de la Bomba Shell, la Lima,
 Cartago
 Tel : (506) 2591-7514
 Fax : (506) 2551-4169
 E-Mail : sumitec@racsa.co.cr
 Web : www.sumiteccr.com

OFERTA No: 3205

Metales Ferrosos
 Metales No Ferrosos
 Polímeros
 Complementos
 Tratamientos de Anodizados

"Soluciones Sólidas y Duraderas"

FECHA 14/03/2017
CLIENTE ESTEBAN BLANCO
CONTACTO
DIRECCION



TELEFONO
VENDEDOR Guillermo Solano
ENTREGA LOCAL

CANT	UNID.	DESCRIPCION	NORMA	DIMENSION	UNITARIO	TOTAL
2	MM	LAMINA ALUMINIO AA 6061 T6 DE 1/8"		300 X 1220mm	44,975.71	32,922.21



COT # 21420

Lunes, 27 de Febrero del 2016.

Srs. Zollner.

Ref: Etiquetas de rotulación para Exportación.

Estimados señores:

Por este medio le envío la cotización solicitada.

Etiquetas Adhesivas

Materiales Varios

Cant.	Leyenda	Tamaño en mm	Precio Unitario	Precio Total
75	Etiqueta X-feeder	100x47	\$1.00	\$75,00exento
			Total	\$75.00

VALIDEZ DE LA OFERTA:

30 días.

FORMA DE PAGO:

Acostumbrada por su empresa.

TIEMPO DE ENTREGA:

3 días en Cartago.

GARANTIA:

1 año bajo condiciones normales de Uso, 3 meses

materiales eléctricos.

Esperando la presente le sea útil a su representada, se despide de usted.

Atentamente por Rótulos Arte Visión

Gustavo Solís Fallas