

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL
EQUIPO DE FABRICACIÓN DE BARQUILLOS VTRO, BASADO EN LA
METODOLOGÍA TPM

JAIRO YESID VARGAS MONTAÑA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2017

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL
EQUIPO DE FABRICACIÓN DE BARQUILLOS VTRO, BASADO EN LA
METODOLOGÍA TPM

JAIRO YESID VARGAS MONTAÑA

Monografía de grado presentado como requisito para optar el título de
Especialista en Gerencia de Mantenimiento

Director
SEBASTIÁN GIRLDO CARDONA
MBA, Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA

2017

AGRADECIMIENTOS

En primera medida a DIOS, por permitirme avanzar profesionalmente al grado de especialista.

A mi familia, quienes con esfuerzo me han apoyado a lo largo de mi vida, para ser quien soy hoy como persona y profesional.

A Pareja, quien me motiva a continuar estudiando y ser mejor cada día.

A La Universidad Industrial de Santander y sus docentes, los cuales me brindaron el conocimiento necesario para desarrollar este plan de monografía.

A mi director de tesis Sebastián Giraldo Cardona consultor de Performance Solution By Milliken, por su asesoría permanente.

A José Jiménez Gerente General y Rafael Gutiérrez Director de operaciones de Soluciones Omega S.A., por darme la confianza al permitirme enfocar este proyecto a uno de los equipos de la compañía.

TABLA DE CONTENIDO

| | pág. |
|--|------|
| INTRODUCCIÓN | 19 |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 20 |
| 2. OBJETIVOS..... | 22 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 22 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 22 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 23 |
| 4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA | 24 |
| 4.1 MARCO TEÓRICO | 24 |
| 4.1.1 Generalidades..... | 24 |
| 4.1.2 Pilares del TPM..... | 25 |
| 4.1.3 Objetivos del TPM..... | 26 |
| 4.2 MARCO CONCEPTUAL | 27 |
| 4.2.1 Descripción de los pilares. | 27 |
| 4.2.1.1 Mejoras enfocadas..... | 27 |
| 4.2.1.2 Mantenimiento autónomo..... | 30 |
| 4.2.1.3 Mantenimiento de la calidad | 38 |
| 4.2.1.4 Control inicial | 39 |
| 4.2.1.5 Educación y entrenamiento..... | 41 |
| 4.2.1.6 Seguridad y medio ambiente | 41 |
| 4.2.1.7 Mantenimiento áreas de soporte..... | 42 |
| 4.2.2 Pilar de mantenimiento planeado..... | 43 |

| | | |
|---------|---|----|
| 4.2.2.1 | Objetivos del pilar. | 43 |
| 4.2.2.2 | Herramientas metodológicas de la implementación..... | 44 |
| 4.2.2.3 | Pasos para la implementación del pilar MP | 51 |
| 4.2.3 | Interacción de MP y MA | 53 |
| 4.2.4 | Equipo de fabricación de barquillos HAAS VTRO..... | 54 |
| 4.2.4.1 | Planteamiento de la necesidad | 55 |
| 4.2.5 | Facilidades y dificultades de la implementación | 58 |
| 5. | DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA | 59 |
| 5.1 | HORNEADORA AUTOMÁTICA DE CONO ENROLLADOS VTRO | 59 |
| 5.1.1 | Alimentación y dosificación de mezcla..... | 60 |
| 5.1.2 | Transporte y horneado..... | 62 |
| 5.1.3 | Enrollado de oblea | 64 |
| 5.1.4 | Refrigeración, transporte y apilamiento de conos | 66 |
| 5.2 | EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO | 67 |
| 5.2.1 | Indicadores de desempeño..... | 67 |
| 5.2.2 | Entregables para la auditoria de cada paso..... | 68 |
| 5.3 | PASO 1. EVALUACIÓN DEL EQUIPO | 70 |
| 5.3.1 | Registro del equipo | 71 |
| 5.3.2 | Criterios de evaluación para el análisis de criticidad..... | 71 |
| 5.3.3 | Determinación de sistemas y subsistemas del equipo..... | 73 |
| 5.3.4 | Análisis de criticidad de los sistemas..... | 74 |
| 5.3.5 | Definición de fallos y su severidad..... | 75 |
| 5.3.5.1 | Avería crítica o mayor | 75 |
| 5.3.5.2 | Avería parcial | 75 |
| 5.3.5.3 | Avería reducida | 75 |
| 5.3.5.4 | Averías crónicas | 75 |
| 5.3.5.5 | Averías esporádicas..... | 75 |
| 5.3.5.6 | Avería transitoria..... | 76 |
| 5.3.5.7 | Matriz modo fallo componente | 77 |

| | |
|---|-----|
| 5.3.6 Evaluación de la situación del equipo según indicadores | 78 |
| 5.3.6.1 Número de fallos | 78 |
| 5.3.6.2 Tasa de fallos..... | 79 |
| 5.3.6.3 Tiempo medio entre fallos..... | 80 |
| 5.3.6.4 Tiempo medio de reparación | 80 |
| 5.3.6.5 Costos de mantenimiento | 81 |
| 5.3.7 Auditoria de paso | 81 |
| 5.4 PASO 2. RESTAURAR EL DETERIORO Y CORREGIR DEBILIDADES | 82 |
| 5.4.1 Restablecer las condiciones básicas del equipo..... | 83 |
| 5.4.1.1 Capacitación del personal operativo | 83 |
| 5.4.1.2 Parada autónoma | 85 |
| 5.4.2 Reversión del deterioro forzado del equipo..... | 87 |
| 5.4.2.1 Apoyo a la producción | 87 |
| 5.4.2.2 Diagnóstico del equipo..... | 96 |
| 5.4.2.3 Ejecución de los cronogramas de trabajo. | 103 |
| 5.4.3 Auditoria paso 2 | 108 |
| 5.5 PASO 3. PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN..... | 112 |
| 5.5.1 Módulos principales para el sistema de información..... | 113 |
| 5.5.2 Auditoria paso 3 | 133 |
| 5.6 PASO 4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO | 134 |
| 5.6.1 Diagrama de flujo de mantenimiento periódico. | 135 |
| 5.6.2 Mantenimiento periódico | 136 |
| 5.6.3 Plan de mantenimiento periódico con procedimientos..... | 138 |
| 5.6.4 Cronograma de paradas generales del equipo | 140 |
| 5.6.5 Auditoria de paso 4 | 140 |
| 5.7 PASO 5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO | 141 |
| 5.7.1 Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo | 141 |
| 5.7.2 Sistemas a los que se le aplicaría..... | 141 |
| 5.7.3 Equipos y tecnologías de predicción..... | 142 |
| 5.7.4 Auditoria paso 5 | 145 |

| | |
|---|-----|
| 5.8 PASO 6. REVISIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN..... | 146 |
| 5.8.1 Resultados operacionales del equipo | 146 |
| 5.8.2 Resultados de los indicadores MP | 149 |
| 6. CRONOGRAMA DE LA IMPLEMENTACIÓN | 153 |
| 7. CONCLUSIONES | 156 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 158 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Pilares del TPM. | 26 |
| Figura 2. Árbol de pérdidas y oportunidades de Soluciones Omega S.A. | 28 |
| Figura 3. Ciclo CAPD..... | 29 |
| Figura 4. Motor eléctrico oxidado,..... | 32 |
| Figura 5. Lugares de difícil acceso para limpieza en impresoras de billetes. | 33 |
| Figura 6. Gestión visual. | 34 |
| Figura 7. Estándar de lubricación impresora de billetes. | 35 |
| Figura 8. Procedimiento para implantar la inspección general del proceso. | 37 |
| Figura 9. Ejemplo de matriz de habilidades. | 45 |
| Figura 10. Empalme de cableado de alta tensión con cinta, tablero sin protección y oxidado. | 46 |
| Figura 11. Lugar de trabajo con pisos húmedos. | 48 |
| Figura 12. Ejemplo del tipo de tarjetas..... | 49 |
| Figura 13. Ejemplo de LUP..... | 50 |
| Figura 14. Relación MP y MA. | 54 |
| Figura 15. Equipo de barquillos HAAS VTRO..... | 55 |
| Figura 16. Eficiencia operacional segundo semestre 2015..... | 56 |
| Figura 17. Sobreconsumo de mezcla. | 57 |
| Figura 18. Alimentación de masa..... | 60 |
| Figura 19. Dosificación de flauta..... | 61 |
| Figura 20. Diagrama del proceso de alimentación de mezcla. | 61 |
| Figura 21. Cierre y horneado. | 62 |
| Figura 22. Entrega de la oblea al enrollador. | 63 |
| Figura 23. Diagrama del proceso de transporte y horneado..... | 63 |
| Figura 24. Carrusel de enrolladores..... | 64 |

| | |
|--|-----|
| Figura 25. Carrusel y tobogán..... | 65 |
| Figura 26. Diagrama del proceso de enrollado de obleas..... | 65 |
| Figura 27. Banda de transporte y refrigeración..... | 66 |
| Figura 28. Diagrama del proceso de enfriamiento, transporte y apilamiento. | 67 |
| Figura 29. Esquema de presentación indicadores..... | 68 |
| Figura 30. Ficha técnica del equipo. | 71 |
| Figura 31. Estructura árbol de fronteras. | 74 |
| Figura 32. Histórico de fallos al inicio de la implementación..... | 78 |
| Figura 33. Histórico de la tasa de fallo al inicio de la implementación. | 79 |
| Figura 34. Histórico de tiempo medio entre fallas antes de la implementación. | 80 |
| Figura 35. Histórico del tiempo de reparación antes de la implementación. | 81 |
| Figura 36. LUP Forma correcta oblea..... | 85 |
| Figura 37. Tarjetas generadas..... | 86 |
| Figura 38. Funcionamiento del extractor..... | 88 |
| Figura 39. Posición correcta del sensor llama. | 88 |
| Figura 40. Funcionamiento de las toberas en general y flama correcta..... | 89 |
| Figura 41. Capacitación de ajuste de enrolladores..... | 90 |
| Figura 42. Parámetros de funcionamiento del equipo en pantalla. | 90 |
| Figura 43. Parámetros de funcionamiento del equipo en la pantalla. | 91 |
| Figura 44. Puntos de control visual en el equipo. | 92 |
| Figura 45. Punto de lubricación enrollador. | 93 |
| Figura 46. Punto de lubricación leva de la bomba. | 94 |
| Figura 47. Lugar de difícil acceso a la bomba..... | 96 |
| Figura 48. Oscilación de llama..... | 97 |
| Figura 49. Obleas de diferente forma y tamaño..... | 97 |
| Figura 50. Desgaste de cuchilla..... | 98 |
| Figura 51. Mandril desgastado..... | 99 |
| Figura 52. Desgaste de teflón..... | 99 |
| Figura 53. Acumulación de desperdicio en lugar de difícil acceso..... | 100 |
| Figura 54. Escobillas reductoras de velocidad..... | 101 |

| | |
|---|-----|
| Figura 55. Guarda con bisagra. | 103 |
| Figura 56. Flama continua. | 104 |
| Figura 57. Alineación y limpieza de las toberas. | 104 |
| Figura 58. Oblea después de los ajustes. | 105 |
| Figura 59. Molde de enrollado nuevo. | 106 |
| Figura 60. Sistema neumático para retiro de desperdicio. | 106 |
| Figura 61. Escobillas nuevas. | 107 |
| Figura 62. Sobreconsumo primer semestre 2016. | 109 |
| Figura 63. Indicador de fallos al cierre del paso 2. | 110 |
| Figura 64. Indicador tasa de fallo al cierre del paso 2. | 110 |
| Figura 65. Indicador MTTR al cierre del paso 2. | 111 |
| Figura 66. Indicador MTBF al cierre del paso 2. | 111 |
| Figura 67. Diagrama del proceso de información técnica de los equipos. | 113 |
| Figura 68. Diagrama del proceso de mantenimiento preventivo. | 114 |
| Figura 69. Diagrama del proceso de mantenimiento correctivo. | 115 |
| Figura 70. Diagrama del proceso de control de inventarios. | 116 |
| Figura 71. Diagrama del proceso de recurso humano. | 117 |
| Figura 72. Diagrama del proceso de presupuesto. | 118 |
| Figura 73. Diagrama del proceso de indicadores. | 119 |
| Figura 74. Pantalla de inicio del sistema de información. | 120 |
| Figura 75. Pantalla de equipos del sistema de información. | 121 |
| Figura 76. Archivo base del plan de mantenimiento mecánico. | 121 |
| Figura 77. Pantalla mantenimiento preventivo. | 122 |
| Figura 78. Orden de trabajo semanal VTRO. | 123 |
| Figura 79. Pantalla formulario para cerrar actividades. | 123 |
| Figura 80. Pantalla reporte de correctivos. | 124 |
| Figura 81. Pantalla de módulo de repuestos. | 125 |
| Figura 82. Pantalla de creación de repuestos. | 126 |
| Figura 83. Pantalla de actualización de repuestos. | 126 |
| Figura 84. Pantalla de entrada de repuestos. | 127 |

| | |
|---|-----|
| Figura 85. Pantalla de buscador, inventario y salida de repuestos. | 127 |
| Figura 86. Solicitud de pedido interno..... | 128 |
| Figura 87. Pantalla programación del personal..... | 129 |
| Figura 88. Pantalla de información del personal. | 130 |
| Figura 89. Pantalla presupuesto. | 131 |
| Figura 90. Protección para ingreso a modificar datos..... | 131 |
| Figura 91. Pantalla de selección de indicador..... | 132 |
| Figura 92. Diagrama de flujo del mantenimiento planeado. | 135 |
| Figura 93. Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo. | 142 |
| Figura 94. Tendencia de la eficiencia operacional. | 147 |
| Figura 95. Comparativo resultados operacionales 2015 - 2016..... | 148 |
| Figura 96. Comparativo Tasa de fallos 2015-2016. | 150 |
| Figura 97. Comparativo TMBF 2015-2016..... | 151 |
| Figura 98. Comparativo MTTR/H 2015-2016..... | 151 |
| Figura 99. Comparativo FALLOS 2015-2016..... | 152 |

LISTA DE TABLAS

| | pág. |
|---|------|
| Tabla 1. Eficiencia operacional segundo semestre 2015..... | 56 |
| Tabla 2. Sobreconsumos de materias primas segundo semestre 2015. | 57 |
| Tabla 3. Ventajas y desventajas del TPM..... | 58 |
| Tabla 4. Auditorias de la implementación. | 68 |
| Tabla 5. Criterio A. Frecuencia de fallos. | 72 |
| Tabla 6. Criterio B. Impacto en la operación. | 72 |
| Tabla 7. Criterio C. Flexibilidad operacional. | 72 |
| Tabla 8. Criterio D. Costo de mantenimiento. | 72 |
| Tabla 9. Criterio E. Impacto a la seguridad y medio ambiente..... | 73 |
| Tabla 10. Matriz de criticidad de equipos de Soluciones Omega S. A..... | 73 |
| Tabla 11. Resultado del análisis de criticidad del equipo VTRO..... | 74 |
| Tabla 12. Clasificación de averías. | 76 |
| Tabla 13. Matriz modo fallo componente. | 77 |
| Tabla 14. Auditoria paso 1..... | 82 |
| Tabla 15. Matriz de habilidades línea piloto..... | 84 |
| Tabla 16. Clasificación de tarjetas. | 85 |
| Tabla 17. Parámetros de ajuste en la pantalla del operador..... | 91 |
| Tabla 18. Puntos de verificación con control visual. | 92 |
| Tabla 19. Programa de lubricación del equipo VTRO. Ver Anexo D..... | 94 |
| Tabla 20. Lista de chequeo para el inicio del turno..... | 95 |
| Tabla 21. Acciones para la reversión del deterioro. | 101 |
| Tabla 22. Acciones para corregir puntos débiles de diseño..... | 102 |
| Tabla 23. Costos de la versión del deterioro..... | 107 |
| Tabla 24. Entregables paso 2. | 108 |
| Tabla 25. Tabla dinámica de tasa de fallos..... | 133 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 26. Entregables paso 3. | 133 |
| Tabla 27. Hoja de ruta de lubricación VTRO..... | 136 |
| Tabla 28. Formato para procedimientos. | 139 |
| Tabla 29. Entregables de paso 4 | 140 |
| Tabla 30. 24 Elementos críticos y tecnologías de predicción a aplicar. | 143 |
| Tabla 31. Costos y tiempos de implementación..... | 144 |
| Tabla 32. Acumulado de tiempos de parada por sistema y costo de la parada .. | 144 |
| Tabla 33. Entregables paso 6 | 145 |
| Tabla 34. Tendencia para la eficiencia operacional. | 146 |
| Tabla 35. Comparativo resultados operacionales 2015 - 2016..... | 148 |
| Tabla 36. Resumen mes a mes de indicadores de MP 2016..... | 149 |
| Tabla 37. Comparativo indicadores MP 2015 - 2016. | 150 |
| Tabla 38. Cronograma de la implementación. | 153 |

LISTA DE ANEXOS

(Ver anexos adjuntos en el CD, el cual puede consultar en la Base de Datos de la Biblioteca de la Universidad Industrial de Santander)

Anexo A. Ficha técnica equipo VTRO.

Anexo B. Árbol de sistemas.

Anexo C. Matriz modo fallo componente.

Anexo D. Guía de lubricación VTRO.

Anexo E. Hoja de ruta preventiva.

Anexo F. Ajuste de enrolladores.

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO EN EL EQUIPO DE FABRICACIÓN DE BARQUILLOS VTRO, BASADO EN LA METODOLOGÍA TPM.¹

AUTOR: JAIRO YESID VARGAS MONTAÑA.²

PALABRAS CLAVES: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, MANTENIMIENTO PLANEADO, MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, 5'S, MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MANTENIMIENTO CORRECTIVO, MANTENIMIENTO PREDICTIVO, MATRIZ DE HABILIDADES, EFICIENCIA OPERACIONAL.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

En el presente trabajo se resume el diseño y la implementación del pilar de mantenimiento planeado para el equipo VTRO de fabricación de conos azucarados, perteneciente a la planta de conos de la empresa Soluciones Omega S.A., dentro de la metodología TPM (Mantenimiento productivo total).

Al estudiar la metodología se encontró que esta propone que la implementación se realice de forma simétrica en todos los pilares, sin embargo, al revisar los pasos que se aplican en el pilar de mantenimiento planeado, vemos que el avance en paralelo con los demás pilares solo es restrictivo hasta el paso 2, que a partir de este, el pilar puede avanzar de forma más acelerada, ya que desde este punto se realizan actividades propias del equipo. Esto no quiere decir que no se requiera el apoyo del pilar dentro de los otros pasos de los pilares, sino que por el contrario, se puede tener adelantadas muchas actividades que apoyarán en el avance de la metodología como tal.

Por lo anterior, se inició la implementación la metodología y se realizó acompañamiento de acuerdo al avance del pilar autónomo hasta el paso 2. A partir de este paso se aceleró el ritmo y se lograron desarrollar los pasos restantes propios del pilar de mantenimiento planeado, donde se trabajaron los planes de mantenimiento, análisis de causalidad de los fallos, la implementación de un sistema de información y el análisis de resultados del equipo en cuestión.

¹ Monografía.

² Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Sebastián Giraldo Cardona, MBA, Ingeniero Mecánico.

SUMMARY

TITLE: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MAINTENANCE PLAN IN THE MANUFACTURING EQUIPMENT OF VTRO BARQUILLOS, BASED ON THE TPM METHODOLOGY.³

AUTHOR: JAIRO YESID VARGAS MONTAÑA. ⁴

KEYWORDS: TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE, PLANNED MAINTENANCE, AUTONOMOUS MAINTENANCE, 5'S, PREVENTIVE AND CORRECTIVE MAINTENANCE, PREDICTIVE MAINTENANCE, SKILLS MATRIX, OPERATIONAL EFFICIENCY.

DESCRIPTION OR CONTENTS:

In the present work the design is summarized and the implementation of the planned maintenance pillar for the machine VTRO of sugary cones manufacture, property of Soluciones Omega S.A. company cones plant, within the methodology TPM (Total Productive Maintenance).

In studying the methodology, It was found that this methodology proposes that the implementation is performed of symmetric form in all pillar, however, by reviewing the steps that apply to the planned maintenance pillar, we see that the progress in parallel with the other pillars is only restrictive until step 2, that after it, the pillar can advance more fast than the others pillars. This is because after the two step the activities are specific of machine. This doesn't mean that the help of the maintenance planned don't need in the steps of the other pillars, but for the contrary, a lot of activities can be anticipated that will supported the progress of the methodology as such.

Taking into account the above, the implementation began by performing accompaniment to the autonomous pillar according to its progress until step 2 after that step, we advance more fast and we reach develop the remaining steps of the pillar, in these steps we did worked; causal analysis of failures, information System implementation and the analysis of results of the equipment in question.

³ Monograph.

⁴ Faculty of Engineering Physics and Mechanics. Mechanical Engineering School. Specialization in Maintenance Management. Director: Sebastián Giraldo Cardona, MBA, Mechanical Engineer.

INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy las industrias buscan ahorrar costos en el proceso, mediante la implementación de diferentes estrategias de gestión. Una de ellas es el mantenimiento productivo total (TPM), El cual ha servido desde hace algunas décadas como guía para muchas empresas que buscan reducir pérdidas dentro de sus procesos.

Soluciones Omega S.A. es una de ellas y decidió desde el 2010 que el TPM es el como para lograr sus metas a mediano y largo plazo. Por lo anterior, y teniendo en cuenta que uno de los módulos de la especialización hace referencia al TPM, me fue sencillo optar por que el tema de monografía estuviera asociado a dicha metodología.

En la primera parte, el presente trabajo describe a modo general la metodología y sus pilares, se muestra la sinergia que se debe tener entre ellos para esta muestra resultados, se describe un poco lo que hace la empresa Soluciones Omega y el funcionamiento general del equipo.

En la segunda se describe de forma corta los pasos que la metodología propone para la implementación del pilar de mantenimiento planeado (MP), los que serán la guía durante la realización del proyecto y el estado en el que se encuentra el equipo en el arranque de la implementación.

Por último se describe uno a uno el desarrollo de los 6 pasos del pilar MP enfocados al equipo de producción de barquillos azucarados VTRO; donde se pueden encontrar los planes de mantenimiento, análisis de criticidad, hojas de vida, temas de capacitación, mejoras realizadas en el equipo, sistema de información para el manejo de datos, resultados obtenidos, entre otras.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, gran parte de la industria se encuentra trabajando en la reducción de costos asociados a los procesos. Esta tendencia se está marcando a pasos agigantados debido al incremento en los precios de las materias primas para la producción, el aumento en el precio de las divisas, la alta competencia en los diferentes sectores, el lanzamiento de nuevas tecnologías que reducen los costos de mano de obra, pero incrementan los montos de inversión, el alza en el precio de los combustibles, entre otras.

Una de las industrias que más se ha visto impactada por lo descrito, es la industria alimenticia, quien hoy por hoy es una de las industrias más competidas. Pero esto no es una limitante para no seguir produciendo, en cambio sí es un detonante para preguntarse; ¿somos eficientes en nuestros procesos?

Esto apunta directamente a la forma en la que se gestionan los equipos y procesos, y la relación que se tienen entre las áreas de mantenimiento y producción.

En busca de la respuesta a la pregunta, los gerentes de las organizaciones implementan metodologías de trabajo que permitan identificar y resolver las pérdidas asociadas a los procesos, como el Mantenimiento Productivo Total (TPM), que sin lugar a duda es una de las metodologías más exitosas de los últimos tiempos.

En Soluciones Omega S.A., una empresa dedicada a la fabricación de galletas y barquillos para el consumo masivo como en muchas empresas, existen grandes pérdidas asociadas las líneas de producción y gran parte de esas pérdidas se asocian a la línea de cono enrollado.

Ahora bien muchas de las pérdidas se asocian a las ineficiencias del proceso, mano de obra poco calificada, paradas no programadas, tiempos amplios de limpieza, la falta de un programa de mantenimiento enfocado al equipo de la línea, Lo que ocasiona una mala operación por parte de los trabajadores, fallos repetitivos por falta de intervenciones profundas, entre otras.

En busca de mejorar el desempeño, la confiabilidad y la eficiencia operacional, el presente proyecto propone un plan de mantenimiento basado en la metodología del Mantenimiento Productivo Total (TPM), enfocado al equipo de producción de barquillos (VTRO).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer e implementar un plan de mantenimiento basado en la metodología de mejoramiento continuo TPM, para el equipo HAAS VTRO.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Formular los indicadores de desempeño que permitan evaluar los avances de la implementación, para tomar decisiones acertadas.
- Evaluar la máquina y comprender la situación actual.
- Proponer y realizar las actividades de restauración del deterioro forzado del equipo, para retornar a las condiciones básicas y corregir las debilidades.
- Plantear he implementar la estructura de un sistema de información para la gestión del mantenimiento del equipo.
- Formular un plan de mantenimiento preventivo para el equipo
- Evaluar la viabilidad de implementar un plan de mantenimiento predictivo al equipo.
- Revisar los resultados obtenidos en la implementación.

3. JUSTIFICACIÓN

La comunicación y el trabajo en equipo son la base fundamental del funcionamiento en las áreas productivas, el desarrollar las habilidades de los operadores para el manejo de los equipos y generar un conocimiento amplio sobre los sistemas, subsistemas partes objeto, modos de falla y síntomas, de los mismos, reducen los tiempos en las actividades y facilitan los análisis de causa raíz. Esto genera un grupo autónomo que conoce mejor de su proceso y equipos, lo que les permite solucionar pequeñas anomalías, liberando tiempo a los técnicos para trabajar en los problemas crónicos y revertir el deterioro del equipo.

Lo anterior, no es más que un resumen del objetivo de la metodología del mantenimiento productivo total (TPM).

A continuación se describe el plan de trabajo para la implementación de la metodología del mantenimiento productivo total (TPM) mediante los pasos del pilar de mantenimiento planeado (MP), aplicado a la línea de producción de barquillos y al equipo HAAS VTRO.

4. ANÁLISIS DE LA LITERATURA RECOPIADA

4.1 MARCO TEÓRICO

El mantenimiento productivo total (TPM), por sus siglas en inglés Total Productive Maintenance tiene sus orígenes en el sector de automóvil hacia 1961, en una fábrica llamada Nippondenso Co.,Ltd. del grupo Toyota, la filosofía fue apoyada por el Japan Institute of Plant Engineers (JIPE) y Basada en el modelo de manufactura de calidad total.

El TPM tiene como finalidad transformar la actitud de los integrantes de una organización en todos sus niveles, operadores, técnicos, supervisores, ingenieros, directivos, etc. Todos y cada uno de ellos se incluyen dentro de la gran responsabilidad que es el mejoramiento continuo. Este se centra en crear un sistema corporativo que busca maximizar la eficiencia de los procesos y prevenir las pérdidas en las operaciones; esto se enfoca en Cero accidentes, cero defectos y cero fallos, en todas las etapas de los ciclos productivos.

4.1.1 Generalidades. Para los 60's y luego de evaluar las consecuencias de un mantenimiento correctivo, las industrias venían implementando como modelo de trabajo el mantenimiento programado, donde se desarrollaron horarios y actividades especiales para mantener los equipos en operación. Sin embargo, este tipo de mantenimiento tenía un costo elevado y generalmente ofrecía un mantenimiento excesivo a los equipos, a tal punto que no se tenía en cuenta las necesidades reales del equipo sino el desarrollar las actividades programadas.

Tras la necesidad de ir más allá de tener buenas rutinas de mantenimiento, las industrias, optaron por realizar ciertas modificaciones a la disciplina, ubicando el

mantenimiento como una parte integral del programa de calidad total. Fue entonces que tuvo su primera aparición el concepto de mantenimiento productivo, donde se asignaron responsabilidades al personal de mantenimiento y se empezaron a escuchar términos de confiabilidad y diseño de equipos en sus propias plantas. Este concepto obligó a tener un alto nivel de conocimiento en los equipos, sistemas y partes.

Fue hacia la década de los 70's con los estándares de clase mundial en la industria, que la cultura de mejoramiento continuo TPM afloro gracias a Seichi Nakajima considerado el padre japonés del TPM un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas, (JIPM). El recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón, durante esta década Nakajima junto con el liderazgo de Shigeo Shingo ingeniero de producción de Toyota, involucra el concepto de cero paros y cero defectos en la técnica de TPM como modelo para garantizar la confiabilidad para sus plantas.

4.1.2 Pilares del TPM. Los pilares se denominan como la estrategia fundamental para desarrollar el programa; y sirven como apoyo para construir un sistema de gestión ordenado y eficiente, se basan en las 5S's como soporte de su implantación, tales pilares son como se aprecian en la figura 1, así:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planeado
- Mantenimiento de calidad
- Prevención del mantenimiento/control inicial
- Educación y entrenamiento
- Seguridad y medio ambiente
- Mantenimiento de áreas de soporte

Figura 1. Pilares del TPM.



Fuente: CDI LEAN MANUFACTURING. [Sitio web]. TPM: Mantenimiento Productivo Total. Valencia: La entidad. [Consultado el: 20 de marzo de 2017]. Disponible en: www.cdiconsultoria.es/metodo-tpm-mantenimiento-productivo-total-valencia.

4.1.3 Objetivos del TPM. El objetivo principal del TPM es buscar permanentemente la mejora de la eficiencia en los procesos, con una implicación directa de todas las personas que participan en los procesos productivos buscando:

- Crear organizaciones corporativas que maximicen la eficiencia de los sistemas de producción.
- Realizar gestión de las plantas con el objetivo de evitar todo tipo de pérdidas durante los procesos producción.
- Unificar a los departamentos de las empresas en la implantación y desarrollo de la metodología.
- Enfocar las acciones hacia las cero pérdidas, cero accidentes y cero defectos, apoyados en las actividades de pequeños grupos de mejora PET.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

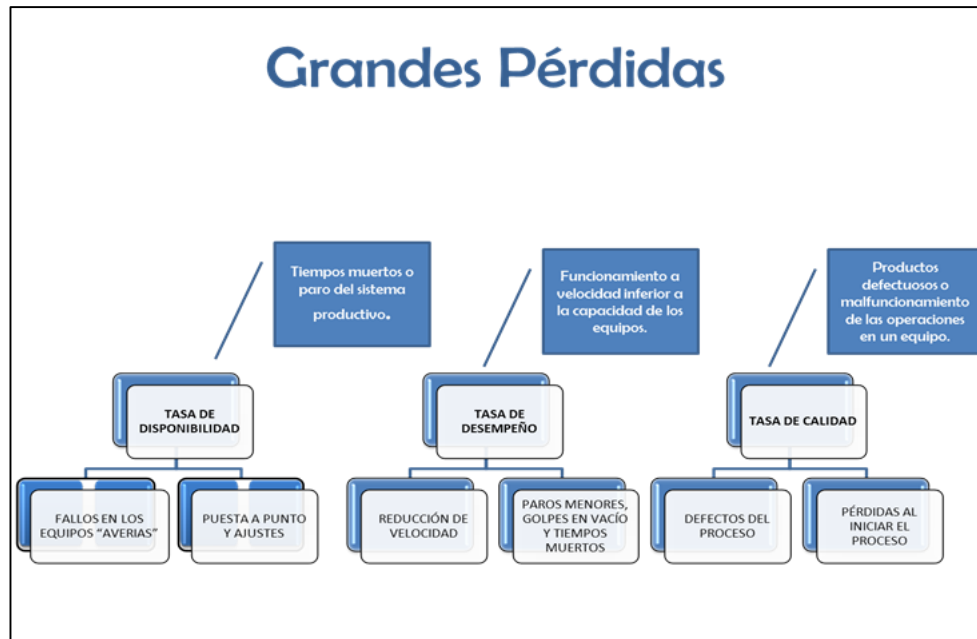
4.2.1 Descripción de los pilares.

4.2.1.1 Mejoras enfocadas. La competitividad de las empresas y la lucha constante por reducir los costos de fabricación, obligan a las industrias a mantener siempre el enfoque de la mejora continua; es decir hacer más con lo mismo. Lo anterior es la principal razón del pilar, ya que este tiene como objetivo eliminar las pérdidas de los procesos, bien sea por sobreconsumos, reprocesos, tiempos desperdiciados, demoras administrativas, entre otras, mediante equipos de trabajo compuestos por las diferentes áreas como producción, mantenimiento, calidad, etc.

La metodología propone que primero se identifiquen las pérdidas y/o oportunidades. Y se cuantifiquen con el fin de arrancar a trabajar con mayor impacto; a esto se le denomina árbol de pérdidas. Luego se selecciona el personal que conformará el equipo de trabajo, se recomienda que este lo conformen tanto los líderes de proceso (ingenieros), como la parte operativa del mismo (técnicos y operario).⁵

⁵ SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. pp. 45 – 80. ISBN 84-87022-18-9.

Figura 2. Árbol de pérdidas y oportunidades de Soluciones Omega S.A.

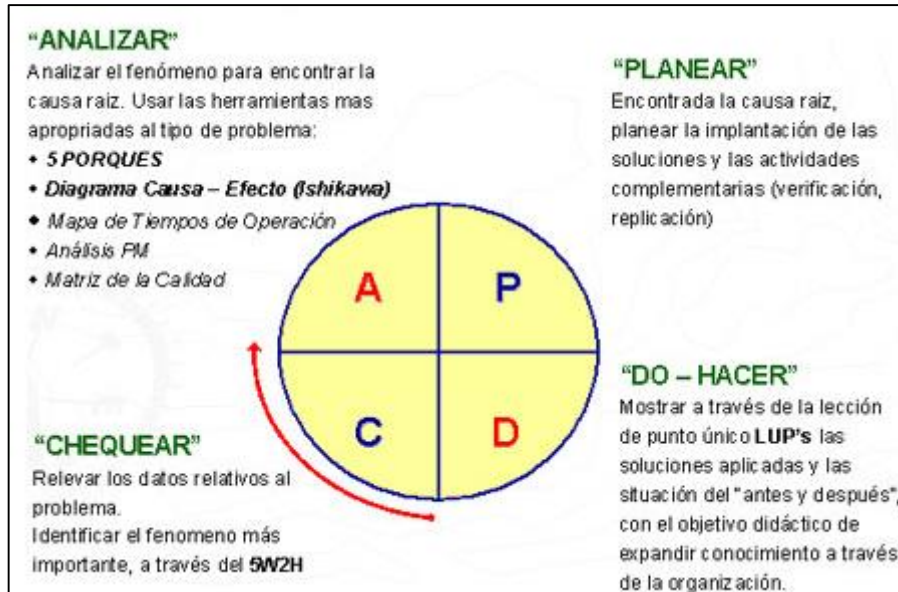


Fuente: SOLUCIONES OMEGA S.A. Sistema de gestión de la calidad. Bogotá: La Compañía, 2016.

Con los equipos conformados y las oportunidades encontradas, es preciso que seleccionar la metodología de trabajo para determinar las causalidades de las pérdidas y generar los planes de acción, como ejemplo tenemos el ciclo CAPDo; que una es una herramienta usada para el análisis y la solución de problemas que describe en cuatro pasos:

- Check. Hace referencia al diagnóstico de la situación actual.
- Analysis. Es el análisis de las causalidades del evento.
- Plan. Planificación de acciones.
- Do. Realización de las acciones y la verificación de los resultados.

Figura 3. Ciclo CAPD.



Fuente: PÉREZ VERZINI, Raúl. [Sitio web]. El ciclo de mejora continua. Córdoba, Argentina: Action Group. [Consultado el: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.actiongroup.com.ar/el-ciclo-de-mejora-continua/>

Parte importante del éxito en los grupos de trabajo es la simplicidad con la que realizamos los proyectos, es recomendable no implementar teorías profundas, realizar los trabajos en planta, no atacar grandes problemas directamente, sino pequeñas ineficiencias que reducen las grandes pérdidas.⁶

⁶ PÉREZ VERZINI, Raúl. [Sitio web]. El ciclo de mejora continua. Córdoba, Argentina: Action Group. [Consultado el: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.actiongroup.com.ar/el-ciclo-de-mejora-continua/>

4.2.1.2 Mantenimiento autónomo. Para lograr una productividad eficiente no basta solo con tener buenos equipos, es necesario que las personas que los operan tengan las habilidades y competencia para hacerlo de forma correcta. Lo anterior no solo hace referencia en conocer muy bien los sistemas y partes del equipo; un operador calificado es aquel que cuando un producto no cumple con los estándares de calidad interactuar con su equipo hasta que el producto retorna a dichos estándares y eso lo hace de forma segura, porque conoce los riesgos a los que se encuentra expuesto.

Lo anterior es la finalidad del pilar de mantenimiento autónomo, es por eso que se cataloga como el pilar más importante dentro de la implementación, pues es el que finalmente agregara el mayor valor a la búsqueda de los objetivos del TPM (cero fallos, cero defectos de calidad y cero accidentes). Desarrollando en las personas la capacidad de detectar anomalías dentro del proceso, equipos y entorno.

Dentro de la metodología se plantean ocho pasos, los cuales dan la guía metodológica que se debe implementar.

Paso 0. Organización y orden.

El objetivo del paso es transformar el lugar de trabajo en un lugar cómodo, agradable y seguro, basándose la dos primera eses de la metodología de las 5's.

¿Qué son las 5's?

En una cultura que promueve la creación de un lugar de trabajo digno y seguro, y esta expresada en 5 palabras japonesas:

- **Seiri (Organización):** desechar lo que no se necesita

- **Siton (Orden):** determinar un lugar para cada cosa y cada cosa debe estar en su lugar.
- **Seiso (Limpieza):** limpiar el sitio de trabajo y equipos, previniendo la suciedad y el desorden.
- **Seiketsu (Estandarizar):** preservar altos niveles de organización, orden y limpieza.
- **Shitsuke (Disciplina):** convertir en hábitos las normas y estándares establecidos en las 4's anteriores.⁷

Paso 1. Limpieza como inspección

La limpieza como inspección busca identificar anormalidades utilizando los cinco sentidos, verificando si las situaciones encontradas están de acuerdo con la condición deseada. Este paso relaciona la tercera S.

¿Qué se busca en la inspección?

Verificar ajustes de tornillos, tuercas y remaches, que no existan vibraciones anormales que puedan desajustar el equipo, desgaste de elementos suciedad entre otras. Se revisa que los parámetros de funcionamiento de los equipos sean los correctos, Temperaturas, presiones, corrientes eléctricas, etc.

Este paso le permite al operador conocer mejor el equipo, ayuda a mantenimiento a solucionar anormalidades ocultas por la suciedad, ayuda a conservar en buenas condiciones los equipos, entre otras.

⁷ ÁLVAREZ LAVERDE, Humberto. [Sitio web]. Las 5S, principios básicos. Barcelona: Apsoluti Group, [Consultado el: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.ceroaverias.com/articulospublicados.html>

Paso 2. Eliminar fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso.

Las fuentes de contaminación son puntos de la máquina que generan; fugas, derrames de producto, lubricantes, fluidos hidráulicos, polvo vapor entre otros. Estas tienden a desencadenar fallos en los equipos, por lo que la metodología propone en el paso dos eliminarlas o reducirlas y controlarlas.

Figura 4. Motor eléctrico oxidado,



Fuente: CENTRO DE MINEARALOGÍA Y PALEONTOLOGÍA DE BÉLGICA. [Sitio web]. Mina Bois du Cazier en Marcinelle. Bruselas: el centro. [Consultado el: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.cmpb.net/en/boisducazier.php>

Los lugares de difícil acceso son áreas del equipo que por su forma o ubicación dificultan el acceso para realizar inspecciones, aplicar de lubricantes entre otros, y pueden llegar a desencadenar accidentes.

Por lo anterior es necesario que se creen controles visuales que le permitan al operario verificar sistemas sin poner en riesgo su integridad y reduzcan el tiempo de inspección.

Figura 5. Lugares de difícil acceso para limpieza en impresoras de billetes.



Fuente: KOENIG AND BAUER GROUP. [Consultado el: 21 de marzo de 2017].
Disponble en: http://www2.kba.com/uploads/RTEmagicC_ec481f7a-709d-431b-b1a2-eb40f864e6c3-web.jpg

Como se describe anteriormente, el paso 2 se alinea con la realización de la 4s.

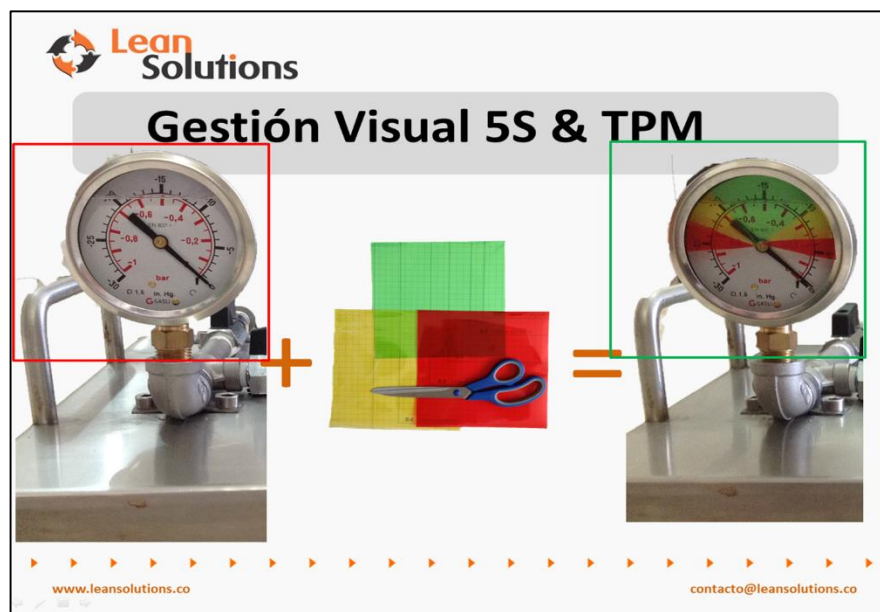
Paso 3. Estándares provisionarios de las condiciones básicas LILA (Limpieza, Inspección, Lubricación y Ajuste).

El paso busca garantizar que los logros alcanzados en los pasos anteriores se mantengan mediante la estandarización y se plantea en 7 pasos.

1. Elaborar el listado de las fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso que no se eliminaron en el paso 2.
2. Elaboración de estándares LILA

3. Validación de estándares con el técnico de mantenimiento.
4. Entrega de los estándares a los pilares.
5. Implementar controles visuales.
6. Elaboración de listas de chequeo de los puntos LILA.
7. Cuantificación de tiempos reducidos en las actividades LILA.



Figura 6. Gestión visual.



Fuente: KOENIG AND BAUER GROUP. [Consultado el: 21 de marzo de 2017].
Disponible en: <http://www2.kba.com/gb/news/detail/article/kba-acquires-de-la-rue-giori-to-consolidate-pole-position-in-security-printing-1/>

Figura 7. Estándar de lubricación impresora de billetes.

Sistema centralizado de lubricación

Tapa de llenado

Racor de emergencia

Racor de lubricación

Imagen 17 Carro de entintaje Imagen 18 Bomba de lubricación automática LINCOLN

| Tabla 8 | | | | | | | | | |
|-------------------|----------------|-----------------|----------|-------------|--------|----------|----------|----------|------------|
| Cuerpo Entintador | | Grupo | 430 | Parte | 46 | Ref. | L5531758 | | |
| Frecuencia | Núm. Operación | Actividad | Duración | Lubricantes | | Cantidad | | Personal | |
| | | | | Nombre | Tipo | T. | Cant. | T. mec | Mq. Parada |
| semestral | 0300 | Comprobar nivel | 5 Min | Omala 680 | Aceite | NA | 1 | T. mec | NO |

NOTAS:

- La bomba está ubicada dentro del carro de entintaje, se debe abrir la puerta de la Imagen 17, para tener acceso al punto de lubricación.
- Se puede llenar la bomba por la Tapa de llenado o por el racor de lubricación. Imagen 18.
- En caso de emergencia lubricar por el racor de emergencia todo el sistema centralizado. Imagen 18.
- Limpiar los alrededores de la bomba, revisar los empaques.
- Se requieren 2 Lts de aceite para el cambio de aceite.

Guía de lubricación SOI II 25/05/2013 12

Es importante que se indiquen en los estándares los riesgos asociados a las actividades, tanto de seguridad como de calidad, con la finalidad de reducir los impactos negativos que se puedan asociar al estándar.⁸

Paso 4. Realizar inspección general del equipo.

En este paso se busca formar al personal en técnicas de inspección con base en manuales, poner en condición óptima los elementos del equipo mediante inspecciones generales, hacer modificaciones al equipo que faciliten los chequeos y hacer uso de los controles visuales.

⁸ MAURICIO AGUILAR CONSULTORES S.A. Material del seminario de facilitadores TPM. Bogotá: La empresa, 2015.

En el desarrollo de los anteriores pasos se capacita a los operadores, para detectar anomalías y mantener las condiciones básicas del equipo. En este paso las capacitaciones se tornan más técnicas y buscan que el operador adquiera habilidades más específicas que ayuden a realizar las rutinas básicas de mantenimiento, tales como; cambio de correas, ajustes menores de los sistemas y partes, inspecciones más profundas, cambios de rodamientos, entre otras.

Si se logran los objetivos de este paso, el mecánico liberará gran parte de su tiempo, lo que le permitirá realizar análisis profundos de las averías que se presenten y las deficiencias de diseño de los equipos que se hallan encontrado durante el desarrollo de la metodología, con el fin de eliminarlas.⁹

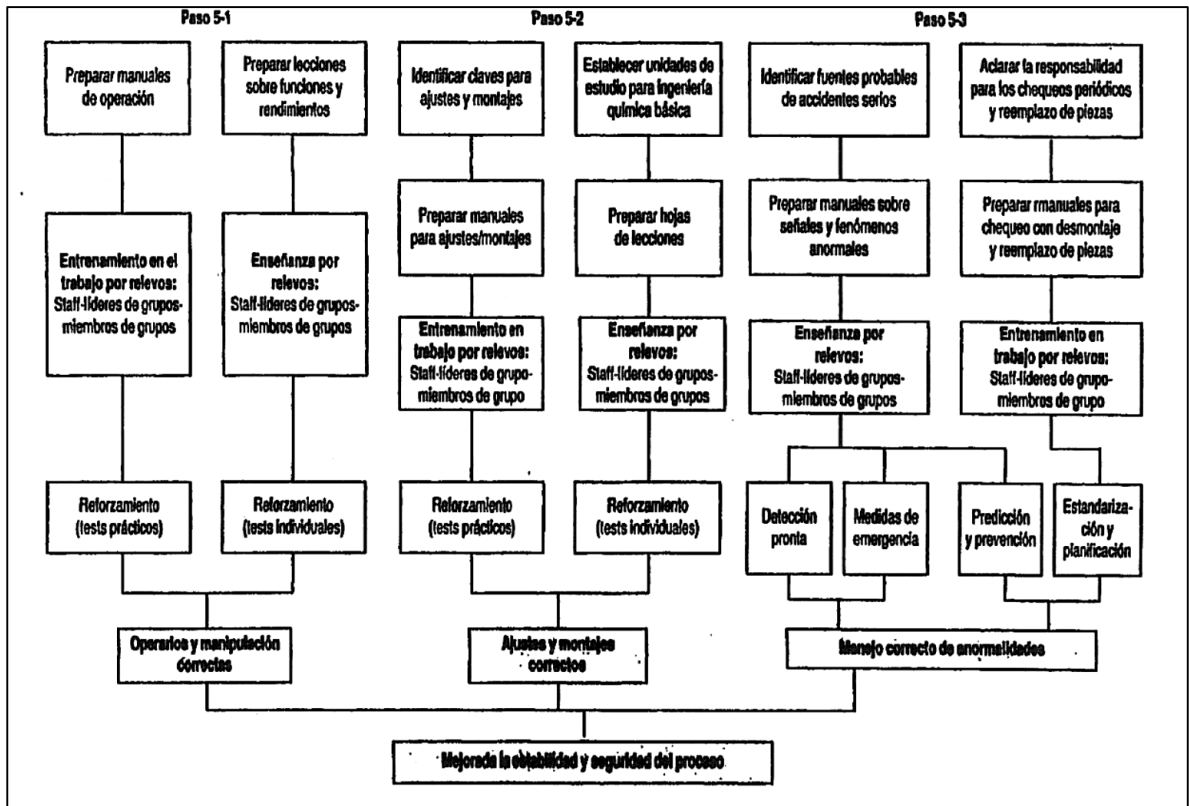
Paso 5. Inspección general del proceso

Hasta el momento la metodología se ha empeñado en el desarrollo de las habilidades de los operadores enfocadas a operar bien el equipo. Sin embargo, como se dijo en la justificación, no basta con que los operadores conozcan y operen perfectamente las máquinas, se requiere que conozcan el producto y la operación de la misma forma como conocen su herramienta de trabajo.

Es por lo anterior que el Paso 5 tiene como objetivo crear plantas seguras, libres de pérdidas y desperdicios. Haciendo de los operadores se vuelva inspectores de su propio proceso y de su entorno.

⁹ SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. pp. 117 – 125. ISBN 84-87022-18-9.

Figura 8. Procedimiento para implantar la inspección general del proceso.



Fuente: SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. p. 127. ISBN 84-87022-18-9.

Para lo anterior se recomienda que se realicen; manuales de operación, manuales de ajustes y montajes, listados de problemas especiales, listas de chequeo del proceso y del equipo, entre otros.

Paso 6. Sistematización del mantenimiento autónomo

Durante la implementación de los pasos anteriores, los operadores han adquirido las habilidades necesarias para operar de forma correcta los equipos, no solo conocen los riesgos que tienen en su entorno y en la calidad del producto, sino que

los mitigan o elimina siguiendo los estándares que previamente ellos mismos han elaborado.

Entonces lo que se busca en el paso 6 es que los operarios realicen un mantenimiento autónomo más profundo del equipo y del proceso mediante la estandarización de los puntos de control, la preparación de diagramas de flujo y preparación de manuales de calidad. Ya en este paso los operadores adquieren las habilidades para encontrar la fuente de los defectos de calidad y de los pocos fallos que se presenten, y los ubican en los diagramas de flujo de proceso y de los equipos.¹⁰

4.2.1.3 Mantenimiento de la calidad. El objetivo del pilar de mantenimiento de la calidad es el de cero defectos, garantizando el funcionamiento del equipo en un punto donde no se tengan eventos por mala calidad.

Un principio básico es; que el equipo no solo debe mantener en funcionamiento, se trata de que se debe mantener en los más altos estándares de calidad del producto mediante el control de las variables de producción y los sistemas del equipo.

Para este fin el JIPM estableció 9 etapas:¹¹

Etapas 1. Identificar la situación actual del equipo.

Etapas 2. Investigar la forma como se generan los defectos.

Etapas 3. Identificación y análisis de las 3M (Materiales, Maquinas y Mano de obra).

¹⁰ SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. p. 138. ISBN 84-87022-18-9.

¹¹ ABSOLUTI GROUP. [Sitio web]. Fundamentos del pilar mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen). Barcelona: Apsoluti Group, [Consultado el: 23 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://ceroaverias.com/encyclopedia/centroTPM/mantenimientocalidad.htm>

Etapa 4. Estudiar las acciones correctivas para eliminar los defectos encontrados en la etapa 3.

Etapa 5. Analizar las condiciones del equipo para no tener defectos y comparar los resultados.

Etapa 6. Realizar acciones de mejora para los eventos encontrados en el análisis de la etapa 3.

Etapa 7. Definir estándares y condiciones de las 3M

Etapa 8. Reforzar los métodos de auto inspección de los operadores.

Etapa 9. Valoración de los estándares utilizados.

4.2.1.4 Control inicial. A menudo los equipos se diseñan con un enfoque global de los procesos y no particular de cada industria, esto se debe a que generalmente se adquieren equipos si estudios particulares de nuestros procesos, lo que conlleva a que cada empresa debe alinearse a lo que los equipos pueden ofrecer sacrificando eficiencia en los arranque y soportando elevados costos de aprendizaje en el proceso de arranque.

Es por eso que este pilar tiene como objetivo hacer una gestión temprana para la adquisición de nuevos equipos, mediante el cálculo del costo de vida y la prevención del mantenimiento.

Costos del ciclo de vida: se define como un análisis técnico, basado en análisis económicos, que se usa para tomar decisiones en la fase de diseño en los proyectos. Lo que busca es proyectar cuales serían los costos a lo largo de la vida útil de un activo, con el fin de verificar la rentabilidad de la adquisición.¹²

¹² OLOFSSON, Oskar. Mantenimiento lean: calculador del costo del ciclo de vida. [Consultado el: 23 de marzo de 2017]. Disponible en: http://world-class-manufacturing.com/es/LCC/lcc_calculation.html

El señor Suzuki propone en su libro 5 pasos:

- Paso 1. Clarificar la misión del sistema.
- Paso 2. Formular varias propuestas alternativas que cumplan la necesidad.
- Paso 3. Identificar criterios para evaluar el sistema y técnicas de cuantificación.
- Paso 4. Evaluar cada una de las Propuestas.
- Paso 5. Documentar todos los resultados de la investigación.¹³

Prevención del mantenimiento: el objetivo es reducir futuros costos de mantenimiento y el deterioro acelerado de los activos que se desean adquirir. La finalidad es evitar averías y defectos de calidad en los productos. Por lo anterior, para la llegada a planta, cada equipo debería contar la mayor información posible, un plan de mantenimiento detallado.

Los operadores y técnicos deberían estar capacitados en el manejo y operación, los puntos débiles de diseño que se encontraron en los estudios deberían llegar solucionados por parte del fabricante (Los puntos débiles de diseño son generalmente enfocados a cada proceso productivo y no necesariamente afectan otros procesos).

¹³ SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. p. 201. ISBN 84-87022-18-9.

4.2.1.5 Educación y entrenamiento. La metodología TPM requiere la participación activa del personal, por lo que el pilar se enfoca en desarrollar las habilidades y competencias de las personas con el fin de garantizar altos niveles de desempeño en la operación, esto se logra mediante programas de formación con los enfoques de cada pilar y usando como herramienta las lecciones de un punto.

A diferencia de los demás pilares que avanzan paso a paso con el pilar de mantenimiento autónomo (MA), este hace un ciclo de seis etapas por cada paso del pilar de MA.

- Paso 1. Evaluar el programa de formación actual, establecer estrategias, políticas y directrices.
- Paso 2. Elaborar un programa de desarrollo (plan maestro), para mejorar capacidades de operación y mantenimiento.
- Paso 3. Entrenamiento en habilidades de operación y mantenimiento.
- Paso 4. Proyectar un plan de desarrollo de habilidades permanente a largo plazo.
- Paso 5. Crear un entorno que estimule auto gestión.
- Paso 6. Evaluación y planificación del futuro.¹⁴

4.2.1.6 Seguridad y medio ambiente. El desorden y la poca experticia de las personas originan condiciones y actos inseguros que pueden desencadenar en accidentes dentro de los procesos. Es por eso que el pilar busca asegurar la fiabilidad del equipo, evitar los errores humanos, para evitar los accidentes y reducir los impactos ambientales que se generan el proceso.

¹⁴ SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. pp. 261 - 281. ISBN 84-87022-18-9.

La metodología propone tres pasos a implementar dentro del proceso autónomo, para incorporar la preocupación por la seguridad y el medio ambiente.

Paso 1: en la limpieza inicial, detectar y corregir los factores que puedan genera riesgos de seguridad, tanto en el entorno como en el equipo.

Paso 2: implementación de las 5'S como la base para la eliminación de los riesgos y excesos de desperdicio que estén presentes.

Paso 3: integrar dentro de los estándares de limpieza y listas de chequeo procedimientos de seguridad, crear rutinas de seguridad individuales y crear controles visuales de los posibles para limitar los posibles riesgos.

Es importante que los tres pasos no se queden solo en acciones aplicadas al proceso, sino que sean las personas a las que se le genere la conciencia de la seguridad y el cuidado del medio ambiente, por lo que se torna importante que se incluyan los planes de capacitación del pilar, dentro de las formaciones de los operadores a lo largo de la metodología. Para esto se recomienda aplicar lecciones de un punto dirigidas al cuidado propio y del medio ambiente.¹⁵

4.2.1.7 Mantenimiento áreas de soporte. No solo la ineficiencia en los procesos productivos generan pérdidas, muchas de ellas se desencadenan desde la parte administrativa, bien sea por el desconocimiento de los sistemas, o simplemente por el desconocimiento de las metas de la organización.

¹⁵ SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. pp. 323 - 331. ISBN 84-87022-18-9

El buscar que la parte administrativa se vincule como un equipo con la parte productiva de forma eficiente es el objetivo del pilar, y esto lo propone mediante la implementación de visiones y metas departamentales alineadas con el desarrollo de la metodología TPM. Es importante que cada miembro de los departamentos conozca cuál es su función y como su buen desempeño aporta a la metodología.

En resumen, la metodología propone que se apliquen los pasos de mantenimiento autónomo orientados al sistema de gestión y a las personas.¹⁶

4.2.2 Pilar de mantenimiento planeado. Como se mencionó anteriormente, la metodología TPM se basa en 8 pilares fundamentales, uno de ellos es el pilar de mantenimiento planificado, el cual se direcciona principalmente en maximizar la producción mejorando la confiabilidad del equipo.

4.2.2.1 Objetivos del pilar.

- Maximizar la producción mejorando la confiabilidad de los equipos
- Minimizar los recursos y mejorar la efectividad de los costos.
- Eliminar los fallos no programados.
- Eliminar las pequeñas pérdidas asociadas a la velocidad reducida y re-procesos de calidad.

¹⁶ SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. pp. 283 - 320. ISBN 84-87022-18-9

4.2.2.2 Herramientas metodológicas de la implementación. Como en todas metodologías, el TPM tiene herramientas propias que ayudan al éxito de la implementación. A continuación se describen dichas herramientas.

Matriz de habilidades. Es una herramienta que nos muestra el estado de los conocimientos y habilidades cada persona, facilita la planeación de las formaciones que se deben realizar.

La matriz se evalúa en 5 niveles:

Nivel 0. No sabe

Nivel 1. Sabe

Nivel 2. Hace acompañado y aplica

Nivel 3. Hace solo

Nivel 4. Enseña y mejora

La matriz se debe crear y evaluar al inicio cada paso, para programar las formaciones que se darán a lo largo del mismo. Al final se debe evaluar que las personas se encuentren en el nivel que se proyectó.

Figura 10. Empalme de cableado de alta tensión con cinta, tablero sin protección y oxidado.



Fuente: KOENIG AND BAUER GROUP. [Consultado el: 21 de marzo de 2017].
Disponible en: <http://www2.kba.com/gb/news/detail/article/kba-acquires-de-la-rue-giori-to-consolidate-pole-position-in-security-printing-1/>

2. Condiciones básicas. Es toda desviación de las condiciones normales de un sistema, parte o entorno, que pueden desencadenar en un fallo o accidente. Normalmente hace referencia a oxidación de elementos, excesos de lubricación, desajustes, deformaciones entre otras, medidores dañados.
3. Lugares de difícil acceso. Esta anomalía hace referencia a los lugares donde se dificulta la inspección, lubricación, ajustes y la limpiezas por parte de los operadores y técnicos, generalmente alargan los tiempos de intervención.

4. Fuentes de contaminación. Fuga crónica originada por el equipo, el proceso o entorno, que obliga a realizar limpiezas extendidas en tiempo y pueden acelerar el deterioro de los equipos. Algunas de ellas son: desperdicios de materias primas, aceites, grasas, agua, vapor, entre otras.
5. Defectos de calidad. Son aquellas anomalías que pueden desencadenar problemas de calidad en el producto, por ejemplo; elementos extraños que pueden caer dentro del producto, olores o vapores extraños de los cuales puede quedar impregnado el producto.
6. Organización y orden. Normalmente se dejan elementos ajenos al proceso, tales como herramientas, hojas de reporte, elementos personales, que además de considerarse un riesgo para el proceso. Si a lo anterior agregamos que los desperdicios de producto no se contienen de forma adecuada podemos ver un lugar desordenado y poco agradable.
7. Lugares inseguros. Son los lugares de difícil acceso que se pueden convertir en lugares inseguros, tales como zonas calientes, o espacios reducidos, pero adicionalmente existen otros donde se opera o se moviliza de forma riesgosa y hacen parte del día a día de los operadores.

Figura 11. Lugar de trabajo con pisos húmedos.



Fuente: PÉREZ, Ivanna. Suspendidas actividades operativas de cervecerías La Polar. [En línea]. [Consultado el: 20 de abril de 2017]. Disponible en: http://ivanna-higieneindustrial.blogspot.com.co/2008_05_01_archive.html

La metodología propone tres colores de tarjetas:

- **Azules:** Reportan anomalías por parte de los operadores y técnicos, y las gestionan el pilar de mantenimiento autónomo.
- **Verdes:** Identifican las anomalías que pueden afectar la seguridad de las personas o del medio ambiente, las puede diligenciar cualquier persona de la planta, contratista o visitante y la gestiona el pilar de seguridad y medio ambiente.
- **Rojas:** Identifica anomalías inherentes al equipo, pueden ser reportadas solo por el personal del mismo, técnicos o personal capacitado en detección de anomalías, de acuerdo con lo anterior estas deben ser solucionadas por el pilar de mantenimiento o calidad según sea el direccionamiento de la anomalía.


Figura 12. Ejemplo del tipo de tarjetas.




Fuente: GIRALDO CARDONA, Sebastián. Introducción al TPM. [En línea]. [Consultado el: 21 de abril de 2017]. Disponible en: <http://copimerainternacional.org/inicio/images/conferencias/tpmlberoamerica.pdf>

Lecciones de un punto (LUP's). Es una herramienta de capacitación que usa la metodología; para transmitir la información de un pequeño tema en específico, generalmente se diseña un formato que se ajuste a cada empresa y se determinan tres puntos específicos: conocimiento básico, mejoras y problemas específicos. A medida que la metodología avanza, las LUP's se tornan más técnicas y complejas.


Figura 13. Ejemplo de LUP.

| | | | |
|--|---|--|----------------------------|
|  Pymes y calidad 2.0 | LECCIÓN DE UN PUNTO | Tema de la formación interna: Enfoque basado en procesos | |
| | Comprensión y aplicación de ISO 9001:2008 | Elaboró: Pymes y calidad 2.0 | Código: LUP-ISO90012008-02 |
| | | Aprobó: Daniel Jiménez | Revisión: 0.0 |
| | | Requisito: 0.2, ISO 9001:2008 | Emisión: 22/04/2014 |




CUANDO

La norma ISO 9001:2008 promueve la adopción del enfoque en procesos.



PARA

se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad.




Para


aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

Al utilizar el enfoque de procesos, dentro de un sistema de gestión de calidad, sobre sale la importancia de:

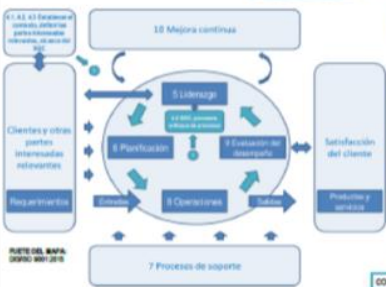
- la comprensión y el cumplimiento de los requisitos,
- la necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor,
- la obtención de resultados de desempeño y eficacia de proceso, y
- la mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.



Sistema de Gestión de Calidad



¿Qué es un proceso?
Una actividad o un conjunto de actividades que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso.



La metodología "Planificar-Hacer-Verificar-Actuar" (PHVA) puede aplicarse a todos los procesos, se describe:

Planificar: establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.

Hacer: implementar los procesos.

Verificar: realizar el seguimiento y la medición de los procesos y los productos respecto a las políticas, los objetivos y los requisitos para el producto, e informar sobre los resultados.

Actuar: tomar acciones para mejorar continuamente el

COMPATIBILIDAD: La cláusula 2.2 de ISO 9001:2008 es equivalente con 0.2 de ISO 9001:2015

| | | | | | | |
|-----------------------|--|--|--|--|--|--|
| Fecha de la formación | | | | | | |
| Entrenador | | | | | | |
| Evaluación | | | | | | |
| Asistentes | | | | | | |

Fuente: JIMÉNEZ, Daniel. [Sitio web]. LUP's ISO 9001:2008. [Consultado el: 21 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.pymesycalidad20.com/lups-iso-90012008-0-2-enfoque-de-procesos-2-leccion-de-un-punto.html>

Tasa de disponibilidad. La disponibilidad es la medida de tiempo operativo con respecto al tiempo del calendario expresado en porcentaje

$$\text{Tiempo de calendario} = 24 \text{ horas} * 30 \text{ días}$$

$$\text{Tiempo operativo} = \text{horas de trabajo po dia} * \text{dias trabajados}$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo operativo}}{\text{Tiempo de calendario}} * 100\%$$

Tasa de desempeño. El desempeño hace referencia a las unidades producidas con respecto a la capacidad estándar del proceso en un tiempo específico.

$$\text{Desempeño} = \frac{\text{unidades producidas}}{\text{unidades estandar del proceso}} * 100\%$$

Tasa de Calidad. Esta tasa muestra las unidades conformes que salen del proceso, con respecto al total producido incluyendo las no conformes.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producto conforme}}{\text{producto conforme} + \text{producto no conforme} + \text{producto perdido en el proceso}} * 100\%$$

Eficiencia operacional de equipos (OEE). La OEE expresa el producto de las tasa y representa la condición de las plantas productivas.¹⁷

$$\text{OEE} = \text{Desempeño} * \text{Disponibilidad} * \text{Calidad}$$

4.2.2.3 Pasos para la implementación del pilar MP.

Paso 1. Diagnóstico de la condición actual. En todo proceso es importante tomar una imagen de cómo se está iniciando, esto con el fin de poder evaluar y medir los logros que se van alcanzado. Dentro de este paso se busca; Preparar y/o actualizar los registros de los equipos, establecer los criterios de evaluación, priorizar los equipos y componentes, definir los rangos de fallo, comprender la situación del equipo midiendo la frecuencia y severidad de los fallos, medir el tiempo medio entre fallos, tasa de fallos y evaluar los costos de las intervenciones. Todo lo anterior con el fin de establecer los indicadores y metas de la implementación.

¹⁷ SUZUKI, Tokutarō. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. pp. 28 - 31. ISBN 84-87022-18-9

Paso 2. Revertir el deterioro y corregir debilidades. Parte importante del proceso es lograr que el equipo llegue a una condición óptima de trabajo, algunos pensarían que son las condiciones de fabricación. Sin embargo, gran parte de los equipos tienen puntos débiles de diseño, que se manifiestan de diferentes formas en los distintos procesos, por tal motivo son puntos que se deben mejorar y es por eso que el paso busca; Establecer las condiciones básicas, revertir el deterioro, eliminar o reducir los entornos que aceleran el deterioro, implementar actividades de mejora que corrija debilidades de los equipos y prolonguen la vida útil e introducir mejoras para reducir los fallos idénticos o similares que se presenten.

En este paso es importante que la comunicación entre los pilares de mantenimiento planeado y autónomo tenga una buena comunicación, ya que los técnicos de mantenimiento empiezan a ser los maestros de los operadores.

Paso 3. Crear un sistema de gestión de la información. Es importante que toda la información sobre las actividades se encuentre disponible y que se de fácil acceso, esto incluye los históricos de fallos, gestión de tarjetas, informes sobre las mejoras realizadas, capacitaciones a los operadores, análisis de causa raíz, fichas técnicas de los equipos, gestión de inventarios de repuestos y consumibles y datos de los costos.

Paso 4. Crear un sistema de mantenimiento periódico. Con base a la información y actividades de los pasos anteriores, este paso propone crear un plan de mantenimiento con base en la frecuencia del equipo que contenga; cronograma de actividades, diagrama de flujo del mantenimiento, control de unidades de repuestos, instrumentos de medida, lubricantes, planos, procedimientos de las intervenciones más críticas. Con lo anterior se busca mejorar la eficiencia en las intervenciones y reducir el tiempo de las mismas.

Paso 5. Crear un sistema de mantenimiento predictivo. En busca del cero fallos la metodología busca anticiparse a los fallos y evitarlos, por tal motivo es necesario en este paso implementar técnicas de diagnóstico y/o predicción, elaborar el diagrama de flujo del mantenimiento predictivo y seleccionar los sistemas que requieren de la implementación del método predictivo y aplicarlo.

Paso 6. Evaluar el sistema de mantenimiento planificado. Como en todo ciclo de trabajo el paso 6 busca medir los logros alcanzados en la implementación de la metodología y encontrar los desaciertos, para realizar las mejoras correspondientes, esto se logra mediante el análisis de los indicadores y la comparación de los costos.

4.2.3 Interacción de MP y MA. En los ítems anteriores se han descrito los diferentes pilares y los pasos o etapas de la implementación, pero es importante describir cual es la sinergia que se tiene ente los pilares MA y MP sobre los cuales de desarrollará el proyecto.

En la figura 14 se evidencian cuatro fases dentro de la implementación, estas fases agrupan los pasos y nos muestran el objetivo global que se quiere alcanzar con el equipo. Adicionalmente se muestra que el pilar MP acompaña de forma permanente el aprendizaje del pilar MA, Sin embargo, también podemos ver que a lo largo de la implementación no se restringe el avance del pilar MP, ya que sus pasos se enfocan en gran parte a trabajar directamente con el equipo.

Figura 14. Relación MP y MA.

| FASE | FASE 1 | FASE 2 | FASE 3 | FASE 4 | PASO 6: EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO |
|-----------------|--|--|---|--|--------------------------------------|
| PILAR | Reducir las variaciones de los tiempos entre averías | Extender la vida de los equipos | Restaurar periódicamente los deterioros | Predecir la vida útil de los equipos | |
| AUTONOMO | PASO 1. Limpieza como inspección PASO 2. Lugares de difícil acceso y focos de contaminación PASO 3. Estandarización | PASO 4. Inspección general del equipo. | PASO 5. Inspección general del proceso | PASO 6. Sistematización del mantenimiento autónomo. PASO 7. Auto-gestión. | |
| PLANEADO | TRANSFERENCIA DE HABILIDADES | | | | |
| | PASO 1. Evaluación del equipo y diagnóstico actual. | | | | |
| | PASO 2. Revertir el deterioro. (prevención de reincidencias) | | ACTIVIDADES DE MEJORA EN EL EQUIPO | | |
| | | PASO 3. Estructuración del control de información y de datos. | ACTIVIDADES DE TIPO PERIÓDICO | | |
| | | PASO 4. Estructuración del mantenimiento planeado | | PASO 5. Estructuración del mantenimiento predictivo. | |

Fuente: MAURICIO AGUILAR CONSULTORES S.A. Material del seminario de facilitadores TPM. Bogotá: La empresa, 2015.

4.2.4 Equipo de fabricación de barquillos HAAS VTRO. El modelo VTRO marca HAAS es un equipo diseñado para fabricar conos enrollados con una dosificación alta en azúcar, estos equipos son capaces de producir hasta 56 mil unidades por día. Su principio se basa en aplicar mezcla sobre una plancha tipo waflera que a través de una cadena, es transportado al interior de un horno (este permanece en promedio a 210°C) a gas durante un tiempo aproximado de 85 segundos formando una oblea blanda; esta oblea se enrolla de forma automática formando un barquillo tipo cono.

Luego de enrollado, el equipo es capaz de retirar el producto y apilarlo en 4 líneas continuas para que un operador lo retire y lo empaque en sus respectivas cajas.

Figura 15. Equipo de barquillos HAAS VTRO.



4.2.4.1 Planteamiento de la necesidad. En la actualidad el equipo VTRO no cuenta con un plan de mantenimiento asignado, las intervenciones que se realizan son programadas de acuerdo a los fallos que se presentan en el transcurso de la semana, presenta un alto consumo y una baja tasa de calidad.

Datos del comportamiento y el consumo del equipo en los últimos 11 meses.

Eficiencia operacional (OEE): para el cálculo de la OEE son importantes tres medidas; Tasa de desempeño, Tasa de disponibilidad y Tasa de calidad, y se calculan mediante las siguientes ecuaciones:

$$OEE = (Tasa\ de\ desempeño) \times (Tasa\ de\ disponibilidad) \times (Tasa\ de\ calidad)$$

$$Tasa\ de\ desempeño = \frac{(Unidades\ fabricadas)}{Unidades\ teoricas}$$

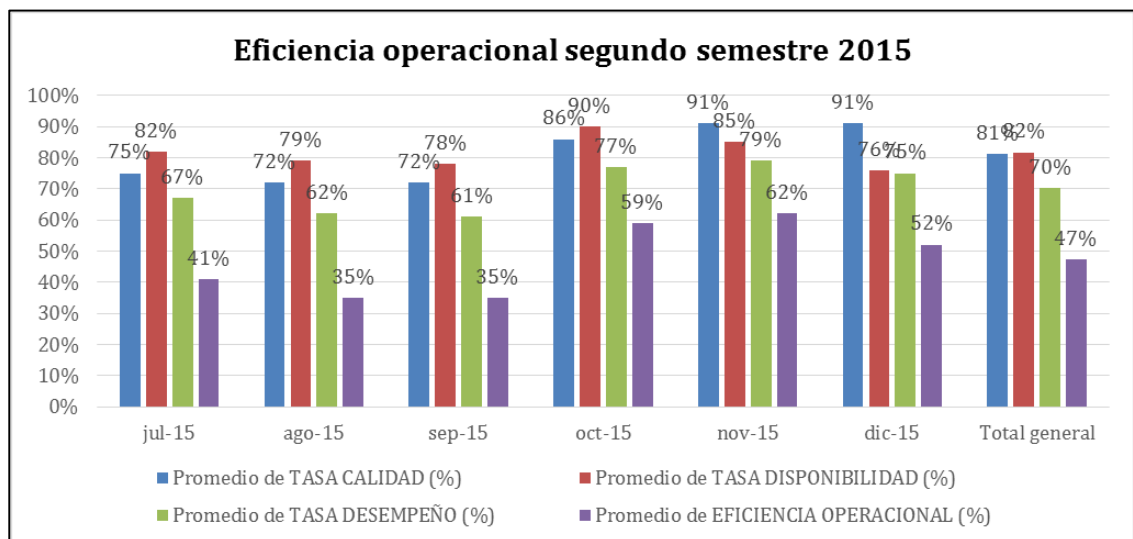
$$\text{Tasa de disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo programado} - \text{Tiempo total de paradas}}{\text{Tiempo programado}}$$

$$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Unidades que se empacaron}}{\text{Cantidad de unidades fabricadas}}$$

Tabla 1. Eficiencia operacional segundo semestre 2015.

| MES | Promedio de TASA CALIDAD (%) | Promedio de TASA DISPONIBILIDAD (%) | Promedio de TASA DESEMPEÑO (%) | Promedio de EFICIENCIA OPERACIONAL (%) |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|
| JUL-15 | 75% | 82% | 67% | 41% |
| AGO-15 | 72% | 79% | 62% | 35% |
| SEP-15 | 72% | 78% | 61% | 35% |
| OCT-15 | 86% | 90% | 77% | 59% |
| NOV-15 | 91% | 85% | 79% | 62% |
| DIC-15 | 91% | 76% | 75% | 52% |
| Total general | 81% | 82% | 70% | 47% |

Figura 16. Eficiencia operacional segundo semestre 2015.

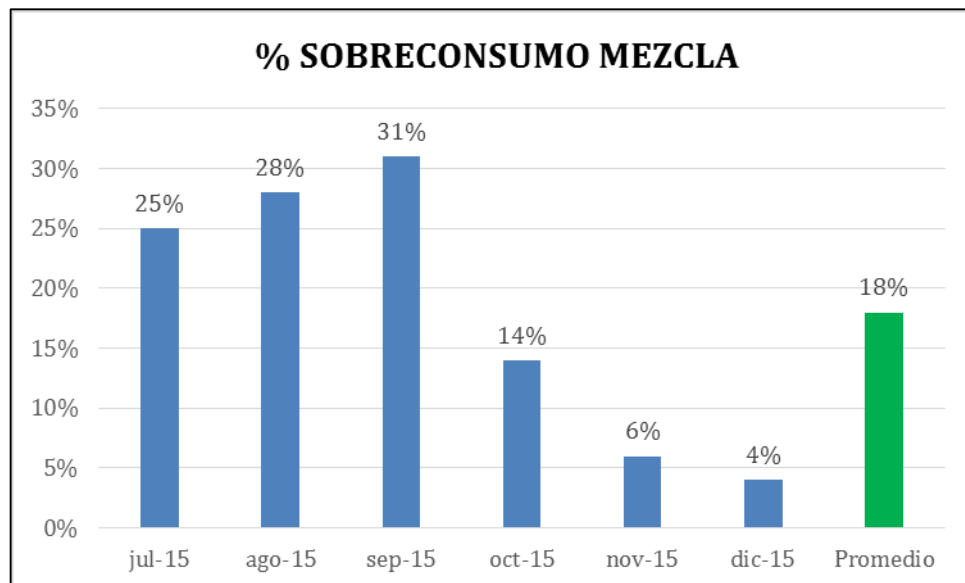


Parte importante del aumento en los costos, es el sobreconsumo de las materias primas asociadas a los desajustes del equipo, perdidas de mezclas por paros largos, entre otros.

Tabla 2. Sobreconsumos de materias primas segundo semestre 2015.

| MES | % SOBRESUMMO MEZCLA |
|-----------------|---------------------|
| JUL-15 | 25% |
| AGO-15 | 28% |
| SEP-15 | 31% |
| OCT-15 | 14% |
| NOV-15 | 6% |
| DIC-15 | 4% |
| Promedio | 18% |

Figura 17. Sobreconsumo de mezcla.



Teniendo en cuenta que la empresa se encuentra implementando la metodología TPM a nivel organizacional y tiene como plan piloto una de las dos líneas de cono moldeado, El proyecto propone un plan para la implementación de los 6 pasos del pilar de mantenimiento planeado enfocados al equipo VTRO, evaluando el costo de la inversión y el tiempo de retorno de la misma.

4.2.5 Facilidades y dificultades de la implementación. Como en toda implementación existen ventajas y desventajas que permiten a la alta gerencia decidir si se adopta o no una filosofía de trabajo.

Tabla 3. Ventajas y desventajas del TPM.

| Facilidades | Dificultades |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Integra a toda la organización y los direcciona hacia el mejoramiento continuo. ➤ La metodología se integra con los modelos de calidad. ➤ Direccionar mejor los tiempos del personal técnico. ➤ Crea pertenencia de los equipos en los operadores. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Requiere un cambio de cultura general, que normalmente tarda un largo tiempo en adquirirse en las empresas. ➤ La inversión inicial en formación del personal y cambios en la organización es alta. ➤ El tiempo de implementación es largo, lo que ocasiona que el retorno de la inversión se prolongue. |

5. DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

A continuación se describe el desarrollo de la metodología utilizada.

5.1 HORNEADORA AUTOMÁTICA DE CONO ENROLLADOS VTRO

La producción de conos de oblea enrollada con alto porcentaje de azúcar en relación a la harina (conos azucarados), tiene lugar procesos artesanales e industriales en hornos automáticos y semiautomáticos.

El proceso arranca con la fabricación de la mezcla que contiene harina, agua, azúcar, almidón de maíz, bicarbonato, esencias, entre otros, los cuales son dosificados en diferentes proporciones en una licuadora industrial, capaz de mezclar hasta 150 litros de esta composición. Estos ingredientes son agitados durante algunos minutos hasta lograr una viscosidad determinada.

Tras realizar la mezcla, la masa es vertida en un tanque de almacenamiento del horno y dosificada sobre las planchas inferiores del equipos gracias a una bomba de pistón neumático, dichas planchas conforman una cadena que suma 48 eslabones en su totalidad. Las planchas superiores e inferiores se cierran y circulan por la cámara del horno.

Luego de un tiempo en el horno las planchas son abiertas en la salida, quedando la oblea horneada en la plancha superior, siendo tomadas por la unidad enrolladora, que se encarga de dar la forma a la galleta mediante movimientos circulares sobre su mismo eje. Estos enrolladores giran en un carrusel transportando la galleta en forma de conos hasta un tobogán de transporte. Al salir del tobogán los conos pasan por una cámara de enfriamiento donde ganan rigidez y crocancia. Por ultimo llegan

a la banda de transporte donde son apilados en líneas de 13 conos, quedando listos para inspección y empaque por parte de los operadores.

A continuación se describe de forma más detallada cada uno de los sistemas y funciones del equipo, que permitirán aclarar el proceso descrito anteriormente.

5.1.1 Alimentación y dosificación de mezcla. La alimentación se compone principalmente de un pulmón, una manguera de transporte, una bomba de pistón neumático y una flauta para la dosificación, como se observa en la figura 18.

La masa es vertida manualmente en el pulmón, donde es sustraída en pequeñas cantidades por la bomba a través de una manguera conectada en ambos componentes. Luego de pasar por la recámara de la bomba, la mezcla es dosificada en las planchas por medio de la flauta, como se muestra en la figura 19.

Figura 18. Alimentación de masa.

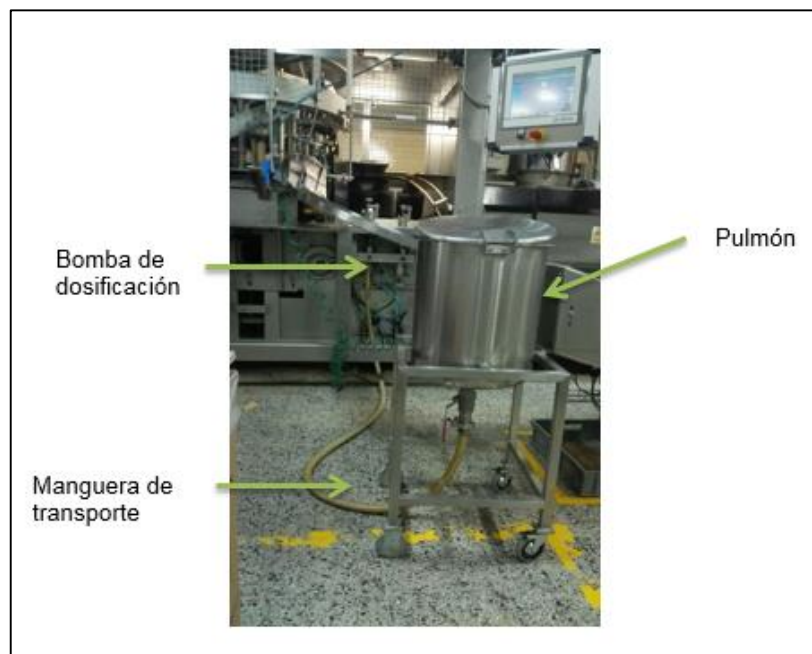


Figura 19. Dosificación de flauta.

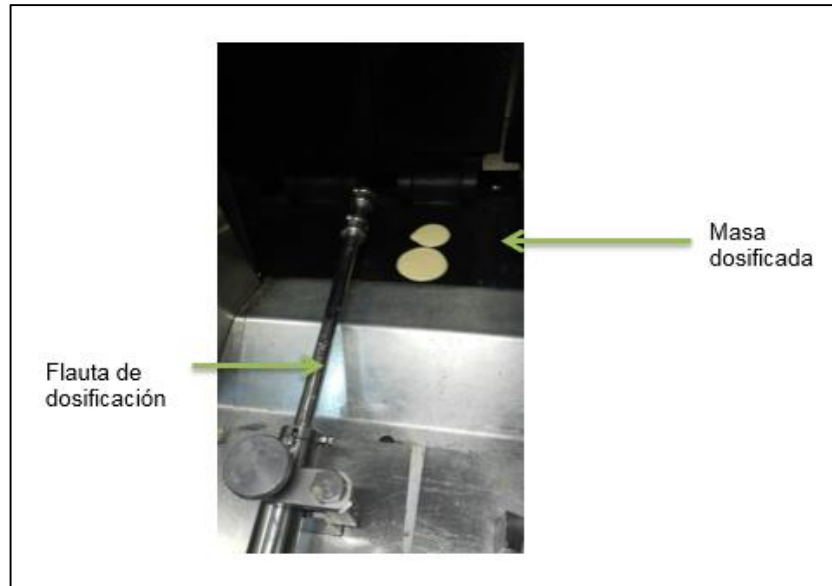
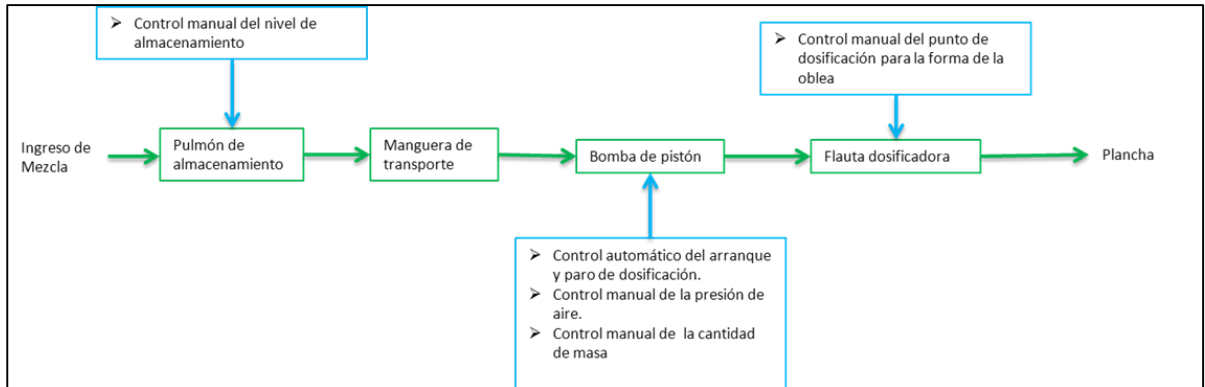


Figura 20. Diagrama del proceso de alimentación de mezcla.



5.1.2 Transporte y horneado. Parte fundamental del éxito en el proceso es la similitud de todas las obleas, esto se logra gracias a que las 48 planchas que componen la cadena principal, tienen las mismas dimensiones y ajustes, además, todas duran el mismo tiempo expuestas a los 210 °C en los que se encuentra el horno, esta temperatura es generada por combustión de gas y es transmitida mediante toberas que se direcciona a las planchas.

Luego de que la masa está en la plancha inferior; el avance de la cadena combinado con algunas guías mecánicas hace que la plancha superior se cierre sobre la que lleva la mezcla, dando la forma de la oblea y posteriormente el ingreso al horno; como se muestra en la figura 21. Durante su recorrido en el horno la oblea es cocinada. Finalmente al salir, las planchas se abren y la oblea es retirada de la plancha superior por el sistema de enrollado, como se muestra en la figura 22.

Figura 21. Cierre y horneado.



Figura 22. Entrega de la oblea al enrollador.

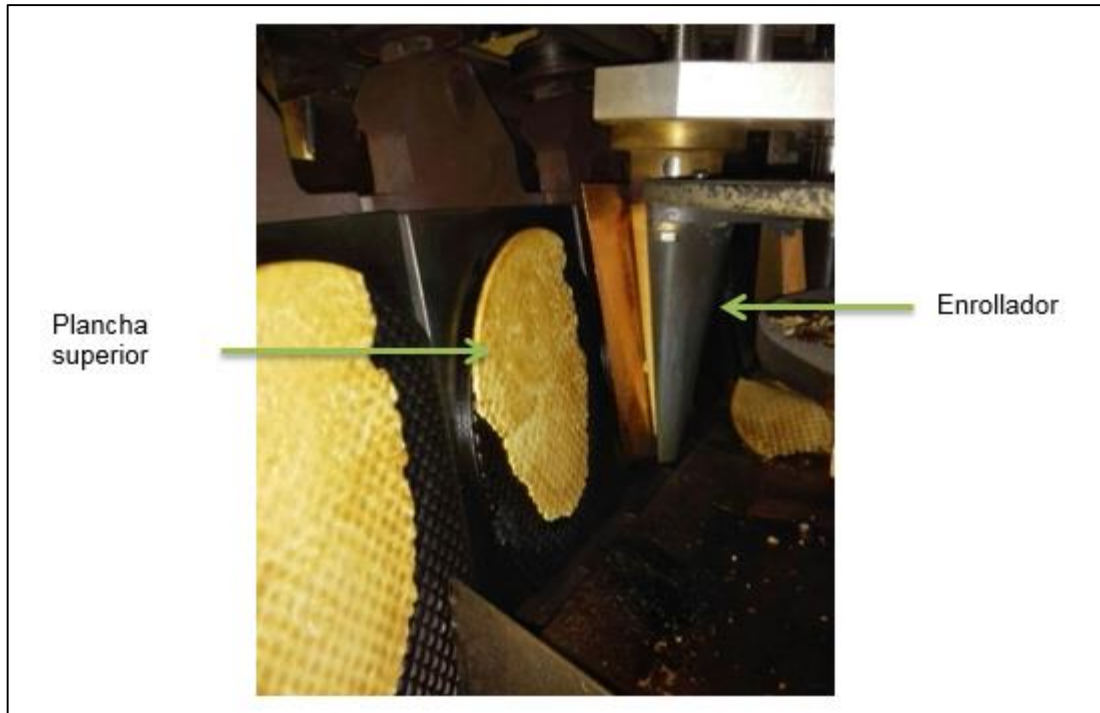
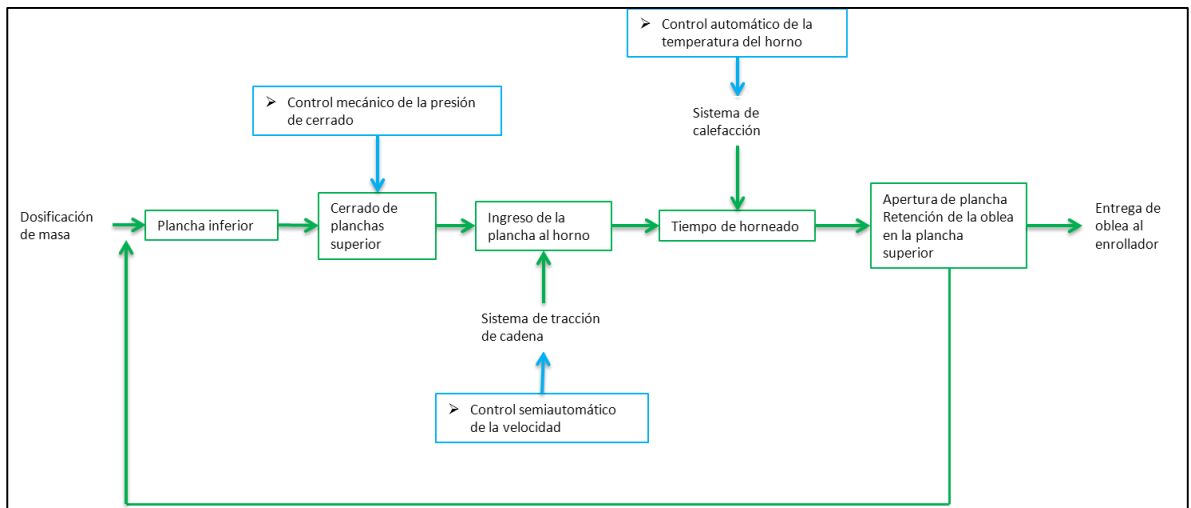


Figura 23. Diagrama del proceso de transporte y horneado.



5.1.3 Enrollado de oblea. Luego del proceso de cocción, la oblea queda en un estado maleable que permite al proceso darle la forma de barquillos cónico (cono).

El estado de maleabilidad dura poco tiempo por lo que el sistema de enrollado debe darle forma a la oblea tan pronto la retira de la plancha, esto mediante movimiento circulares en un molde cónico dentro de una camisa, tal como se muestra en la figura 24; al mismo tiempo que gira dando la forma al cono, este conjunto es transportado mediante un carrusel hacia el tobogán, donde se depositará el cono, como se muestra en la figura 25.

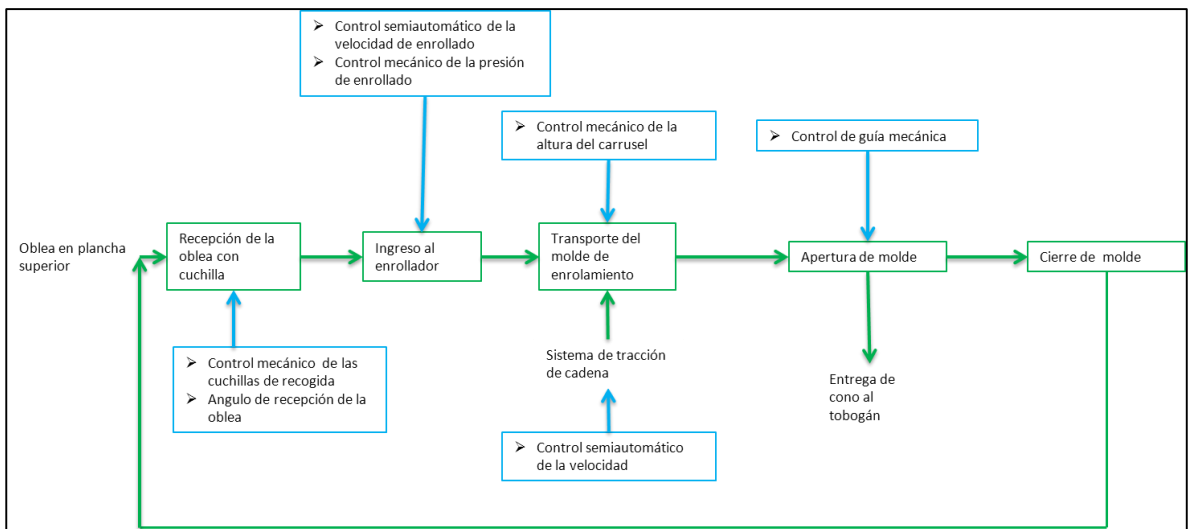
Figura 24. Carrusel de enrolladores.



Figura 25. Carrusel y tobogán.



Figura 26. Diagrama del proceso de enrollado de obleas.



5.1.4 Refrigeración, transporte y apilamiento de conos. El proceso de refrigeración inicia desde que el enrollador toma la oblea de la plancha. Sin embargo, la temperatura a la que descienden los conos no es la suficiente, para que queden rígidos y crocantes, por tal motivo se hace necesario que el equipo maneje una cámara de refrigeración a lo largo de su transporte.

Luego de salir del carrusel el cono es seleccionado por una de las dos vías del tobogán para dirigirse hacia la banda de refrigeración; ya en la entrada de la banda se encuentran cuatro canales en las cuales se ubican los conos y son empujados por unas varillas guías a través de la cámara de refrigeración hasta la banda apiladora, donde se agrupan en líneas de trece conos, como se muestra en la figura 27.

Figura 27. Banda de transporte y refrigeración.

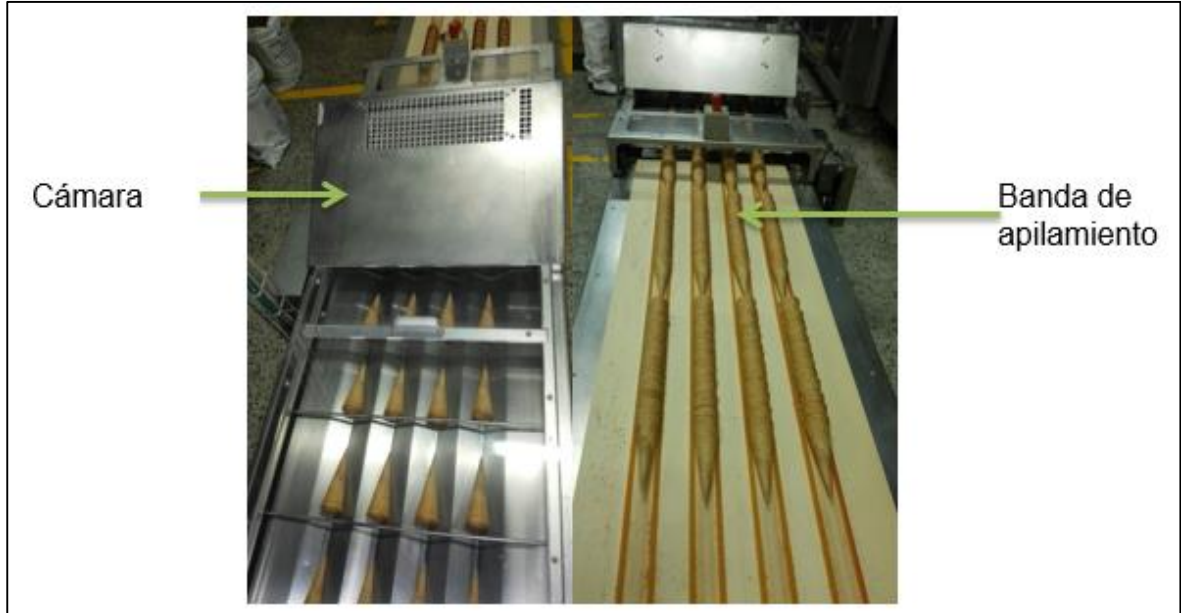
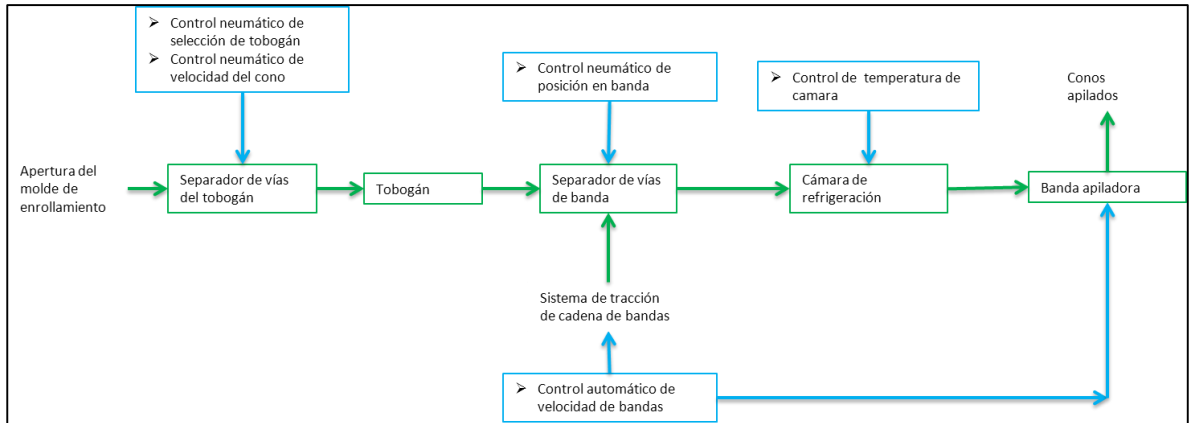


Figura 28. Diagrama del proceso de enfriamiento, transporte y apilamiento.

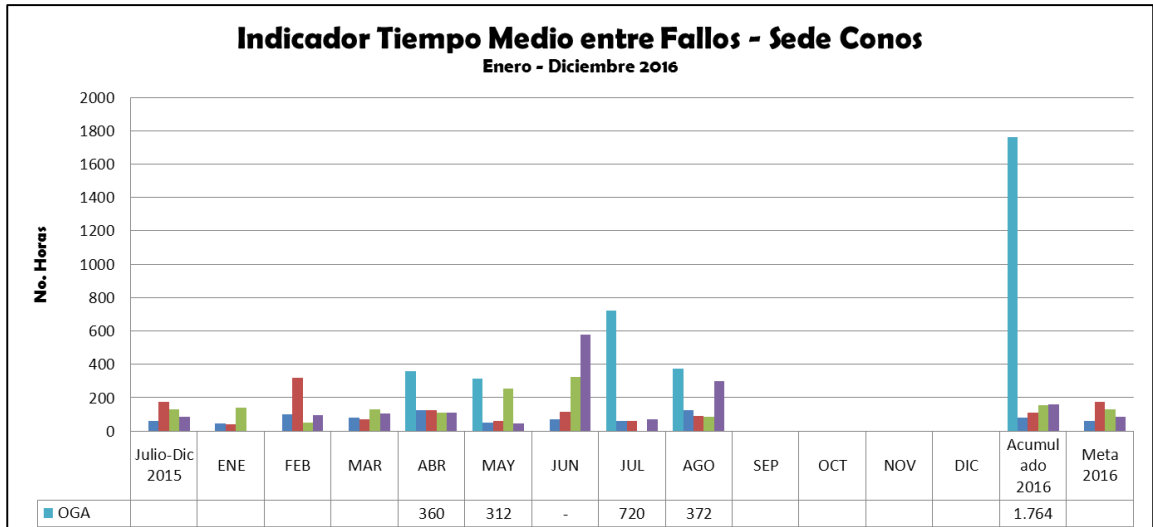


5.2 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PLANIFICADO

5.2.1 Indicadores de desempeño. Como base de la metodología se plantearon los indicadores que permitirán evaluar los avances de la implementación, para tomar decisiones acertadas, las actividades.

- Numero de fallos.
- Tiempo medio entre fallos (TMBF)
- Tasa de fallo
- Tiempo medio de reparación (MTTR)
- Costos de mantenimiento

Figura 29. Esquema de presentación indicadores.



5.2.2 Entregables para la auditoria de cada paso. Se plantean los entregables de cada paso que permiten medir los avances en la implementación de la metodología. En la tabla 4 se resume el listado de entregables.

Tabla 4. Auditorias de la implementación.

| AUDITORIA DE PASO - MANTENIMIENTO PLANEADO | | | |
|--|-------------------------------------|--|--------|
| Nº. Paso | Descripción | Entregable | Cumple |
| 1 | Diagnóstico de la situación actual. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Hoja de vida del equipo ➤ Establecer el árbol de sistemas sub-sistemas y partes ➤ Evaluación de criticidad de los sistemas ➤ Clasificación de averías ➤ Matriz modo fallo componente ➤ Establecimiento de metas | |

| AUDITORIA DE PASO - MANTENIMIENTO PLANEADO | | | |
|---|--|---|---------------|
| Nº. Paso | Descripción | Entregable | Cumple |
| 2 | Revertir el deterioro y corregir debilidades | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacitación del equipo autónomo en: <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza, inspección. Lubricación y ajuste (LILA) • Operación y arranque del equipo • Ajuste de los parámetros en operación ➤ Calculo del costo para la reversión del deterioro ➤ Plan de generación y solución de tarjetas para corregir debilidades de diseño. ➤ Análisis de causa raíz de los fallos con mayor impacto. | |
| 3 | Mejorar el sistema de gestión de información para que facilite el control de los equipos | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistema de gestión de la información <ul style="list-style-type: none"> • Control histórico de fallos • Generación de órdenes de trabajo • Generación de listas de chequeo • Control de preventivo • Control de presupuesto • Control de inventarios • Control de tiempos • Generación de indicadores de desempeño | |
| 4 | Crear un sistema de mantenimiento o periódico | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Diagrama de flujo del mantenimiento periódico ➤ Plan de mantenimiento periódico ➤ Procedimiento de las actividades más críticas ➤ Lista de herramientas y posibles repuestos o consumibles usados en las intervenciones ➤ Cronograma de parada de equipo 2016 – 2017 | |


| AUDITORIA DE PASO - MANTENIMIENTO PLANEADO | | | |
|---|--|--|---------------|
| Nº. Paso | Descripción | Entregable | Cumple |
| 5 | Crear un sistema de mantenimiento o predictivo. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Viabilidad de implementar mantenimiento predictivo <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo • Plan de mantenimiento predictivo • Listado de tecnologías a usar y su justificación. • Procedimientos y plan de implementación | |
| 6 | Evaluar el sistema de mantenimiento o planificado. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Auditorias de cada paso ➤ Análisis de indicadores de desempeño | |

5.3 PASO 1. EVALUACIÓN DEL EQUIPO

Parte fundamental de la implementación está en conocer a fondo el equipo, la metodología plantea que se realice un levantamiento completo de la información que se tiene, se establezcan y prioricen los sistemas y subsistemas, se definan los fallos y su severidad y se revise como se está comportando el equipo en el inicio del proceso, mediante los indicadores planteados. A continuación se describen los resultados que se obtuvieron.

5.3.1 Registro del equipo. En busca de conocer un poco los orígenes del equipo, se realizan el levantamiento de la información, que da como resultado la ficha técnica que permite tener la información de los consumos, datos del proveedor, fecha de instalación, entre otras.

Figura 30. Ficha técnica del equipo.

|  | | FICHA TECNICA | | | | Código | F83 |
|---|------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|-------------|----------------------|---|
| | | | | | | Versión | 001 ✓ |
| EMPRESA | SOLUCIONES OMEGA | | | NÚMERO | 001 | FECHA DE INSTALACION | Jul-08 |
| | | | | REVISADO POR | DIEGO RUSSY | | |
| DATOS BASICOS | | | | | | | |
| NOMBRE DEL EQUIPO | | HORNEADORA DE CONOS ENROLLADOS | | | MODELO | | VTR O 48G |
| ESTADO DE LA COMPRA | | NUEVO | | MARCA | TIPO | | SERIE |
| | | | | Franz Haas | MECANICO | | 925521 |
| ZONA | | LINEA 2 | | UBICACION | PROVEEDOR | TELÉFONO | DIRECCIÓN / CIUDAD |
| | | | | Produccion | Franz Haas | 574 386 1807 | Km 17 Via las palmas /Envigado, Antioquia |
| CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES | | | | | | | |
| VOLTAJE | | 220 V | POTENCIA | | VALOR | MOTOR MARCA | |
| AMPERAJE | | 60 A | MOTOR PRINCIPAL | | 1,5 KW | SIE MENS | |
| | | | | MOTOR ENROLLAMIENTO | 1,1 Kw | SIE MENS | |
| CONSUMO DE GAS | | | | SISTEMAS NEUMATICOS | | | |
| Diámetro Tubería | | 50 mm | Presión máxima | | 10 barios | | |
| Racores | | 6/4" | Presión mínima | | 6 barios | | |
| Presion Min | | 0,02 bar | Electrovalvula | | MFH-6/2-1/4 | | |
| Presion Max | | 0,01 bar | Diámetro entrada | | 8mm | | |
| | | | | | | ALTURA | |
| | | | | | | 2480 | |
| | | | | | | ANCH O | |
| | | | | | | 1480 | |
| | | | | | | LARG O | |
| | | | | | | 4810 | |

5.3.2 Criterios de evaluación para el análisis de criticidad. Se determinan los criterios de evaluación correspondientes a los equipos de solución omega, en ellos se incluyen; frecuencias de fallos, facilidad en la compra de repuestos, tipo de personal que interviene el sistema, efectos ambientales y consecuencia en tiempos de producción.

Tabla 5. Criterio A. Frecuencia de fallos.

| Factor de frecuencia | Numero de fallas por año | Ponderación |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------|
| Alto | 9,1-∞ | 4 |
| Medio | 6,1-9 | 3 |
| Tolerable | 3,1-6 | 2 |
| Mínimo | 0-3 | 1 |

A

Tabla 6. Criterio B. Impacto en la operación.

| Impacto operacional | Ponderación |
|----------------------------|--------------------|
| Perdida del producto | 8 |
| Incumplimiento al cliente | 6 |
| Retención de producto | 4 |
| No genera ningún efecto | 1 |

B

Tabla 7. Criterio C. Flexibilidad operacional.

| Flexibilidad Operacional | Ponderación |
|--|--------------------|
| Los repuestos y la mano de obra del equipo se deben importar | 4 |
| Los repuestos y la mano de obra son nacionales | 3 |
| Los repuestos y la mano de obra son locales | 2 |
| Los repuestos y la mano de obra están internos en la compañía. | 1 |

C

Tabla 8. Criterio D. Costo de mantenimiento.

| Costo de mantenimiento | | Ponderación |
|-------------------------------|------------------|--------------------|
| Mayor o igual | \$ 10.000.000,00 | 2 |
| Menos a | \$ 10.000.000,00 | 1 |

D

Tabla 9. Criterio E. Impacto a la seguridad y medio ambiente.

| Impacto de medio ambiente y seguridad | Ponderación | E |
|---|-------------|---|
| Afecta la seguridad humana al momento del fallo o la reparación | 10 | |
| Afecta el ambiente o las instalaciones | 7 | |
| Provoca daños menores al medio ambiente | 4 | |
| No tiene afectaciones ambientales o de seguridad | 1 | |

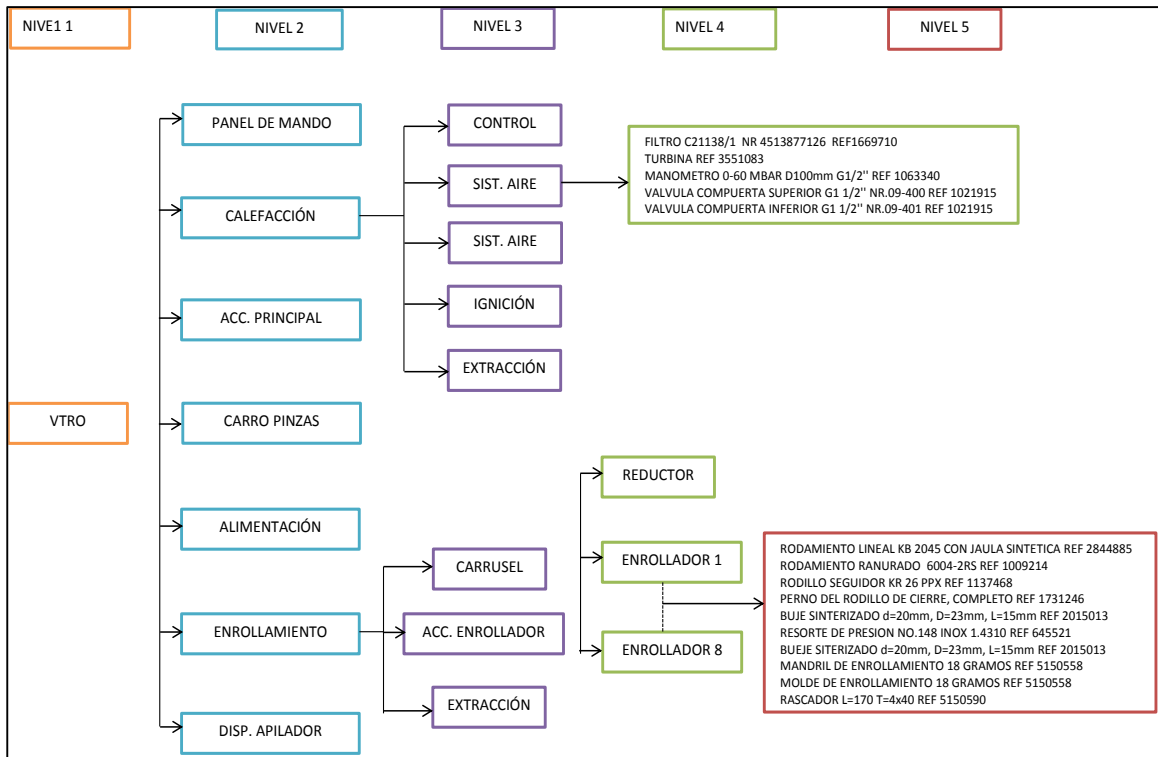
Tabla 10. Matriz de criticidad de equipos de Soluciones Omega S. A.

| F.Fallo | Matriz de criticidad Soluciones Omega | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|---------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|--|
| 4 | 12 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 | 64 | 68 | 72 | 76 | 80 | 84 | 88 | 92 | 96 | 100 | 104 | 108 | 112 | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 | | |
| 3 | 9 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 45 | 48 | 51 | 54 | 57 | 60 | 63 | 66 | 69 | 72 | 75 | 78 | 81 | 84 | 87 | 90 | 93 | 96 | 99 | 102 | 105 | 108 | 111 | 114 | 117 | 120 | 123 | 126 | 129 | 132 | | |
| 2 | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 | 52 | 54 | 56 | 58 | 60 | 62 | 64 | 66 | 68 | 70 | 72 | 74 | 76 | 78 | 80 | 82 | 84 | 86 | 88 | | |
| 1 | 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 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | | |
| | 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 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | | |
| | Consecuencia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

5.3.3 Determinación de sistemas y subsistemas del equipo. El determinar correctamente las fronteras del equipo, permite que el análisis de criticidad sea más exacto, adicionalmente, ayuda a que el técnicos conozca mejor el equipo y facilita la ubicación de fallos.

Utilizado la forma de árbol se plasmaron las fronteras y partes del equipo, tal como se muestra en la figura 31.

Figura 31. Estructura árbol de fronteras.



5.3.4 Análisis de criticidad de los sistemas.

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de fallos} \times \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = (\text{Impacto operacional} \times \text{Flexibilidad}) + \text{Costo Mtto} + \text{impacto ambiental}$$

Tabla 11. Resultado del análisis de criticidad del equipo VTRO.

| EQUIPOS | Criterio | | | | | Consecuencia | Criticidad | Estatus |
|-----------------|----------|---|---|---|---|--------------|------------|------------------|
| | A | B | C | D | E | | | |
| Enrollador | 4 | 8 | 4 | 2 | 8 | 42 | 168 | Criticidad alta |
| Calefacción | 4 | 8 | 4 | 2 | 4 | 38 | 152 | Criticidad alta |
| Alimentación | 3 | 8 | 2 | 1 | 4 | 21 | 63 | Criticidad media |
| Recogida | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 10 | 10 | Criticidad baja |
| Panel de mando | 1 | 1 | 4 | 2 | 1 | 7 | 7 | Criticidad baja |
| Accionamiento p | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | Criticidad baja |
| Apilador | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | Criticidad baja |

5.3.5 Definición de fallos y su severidad. Se identifican los fallos y la severidad de la ocurrencia de acuerdo a las siguientes definiciones.

5.3.5.1 Avería crítica o mayor. La que afecta las funciones del elemento consideradas como principales y comprometen la integridad del equipo o el operador.

5.3.5.2 Avería parcial. La que afecta a algunas de las funciones pero no a todas estas, algunas veces permite seguir produciendo, pero con alto riesgo de defectos de calidad.

5.3.5.3 Avería reducida. La que afecta al elemento, sin que pierda su función principal y secundaria, genera un bajo riesgo de calidad.

5.3.5.4 Averías crónicas. Afectan a un elemento de una máquina en forma sistemática, o esta permanece por largo tiempo sin que se resuelva. Una avería crónica puede ser crítica, parcial o reducida.

5.3.5.5 Averías esporádicas. Afecta el elemento en forma aleatoria y puede ser crítica o parcial. Permanece corto tiempo y su efecto es significativo.

5.3.5.6 Avería transitoria. Afecta durante un tiempo limitado al elemento y adquiere nuevamente su actitud para realizar la función requerida, sin haber sido objeto de algún tipo de intervención de mantenimiento.

Tabla 12. Clasificación de averías.

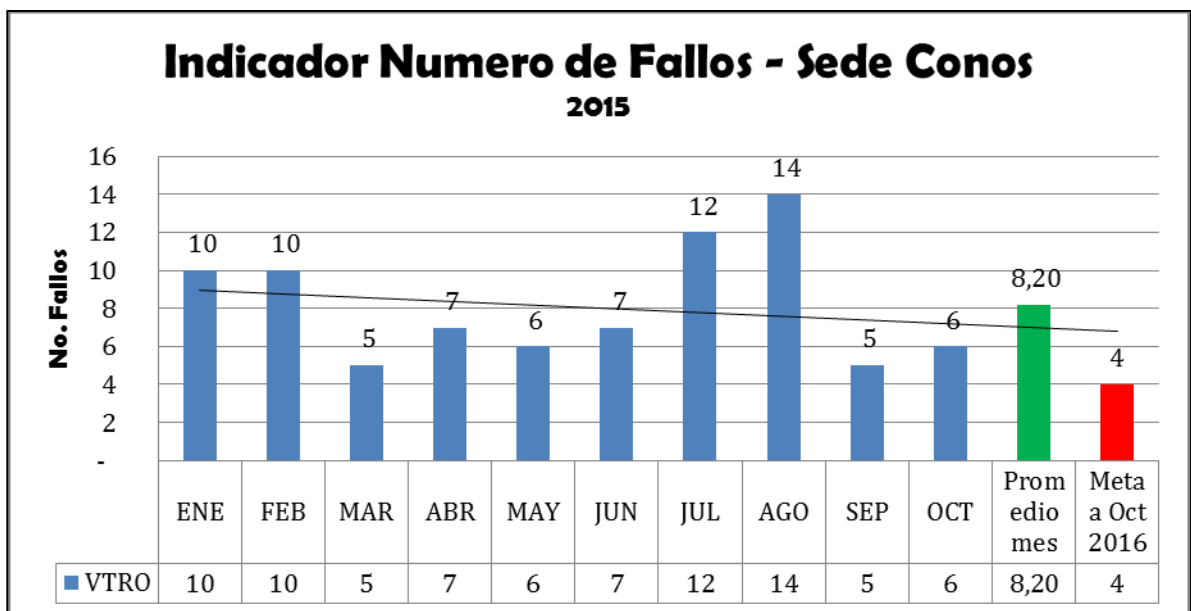
| Críticas | |
|------------------|---------------------------|
| Crónicas | |
| Esporádicas | Fallo en la calefacción |
| | Fallo en el extractor |
| | Daño en las cuchillas |
| | Fallo en el enrollador |
| Transitorias | Correa Dentada Sincrónica |
| | Desajuste en las planchas |
| | Falla Neumática |
| | Molde de enrollamiento |
| | Rompimiento de Bisagras |
| | Cilindro Neumático |
| Parciales | |
| Crónicas | Cuadre de boquillas |
| Esporádicas | Bomba pegada |
| Transitorias | |
| Reducidas | |
| Crónicas | Soplado de tobogán |
| Esporádicas | Giro de galleta en banda |
| transitorias | Taponamiento de flauta |

5.3.6 Evaluación de la situación del equipo según indicadores. Parte importante de aplicar cualquier metodología es poder medir los avances que se van evidenciando durante la implementación y para eso se determinaron los indicadores que nos permiten hacerlo.

Adicionalmente es necesario establecer el estado actual y la meta a la cual se le está apuntando, a continuación se describe uno a uno los indicadores y las metas a las cuales se les están apuntando.

5.3.6.1 Número de fallos. Dentro de lo estipulado en la organización se le cataloga como fallo; a las paradas asociadas a la pérdida de la función del equipo, que tienen una duración mayor a 10 minutos.

Figura 32. Histórico de fallos al inicio de la implementación.



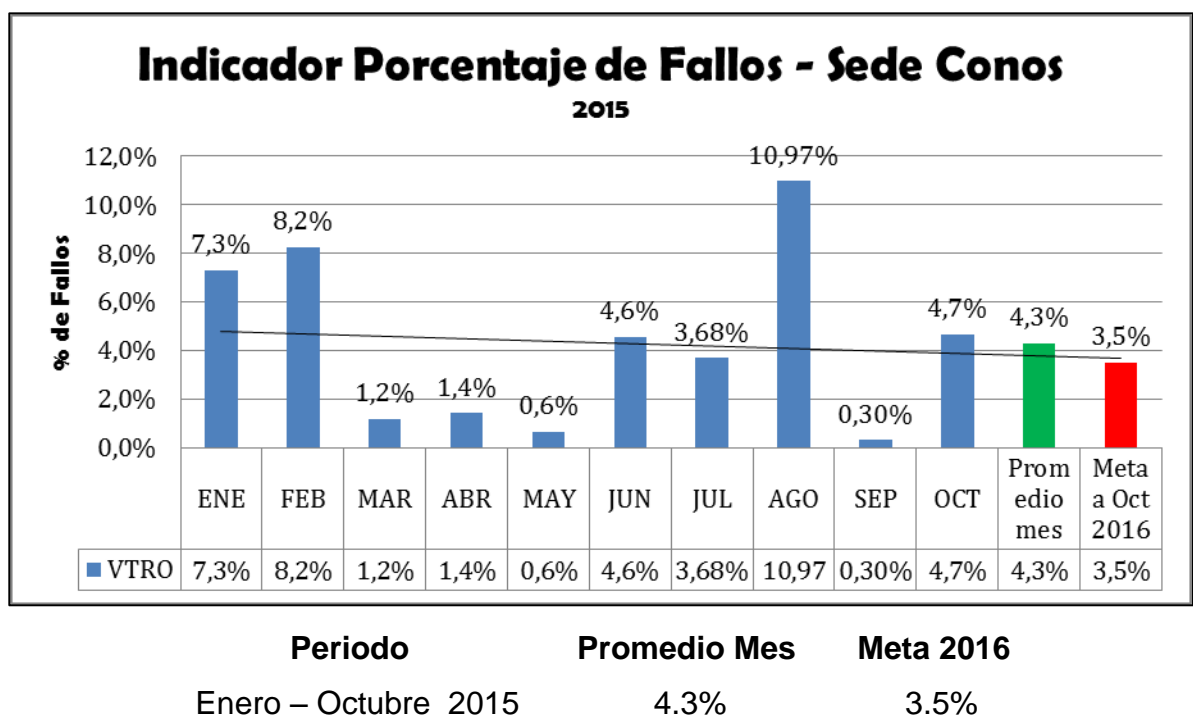
| Periodo | Acumulado | Promedio Mes | Meta 2016 |
|----------------------|-----------|--------------|-----------|
| Enero – Octubre 2015 | 82 | 8.2 | 4 |

El equipo presenta un acumulado de 82 paros entre enero y octubre de 2015 lo que deja un promedio de 8.2 paros por mes y se plantea una reducción del 48% lo que pone una meta de 4 paros por mes para octubre de 2016.

5.3.6.2 Tasa de fallos. La tasa de fallo se calcula de la ecuación:

$$Tasa\ de\ fallo = \frac{Tiempo\ de\ reparación}{Tiempo\ programado\ en\ producción}$$

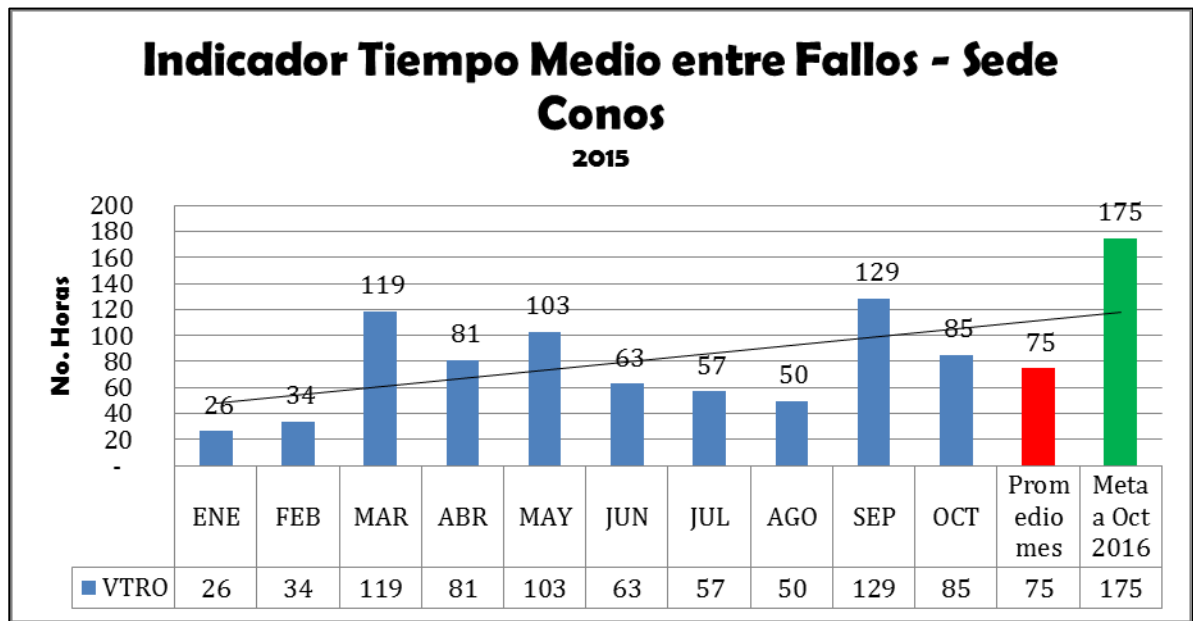
Figura 33. Histórico de la tasa de fallo al inicio de la implementación.



5.3.6.3 Tiempo medio entre fallos. El tiempo medio entre fallos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$TMBF = \frac{\text{tiempo programado en producción}}{\text{número de fallos}}$$

Figura 34. Histórico de tiempo medio entre fallas antes de la implementación.

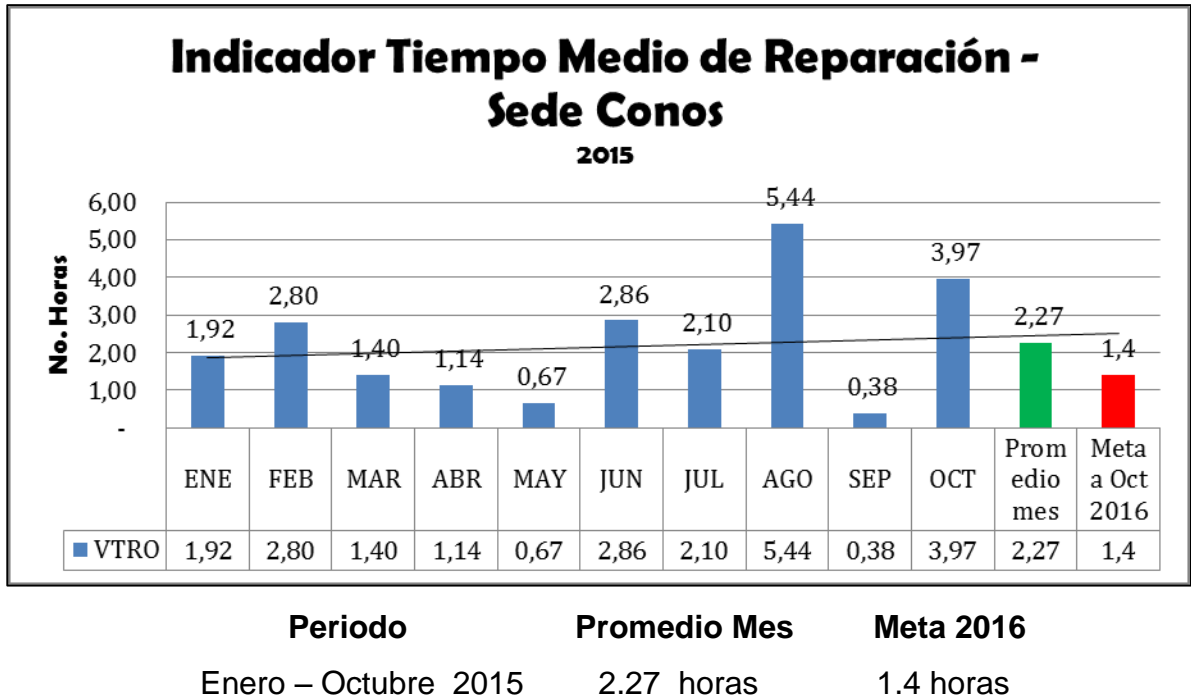


Periodo **Promedio Mes** **Meta 2016**
Enero – Octubre 2015 75 horas 175 horas

5.3.6.4 Tiempo medio de reparación. El tiempo medio de reparación se calcula mediante la ecuación:

$$MTTR = \frac{\text{tiempo medio de reparación}}{\text{número de fallos}}$$

Figura 35. Histórico del tiempo de reparación antes de la implementación.



5.3.6.5 Costos de mantenimiento. Los costos asociados al equipo no son medidos por la compañía, por lo que se plantea la medición a partir de la implementación del plan.

Un factor determinante dentro de los datos anteriores es que son muy dispersos, es muy complejo determinar el comportamiento del equipo en los meses próximos, esto se debe a que no se le realizan rutinas específicas, no se atacan metodológicamente los problemas y no se cuenta con una base de datos históricos que nos muestren las intervenciones realizadas.

5.3.7 Auditoria de paso. Se realiza la auditoria del paso de forma interna, donde se revisa que se tengan los entregables establecidos al inicio de la implementación.

Tabla 14. Auditoria paso 1.

| Entregable | Cumple | Evidencias |
|---|---------------|---------------------------------------|
| Hoja de vida del equipo | SI | Anexo A. Ficha técnica |
| Establecer el árbol de sistemas sub-sistemas y partes | SI | Anexo B. Árbol de sistemas |
| Evaluación de criticidad de los sistemas | SI | Ítems 5.3.2 y 5.3.4 |
| Clasificación de averías | SI | Ítems 5.3.5 |
| Matriz modo fallo componente | SI | Anexo C. Matriz modo fallo componente |
| Establecimiento de metas | SI | Ítem 5.3.6 |

Al finalizar el paso los técnicos cuentan con una información más completa y estructurada del equipo, adicionalmente se tienen las metas claras y los puntos críticos a los cuales se les debe enfocar los esfuerzos del área. Sin dejar a un lado el conocimiento adquirido al momento de desarrollar las actividades propuestas, lo que les facilitará el desarrollo del paso 2, donde el técnico se convierte en un maestro para el operador.

5.4 PASO 2. RESTAURAR EL DETERIORO Y CORREGIR DEBILIDADES

En este paso el mecánico se convierte en maestro, capacitando al operario sobre los sistemas y principios de funcionamiento, en busca de generar habilidades para la detección de anomalías. La transmisión de la información se puede realizar mediante LUP, explicación durante la revisión de fallos o simplemente en el proceso productivo.

El acompañamiento de los mecánicos a los operadores debe ser permanente, en especial en la reunión de los pequeños equipos (PET) donde se charla sobre los avances que se tienen en la implementación y se divulgan e identifican las debilidades tanto de los equipos como de las habilidades de las persona.


Luego de que el operador tiene las habilidades desarrolladas, se programa la parada autónoma donde se realiza la limpieza como inspección al equipo. Esta limpieza no es una limpieza rutinaria sino profunda, y se debe realizar con un ojo crítico y asertivo ya que busca encontrar focos de contaminación, lugares de difícil acceso, puntos débiles de diseño entre otras.

Como resultado se generan tarjetas de color rojo o azul, en las cuales se indica el tipo de anomalía que se evidenció, la criticidad de la anomalía y el lugar donde se encuentra. Esta actividad permite direccionar los esfuerzos del área en restablecer las condiciones básicas y proyectar la restauración del deterioro.

5.4.1 Restablecer las condiciones básicas del equipo.

5.4.1.1 Capacitación del personal operativo. Se plantea el plan de acuerdo a la matriz de habilidades planteada en conjunto con el pilar de educación y entrenamiento referente al conocimiento del equipo.

Tabla 15. Matriz de habilidades línea piloto.

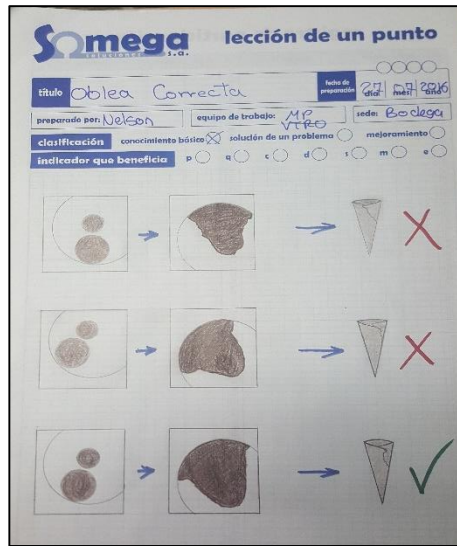
|  | | | | no sabe | | | sabe | | | hace acompañada | | | Prom. Evaluación Inicial |
|---|---|---|---|--------------|----------|---------------------------|-------------------|----------|---------------------------|-----------------|----------|---------------------------|--------------------------|
| | | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | |
| tipo | C | H | conocimientos y habilidades | Delsy Lampea | | | Cristian Martínez | | | Carlos Mendoza | | | |
| | | | | inicial | deseable | habilidades desarrolladas | inicial | deseable | habilidades desarrolladas | inicial | deseable | habilidades desarrolladas | |
| PLANEADO | C | | Conoce qué es, como se clasifica y como se reporta una avería. | 0% | | | 0% | | | 0% | | | 0,0% |
| | H | | Identifica averías en el proceso y los reporta mediante tarjeta roja | 0% | | | 0% | | | 0% | | | 0,0% |
| | H | | Conoce el funcionamiento básico del equipo (herramientas, proceso y sistemas) | 100% | | | 100% | | | 100% | | | 100,0% |
| E&E | C | | Realiza LUPs | 0% | | | 0% | | | 0% | | | 0,0% |

Parte importante para tener éxito en la transmisión de los conocimientos, es otorgar el tiempo y los espacios tanto a los operadores como a los técnicos, recursos que son limitados al interior de la empresa, por lo que se planteó por parte del pilar de mantenimiento el plan YO EMPACO Y TU APRENDES; donde uno de los técnicos toma el rol del operador mientras él a su vez recibe capacitación por parte de los demás integrantes del pilar de MP, acerca de los temas planteados en la matriz de habilidades. Esta técnica permite incrementar las horas de capacitación a los operadores, sin afectar la operación de la planta.

Estas capacitaciones son transmitidas a través de lecciones de un punto (LUP), donde el técnico plasma mediante dibujos realizados por él mismo la información que se quiere transmitir al operador, adicionalmente la capacitación se realiza al lado del equipo para que la sea más práctica.

Por último se realiza seguimiento para medir la eficacia de la capacitación y se determina si el operador avanza en la matriz o requiere reforzar algunos conceptos.

Figura 36. LUP Forma correcta oblea.



5.4.1.2 Parada autónoma. Luego de generar las habilidades en el operador, es hora de ponerlas en práctica y esto se realiza en la primera parada autónoma, donde se generaron 49 tarjetas entre ellas 39 rojas y 10 azules, la cuales nos dan un punto de partida para iniciar con el restablecimiento de las condiciones básicas del equipo y la eliminación de los puntos débiles de diseño del mismo. En la tabla 16 se evidencia los resultados de la actividad.

Tabla 16. Clasificación de tarjetas.

| Tipo de anomalía | Prioridad | | |
|---------------------------|-----------|----------|-------|
| | 24 horas | 1 semana | 1 Mes |
| 1.Fallo menor | 0 | 1 | 2 |
| 2.Condición Básica | 5 | 7 | 9 |
| 3.Lugar de difícil acceso | 0 | 0 | 8 |
| 4.Fuente de contaminación | 0 | 0 | 4 |
| 5.Defecto de calidad | 1 | 1 | 0 |
| 6.Organización y orden | 0 | 0 | 0 |
| 7.Lugar inseguro | 1 | 0 | 0 |
| Tarjeta azul | 6 | 2 | 2 |

Figura 37. Tarjetas generadas.



Con la actividad realizada se genera las actividades, que permita:

- Restablecer las condiciones básicas del equipo.
- Ubicar señales de riesgos en el equipo
- Ubicar guardas del equipo
- Generar gestión visual de los elementos de control y medidores de los parámetros (reemplazar los averiados)
- Identificar tuberías de los suministros de aire y gas
- Elaborar listas de chequeo
- Realizar ajuste general de tornillería, reemplazar la deteriorada y reponer la faltante
- Reemplazo de elementos neumáticos desgastados y averiados
- Ajustar borneras de los elementos eléctricos
- Organizar cableado de los tableros
- Cambiar empaques de las puertas del horno

- Reemplazar cableado encintado
- Presupuestar el cambio de enrolladores

5.4.2 Reversión del deterioro forzado del equipo. Restablecer las condiciones del equipo y mantenerlas permite al pilar identificar las partes que presenta deterioro forzado, fuentes de contaminación, lugares de difícil acceso y los puntos débiles en el diseño. Ya con esta información, la metodología sugiere al pilar atacar desde dos frentes; apoyo a la producción y análisis de fallos y mejoras de diseños de la máquina.

5.4.2.1 Apoyo a la producción. Teniendo en cuenta que el paso 2 de mantenimiento planeado se desarrolla en paralelo con el paso 2 del pilar de mantenimiento autónomo; este tiene como objetivo eliminar las fuentes de contaminación (FC) y lugares de difícil acceso (LDA), se hace necesario que los operadores conozcan más a fondo sobre el funcionamiento de los sistemas y partes del equipo, y es en este punto donde el apoyo del pilar MP aporta su granito de arena mediante:

Elaboración de LUP's de los sistemas y partes: se elaboraron más de 30 lecciones que mostraban el funcionamiento de los sistemas y partes del equipo, y se usaron algunas LUP' realizadas en la línea piloto, por tener el mismo funcionamiento como material para la capacitación de los operadores en el paso.

Figura 38. Funcionamiento del extractor.

Omega lección de un punto

titulo: **Extractor** Fecha de presentación: 26 día 10 mes 16 año

preparado por: *Juan Alexander* equipo de trabajo: *MTA-36g* sede: *Bodega*

clasificación: conocimiento básico solución de un problema mejoramiento

indicador que beneficia: p a c d i m e

Parte:

- Motor
- Helice
- Fleche
- Tranillo 13M d10M
- Caja Electrica
- Variador de velocidad

→ calor
→ Aire
→ Vapor

.Función: Extraer los gases generados por la combustión del horno.
*.Fallos: .No extrae aire (no prende)
 .Presenta ruidos extraños
 .Averia variador (corriente o voltaje)*
*.Causa: .Mala conexión eléctrica
 .Rodamiento desgastado o carbon acumulado
 .Sobrecarga de energía en el sistema*
Solución: Ajustar conexiones

Figura 39. Posición correcta del sensor llama.

Omega lección de un punto

titulo: Fecha de presentación: día mes año

preparado por: equipo de trabajo: sede:

clasificación: conocimiento básico solución de un problema mejoramiento

indicador que beneficia: p a c d i m e

Electrodo

Base Electrodo

SI

NO

Figura 40. Funcionamiento de las toberas en general y flama correcta.

S Omega lección de un punto

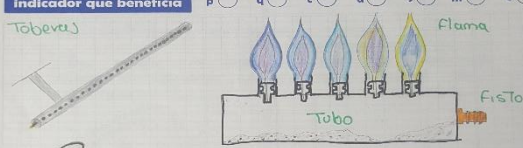
título: Toberas MTA-36-1 fecha de preparación: 27/10/2016

preparado por: Jairo Vargas equipo de trabajo: M. Planella sede: Bodega

clasificación: conocimiento básico solución de un problema mejoramiento

Indicador que beneficia: p a c d s m e

Toberas



tobera

función: focalizar las flamas que calientan los moldes

Fallos:

- la flama NO sale por la tobera
- los moldes se calientan de forma no uniforme
- los flamas salen desparejas

Causa:

- las toberas estan tapadas de carbón
- Las toberas estan desalineadas
- El sistema puede contener elementos extraños

Sintoma:

- Copas con colores diferentes (Quemado - Cuido)
- la capacidad de calefacción se bajo

Solución:

- Alinear toberas
- Realizar limpieza de toberas (frecuente)

Capacitación al personal en sistemas y partes: mediante la metodología **'yo empaco tu aprendes'** y las LUP's previamente diseñadas, se realizaron las capacitaciones al personal, sobre las partes y sistemas del equipos. Esto permitió que se logran mantener las condiciones básicas de los equipos y se observó un empoderamiento de los operadores hacia la máquina.

Figura 41. Capacitación de ajuste de enrolladores.



Elaboración de instrucciones sobre control visual: se listaron los puntos de control en la pantalla del equipo y en los medidores externos del mismo, y se determinaron los parámetros de funcionamiento, con el fin de preparar el material de capacitación al personal

Figura 42. Parámetros de funcionamiento del equipo en pantalla.

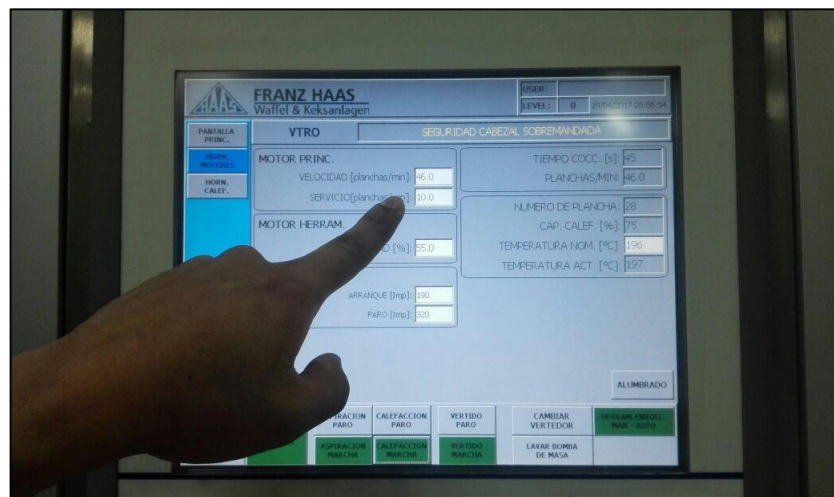


Figura 43. Parámetros de funcionamiento del equipo en la pantalla.

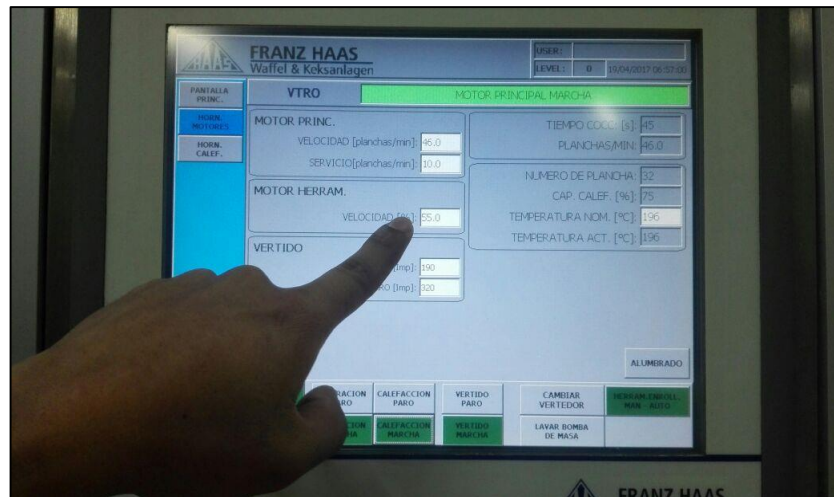


Tabla 17. Parámetros de ajuste en la pantalla del operador.

| Parámetro | Rango Mínimo | Rango Máximo |
|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| Temperatura | 185°C | 220°C |
| Velocidad Equipo | 42 Planchas/min | 47 Planchas/min |
| Vertido masa | 50mm | 350mm |
| Tiempo de vertido | 1 segundo | 4 segundos |
| Velocidad enrollador | 48 % Velocidad de equipo | 55 % Velocidad del equipo |

Figura 44. Puntos de control visual en el equipo.



Tabla 18. Puntos de verificación con control visual.

| Punto de control | Estado OK |
|----------------------------------|----------------------|
| Manómetro de gas principal | Verde 0.3 a 0.4 bar |
| Manómetro de gas mezclador 1 y 2 | Verde 0.3 a 0.4 bar |
| Manómetro de turbina | Verde 0.1 a 0.25 bar |
| Manómetro de aire de alta | Verde 4 a 6 psi |
| Presostato de extracción | Luz Azul |
| Presostato de llama superior | Luz Azul |
| Presostato de llama inferior | Luz Azul |

Capacitación de lubricación y tipos de lubricantes: parte fundamental de mantener las condiciones básicas del equipo es la lubricación, por lo que se decidió realizar una actividad de lubricación general del equipo en compañía de los operadores, donde se mostraron los tipos de lubricantes que usa el equipo, los

puntos donde se aplica y las medidas de seguridad que se deben tener para realizar la actividad.

Se generó el listado de las actividades que a partir de ese momento realizarían los operadores y los puntos de inspección que se deberían monitorear por parte de ellos.


Figura 45. Punto de lubricación enrollador.



Figura 46. Punto de lubricación leva de la bomba.




Tabla 19. Programa de lubricación del equipo VTRO. Ver Anexo D.

|  PLAN DE LUBRICACION VTRO SOLUCIONES OMEGA S.A. | | HORAS OPERACION | DIARIO | SEMANAL | BI-MENSUAL | TRIMESTRAL | SEMESTRAL | ANUAL | BIENAL | TRIMESTRAL | SEMANAL | DIARIO | GRASA | ACEITE | REFORER | LUBRICANTE | |
|--|--------|---|-----------|---------|------------|------------|-----------|-------|--------|------------|---------|--------|--------|--------|---------|---|---------------------------------|
| SISTEMA | COBIGO | | ACTIVIDAD | 24H | 144h | 624h | 1248h | 2496h | 4992h | 9984h | 19968h | 39936h | 79872h | GRASA | ACEITE | REFORER | NOMBRE |
| COJINETES PRINCIPALES | D001 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION | | | X | | | | | | | | X | | | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS | MIN |
| CARRO DE PINZA | D002 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION EN RUEDAS PORTANTES | | | | X | | | | | | | X | | | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS | 24-26 grs MÁXIMO POR RODAMIENTO |
| | D003 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION EN RODILLOS DE CIERRE | | | | X | | | | | | | X | | | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS | 4-6 grs MÁXIMO POR RODAMIENTO |
| | D004 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION EN LAS CHARNELAS DE LAS PINZAS CUANDO ESTAN CALIENTES | | | X | | | | | | | | X | | | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS | MIN |
| | D005 | LUBRICAR REDUCTOR TOHINILLO SIN FIN | | | | | | X | | | | | | X | | SHELL OMALA 680 | 3,8 lbs |
| ACCIONAMIENTO PRINCIPAL | D006 | LUBRICAR RODAMIENTOS DEL REDUCTOR | | | | X | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | 13 DE LA CAVIDAD |
| | D007 | LUBRICAR RODAMIENTOS DEL MOTOR | | | | | X | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | 13 DE LA CAVIDAD |
| | D008 | COLISA DEL DISCO DE LEVA | | | | X | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| VERTIDO DE MASA | D009 | RODILLO DE LEVA | | | | X | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| | D010 | ALQJAMIENTO DEL DISCO DE LEVA | | | | X | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| | D011 | LUBRICAR BIJES DE BOLAS | | | X | | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| GUIA DE LAS BOMBAS DE MASA | D012 | LUBRICAR REDUCTOR ANGULAR DEL ACCIONAMIENTO DEL CARRUSEL | | | | | X | | | | | | | | | FRISO F152-00 (EP 00) | 2,0 Kg Máx |
| REDUCTOR ANGULAR DEL ACCIONAMIENTO DEL CARRUSEL | D013 | LUBRICAR ALQJAMIENTO DEL CARRUSEL | | | X | | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| CADENAS DE RODILLOS | D014 | LUBRICAR CADENAS DE RODILLOS | | X | | | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| | D015 | ENGRANE DE ACCIONAMIENTO DEL CARRUSEL | | | X | | | | | | | | | X | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| ENROLLADORES | D016 | CONTROL BIJES DE BOLA | | | X | | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| | D017 | RODILLOS LATERALES DE LOS ENROLLADORES- CONTROLAR SI GIRAN BIEN | | | X | | | | | | | | X | | | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS | MIN |
| | D018 | CONTROL BIJES DE BOLA RODAMIENTOS DE AGUIJAS DE LAS BRIDAS DE CADENA | | | | X | | | | | | | X | | | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS | MIN |
| DISPOSITIVO APILADOR, DISPOSITIVO DE LIMPIEZA | D019 | CAMBO DE ACEITE MOTOR REDUCTOR DISPOSITIVO APILADOR | | | | | X | | | | | | X | | | SHELL OMALA 680 | 0,25 lbs |
| | D020 | LUBRICAR LAS CADENAS DE ACCIONAMIENTO | | X | | | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| EVAQUADOR DE DESECHOS | D021 | CAMBO DE ACEITE, ACCIONAMIENTO DEL EVAQUADOR DE DESECHOS | | | | | X | | | | | | X | | | SHELL OMALA 680 | 0,4 lbs |
| | D022 | LUBRICAR LAS CHUMACERAS DE BRIDA | | | X | | | | | | | | X | | | CENT OPLEX 2 EP | MIN |
| CINTA EMPAQUETADORA | D023 | CAMBO DE ACEITE MOTOR DE ACCIONAMIENTO | | | | | X | | | | | | X | | | SHELL OMALA 680 | 0,25 lbs |

Instrucción para la elaboración de listados de inspección y lubricación: para garantizar de que quedara un correcto plan de inspección y lubricación se realizó acompañamiento en la realización de las listas de chequeo y lubricación del equipo que realizo el personal que opera el equipo.

Tabla 20. Lista de chequeo para el inicio del turno.

|  | | Lista de chequeo para arranque del equipo VTRO | |
|---|--------------------------|---|--------|
| Lider: _____ | | Fecha: _____ | |
| Turno: _____ | | | |
| Parametros Control visual | | | |
| Parámetro | Rango Mínimo | Rango Máximo | Actual |
| Temperatura | 185°C | 220°C | |
| Velocidad Equipo | 42 Planchas/min | 47 Planchas/min | |
| Vertido masa | 50mm | 350mm | |
| Tiempo de vertido | 1 segundo | 4 segundos | |
| Velocidad enrollador | 48 % Velocidad de equipo | 55 % Velocidad del equipo | |
| Parametros Control visual | | | |
| Manómetro de gas principal | Verde 0.3bar | Verde 0.4 bar | |
| Manómetro de gas mezclador 1 y 2 | Verde 0.3 | Verde 0.4 bar | |
| Manómetro de turbina | Verde 0.1 | Verde 0.25 bar | |
| Manómetro de aire de alta | Verde 4 | Verde 6 psi | |
| Presostato de extracción | Luz Azul | | |
| Presostato de llama superior | Luz Azul | | |
| Presostato de llama inferior | Luz Azul | | |

Habitualmente los operadores entregaban el equipo sucio entre los turnos, no se revisaban los parámetros de temperatura y presión del equipo por que los desconocían, esto llevaba a que se trabajara a bajas velocidades afectando la tasa de desempeño, con las listas establecidas los operadores entregan su equipo limpio

reduciendo el riesgo de partículas extrañas en el producto y con los parámetros de la maquina en línea, para que el turno que recibe mantenga la velocidad.

5.4.2.2 Diagnóstico del equipo. Los análisis de causa raíz de las fallas, las anomalías reportadas en las tarjetas rojas y el seguimiento al desempeño de cada sistema en el equipo se destacaron.

Sistema de alimentación: las guardas del equipo impiden la manipulación de la bomba de dosificación dificultando los ajustes de mezcla.

Figura 47. Lugar de difícil acceso a la bomba.



Sistema de calefacción: la flama se torna intermitente lo que impide que el horno alcance la temperatura necesaria para trabajar el equipo a velocidad nominal.

Figura 48. Oscilación de llama.



Carro de pinzas:

- Las obleas presentan formas diferentes dificultando los ajustes del operador, esto se debe a que los ajustes de las planchas son diferentes.
- Se evidencia un desgaste avanzado en el sistema de cierre de las planchas.

Figura 49. Obleas de diferente forma y tamaño.



Sistema de enrollado:

- Las cuchillas tienen desgastes diferentes que oscilan en 2mm, entre la de mayor y menor desgaste.

Figura 50. Desgaste de cuchilla.



- Las estrías de agarre en los enrolladores no son parejas y en algunos casos ya no realizan la función para la que fueron diseñados

Figura 51. Mandril desgastado.



- La capa de teflón de las camisas enrolladoras se encuentran desvanecidas y la superficie ya no es pareja.

Figura 52. Desgaste de teflón.



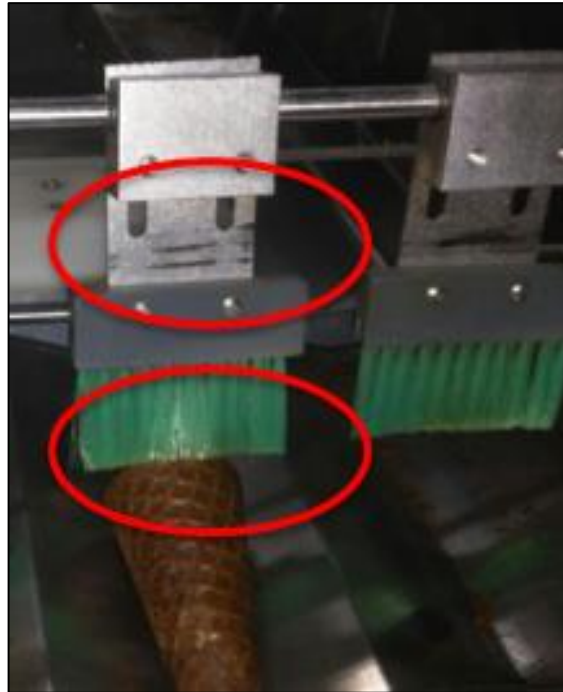
- El sistema no cuenta con detector de atascamiento, lo que pone en riesgo de colisión del equipo.
- El desperdicio ocasionado por los enrolladores se almacena en un lugar de difícil acceso, poniendo en riesgo la integridad de quien realiza la limpieza.

Figura 53. Acumulación de desperdicio en lugar de difícil acceso.



Sistema de recogida: las escobillas de retención se desgastaron de forma dispareja dejando de cumplir la función de frenar el cono y hacen que estos se rompan a la salida del tobogán.

Figura 54. Escobillas reductoras de velocidad.



Detectados los principales problemas y oportunidades de mejora, se realizó el plan de trabajo para cada una de ellas.

Acciones para revertir el deterioro

Tabla 21. Acciones para la reversión del deterioro.

| Actividad | Plan de acción |
|---|--|
| La flama se torna intermitente lo que impide que el horno alcance la temperatura necesaria para trabajar el equipo a velocidad nominal. | Cambio de elementos rodantes, revisión de corrientes y re-calibración de llama. |
| Las obleas presentan 6 formas diferentes dificultando los ajustes del operador, esto | Solicitud de servicio especializado de la casa matriz, para el ajuste y capacitación del personal. |

| Actividad | Plan de acción |
|---|---|
| se debe a que los ajustes de las planchas son diferentes. | |
| Se evidencia un desgaste avanzado en el sistema de cierre de las planchas. | Importación de las partes y cambio del sistema completo |
| Las cuchillas tienen desgastes diferentes que oscilan en 2mm, entre la de mayor y menor desgaste. Las estrías de agarre en los enrolladores no son parejas y en algunos casos ya no realizan la función para la que fueron diseñados. La capa de teflón de las camisas enrolladoras se encuentran desvanecidas y la superficie ya no es pareja. | Cambio de los 8 conjuntos de enrollado, incluyendo mandriles, camisas, cuchillas y elementos rodantes. Integración de las rutinas de mantenimiento a los sistemas de enrollado. |
| Las escobillas de retención se desgastaron de forma dispareja y hacen que los conos se rompan a la salida del tobogán | Reemplazar escobillas por nuevas |

Acciones para corregir puntos débiles de diseño: se tuvieron en cuenta los riesgos que reduciría y los tiempos de operación que mejoraría, adicionalmente se evaluó el costo de la intervención, arrojando el siguiente cronograma.

Tabla 22. Acciones para corregir puntos débiles de diseño.

| Actividad | Plan de acción |
|--|---|
| Las guardas del equipo impiden la manipulación de la bomba de dosificación dificultando los ajustes de mezcla. | Modificar el tipo de cierre de la guarda, para facilitar el acceso a la bomba |

| Actividad | Plan de acción |
|--|--|
| El sistema no identifica los déficits de temperatura, lo que permite operar el equipo de forma ineficiente | Implementar plan dentro del plan de mantenimiento preventivo, el monitoreo de corriente en la turbina. |
| El sistema no cuenta con detector de atascamiento, lo que pone en riesgo de colisión del equipo. | Desarrollar un sistema de detección de doble oblea dentro de los enrolladores. |
| El desperdicio ocasionado por los enrolladores se almacena en un lugar de difícil acceso, poniendo en riesgo la integridad de quien realiza la limpieza. | Implementar un sistema neumático que facilite la evacuación del desperdicio. |

5.4.2.3 Ejecución de los cronogramas de trabajo.

Sistema de alimentación: se facilita la apertura y cierre de la puerta que da acceso a las bombas de dosificación, instalando bisagras, reduciendo el riesgo de accidentes al momento de retirar la tapa.

Figura 55. Guarda con bisagra.



Sistema de calefacción: se cambiaron rodamientos de la turbina y el cambio de las toberas que no cumplían con los espesores de trabajo, logrando retornar la capacidad nominal del equipo.

Figura 56. Flama continua.



Figura 57. Alineación y limpieza de las toberas.



Carro de pinzas: se llama a la casa matriz y se contrata la re-calibración de las planchas, así como la capacitación de los técnicos en la actividad específica, adicionalmente se remplazaron las guías de cierre de las obleas. La actividad se ejecuta y como resultado las obleas se tornan más parejas, lo que permite un mejor ajuste en el sistema de enrollado reduciendo el desperdicio asociado a esa causa.

Figura 58. Oblea después de los ajustes.



Sistema de enrollado:

- Se determina que se deben cambiar la totalidad de los sistemas, lo que tienen un alto costo por lo que cambiarán en dos instantes de tiempo, el 50% en el segundo periodo del 2016 y el 50% restante en el primer periodo del 2017.

Figura 59. Molde de enrollado nuevo.



- Se instaló un sistema neumático que permite retirar la galleta acumulada en el lugar de difícil acceso, reduciendo el riesgo de accidentes.

Figura 60. Sistema neumático para retiro de desperdicio.



Sistema de recogida: se reemplazan las escobillas por nuevas y se calibran para eliminar la pérdida de producto.

Figura 61. Escobillas nuevas.



Tabla 23. Costos de la versión del deterioro

| CONCEPTO | PRESUPUESTO |
|---|----------------------|
| INVERSIÓN AL EQUIPO | \$ 55.000.000 |
| Tableros, adhesivos y tarjetas para el equipo | \$ 2.000.000 |
| Costos de taller | \$ 8.000.000 |
| Repuestos | \$ 45.000.000 |
| INVERSIÓN AL PERSONAL | \$ 4.500.000 |
| Capacitación Operadores | \$ 1.500.000 |

| CONCEPTO | PRESUPUESTO |
|-----------------------------------|----------------------|
| Capacitación técnicos | \$ 3.000.000 |
| OTROS GASTOS E IMPREVISTOS | \$ 3.300.000 |
| TOTAL | \$ 62.800.000 |

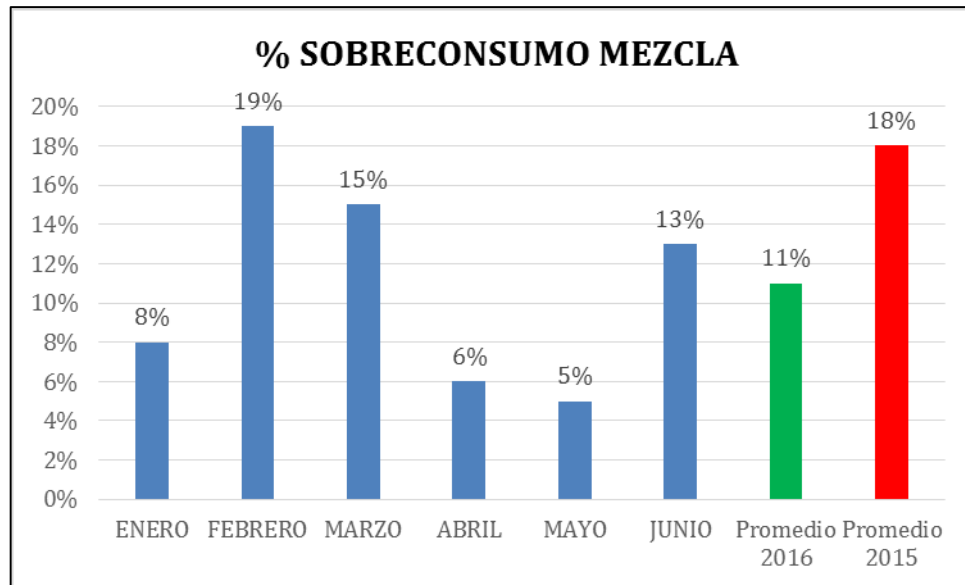
5.4.3 Auditoria paso 2. Se realiza la auditoria de forma interna, donde Se revisa que se tengan los entregables establecidos al inicio del paso 1.

Tabla 24. Entregables paso 2.

| Entregable | Cumple | Evidencias |
|--|---------------|--|
| Capacitación del equipo autónomo en: <ul style="list-style-type: none"> • Limpieza, inspección. Lubricación y ajuste (LILA) • Operación y arranque del equipo • Ajuste de los parámetros en operación | SI | LUP's de los sistemas y partes. LUP's de ajustes y limpiezas Plan de lubricación del equipo Anexo D. |
| Calculo del costo para la reversión del deterioro | SI | Ítems 5.4.2.2 |
| Plan de generación y solución de tarjetas para corregir debilidades de diseño. | SI | Ítems 5.4.2.3 |
| Análisis de causa raíz de los fallos con mayor impacto. | SI | |

Al finalizar el paso los operadores muestran un mejor manejo de máquina; esto se evidencia en la reducción de los desperdicios y una pequeña reducción en los reclamo de calidad, se nota el empoderamiento que se tiene en el cargo.

Figura 62. Sobreconsumo primer semestre 2016.



Al eliminar o reducir los FC y LDA, ayudamos a reducir los tiempos de limpieza semanal, lo que impacto fuerte en la disponibilidad del equipo, cuando se inició el proceso las limpiezas tardaban entre 14 y 16 horas hoy en día se realizan entre 8 y 10 horas.

Figura 63. Indicador de fallos al cierre del paso 2.

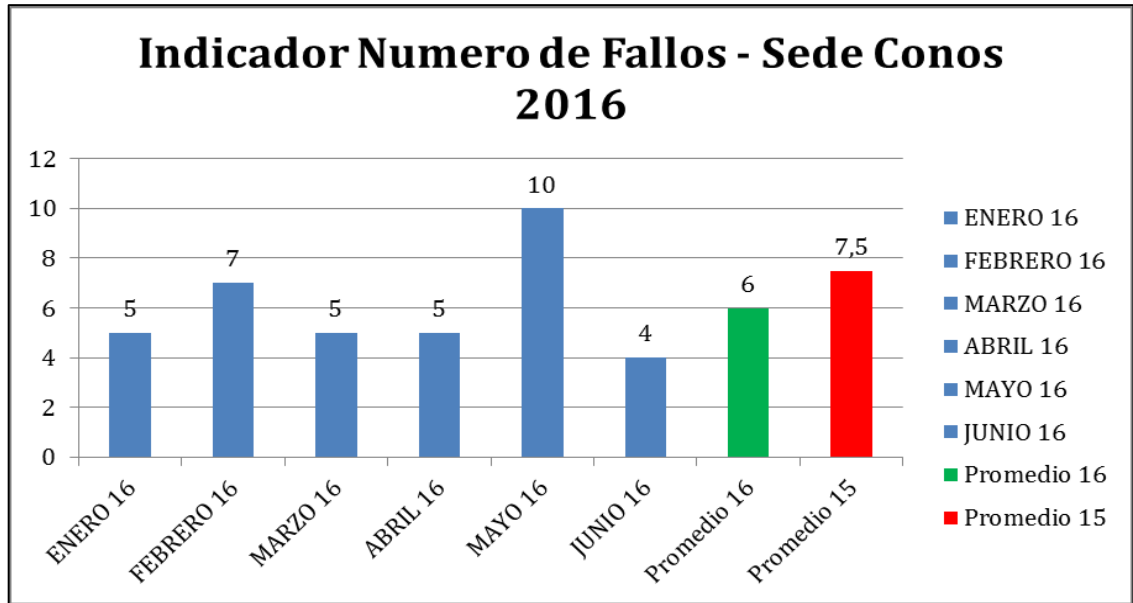


Figura 64. Indicador tasa de fallo al cierre del paso 2.

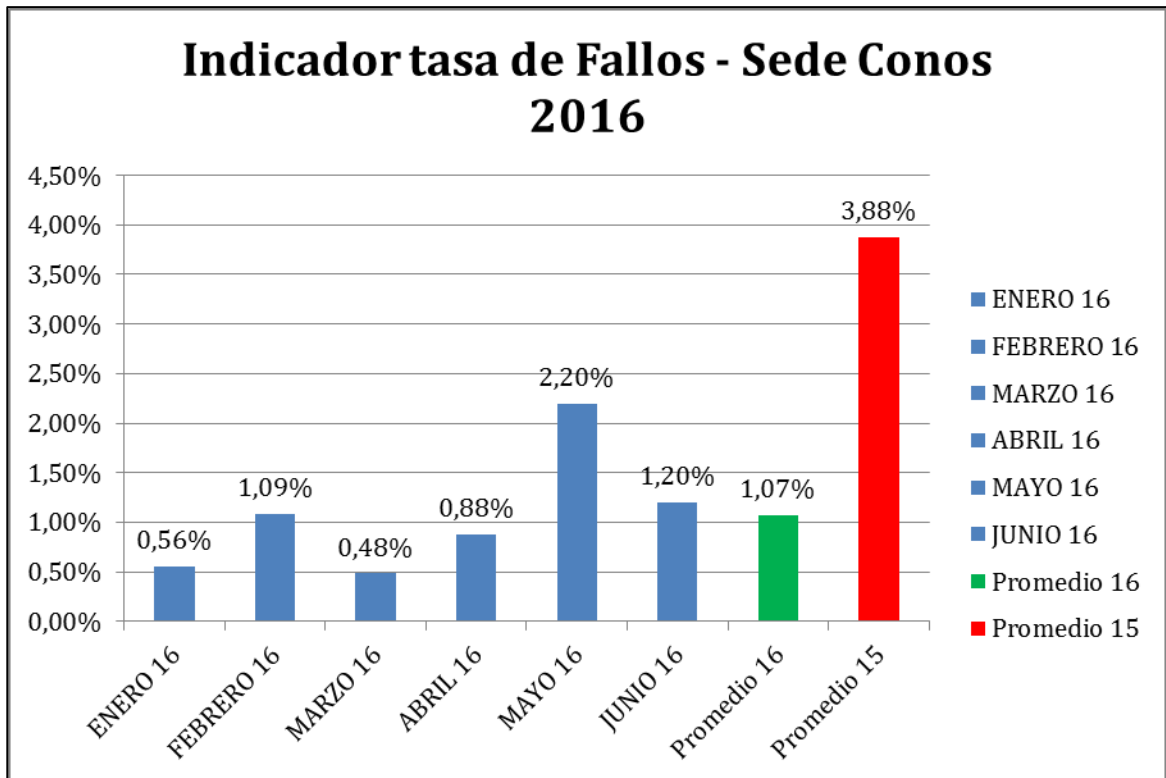


Figura 65. Indicador MTTR al cierre del paso 2.

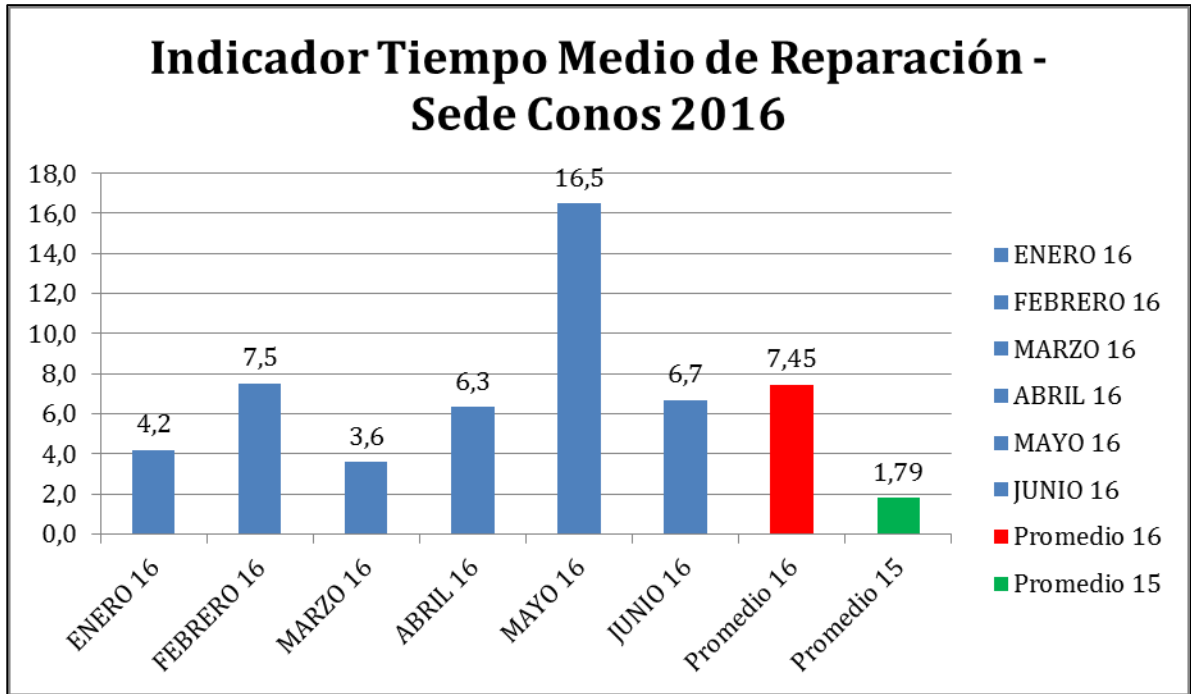
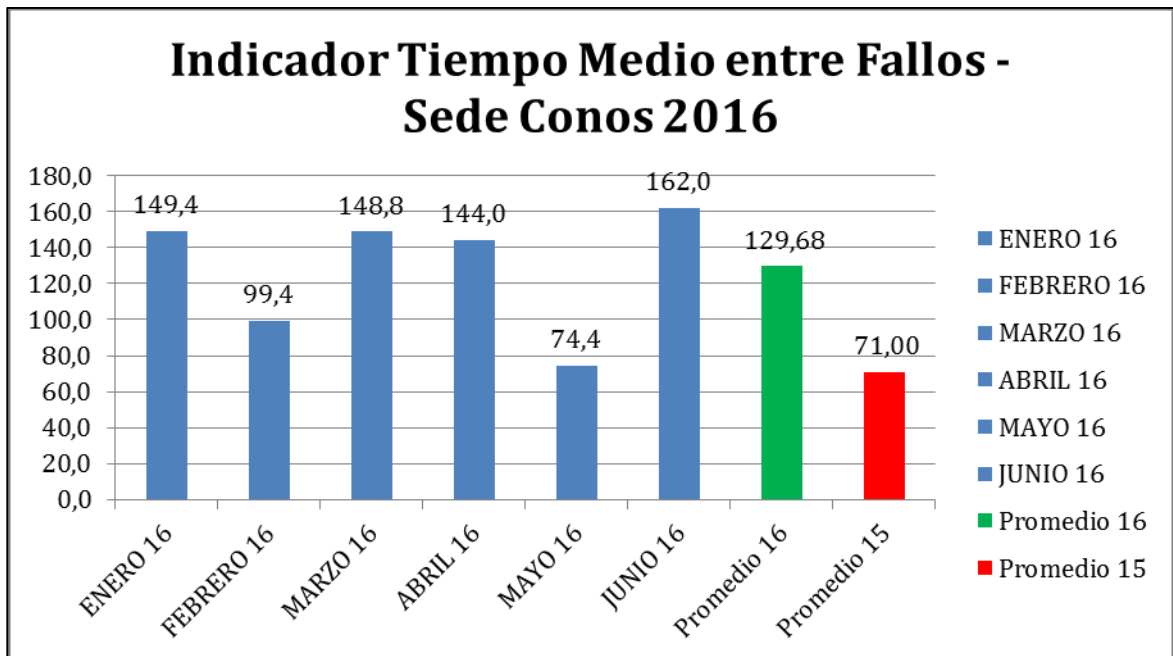


Figura 66. Indicador MTBF al cierre del paso 2.



En las figuras 63, 64, 65 y 66 se muestran los indicadores del primer semestre de 2016 y se comparan con el promedio del mismo periodo para el 2015, en los cuales se evidencia lo siguiente:

- El promedio de los fallos del equipo, en comparación con el 2015 bajo de 7.5 a 6.
- Para la tasa de fallo el promedio de 2015 fue de 3.88% y el 2016 se logró bajar a 1.07% lo que muestra que las paradas no tuvieron una afectación tan alta en el proceso.
- El tiempo medio entre fallos paso de 71 horas a 129,68 lo que refleja una mayor confiabilidad en el equipo.
- Teniendo en cuenta que se realizaron ajustes en la reversión del deterioro el tiempo de reparación aumento. Sin embargo, se esperaba este resultado, ya que los técnicos iniciaron a realizar ajustes más precisos que le llevaba, mayor tiempo a ejecutar, incluso algunos de ellos eran realizados por primera vez.

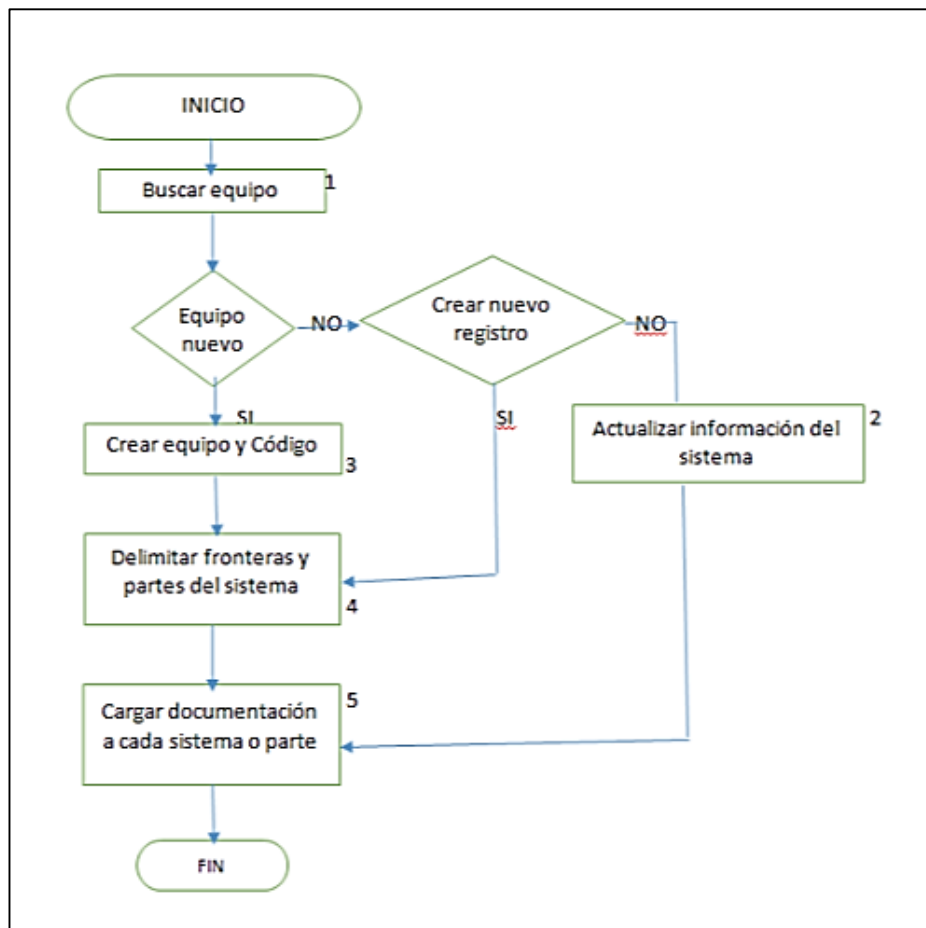
5.5 PASO 3. PLANTEAMIENTO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Se plantea la creación de un sistema de información, que apoye las actividades no solo del equipo sino del pilar completo, mediante la toma y almacenamiento de la información. El sistema se creó como una herramienta para optimizar la gestión del mantenimiento de los equipos, involucrando la planeación de actividades, elaboración del presupuesto, reparación de equipos, administración de repuestos y del personal.

5.5.1 Módulos principales para el sistema de información.

Información técnica de los equipos: se determinaron códigos únicos para cada equipo y se le anexaron los sistemas, características, planos y repuestos.

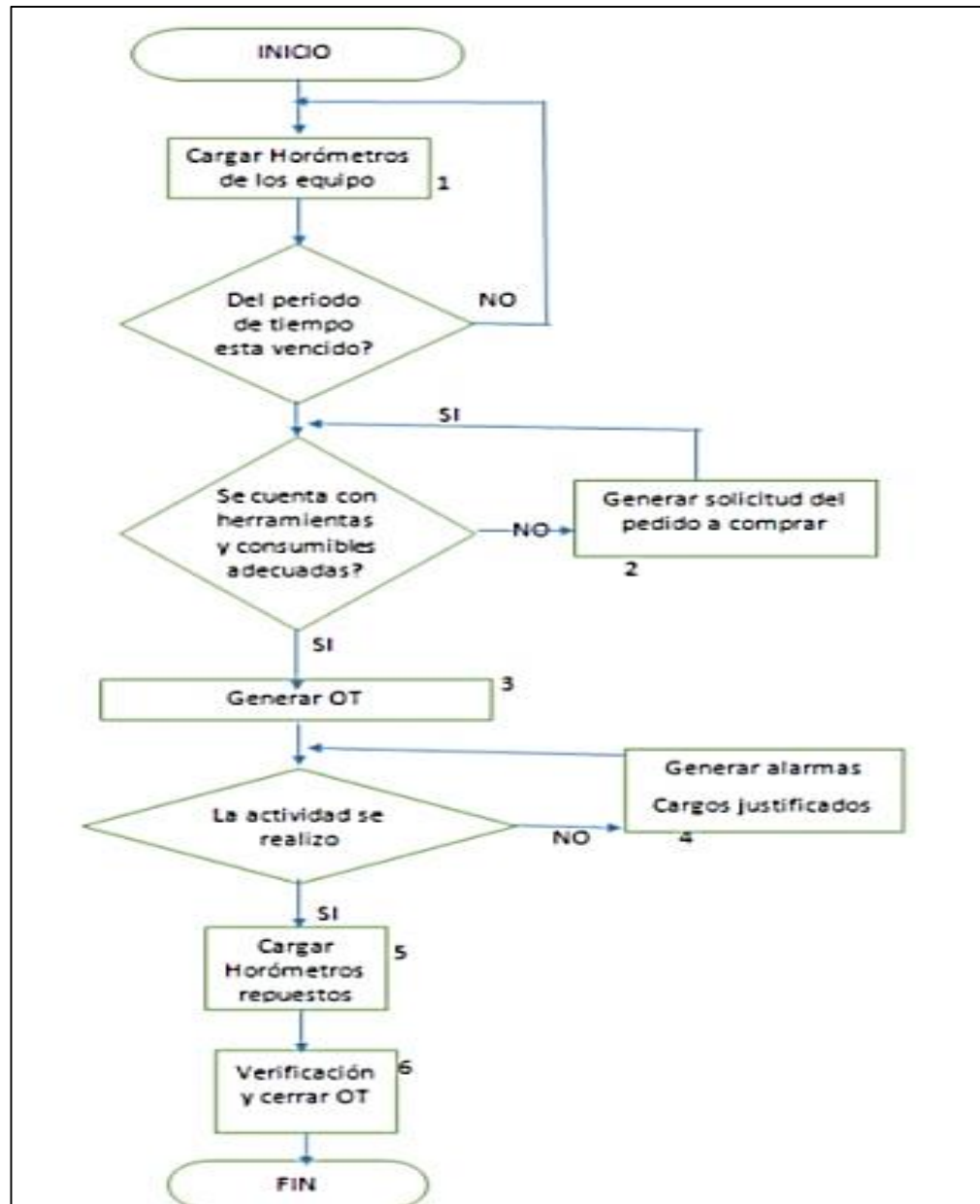
Figura 67. Diagrama del proceso de información técnica de los equipos.



Mantenimiento preventivo: este módulo contiene las hojas de ruta de los equipos, la cuales describen las actividades a realizar, frecuencias, herramientas, enfoque técnico de la persona que debe realizar la actividad, tiempos de ejecución y materiales o repuestos requerido.

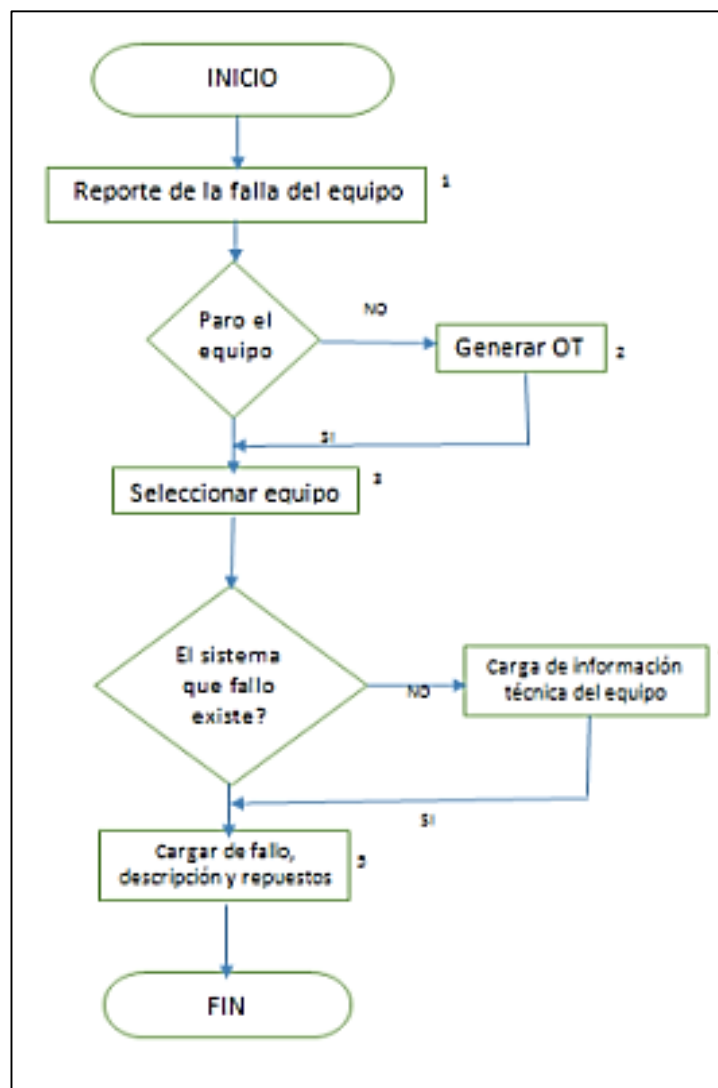
Permite controlar la solicitud de trabajos, generación de órdenes, control de ejecución, solicitud de repuestos y genera el indicador de ejecución del preventivo.

Figura 68. Diagrama del proceso de mantenimiento preventivo.



Mantenimiento correctivo: el modulo usa los arboles de los equipos para asignar al sistema de cada equipo; el tipo de avería, el tiempo de reparación, frecuencias de fallos, descripción de la actividad realizada y repuestos usados, adicionalmente genera los indicadores de TMBF, MTTR y Numero de fallos, y los costos de cada intervención.

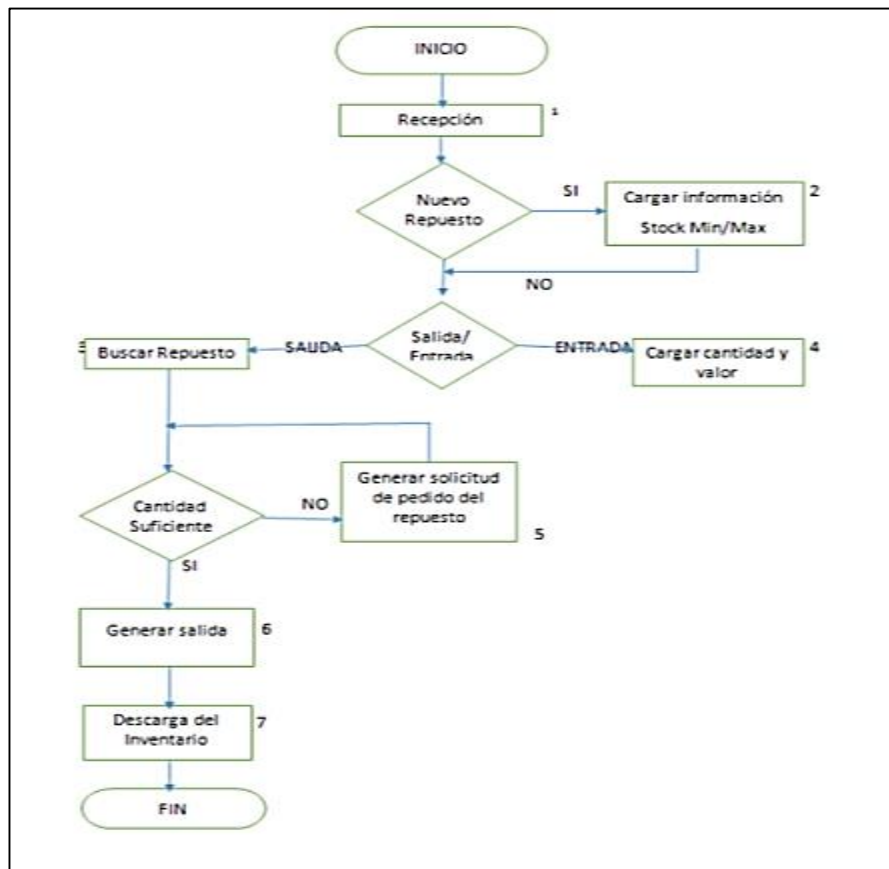
Figura 69. Diagrama del proceso de mantenimiento correctivo.



Control de inventarios: se creó un espacio físico para llevar el control de los repuestos y consumibles para los equipos y este módulo permite administrar ese espacio. Básicamente se determinó un mínimo y máximo para cada repuesto y consumible teniendo en cuenta la frecuencia de uso y el tiempo de comparas, se le generaron códigos y ubicación única por cada referencia, para generar automáticamente los pedios de compra.

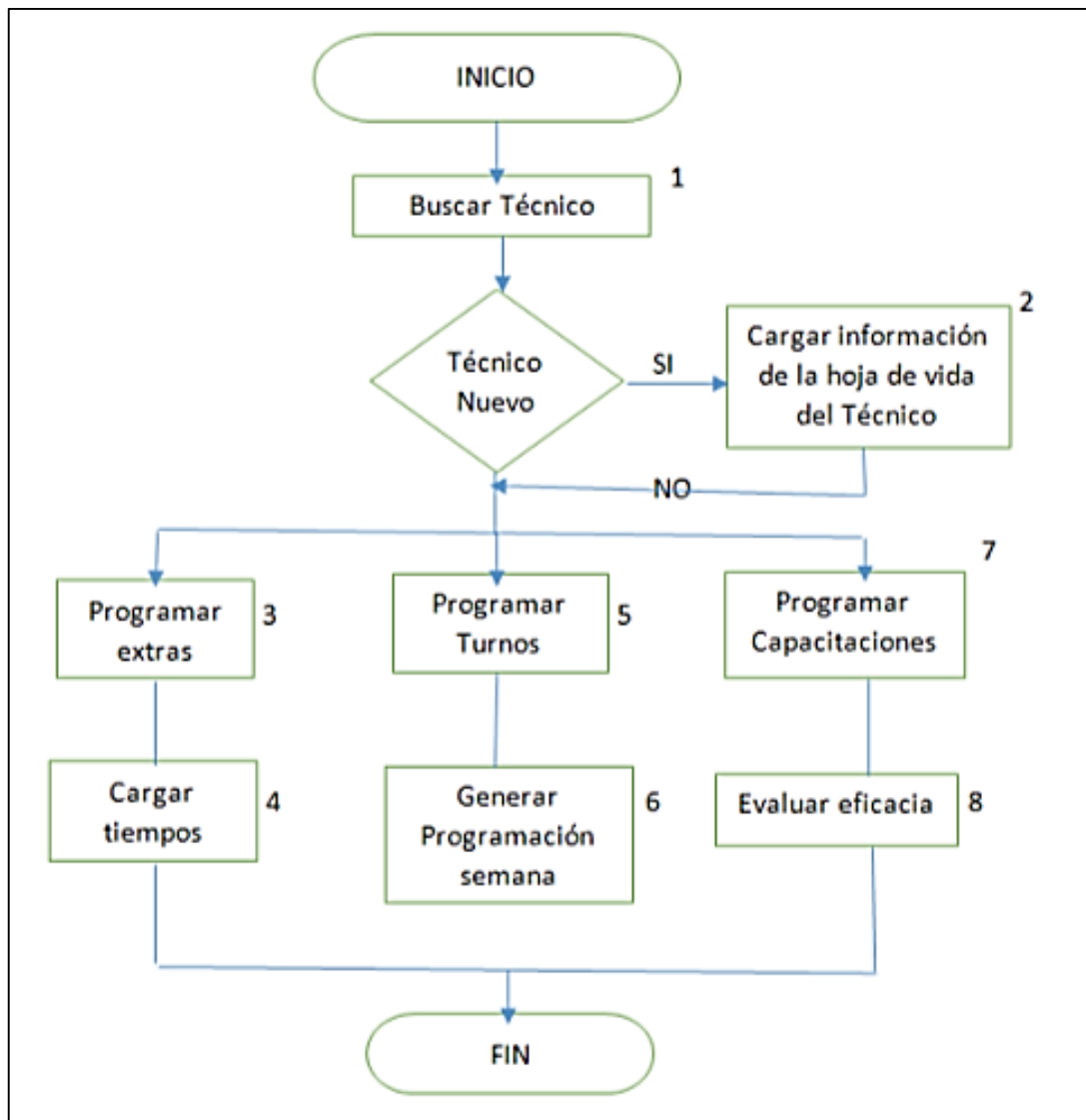
El modulo permite la búsqueda de los repuestos o consumibles así como sus fichas técnicas, controlar el costo del almacén, restringir la generación de órdenes de trabajo por falta de repuestos y llevar control sobre la rotación de los mismos gracias al control de entradas y salidas.

Figura 70. Diagrama del proceso de control de inventarios.



Administración del recurso humano: el módulo permite gestionar las hojas de vida de los técnicos, control de horas extra y capacitaciones al personal.

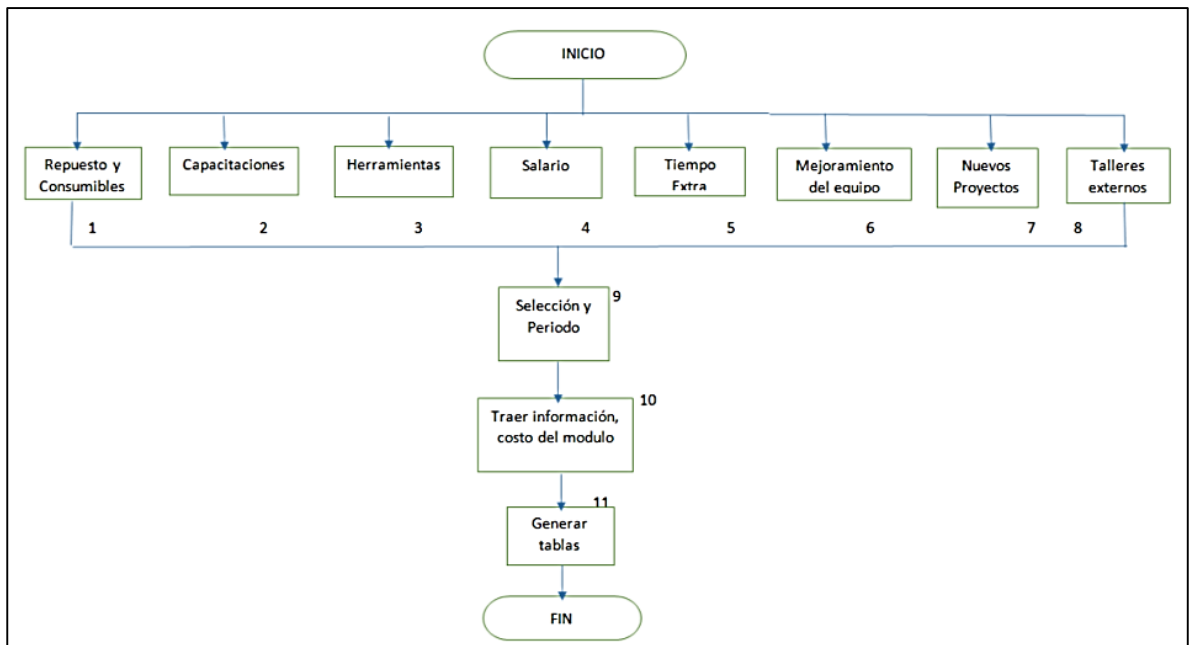
Figura 71. Diagrama del proceso de recurso humano.



Presupuesto de mantenimiento: el módulo permite ver los costos de mantenimiento y almacén dentro de un periodo de tiempo para proyectar los rubros de un periodo futuro, muestra en tiempo real cuanto se gasta del presupuesto asignado a las cinco inversiones determinadas por la empresa.

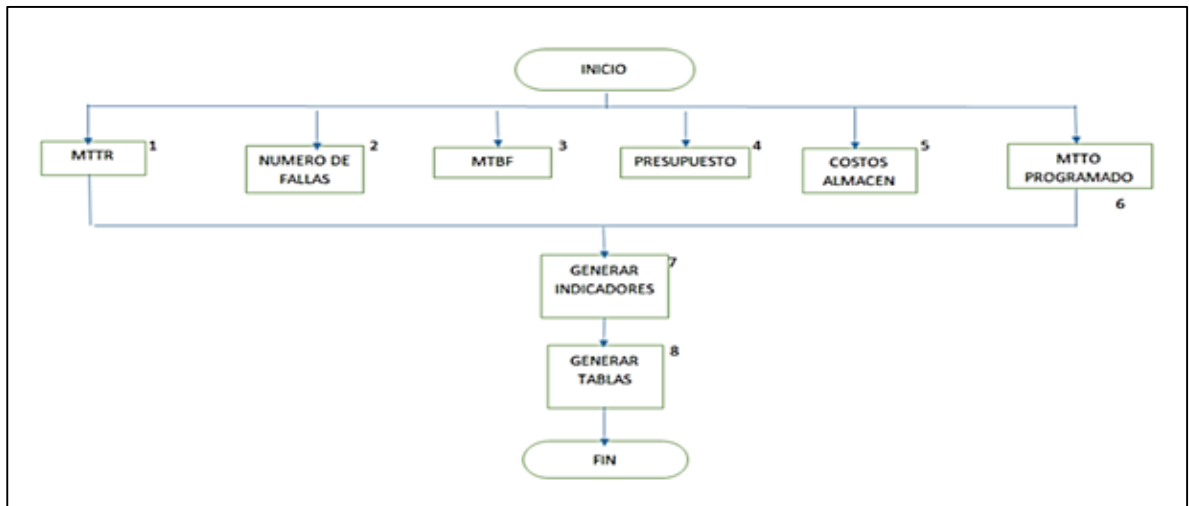
- Tiempos extra
- Capacitación del personal
- Repuestos y consumibles
- Nuevos proyectos
- Mejoramiento de equipos

Figura 72. Diagrama del proceso de presupuesto.



Indicadores de mantenimiento: genera los indicadores, de acuerdo con la información cargada en los demás módulos

Figura 73. Diagrama del proceso de indicadores.



El sistema se desarrolla como piloto en Excel, mediante tablas vinculadas y formuladas, tablas dinámicas, listas desplegables, gráficos dinámicos y formularios diseñados en VBA. Con el sistema se pretende evaluar las necesidades del sistema, para garantizar que cuando se adquiera un software de mantenimiento este no presente falencias en el proceso.

A continuación se muestran algunas de las pantallas con las que se trabaja.

Pantalla de inicio: en la pantalla de inicio se puede direccionar hacia los diferentes módulos, de acuerdo a cada perfil de usuario. En ella se pueden encontrar los módulos; Equipos, Mantenimiento preventivo, reporte de correctivos, inventario de repuestos, personal de mantenimiento y el perfil de administración del software.

Figura 74. Pantalla de inicio del sistema de información.



Pantalla para cargar información técnica de los equipos: este módulo permite direccionar al usuario hacia un equipo en específico y permite ver; histórico de fallos, histórico de preventivo, hoja de vida, plan de mantenimiento, partes y sistemas. Adicionalmente permite ir al archivo base a modificar los datos del equipo siempre y cuando se tengan los permiso de usuario.

Figura 75. Pantalla de equipos del sistema de información.

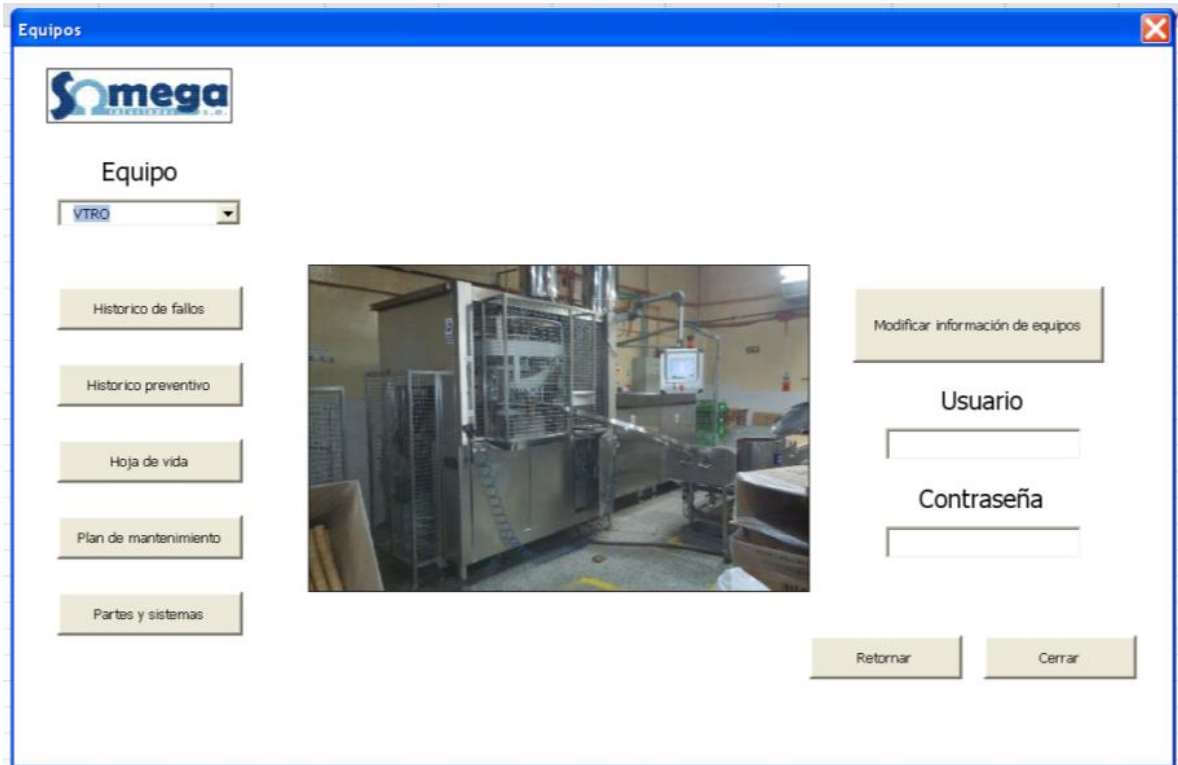


Figura 76. Archivo base del plan de mantenimiento mecánico.

| PLAN DE MANTENIMIENTO VTRO - MECÁNICO | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------|--------------|-------------------|-------------------|-----------------------------|---------------|------------------|---|--|-------------------|-----------------------|--|---|------|-------------------------------|
| Código | Sistema / Subequipo | | Objetivo | Equipo superior | | | | Documentación Disponible | | | Versión | | | | |
| 8500 | Calefacción | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| Tipo de | Condición | Actividad de | | Cód. de actividad | Descripción de la actividad | Observaciones | Frecuencia (Hrs) | Frecuencia | Tipo de Personal | Móm. de Per. Req. | Tiempo Estimado (Hrs) | Herramientas/ Materiales Especiales - Procedimientos | | | |
| | | Sistema | Cód. de actividad | | | | | | | | | | | | |
| Preventivo TSF | Predictivo | Correctivo | Equipos parados | Si | No | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Calefacción | D024 | Ajuste de la calidad de las flamas | Antes de ajustar abrir todas las válvulas de regulación "aire" completamente y poner el soplador de calefacción a velocidad máxima. Ajustar calidad y aspecto de las flamas superior e inferior. (Pag. 32, Doc. Técnica V792). La modificación se lleva a cabo sin paro de máquina | 2000 | 3 MESES | | 1 | 6 | |
| | | | | | | Calefacción | D025 | Ajuste de rendimiento de los quemadores | Ajustar las flamas superior e inferior mas o menos grandes, dependiendo de la configuración. (Pag. 32, Doc. Técnica V792). La modificación se lleva a cabo sin paro de máquina manteniendo la presión de los gases en la cámara de combustión. Se realiza el ajuste de la medida mediante las válvulas de mariposa. (Pag. 32, Doc. Técnica V792) | 2000 | 3 MESES | | 1 | 6 | |
| | | | | | | Calefacción | D026 | Medición de la depresión en la aspiración | Medir la depresión en la aspiración con un manómetro. Se realiza el ajuste de la medida mediante las válvulas de mariposa. (Pag. 32, Doc. Técnica V792) | 24 | 1 día | | 1 | 0,01 | |
| | | | | | | Calefacción | D027 | Limpieza de quemadores (toberas) | Soplar los quemadores con aire comprimido cuando la hornadora está parada para quitar los desechos de combustión de los quemadores. | 2000 | 3 MESES | | 1 | 1 | |
| | | | | | | Calefacción | D028 | Limpieza de quemadores (muy sucios) | Limpia con un cepillo y aire comprimido | 4000 | 6 MESES | | | 12 | Cepillo de cerda de acero 0,2 |
| | | | | | | Calefacción | D29 | Limpieza del palpador infrarrojo | Se desama con una llave #13, se baja y se procede a limpiarlo con alcohol industrial y un cepillo de algodón. | 168 | 7 DIAS | | 1 | 0,08 | |
| | | | | | | Calefacción | D30 | Revisión de filtros de gas | La inspección se realiza visualmente, si esta sucio se realiza una limpieza con aire comprimido, terminado este proceso colocar nuevamente una guata limpia | | | | | | |

Pantalla para mantenimiento preventivo: el módulo preventivo muestra las actividades que están para programación por orden de trabajo, genera la orden para impresión y direcciona al módulo de inventarios, para verificar si se cuenta con los repuestos necesario para hacer la actividad. Adicional direcciona al módulo de cerrado de órdenes de trabajo.

Figura 77. Pantalla mantenimiento preventivo.

The screenshot shows a software window titled "Mantenimiento Preventivo". At the top left is the "Somera" logo. Below the logo are five buttons: "Generar OT", "Cerrar OT", "Verificar Repuesto", "Retornar", and "Cerrar". In the center, there is a section titled "Alarmas" containing a table with the following data:

| Columna A | Columna B | Columna C | Columna D | Columna E | Columna F |
|-----------|-------------------|--------------------|-------------------|-----------|---------------------|
| Código | Equipo / Locativo | Frecuencia en días | Hor metro / Fecha | Hor metro | Alarma Horas / Dias |
| D001 | VTRO | 1000 | 40585,9 | 37930 | -1655,9 |
| D002 | VTRO | 4000 | 40585,9 | 39761 | 3175,1 |
| D003 | VTRO | 4000 | 40585,9 | 38256,1 | 1670,2 |
| D004 | VTRO | 500 | 40585,9 | 39500 | -585,9 |
| D005 | VTRO | 10000 | 40585,9 | 34221 | 3635,1 |
| D006 | VTRO | 10000 | 40585,9 | 34221 | 3635,1 |
| D007 | VTRO | 10000 | 40585,9 | 34221 | 3635,1 |
| D008 | VTRO | 4000 | 40585,9 | 38263,9 | 1678 |

Figura 78. Orden de trabajo semanal VTRO.

| ORDEN DE MANTENIMIENTO GENERAL SOLUCIONES OMEGA S.A. | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------|---|---|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| FECHA INICIO | jueves, 04 de mayo de 2017 | | | | CIUDAD: | Bogotá | | NUMERO | OT | | 0074 | |
| FECHA CIERRE | miércoles, 10 de mayo de 2017 | | | | SEDE: | Bodega | | | | | | |
| GENERO: | Camilo Muñoz | | | | | | | | | | | |
| EUQUIPO | CÓDI | SISTEMAZONA | ACTIVIDADES | FECHA DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION | DIAS DE EJECUCION |
| VTRO | 0001 | COJINETES PRINCIPALES | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0004 | CAPRO DE PINZA | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION EN LAS CHARNELAS DE LAS PINZAS CUANDO ESTAN CALIENTES | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0004 | CADENAS DE RODILLOS | LUBRICAR CADENAS DE RODILLOS | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0017 | ENROLLADORES | RODILLOS LATERALES DE LOS ENROLLADORES | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0020 | DISPOSITIVO APILADOR, DISPOSITIVO DE LIMPIEZA | LUBRICAR LAS CADENAS DE ACCIONAMIENTO | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0027 | Calefacción | Limpieza de quemadores (toberas) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0028 | Calefacción | Limpieza de quemadores (muy sucios) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0031 | Accionamiento Principal | Tensionar Cadenas de accionamiento | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| VTRO | 0037 | Calefacción | Ajuste manual de la velocidad del soplador de la calefacción | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Figura 79. Pantalla formulario para cerrar actividades.

Cierre de Ordenes de Trabajo

Omega

Codigo de la actividad: D005 Técnico 1: Albeiro Botero Técnico 2: Camilo Muñoz Técnico 3: Fecha de cierre: 5/12/2016

Fecha ejecución: DD / MM / AAAA 2 / 12 / 2016

Actividad: Revisar rodamientos lineales del enrollador

Repuestos:

| Código | Cantidad |
|---------------|---|
| 1 SOR00269 | 2 |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | |
| 5 | |
| 6 | otros: 300 gramos de grasa para altas temperatura |

Observación: 2 rodamientos por enrollador

Describa la actividad realizada:

Se revisan los rodamientos y se encuentra que la grasa esta cristalizada, se relubrican y se remplazan dos que estabn dañados

Pantalla para mantenimiento correctivo: el módulo permite cargar los paros presentados en los equipos, este contiene toda la información asociada a los indicadores.

Figura 80. Pantalla reporte de correctivos.

Reprote de correctivos

Somaga

Equipo Sistema 1 Sistema 2 Sistema 3 Sistema 4

VTRO TABLERO_DE_CONTRO SISTEMA_AIRE TURBINA MOTOR

Fecha fallo DD / MM / AAAA Fecha entrega DD / MM / AAAA Repuestos Código Cantidad

2 Agosto 2016

Hora Fallo HH / MM Hora entrega HH / MM

| Repuestos | Código | Cantidad |
|-----------|---------|----------|
| 1 | SOR0005 | 1 |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |
| 6 | Otros: | |

Describe la actividad realizada

Se reemplaza la tarjeta del motor, por presentarse corto

Cargar paro Limpiar formulario Borrar ultimo dato Regresar

Cerrar

Pantalla de almacén: el módulo permite la creación de nuevos repuestos y su código, modificación de datos, realizar entradas y salidas, realizar solicitud de pedido interno y verificar el stock de los consumibles y repuestos.

Figura 81. Pantalla de módulo de repuestos.




Figura 82. Pantalla de creación de repuestos.

Formulario para la creación de nuevos repuestos

Insertar nuevo código
SOR0461

Actualizar repuesto existente



CONTROL DE INVENTARIO

| | | |
|--|------------------------------|-------------------------|
| Posición en el almacén | Unidad | Cantidad en máquina |
| Tipo | Uso | Afectación en el equipo |
| Aseo Eléctrico Locativo Neumático Mecánico Lubricantes Electrónico | Frecuencia de salida en días | Tiempo de parada |
| Observación | Cantidad que sale | |
| Referencia | Días de solicitud almacén | |
| Proveedor | Días en compras | |
| Equipos en los que se usa | Días proveedor | |
| | Costo del repuesto | |


Ingresar Datos
Cancelar

Eliminar datos cargados
Retornar

Figura 83. Pantalla de actualización de repuestos.

Actualización de repuestos

Insertar información del repuesto
SOR 0256



Actualización de información

| | | |
|--|-----------------------------------|-------------------------|
| Posición en el almacén H 6.1 | Unidad 1 und | Cantidad en máquina |
| Tipo Mecánico | Uso Repuesto | Afectación en el equipo |
| Nombre Accesorios | Frecuencia de salida en días 3 | Tiempo de parada |
| Descripción CHAPITA DE CIERRE 35*60 | Cantidad que sale | |
| Observación | Días de solicitud almacén 7 | |
| Referencia | Días en compras 7 | |
| Proveedor | Días proveedor 15 | |
| Equipos en los que se usa | Costo del repuesto | |

Ingresar nuevos datos
Cancelar

Eliminar repuesto
Retornar

Figura 84. Pantalla de entrada de repuestos.

Entrada de repuestos

Fecha de salida: 09/05/2017
Codigo del repuesto: SOR 0252

Cantidad de repuestos: 2
Costo de repuesto: 56800

Buscar Repuesto: SOR0252 TAPA RODAMIENTO EXT 40* INT 20* ANCHO 3MM Stock 0

Generar entrada | Eliminar datos cargados | Cancelar | Retornar

Figura 85. Pantalla de buscador, inventario y salida de repuestos.

Salida de Almacén

Fecha de salida: 09/05/2017
Codigo del repuesto: SOR 0252

Cantidad de repuestos: 1
Equipo en el que se uso: MTA36-1

rodas | Filtar | Ver todo el inventario

| Codigo | Tipo | Descripción | REFERENCIA | Existencias | Posición |
|---------|---------------------|-----------------|---------------|-------------|----------|
| SOR0116 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6004-2RSH/C3 | 2 | E 3.1 |
| SOR0117 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6004-2RSH/C3 | 6 | E 3.1 |
| SOR0118 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | B | 0 | E 3.1 |
| SOR0119 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 0 | 1 | E 3.1 |
| SOR0120 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6204-2Z/C3GJN | 2 | E 3.1 |
| SOR0121 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6204-2RSH/C3G | 3 | E 3.1 |
| SOR0122 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6202/C3 | 2 | E 3.2 |
| SOR0123 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6202-2Z | 3 | E 3.2 |
| SOR0124 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 32004 X/Q | 1 | E 3.2 |
| SOR0125 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6204-2RSH | 3 | E 3.2 |
| SOR0126 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 1203 ETN9 | 1 | E 3.2 |
| SOR0127 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6206-HT200.ZZ | 1 | E 3.2 |
| SOR0128 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6205.EE | 1 | E 3.2 |
| SOR0129 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6204.HT200.ZZ | 0 | E 3.2 |
| SOR0130 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6202.HT200ZZ | 0 | E 3.2 |
| SOR0131 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6201RZ | 1 | E 3.2 |
| SOR0132 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6203RSCM | 1 | E 3.2 |
| SOR0133 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6205-2Z/C3GJN | -3 | E 3.3 |
| SOR0134 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6206-2Z/C3 | 5 | E 3.3 |
| SOR0135 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6206-2RS1/C3G | 0 | E 3.3 |
| SOR0136 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6206-2Z | 2 | E 3.3 |
| SOR0137 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 3304 A/C3 | 3 | E 3.3 |
| SOR0138 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | 6306-2Z/C3GJN | 1 | E 3.3 |
| SOR0139 | Mecánico/Rodamiento | RODAMIENTOS SKF | | | |

Salida de repuestos

Generar salida | Eliminar datos cargados | Cancelar | Retornar


Figura 86. Solicitud de pedido interno.

| SOLICITUD DE PEDIDO INTERNO SOLUCIONES OMEGA S.A. | | | | | | | | | | |
|---|--------|--|--------------------------|--------|---------------------|--------|------------|-------------------|---------------|--------------|
| FECHA martes, 09 de mayo de 2017 | | SEDE: | | BODEGA | | BOGOTA | | NUMERO | SP 0000 | |
| GENEF | | JUSTIFICACIÓN DE PEDIDO: | | | | | | | | |
| ÁREA SOLICITANTE | | | | | | | | | | |
| ITE** | CODIGO | DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO | OBSERVACIÓN | UN | CANTIDAD SOLICITADA | Uso | Proveedc | tiempo de entrega | FECHA ENTREGA | RECIBIDO POR |
| SOR0035 | | TORNILLERIA | REF. | | 0 | 0 | Consumible | | | |
| SOR0051 | | BREAKER TRIPOLAR LUMINEX 120/240V | REF. 30 AMPERIOS | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0073 | | RELE BELPOL | REF. R15-2012-23-510-W/T | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0074 | | SD | REF. 47700 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0077 | | LIMITADOR DE SOBRETENSIONES SIEMENS | REF. 802033 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0093 | | LED RING SASSIN 220VAC 20 mA | REF. AD22-22M/R | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0116 | | RODAMIENTOS SKF | REF. 6002-22 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0142 | | RODAMIENTOS SKF | REF. 6001-22 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0183 | | FILTRO REGULADOR FRESTO | REF. LFLFFH-Q-MDI-A | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0183 | | CUBETA DEL VEPTEDOR | REF. 2662523 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0315 | | V MARIPI 6" BUJA BLA 55 SERIE 30 BRAY | REF. 1020060017 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0316 | | V MARIPI 3" BUJA BLA 55 SERIE 30 BRAY | REF. 1020060041 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0317 | | V MARIPI 2 1/2" EPM NEGRO CS BRAY | REF. 1020060059 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0318 | | CAJA SUMADORA 4 CANAL INOX CROSS 4 | REF. 1107030002 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0319 | | CELDA CARG VIGA 500LB INOX SGB VISHAY | REF. 1107040020 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0320 | | ACT ROT DE T 93 BRAY | REF. 1204030029 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0321 | | ACT ROT DE T 63 BRAY | REF. 1204030012 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0322 | | V CIERRE 110VAC 32 1/2" SB116-2015-14B-ACT10 | REF. 1209010001 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0323 | | V MD 110VAC 14" MVS220-4E1-ACT10 MINDMAN | REF. 1209030002 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0324 | | VALV FILTRO 110VAC T PFS084 A.R.T. | REF. 1209130010 | | 0 | 0 | Repuesto | | | |
| SOR0325 | | BREAKER TRIPOLAR SIEMENS SIRIUS | REF. 3RV1011-1HA15 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0326 | | TEMPORIZADOR AUTONICOS 110/220VAC 3A | REF. ATE-10S | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0327 | | TEMPORIZADOR AUTONICOS 110/220VAC 3A 10 VA | REF. ATE-3S | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0328 | | TEMPORIZADOR CKC 220 VAC | REF. AH3-3 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0329 | | TEMPORIZADOR CHECKMAN 240VAC 5A | REF. H3B8A8AD | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| SOR0333 | | RELE VCP 11 PINES | REF. TFP 6932 | 1und | 0 | | Repuesto | | | |
| FIRMAS POR CONCEPTO DE CIERRE DE SP | | | | | | | | | | |
| COMPRAS | | | | | | | | | | |

Pantalla de personal: en este módulo se realiza la programación semanal de los técnicos y se puede consultar la información de cada uno de ellos, entre ellas; las hojas de vida, cursos de formación que tiene, capacitaciones que ha realizado, la foto, el cargo y los días que se le adeudan de vacaciones.

Figura 87. Pantalla programación del personal.

Programador del personal



Semana a programar

Semana 5

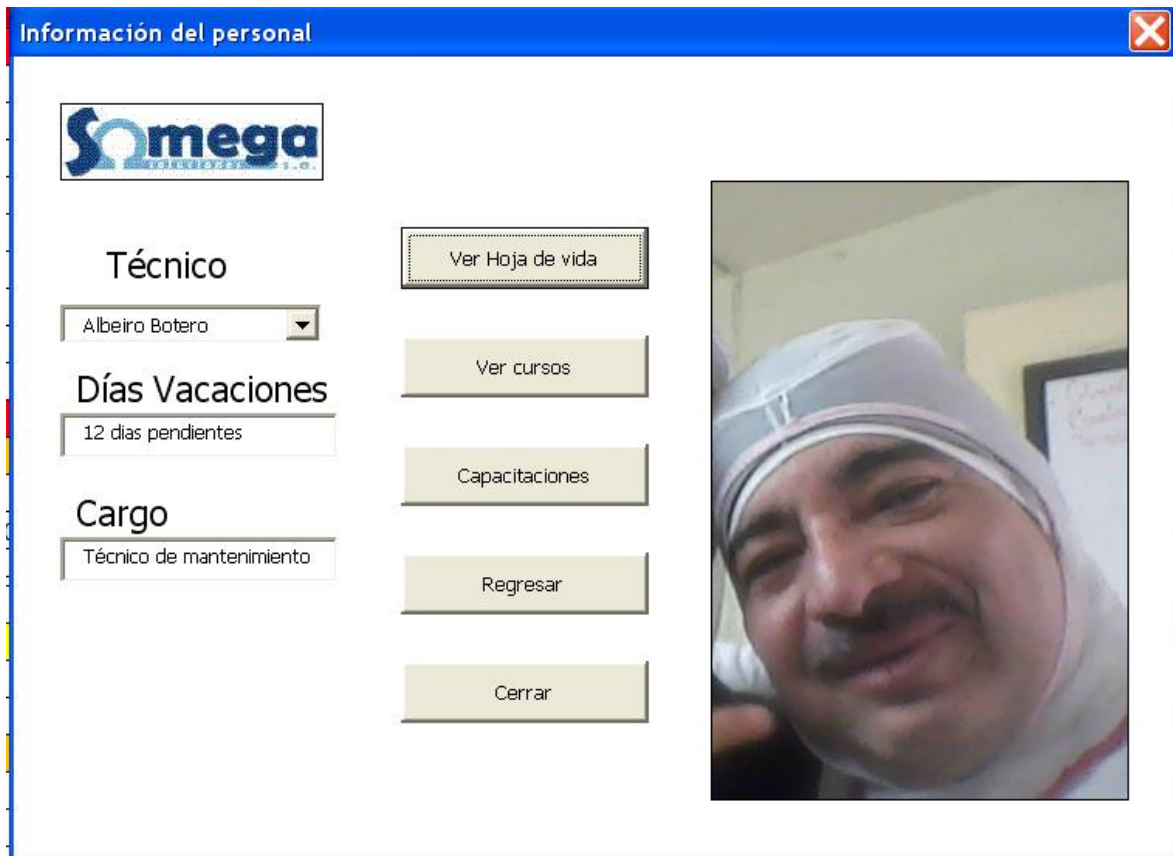
| | | Lunes | Martes | Miercoles | Jueves | Viernes | Sabado | Domingo |
|---------|-----------|------------|--------|-----------|--------|---------|--------|---------|
| Alberio | Tiempo | 2 | | | | | | |
| | Actividad | LUP's | | | | | | |
| Juan | Tiempo | 4 | | | | | | |
| | Actividad | Producción | | | | | | |
| Nelson | Tiempo | 3 | | | | | | |
| | Actividad | OT | | | | | | |
| Camilo | Tiempo | | | | | | | |
| | Actividad | | | | | | | |

Información del personal Regresar

Ver horarios Cargar Extras Borrar extras Imprimir horarios Cerrar

| HORARIO GF | | | | | | | |
|------------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| | Semana 1 | | Semana 2 | | Semana 3 | | Semana 4 |
| | Lunes-Sabac | Domingo | Lunes-Sabac | Domingo | Lunes-Sabac | Domingo | Lunes-Sabac |
| Juan | 6am a 2pm | Descanso | 2pm a 10pm | 6pm a 6am | 10pm a 6am | Descanso | 2pm a 10pm |
| Camilo | 2pm a 10pm | 6pm a 6am | 10pm a 6am | Descanso | 2pm a 10pm | 6am a 6pm | 7am a 5pm |
| Albeiro | 10pm a 6am | Descanso | 6am a 2pm | 6am a 6pm | 6am a 2pm | Descanso | 6am a 2pm |
| Nelson | 7am a 5pm | 6am a 6pm | 7am a 5pm | Descanso | 7am a 5pm | 6pm a 6am | 10pm a 6am |
| | Semana 9 | | Semana 10 | | Semana 11 | | Semana 12 |
| | Semana 13 | | Semana 14 | | Semana 15 | | Semana 16 |

Figura 88. Pantalla de información del personal.



Pantalla para ver el presupuesto: el módulo permite visualizar el presupuesto programado contra el gastado mes a mes, en las seis divisiones propuestas por la gerencia, adicionalmente permite asignar el presupuesto del año, siempre y cuando se tengan los permisos.

Figura 89. Pantalla presupuesto.

The screenshot shows a window titled 'Presupuesto' with the 'Somemega' logo. It prompts the user to select a year and month. The selected year is 2016 and the month is Agosto. Below this is a table with three columns: 'Asignado', 'Gastado', and 'Disponibles'. The rows list various budget categories with their respective values.

| | Asignado | Gastado | Disponibles |
|-------------------------|------------|------------|-------------|
| Repuestos y consumibles | 15.000.000 | 14.530.250 | 469.750 |
| Capacitaciones | 2.000.000 | 500.000 | 1.500.000 |
| Herramientas | 0 | 120.000 | -120.000 |
| Nomina | 10.000.000 | 9.800.600 | 199.400 |
| Nuevos proyectos | 0 | 0 | 0 |
| Talleres externos | 2.000.000 | 0 | 2.000.000 |

At the bottom of the window are four buttons: 'Asignar presupuesto', 'Limpiar', 'Retornar', and 'Retornar'.

Figura 90. Protección para ingreso a modificar datos.

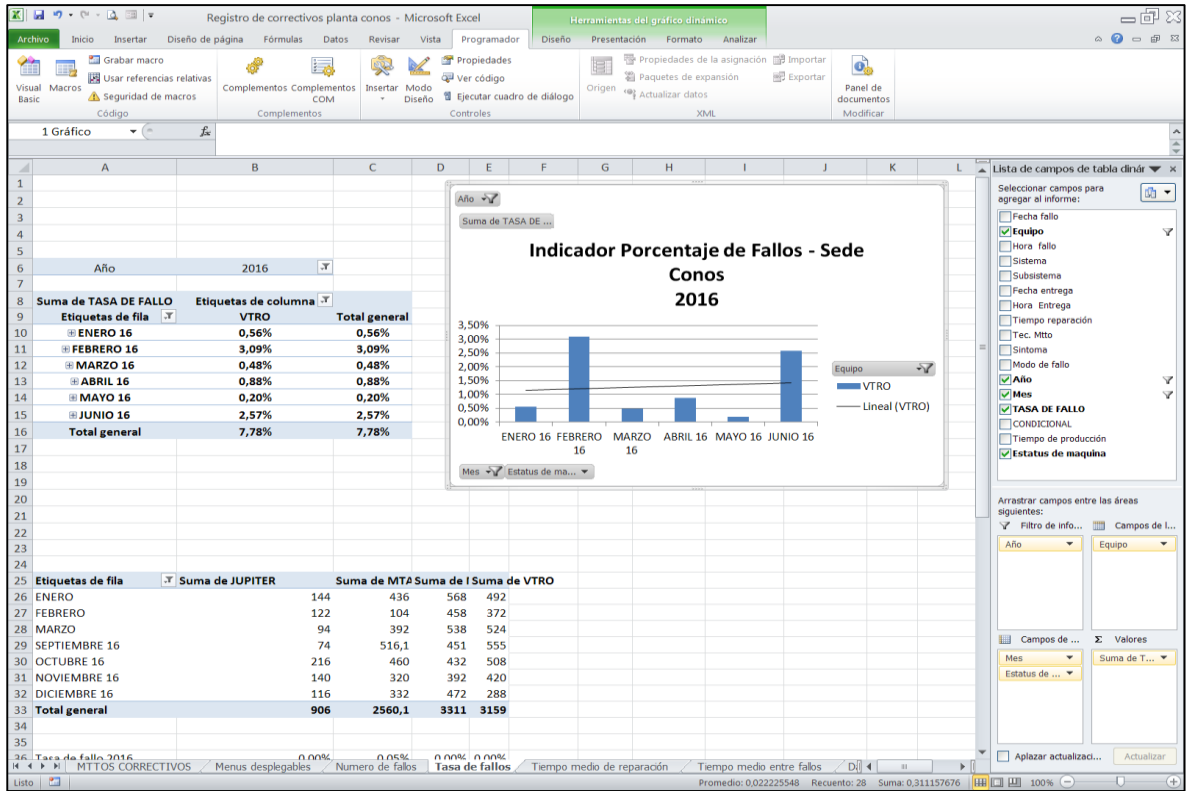
The screenshot shows a dialog box titled 'Desbloqueo de hojas'. It contains a label 'Contraseña' above a text input field with the text '*****'. Below the input field is an 'Aceptar' button.

Pantalla para ver indicadores de gestión: este módulo da apertura a las tablas dinámicas de los archivos en Excel, donde se puede encontrar la información de los indicadores representada en tablas dinámicas y gráficas.

Figura 91. Pantalla de selección de indicador.



Tabla 25. Tabla dinámica de tasa de fallos.



5.5.2 Auditoria paso 3. Se realiza la auditoria de forma interna, donde se revisa que se tengan los entregables establecidos al inicio del paso 1.

Tabla 26. Entregables paso 3.

| Entregable | Cumple | Evidencias |
|---|--------|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistema de gestión de la información <ul style="list-style-type: none"> • Control histórico de fallos • Generación de órdenes de trabajo | SI | Se generaron los módulos propuestos para facilitar la interfaz con los usuarios del sistema |

| Entregable | Cumple | Evidencias |
|--|--------|------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Generación de listas de chequeo • Control de preventivo • Control de presupuesto • Control de inventarios • Control de tiempos • Generación de indicadores de desempeño | | |

El sistema permite obtener la información del área de forma más sencilla y confiable, le permite a la gerencia estar informada en tiempo real comportamiento de los equipos, facilita los análisis de causa raíz de los eventos, permite controlar los tiempos del personal y administrar mejor los recursos, adicionalmente permitió que se empezarán a usar los reportes como herramientas para el mejoramiento continuo, ya que al poder medir la cantidad de eventos logramos enfocarnos en eliminarlos o reducirlos, cosa que antes no se podía realizar porque era imposible saber cuántas veces fallaba una parte.

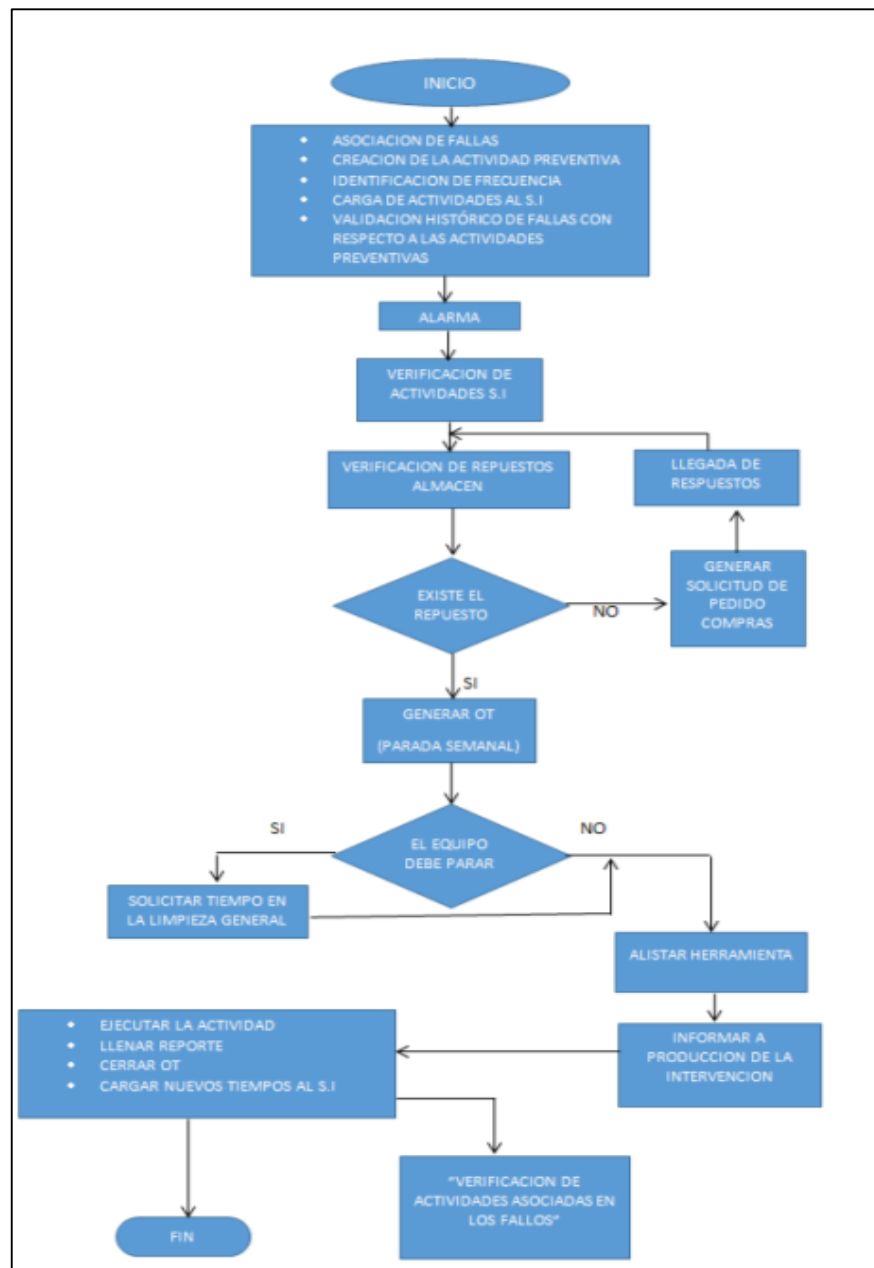
5.6 PASO 4. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL EQUIPO

Dentro de los 11 años que tiene de funcionamiento la compañía, no se tuvo presente realizar actividades de tipo preventivo al equipo, fue el correctivo el que predominó durante ese tiempo, sin embargo, es claro para la gerencia que el depender de la rápida acción de los técnicos, no asegura la confiabilidad de los equipos. Es por eso que se solicita al área realizar un plan de mantenimiento bien estructurado, que se acomode a las necesidades actuales del equipo.

A continuación se resumen los pasos y las actividades que se realizaron para la creación e implementación del plan preventivo del equipo.

5.6.1 Diagrama de flujo de mantenimiento periódico.

Figura 92. Diagrama de flujo del mantenimiento planeado.



5.6.2 Mantenimiento periódico. Se determinan ocho fronteras principales en el equipo; alimentación, carro de pinzas, calefacción, enrollador, accionamiento principal, tablero de control y recogida de producto, a los cuales se le proyecta el plan de mantenimiento preventivo y se enfoca en tres especialidades; mecánicas, eléctricas y lubricación, las cuales se resumen en cuadros a los cuales se les denominó hojas de ruta.

Estos cuadros contienen la información necesaria de cada actividad, tanto para la preparación como para la ejecución, a continuación se describe cada uno de los espacios que contiene la hoja.

Tabla 27. Hoja de ruta de lubricación VTRO.

| PLAN DE MANTENIMIENTO VTRO - LUBRICACIÓN | | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|---|---|------------|------------------|--------------------|-----------------------|---|------|---|
| Código | | Documento | Versión | | | | | | | | | | |
| 8500 | | | 1 | | | | | | | | | | |
| Tipo de mtto | Condición | Actividad de mantenimiento | | | | | | Recursos | | | | | |
| | | Sistema | Cód. de actividad | Descripción de la actividad | Observaciones | Frecuencia (Mes) | Frecuencia | Tipo de Personal | Núm. de Pers. Req. | Tiempo Estimado (Hrs) | Herramientas/ Materiales Especiales- Procedimientos | | |
| Preventivo TSF | Preventivo Correctivo | Equipo parado | | | | | | | | | | | |
| Si | No | | | | | | | | | | | | |
| | | | COJINETES PRINCIPALES | D001 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION | Aplicar con el inyector de grasa en las graseras ubicadas en la parte frontal y en la parte trasera de la máquina | | 1000 | Bimensual | Aux-Mec | 1 | 0,04 | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS |
| | | | CARRO DE PINZA | D002 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESION EN RUEDAS PORTANTES | Examinar ruedas portantes para ver si giran bien con la mano. Examinar la grasa visualmente, si la grasa está agotada, lubricar los rodamientos con un poco de grasa. Limpiar bien de toda grasa que salga (pag 131, Doc. Técnica VTRO) | | 4000 | Semestral | Aux-Mec | 2 | 12 | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS |
| | | | | D003 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESIÓN EN RODILLOS DE CIERRE | Examinar rodillos de cierre para ver si giran bien con la mano. Examinar la grasa visualmente, si la grasa está agotada, lubricar los rodillos con un poco de grasa. Limpiar bien toda grasa que salga (pag 131, Doc. Técnica VTRO) | | 4000 | Semestral | Aux-Mec | 2 | 12 | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS |
| | | | | D004 | INTRODUCIR UN POCO DE GRASA A PRESIÓN EN LAS CHARNELAS DE LAS PINZAS CUANDO ESTÁN CALIENTES | Inyectar grasa utilizando los lubricadores que se encuentran en la parte superior del rodamiento (pag 180d, Doc Técnica VTRO) | | 500 | Mensual | Aux-Mec | 2 | 6 | GRASA RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS TIPO HAAS |
| | | | ACCIONAMIENTO PRINCIPAL | D005 | LUBRICAR REDUCTOR TORNILLO SIN FIN | Realizar cambio de aceite de acuerdo a frecuencia, cantidad de lubricante 3.8 litros (pag 182, Doc Técnica VTRO) | | 10000 | Anual | Aux-Mec | 3 | 12 | SHELL OMALA 680 |
| | | | | D006 | LUBRICAR RODAMIENTOS DEL REDUCTOR | Realizar engrase de acuerdo a frecuencia, llenar 1/3 de la cavidad (pag 182, Doc Técnica VTRO) | | 10000 | Anual | Aux-Mec | 3 | 12 | CENTOPLEX 2 EP |
| | | | | D007 | LUBRICAR RODAMIENTOS DEL MOTOR | Realizar engrase de acuerdo a frecuencia, llenar 1/3 de la cavidad (pag 182, Doc Técnica VTRO) | | 10000 | Anual | Aux-Mec | 3 | 12 | CENTOPLEX 2 EP |

Sistema: la casilla muestra en la frontera del equipo al cual se dirige cada la actividad.

Códigos de equipo, sistema y subsistema: teniendo en cuenta que los equipos tienen similitudes en los sistemas y subsistemas, se puede trocar nombres iguales, lo que confundiría el sistema de información. Por lo que a cada equipo se le asignó

un rango de 500 códigos, que le permite al sistema de información identificar cada sistema del equipo como único, facilitando el seguimiento de los fallos.

Código de la actividad: de la misma forma que los sistemas, el tener un código único para cada actividad ayuda a realizar seguimiento de su ejecución.

Documentación: la hoja de ruta sirve como guía para los técnicos para alistar las herramientas y repuestos, sin embargo los procedimientos y técnicas para realizar las tareas se encuentran en los catálogos de los fabricantes y en los informes realizados por el área, por lo que se hace necesario que en esta casilla de nombre los catálogos y las paginas donde se encuentra esta información.

Versión: cada vez que se le realizan cambios significativos a las hojas de ruta, es necesario crear una nueva versión, lo que ayuda a regresar en el tiempo en caso de requerir información para los análisis de causa raíz.

Tipo de mantenimiento: es necesario identificar si la actividad es preventiva, predictiva o correctiva programada, para asignar el tiempo al indicador que corresponda, por lo que en la casilla se ubica una de estas tres posibilidades.

Condición de equipo: algunas de las actividades programadas no requieren que el equipo pare, sino que por el contrario se deben hacer en pleno funcionamiento. Principalmente las de la lista de chequeo, por lo que es necesario indicar al técnico si el equipo para o no.

Descripción de la actividad: la casilla indica de forma resumida la actividad que se debe realizar, adicionalmente contiene la información exacta de la ubicación donde se encuentra el procedimiento en el catálogo.

Observaciones: es la casilla más importante de todas, ya que en esta se ponen los apuntes que no se muestran en los catálogos, tales como lo que no se recomienda hacer y en qué puntos se debe prestar mayor atención. Esta casilla se alimenta de la experiencia de los técnicos que han realizado la actividad.

Frecuencia: generalmente las actividades se programan de forma periódica, por lo que es necesario que cada una de ellas tenga un periodo de ejecución definido.

Tipo de personal: esta casilla facilita al programador del mantenimiento a escoger la persona más calificada para realizar la actividad.

Personas requerida: algunas actividades requieren más de un técnico para realizarla, por lo que se debe tener claro cuántos técnicos se programan.





Tiempo de ejecución: el tiempo de ejecución es lo que nos permite medir la disponibilidad de los equipos, por lo que es uno de los aportes más grandes al mejoramiento continuo del área.





Herramientas y repuestos: se busca ser lo más precisos, para que se reduzcan los tiempos de desplazamiento al almacén de repuestos y el taller.

5.6.3 Plan de mantenimiento periódico con procedimientos. Habitualmente los manuales de los equipos son simples y poco descriptivos, por lo que se tienen a dejar cosas sin hacer o se realizan mal las actividades, es por eso que los procedimientos se convierten en una herramienta bastante útil cuando se trata de realizar trabajos con calidad y seguridad.

Teniendo en cuenta lo anterior se creó un formato que le ayuda al técnico plasmar de forma detallada los trabajos críticos dentro de las actividades de mantenimiento, evaluando los riesgos de seguridad y calidad.

Tabla 28. Formato para procedimientos.

| DONDE | QUE | COMO | CUANDO | QUIEN | QUE HACER SI | RIESGOS CALIDAD | RIESGOS SEGURIDAD |
|---|--|---|--|------------------|--|--|--|
|  | Abrir enrolladores | Con la barra 50 cm hacer palanca en la base de enrollador y levantar hasta que el macho sobrepase la hembra | Semanalmente con máquina parada | Técnico mecánico | Si el enrollador no abre: Verifique que los rodamientos lineales no hallan cumplido su vida útil | Se pueden desprender partículas metálicas al realizar palanca | Golpes por mala ubicación de la palanca. Atrapamiento si se suelta de macho |
|  | Insertar calzos según medida de altura de cono | Manualmente Medidas de los topes: | Antes de hacer el ajuste, durante la calibración | Técnico mecánico | Si el calzo queda en forma inversa, deje la barra como soporte mientras lo direcciona correctamente. | | Atrapamiento si se suelta de macho |
|  | Soltar tornillo inferior de tope de altura | Utilizar llave: * 13 mm mixta | Antes de hacer el ajuste, durante la calibración | Técnico mecánico | El tornillo no suelta: Alpique OKS 611 sobre la superficie del tornillo y espere 5 minutos luego intente abrir de nuevo | EL OKS 611 se convierte en un riesgo químico por lo que se debe realizar limpieza profunda de la parte cuando se usa | El OKS 611 puede tener reacción alérgica en algunas personas. Usar protección visual para proteger los ojos de salpicadura |
|  | Ajustar tope | Utilizar llave: 13mm para verificar que la cabeza del tornillo toque la parte superior de la platina Repetir en todos los enrolladores | Durante la calibración | Técnico mecánico | En caso de que esta calibración estándar no garantice las variables de calidad definidas se puede hacer un ajuste individual | El desgaste de los machos no permita una calibración estándar y no enrollen el cono en producción continua | Corte o laceración con la cuchilla en el ajuste |

| VERIFICACIONES ADICIONALES DEL ENROLLADOR | | | | | | | |
|--|---|---|--|------------------------------------|---|--|---|
|  | Verificar desgaste de las puntas inferiores | Visualmente | Semanalmente con máquina parada | Técnico mecánico | En caso de que se perciba desgaste (punta brillante) reporte el desgaste y monitoree la evaluación y calidad de producto, hasta que sea necesario programar el cambio | Si la superficie de la hembra no es lisa tiende a romper la oblea antes de enrollar. | |
|  | Verificar acumulación de material quemado en la plancha | Visualmente | Semanalmente con máquina parada | Técnico mecánico Operador Líder | En caso de acumulación excesiva es necesario programar limpieza. | La oblea tienden a quedar con partículas de carbon. | Quemadura, las planchas pueden estar a altas temperatura, se recomienda guantes adecuados para la actividad |
|   | Verificar posición de cerrado de planchas | Visualmente Utilizar llave: 19 y 17 mm Desapriete y ajuste la nueva posición, ajuste nuevamente | Cuando sea necesario, según condiciones de producto y referencia | Técnico mecánico | Tenga en cuenta que este ajuste impacta todas las planchas por lo que debe hacerse luego de descartar otras condiciones de máquina y material | Si el ajuste no es bueno se genera alto rechazo por rotura en la punta de la galleta | Quemadura, las planchas pueden estar a altas temperatura, se recomienda guantes adecuados para la actividad |

5.6.4 Cronograma de paradas generales del equipo. De acuerdo con el plan de mantenimiento periódico al equipo se le deben revisar las articulaciones (Bujes sinterizados) cada 4000 horas, para determinar su cambio, además de otras actividades de limpieza profunda del equipo. Esta actividad tiene una duración promedio de 8 días calendario, donde el equipo queda inhabilitado para producción, por lo que se hace necesarios planear a la gerencia cuales meses del año son los ideales para realizar la parada.

Teniendo en cuenta el cronograma de las cuatro líneas de producción en planta, el área plantea que para este equipo se programe para el arranque en horas el mes de mayo de 2016 y que se rija el mantenimiento de acuerdo al hodómetro del equipo.

5.6.5 Auditoria de paso 4. Se realiza la auditoria de forma interna, donde se revisa que se tengan los entregables establecidos al inicio del paso 1.

Tabla 29. Entregables de paso 4.

| Entregable | Cumple | Evidencias |
|---|---------------|------------------------------------|
| Diagrama de flujo del mantenimiento periódico | SI | Ítem 5.6.1 |
| Plan de mantenimiento periódico | SI | Anexo E. |
| Procedimiento de las actividades más críticas | SI | Anexo F. |
| Lista de herramientas y posibles repuestos o consumibles usados en las intervenciones | SI | Hojas de ruta |
| Cronograma de parada de equipo 2016 - 2017 | SI | Frecuencial 4000 horas ítem 5.6.4. |

La implementación del plan dio una guía de trabajo fuerte a los técnicos, los motivo al llenado de las órdenes de trabajo y ha representado en el equipo una mejor confiabilidad, se elevaron los costos del mantenimiento pero se redujeron las paradas no programadas.

5.7 PASO 5. PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

La aplicación de un buen mantenimiento preventivo, nos ayuda a reducir el riesgo de sufrir averías, sin embargo, este tipo de mantenimiento nos tiende a dejar cierto grado de incertidumbre, ya que no se pueden detectar algunas fallas ocultas dentro de los diferentes sistemas, es en este punto donde el mantenimiento predictivo se convierte en una herramienta útil al momento de querer anticiparnos a una falla.

En busca de lo anterior y teniendo en cuenta que este tipo de mantenimiento no se ha implementado en Soluciones Omega S.A., se toma el equipo como un piloto para evaluar si es viable implementar la predicción como una herramienta más dentro de las actividades que se realizan. A continuación se describe el estudio realizado para la implementación de la predicción en el equipo, los sistemas a los que se le aplicaría, los fallos que se quieren evitar, el tiempo de implementación y el costo que tendría el implementarlo.

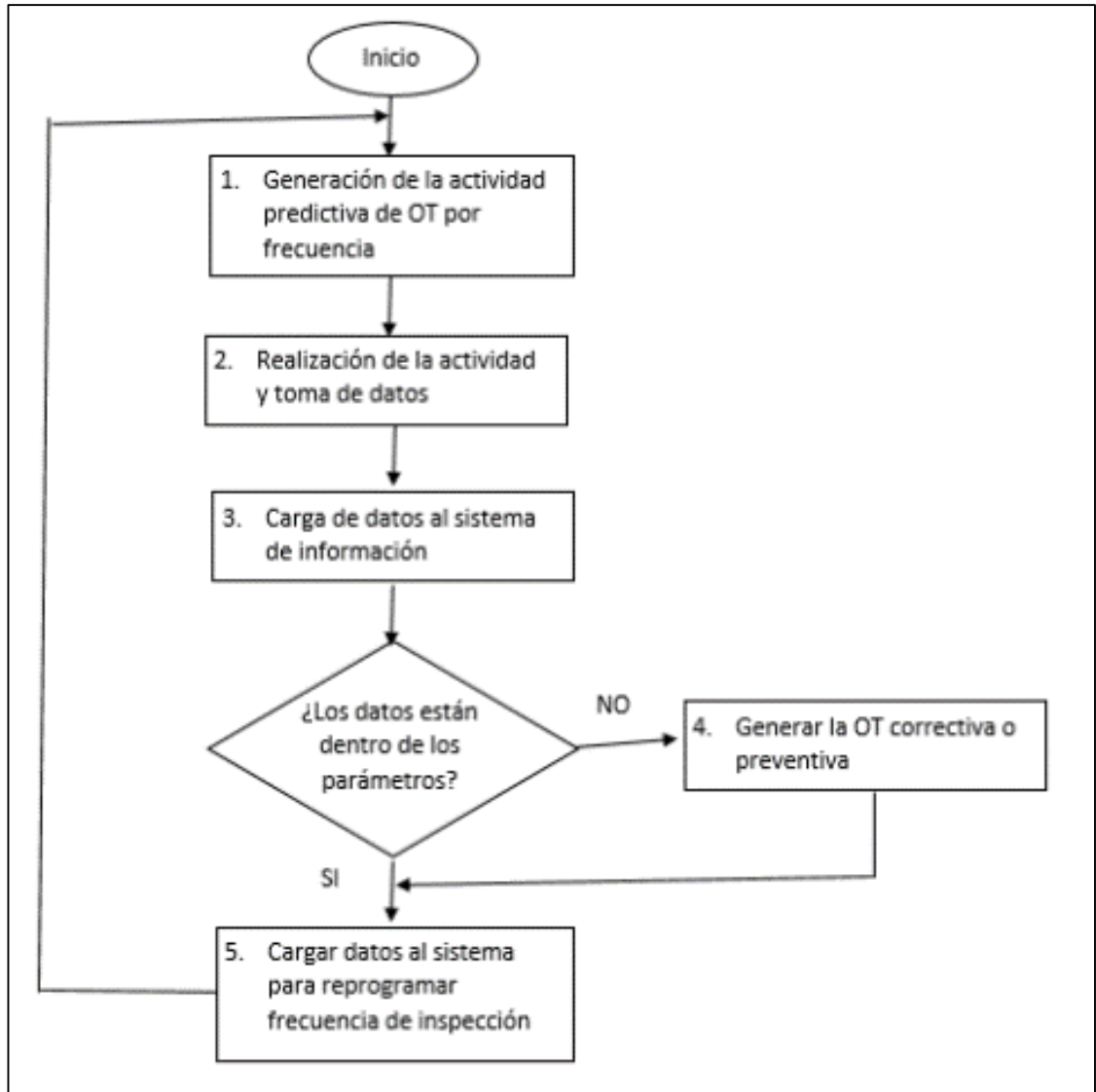
5.7.1 Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo. Tal como se muestra en la figura 93.

5.7.2 Sistemas a los que se le aplicaría. De acuerdo con el análisis de criticidad los sistemas más críticos en el equipo son la calefacción y el enrollado, por lo que son los sistemas en los que nos enfocaremos para investigación.

Calefacción: se detectaron tres puntos críticos, turbina, extractor y electrodos de ionización.

Enrollado: para el sistema se determinaron dos puntos críticos; el reductor y el motor de enrollado.

Figura 93. Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo.



5.7.3 Equipos y tecnologías de predicción. Existen en el mercado una gran variedad de tecnologías predictivas que permiten realizar un análisis más profundo a los sistemas que integran los equipos, sin embargo, son tecnologías que tienen un costo elevado, por lo que es importante revisar en detalle cuales de ellas son las más indicadas para los equipos con los que contamos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el análisis de criticidad del equipo, los históricos de averías y el costo de implementar las diferentes tecnologías. Se realizó un estudio de factibilidad para la implementación de actividades de predicción en los equipos. A continuación se muestran los elementos críticos en el equipo, las tecnologías de predicción adecuadas para cada uno, los costos de reparación y tiempos de parada por las averías del 2015 y 2016.

Tabla 30. 24 Elementos críticos y tecnologías de predicción a aplicar.

| Punto | Descripción de la función | Tecnología a aplicar |
|--------------------|---|--|
| Turbina | Elevar de forma controlada el caudal y la presión de aire que se inyecta a los mezcladores de combustión. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Análisis de corrientes y voltajes. ➤ Termografía ➤ Vibraciones |
| Extractor | Retirar los vapores y gases que se generan en el proceso de combustión del horno. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Análisis de corrientes y voltajes. ➤ Termografía ➤ Vibraciones |
| Electrodos | Controlar que exista combustión en el horno. | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Análisis de corrientes y voltajes. |
| Reductor Principal | Reducir la velocidad del motor, generando torque suficiente para hacer girar la cadena de planchas | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Termografía ➤ Vibraciones ➤ Análisis de aceites |
| Tablero de control | Controlar las funciones del equipo | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Termografía |
| Cadena de planchas | Transportar los planchas al interior del horno | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Termografía |

Tabla 31. Costos y tiempos de implementación.

| Tecnología | Equipo | Costo del equipo con capacitación básica al técnico | Tiempo de implementación en el equipo |
|------------------------|------------------------------|--|--|
| Análisis de Corrientes | Medidor de calidad eléctrica | 5.000.000 de pesos | 15 días |
| Termografía | Cámara termografía | 17.000.000 de pesos | 30 días |
| Vibraciones | Analizador de vibraciones | 10.000.000 de pesos | 30 días |
| Análisis de aceites | Servicio externo | Consumo superior a 3.000.000 de pesos | Inmediato |

Tabla 32. Acumulado de tiempos de parada por sistema y costo de la parada 2015.

| Sistema / parte | Tiempo de parada no programada acumulado en horas | Costo acumulado de las paradas en pesos |
|------------------------|--|--|
| Turbina | 6 | 1.256.000 |
| Extractor | 7 | 1.820.000 |
| Electrodos | 27 | 7.020.000 |
| Reductor Principal | 48 | 12.480.000 |
| Tablero de control | 1 | 260.000 |
| Cadena de planchas | 41.5 | 10.790.000 |

De acuerdo con la información, se decide junto con la gerencia, el siguiente plan de implementación:

1. Para el primer periodo del 2017 se debe incluir dentro de las actividades del equipo, los análisis de corrientes y voltajes, por lo que se debe tener el plan de trabajo, equipos y personal capacitado para el mes de Junio.

2. Se debe realizar un comparativo de averías de los dos periodos del año, para verificar que las tecnologías de predicción si ayudan a la reducción de las averías.
3. Si los resultados son favorables, se incluirán en el primer periodo del 2018 la totalidad de los equipos dentro del plan de análisis de corrientes.
4. Adquisición de tecnologías de termografía y/o vibraciones según los resultados que se adquieran en ese momento.
5. Inicio de planes predictivos enero 2019.

5.7.4 Auditoria paso 5. Se realiza la auditoria de forma interna, donde se revisa que se tengan los entregables establecidos al inicio del paso 1.

Tabla 33. Entregables paso 6.

| Entregable | Cumple | Evidencias |
|--|--------|----------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ➤ Viabilidad de implementar mantenimiento predictivo <ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo • Plan de mantenimiento predictivo • Listado de tecnologías a usar y su justificación. • Procedimientos y plan de implementación | SI | Ítem 5.7.1 al 5.7.3. |

5.8 PASO 6. REVISIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA IMPLEMENTACIÓN

Al inicio del proyecto se menciona que el TPM no solo depende del mantenimiento, sino del trabajo en conjunto de todos los pilares, eso para que los resultados sean de una mayor envergadura. Sin embargo, el montar un plan de trabajo para los equipos, capacitar al personal y realizar todas las actividades que propone la metodología, aportan en gran manera a los resultados de desempeño del proceso. A continuación se resume el comportamiento de las tasas de calidad, desempeño y disponibilidad para el equipo, y el resultado en OEE que mostro durante el 2016.

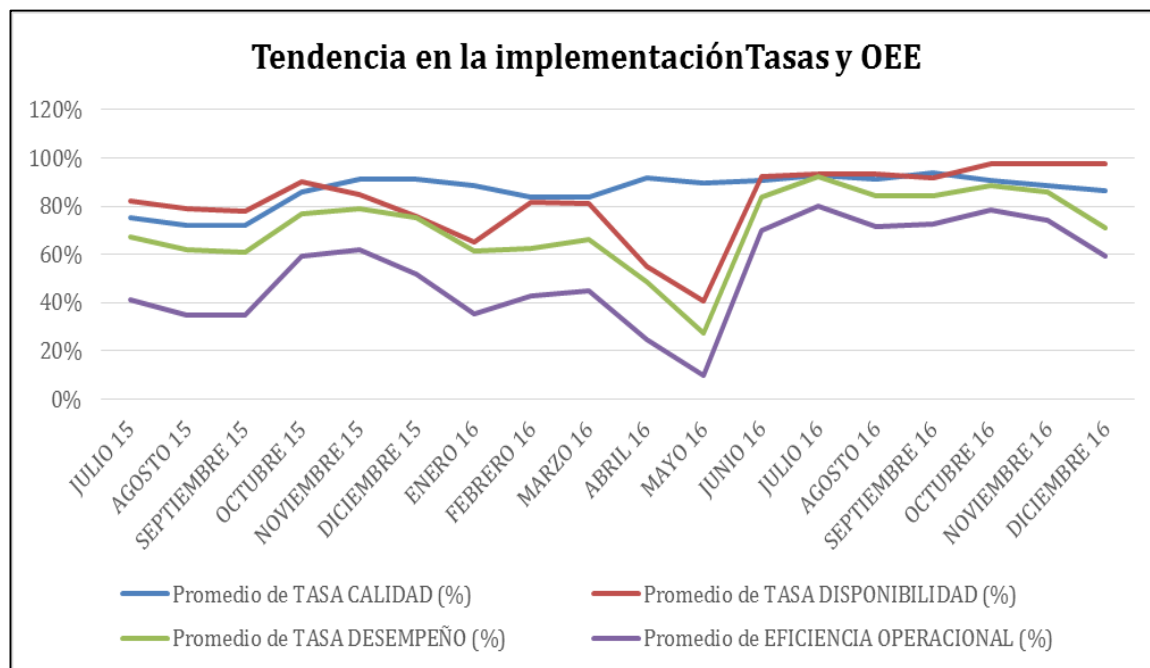
5.8.1 Resultados operacionales del equipo. Es preciso recordar que el TPM es un trabajo en conjunto de todos los pilares, y que la buena sinergia entre ellos es la que lleva a tener grandes resultados en la eficiencia operacional. Sin embargo, el desarrollar los 5 pasos del pilar MP apporto su granito de arena para mejorar dicho desempeño. A continuación se muestran los relatos obtenidos.

Tabla 34. Tendencia para la eficiencia operacional.

| MES | Promedio de TASA CALIDAD | Promedio de TASA DISPONIBILIDAD | Promedio de TASA DESEMPEÑO | Promedio de EFICIENCIA OPERACIONAL |
|---------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| JULIO 15 | 75% | 82% | 67% | 41% |
| AGOSTO 15 | 72% | 79% | 62% | 35% |
| SEPTIEMBRE 15 | 72% | 78% | 61% | 35% |
| OCTUBRE 15 | 86% | 90% | 77% | 59% |
| NOVIEMBRE 15 | 91% | 85% | 79% | 62% |
| DICIEMBRE 15 | 91% | 76% | 75% | 52% |
| ENERO 16 | 88,49% | 65,05% | 61,51% | 35,41% |
| FEBRERO 16 | 83,59% | 81,67% | 62,36% | 42,57% |
| MARZO 16 | 83,59% | 80,97% | 66,10% | 44,74% |
| ABRIL 16 | 91,57% | 54,93% | 48,56% | 24,42% |

| | | | | |
|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| MAYO 16 | 89,73% | 40,50% | 27,51% | 10,00% |
| JUNIO 16 | 90,42% | 92,29% | 83,73% | 69,87% |
| JULIO 16 | 92,86% | 93,36% | 92,45% | 80,15% |
| AGOSTO 16 | 91,17% | 93,54% | 84,10% | 71,72% |
| SEPTIEMBRE 16 | 93,79% | 91,85% | 84,19% | 72,53% |
| OCTUBRE 16 | 90,85% | 97,46% | 88,66% | 78,50% |
| NOVIEMBRE 16 | 88,39% | 97,66% | 86,08% | 74,30% |
| DICIEMBRE 16 | 86,28% | 97,40% | 70,78% | 59,49% |
| Promedio general | 86,54% | 82,04% | 70,95% | 52,65% |

Figura 94. Tendencia de la eficiencia operacional.



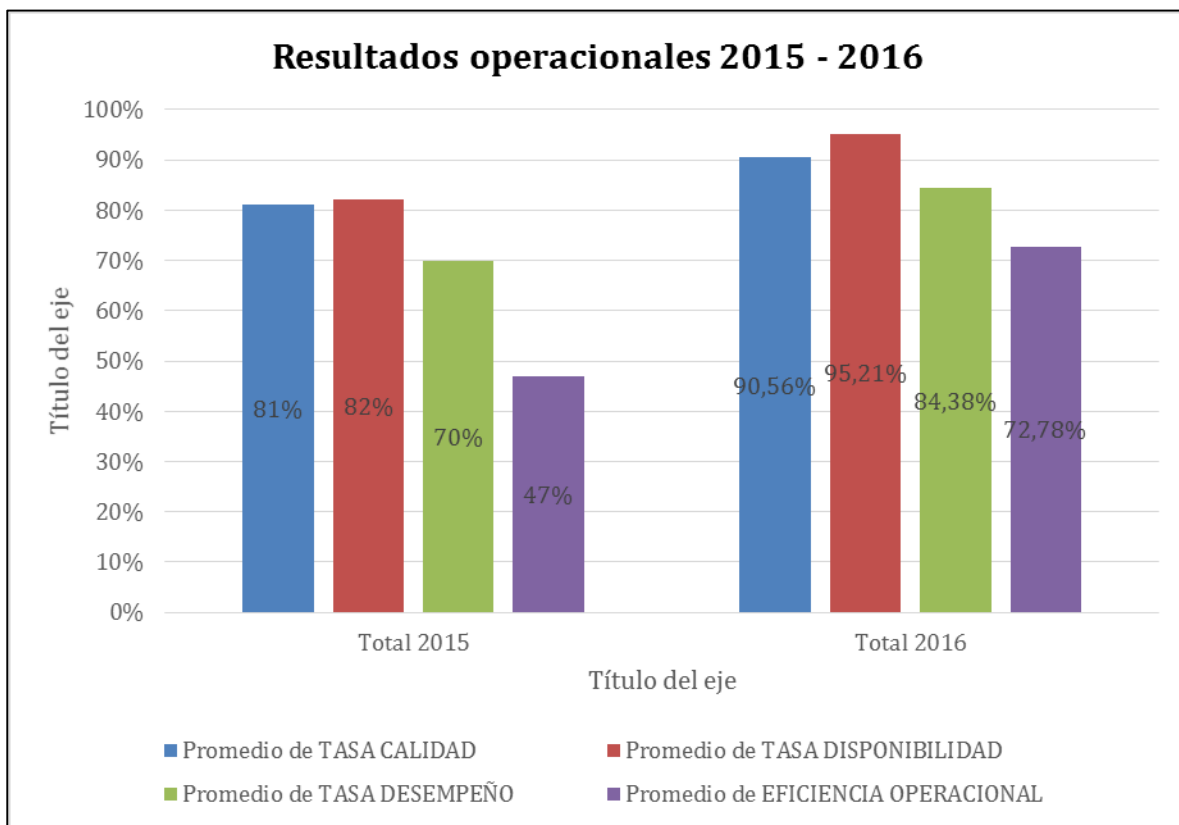
Sin contar el mes de mayo, donde se le realizaron algunos trabajos al equipo para la realización de un nuevo producto y en donde se dio inicio a la reversión del deterioro, el desempeño operacional del equipo mejoro y se mantuvo en el tiempo, mostrando como un personal capacitado y un programa de mantenimiento metodológico y estructurado puede mejorar un proceso.

En la tabla 18 se mostraron los datos del segundo semestre del 2015 para las tasas de calidad, disponibilidad, desempeño y la eficiencia operacional, como punto de partida de la implementación, Resumiendo un poco y realizando el comparativo con el 2016.

Tabla 35. Comparativo resultados operacionales 2015 - 2016.

| AÑO | Promedio de TASA CALIDAD | Promedio de TASA DISPONIBILIDAD | Promedio de TASA DESEMPEÑO | Promedio de EFICIENCIA OPERACIONAL |
|---------------|--------------------------|---------------------------------|----------------------------|------------------------------------|
| 2015 | 81% | 82% | 70% | 46.49% |
| 2016 | 89,16% | 90,84% | 80,49% | 65,19% |
| Mejora | 8.16% | 8.84% | 10.49% | 18.19% |

Figura 95. Comparativo resultados operacionales 2015 - 2016.



No solo mostró un incremento en la tasa de disponibilidad que es a la que se le ataca directamente por parte del pilar MP, sino que también se alcanzaron grandes resultados en las otras dos tasas, lo que dio como resultado un incremento del 18% en la OEE.

La gran tarea que se vienen para la compañía es mantener en el tiempo lo que se realizó al equipo y seguir implementando la metodología desde los otros pilares, siempre con el apoyo del pilar MP, ya que la implementación como tal de los otros pilares quedo en el paso 2 del mantenimiento autónomo para este equipo.

5.8.2 Resultados de los indicadores MP. Al finalizar el paso 5 se realizó el cierre de indicadores y se realizó un comparativo con respecto al segundo semestre de 2015.

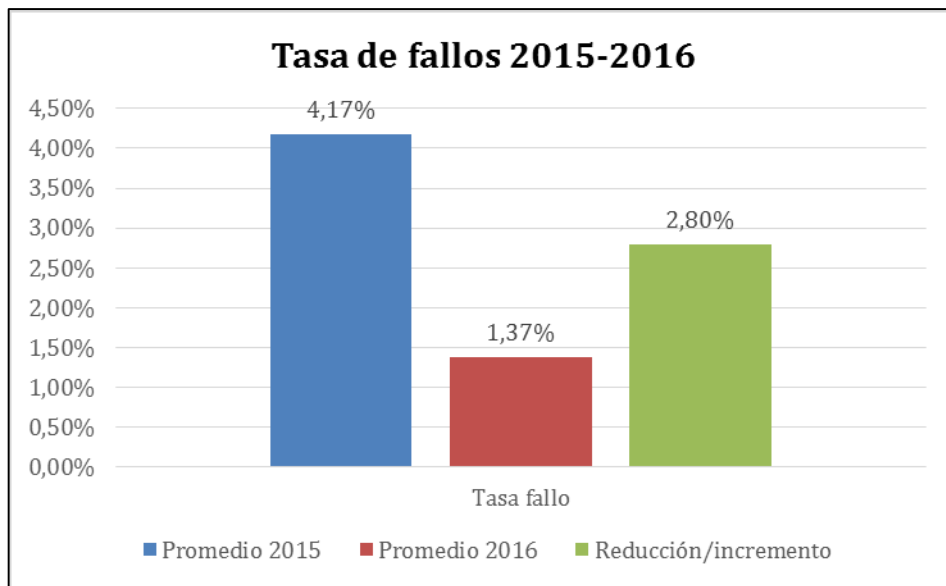
Tabla 36. Resumen mes a mes de indicadores de MP 2016.

| 2016 | Tasa fallo | TMBF / H | MTTR / H | Numero fallos |
|----------------------|--------------|---------------|-------------|---------------|
| ENERO 16 | 0,56% | 149,4 | 4,2 | 5 |
| FEBRERO 16 | 1,09% | 99,4 | 7,5 | 7 |
| MARZO 16 | 0,48% | 148,8 | 3,6 | 5 |
| ABRIL 16 | 0,88% | 144,0 | 6,3 | 5 |
| MAYO 16 | 2,20% | 74,4 | 16,5 | 10 |
| JUNIO 16 | 1,20% | 162,0 | 6,7 | 4 |
| JULIO 16 | 2,10% | 164,8 | 4,9 | 4 |
| AGOSTO 16 | 1,86% | 348,0 | 5,9 | 2 |
| SEPTIEMBRE 16 | 0,57% | 185,0 | 3,2 | 3 |
| OCTUBRE 16 | 1,80% | 254,0 | 9,2 | 2 |
| NOVIEMBRE 16 | 1,37% | 210,0 | 5,7 | 2 |
| DICIEMBRE 16 | 2,37% | 96,0 | 6,8 | 3 |
| Promedio 2016 | 1,37% | 169,65 | 6,70 | 4,33 |

Tabla 37. Comparativo indicadores MP 2015 - 2016.

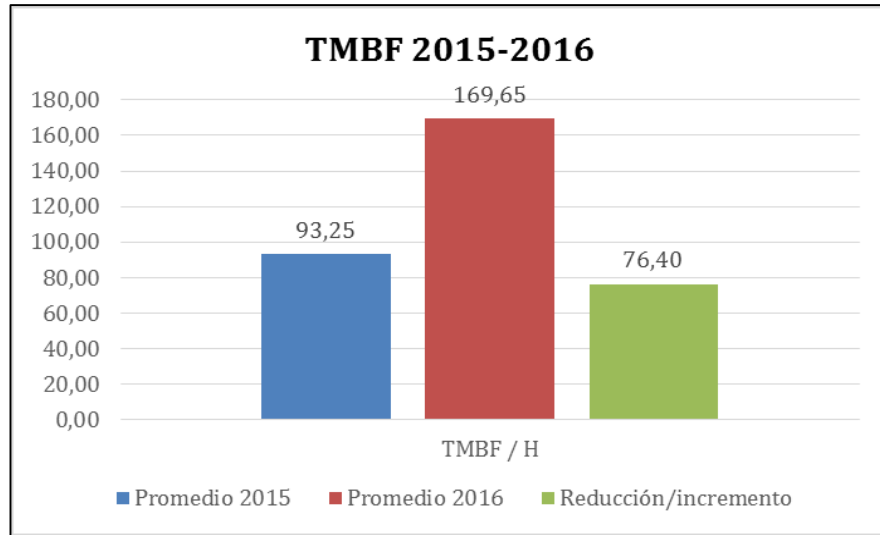
| Año | Tasa fallo | TMBF / H | MTTR / H | Numero fallos |
|----------------------------|------------|----------|----------|---------------|
| Promedio 2015 | 4,17% | 93,25 | 27,70 | 8,00 |
| Promedio 2016 | 1,37% | 169,65 | 6,70 | 4,33 |
| Mejora con respecto a 2015 | 67,06% | 81,93% | 75,80% | 45,83% |

Figura 96. Comparativo Tasa de fallos 2015-2016.



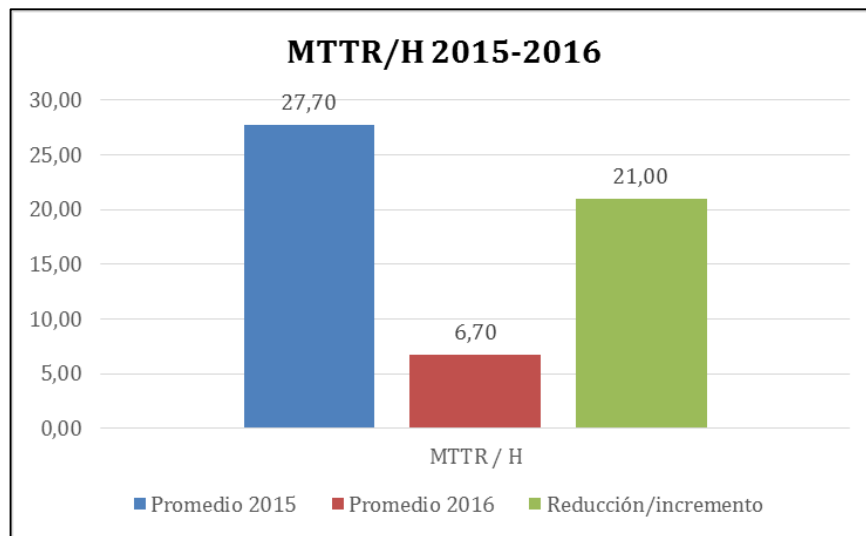
La tasa de fallo que es el tiempo que tuvo el equipo con respecto al tiempo programado, mostro una reducción del 2,8% en comparación con la del 2015, quedando en un 1.3% al cierre del año.

Figura 97. Comparativo TMBF 2015-2016.



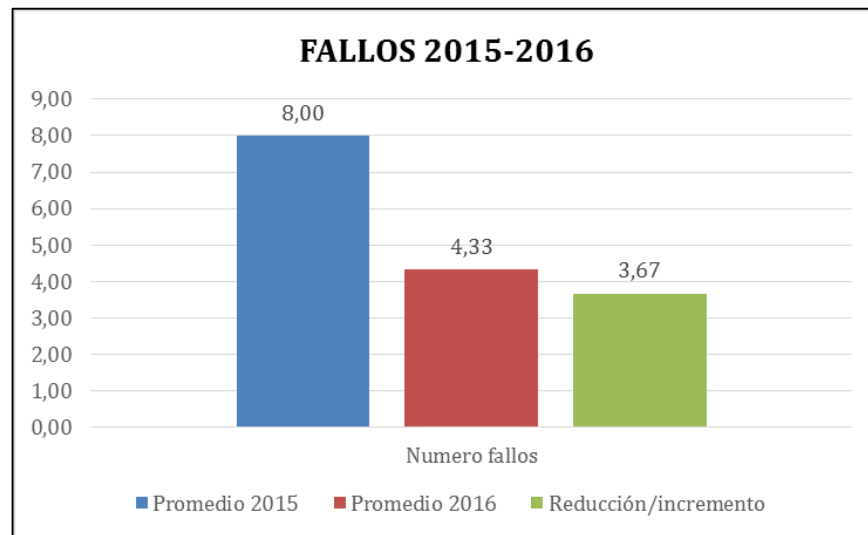
El tiempo medio entre fallos se incrementó 76,4 horas en promedio al cierre del año, lo que da indicios de que el equipo se comporta de forma más confiable, paso de tener fallos en promedio cada 93,25 horas en el 2015 a 169.65 horas en promedio en el 2016.

Figura 98. Comparativo MTTR/H 2015-2016.



Los tiempos medios de reparación mostraron una reducción de 21 horas en promedio a pesar de que en el cierre del paso dos, se incrementaron en vez de reducir. Esto se debió a que en dicho paso se realizaron muchas actividades por primera vez, lo que conllevó tiempo de aprendizaje. Sin embargo, al estandarizar los procedimientos y reducir el número de fallos en el equipo se logró cerrar el paso 5 con un número favorable.

Figura 99. Comparativo FALLOS 2015-2016.



Como era de suponerse el equipo redujo el número de fallos lo que permitió que los demás indicadores mostraran los resultados ya expresados, pasó de 8 fallos en promedio mes para el 2015 a 4 en el 2016 mostrando una reducción del 50%.

En términos generales el equipo se comporta de forma más estable en cuanto a los fallos, el tiempo entre fallos aumentó lo que se mostró en la disponibilidad del equipo. Los técnicos se enfocaron en aprender sobre los ajustes del equipo y estandarizar los procedimientos de intervención, mejorando los tiempos de reparación.

6. CRONOGRAMA DE LA IMPLEMENTACIÓN

Tabla 38. Cronograma de la implementación.

| Ítem | Actividades | Horas de trabajo | Fecha límite de la actividad | 2015 | | | | 2016 | | | | | | | | Recurso Humano | | |
|------|--|------------------|------------------------------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------------|------------|---|
| | | | | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | | Septiembre | Octubre |
| 1 | Implementación del proyecto | 416 | 08/10/2016 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Evaluar la máquina y comprender la situación actual. | 130 | 20/01/2015 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Realizar los registros del equipo. | 8 | 10/10/2015 | | | | | | | | | | | | | | | Supervisor mtto |
| 4 | Establecer los criterios de evaluación. | 4 | 14/10/2015 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 5 | ➤ Determinar los sistemas, subsistemas y componentes del equipo. | 48 | 20/11/2015 | | | | | | | | | | | | | | | Técnico de mtto |
| 6 | ➤ Priorizar los sistemas. | 24 | 10/12/2015 | | | | | | | | | | | | | | | Supervisor mtto Técnico de mtto |
| 7 | ➤ Definir los tipos de fallos y su severidad. | 12 | 17/12/2015 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mtto Técnico de mtto |
| 8 | ➤ Evaluar la situación del equipo midiendo; Número de fallos, Frecuencia de fallos, Tiempo medio entre fallos, Tiempo de reparación, Costos de mantenimiento y Tasa de fallos. | 30 | 20/01/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 9 | ➤ Establecer los objetivos y metas (indicadores) | 4 | 10/01/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mtto |
| 10 | ➤ Proponer las actividades de restauración del deterioro forzado del equipo, para retornar a las condiciones básicas y corregir las debilidades. | 68 | 26/06/2016 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | ➤ Establecer las condiciones básicas del equipo. | 40 | 04/04/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Técnico de mtto |
| 12 | ➤ Presupuestar el costo, el tiempo y el retorno de la inversión, de revertir el deterioro forzado del equipo y el retorno de la inversión. | 20 | 24/06/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 13 | ➤ Proponer el plan de generación y solución de tarjetas como mejora orientada para corregir debilidades. | 8 | 10/02/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mtto |
| 14 | ➤ Plantear la estructura de un sistema de información para la gestión del mantenimiento del equipo. | 78 | 15/07/2016 | | | | | | | | | | | | | | | |

| Ítem | Actividades | Horas de trabajo | Fecha límite de la actividad | 2015 | | | | 2016 | | | | | | | | Recurso Humano | | |
|------|---|------------------|------------------------------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|----------------|------------|---|
| | | | | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | | Septiembre | Octubre |
| 15 | ➤ Mejorar el sistema de gestión de datos. | 28 | 15/07/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 16 | ➤ Crear un sistema de gestión de mantenimiento (control de historiales, generación de órdenes de trabajo y listas de chequeo). | 30 | 15/07/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 17 | ➤ Crear un sistema de gestión de presupuesto asociado a mantenimiento. | 20 | 15/07/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 18 | ➤ Formular un plan de mantenimiento preventivo para el equipo. | 56 | 30/08/2016 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | ➤ Realizar el diagrama de flujo del sistema de mantenimiento periódico. | 4 | 16/07/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto Técnico de mto |
| 20 | ➤ Seleccionar los sistemas a los que se les va a aplicar el plan. | 4 | 17/07/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto Técnico de mto |
| 21 | ➤ Formular el plan de mantenimiento a los sistemas seleccionados. | 12 | 18/08/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Supervisor mto Técnico de mto |
| 22 | ➤ Crear el procedimiento para la realización de los estándares de los materiales, trabajos e inspecciones. | 12 | 20/06/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Técnico de mto |
| 23 | ➤ Programar las paradas generales estableciendo los tiempos de intervención, las actividades puntuales a realizar y repuestos o consumibles que se requieran. | 24 | 30/08/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto |
| 24 | ➤ Evaluar la viabilidad de implementar un plan de mantenimiento predictivo al equipo. | 56 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | ➤ Realizar el diagrama de flujo del sistema de mantenimiento predictivo. | 4 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto |
| 26 | ➤ Seleccionar los sistemas a los que se les va a aplicar el plan. | 4 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto |
| 27 | ➤ Determinar los equipos y las tecnologías de predicción a utilizar. | 24 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto |
| 28 | ➤ Formular el plan de mantenimiento a los sistemas seleccionados. | 12 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto |
| 29 | ➤ Crear el procedimiento para la realización de los estándares de los materiales, trabajos e inspecciones. | 12 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM Supervisor mto |

| Ítem | Actividades | Horas de trabajo | Fecha límite de la actividad | 2015 | | | | 2016 | | | | | | | | | | Recurso Humano | | | | | | | |
|------|---|------------------|------------------------------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|----------------|--|--|--|--|--|--|---------------|
| | | | | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | | | | | | | | |
| 30 | ➤ Formular los indicadores de desempeño que permitan evaluar los avances de la implementación, para tomar decisiones acertadas. | 26 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 31 | ➤ Revisar los entregables de cada paso. | 4 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 32 | ➤ Realizar auditorías de los pasos. | 8 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |
| 33 | ➤ Revisar los indicadores de desempeño para ver el avance de la metodología. | 4 | 30/09/2016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Estudiante GM |

7. CONCLUSIONES

El TPM no se debe ver como un trabajo más que se realiza al interior de las empresas, sino como la estrategia que se tiene para lograr las metas a corto, mediano y largo plazo; sólo de esta forma la metodología ayudará a reducir costos y eliminar riesgos.

Es importante que antes de iniciar la implementación de la metodología, se capacite a los líderes de cada pilar de tal forma que puedan guiar de forma correcta a los pequeños equipos, además, el formar pequeños equipos de trabajo entre personal operativo y personal técnico facilita la detección de anomalías y reduce el riesgo de fallos, lo que minimiza los requerimientos al área de mantenimiento, permitiendo utilizar ese tiempo en otras actividades que generen mayor valor a los procesos, como el rediseño de los sistemas para una mayor productividad con una excelente calidad.

El entrenar a los operadores en conceptos básicos de lubricación, ajustes, parámetros de calidad del producto, condiciones y actos inseguros, permite que los riesgos de calidad, accidentes y fallos se minimicen, convirtiendo nuestras plantas en lugares seguros y eficientes.

El desarrollo de la metodología ayuda a que los técnicos conozcan muy bien los equipos y procesos, ya que para poder capacitar a los operadores ellos deben empaparse de información sobre ajustes, lubricación, análisis de fallos, partes y componentes de los equipos, calidad del producto, calidad del mantenimiento, condiciones y actos inseguros elementos de protección, entre otros.

El arranque de la metodología debe tener un alto impacto motivador en los colaboradores, ya que mientras se toma fuerza en la metodología el trabajo parece ser tedioso y perdido, los resultados se dan con el tiempo y poco a poco. Sin embargo, llegan a ser muy positivos en el tiempo.

Los equipos logran retornar a sus velocidades nominales y lo más importante, dichas condiciones se mantienen en el tiempo, ya que el operador y los técnicos crean un sentido de pertenencia sobre ellos.

El tener un plan de mantenimiento estructurado y eficiente aumenta la disponibilidad de los equipos, permitiendo hacer programaciones más confiables y eficientes.

En términos generales el implementar TPM dentro de la compañía permitió unir a dos áreas hermanas como lo son producción y mantenimiento, orientadas a un solo fin; el de ser eficientes, seguros y tener productos de alta calidad.

La implementación de la metodología permitió mejorar la productividad en el año 2016, lo que redujo los costos de operación y como resultado nos permite ser más competitivos en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

ABA CONSULTORES. [Sitio web]. ¿Matriz de habilidades o de competencias? México: la empresa. [Consultado el: 20 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://www.abaconsultores.com.mx/2015/07/21/matriz-de-habilidades-o-de-competencias/>

ABSOLUTI GROUP. [Sitio web]. Fundamentos del pilar mantenimiento de calidad (Hinshitsu Hozen). Barcelona: Absoluti Group, [Consultado el: 23 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://ceroaverias.com/encycledy/centroTPM/mantenimientocalidad.htm>

CDI LEAN MANUFACTURING. [Sitio web]. TPM: Mantenimiento Productivo Total. Valencia: La entidad. [Consultado el: 20 de marzo de 2017]. Disponible en: www.cdiconsultoria.es/metodo-tpm-mantenimiento-productivo-total-valencia.

CENTRO DE MINEARALOGÍA Y PALEONTOLOGÍA DE BÉLGICA. [Sitio web]. Mina Bois du Cazier en Marcinelle. Bruselas: el centro. [Consultado el: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.cmpb.net/en/boisducazier.php>

GIRALDO CARDONA, Sebastián. Introducción al TPM. [En línea]. [Consultado el: 21 de abril de 2017]. Disponible en: <http://copimerainternacional.org/inicio/images/conferencias/tpmlberoamerica.pdf>

JIMÉNEZ, Daniel. [Sitio web]. LUP's ISO 9001:2008. [Consultado el: 21 de abril de 2017]. Disponible en: <http://www.pymesycalidad20.com/lups-iso-90012008-0-2-enfoque-de-procesos-2-leccion-de-un-punto.html>

KOENIG AND BAUER GROUP. [Consultado el: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: http://www2.kba.com/uploads/RTEmagicC_ec481f7a-709d-431b-b1a2-eb40f864e6c3-web.jpg.jpg

MAURICIO AGUILAR CONSULTORES S.A. Material del seminario de facilitadores TPM. Bogotá: La empresa, 2015.

OLOFSSON, Oskar. Mantenimiento lean: calculador del costo del ciclo de vida. [Consultado el: 23 de marzo de 2017]. Disponible en: http://world-class-manufacturing.com/es/LCC/lcc_calculation.html

PÉREZ, Ivanna. Suspendidas actividades operativas de cervecerías La Polar. [En línea]. [Consultado el: 20 de abril de 2017]. Disponible en: http://ivanna-higieneindustrial.blogspot.com.co/2008_05_01_archive.html

PÉREZ VERZINI, Raúl. [Sitio web]. El ciclo de mejora continua. Córdoba, Argentina: Action Group. [Consultado el: 21 de marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.actiongroup.com.ar/el-ciclo-de-mejora-continua/>

SOLUCIONES OMEGA S.A. Sistema de gestión de la calidad. Bogotá: La Compañía, 2016.

SUZUKI, Tokutaro. TPM para industrias de proceso. Madrid: TGP Hoshin, 1995. 404 p. ISBN 84-87022-18-9.