

SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



SEP

TRABAJO PROFESIONAL

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

QUE PRESENTA:

DANIEL SARMIENTO VÁZQUEZ

CON EL TEMA:

**Elaboración de un Programa de Mantenimiento Industrial aplicando
TPM en el área de Acabado Aluminio de la empresa Volkswagen de
México S.A.**

MEDIANTE:

**OPCION
(TITULACION INTEGRADA)**

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS

JUNIO 2012



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas., 20/MARZO/2012

OFICIO DEP-CT-050 -2012

C. DANIEL SARMIENTO VÁZQUEZ
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la liberación del informe técnico del proyecto denominado:

**"ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL APLICANDO TPM EN EL ÁREA DE
ACABADO ALUMINIO DE LA EMPRESA VOLKSWAGEN DE MÉXICO S.A. DE C.V."**

Y en cumplimiento con los requisitos normativos para obtener el Título Profesional, comunico a usted que se **AUTORIZA** la impresión del Trabajo Profesional.

Sin otro particular quedo de usted reiterándole mis más finas atenciones.

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"

ING. ROBERTO CIFUENTES VILLAFUERTE
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.
C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares
C.c.p.- Expediente
I'RCV/L'ORC



Secretaría de Educ. Pública
Instituto Tecnológico
de Tuxtla Gutiérrez
Div. de Est. Profesionales

Carretera Panamericana Km.1080, . C.P. 29050, Apartado Postal 599
Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87
<http://www.itg.edu.mx>



Alcance del Sistema: Proceso Educativo

VOLKSWAGEN

DE MEXICO

Puebla, Pue a 18 de Enero de 2012

INSTITUTO TECNOLOGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

PRESENTE

AT'N: M.C. ROBERTO CARLOS GARCIA GOMEZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE GESTION
TECNOLOGICA Y VINCULACION

Por medio de la presente se hace constar que **SARMIENTO VÁZQUEZ DANIEL** con **NUMERO DE CONTROL 07270428** de la carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** del plantel a su cargo, realizó **RESIDENCIAS PROFESIONALES** en Volkswagen de México, participando en el desarrollo del proyecto **ELABORACION DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL APLICANDO TPM EN EL AREA DE ACABADO ALUMINIO DE LA EMPRESA VOLKSWAGEN DE MEXICO S.A.** en el departamento de **FUNDICIÓN**, bajo la asesoría de **XALTENCO LOZANO JAIME**, durante el periodo comprendido del **18 DE JULIO DE 2011** hasta el **18 DE ENERO DE 2012** con horario de **8:00 a 17:00** horas para así cubrir **960** horas.

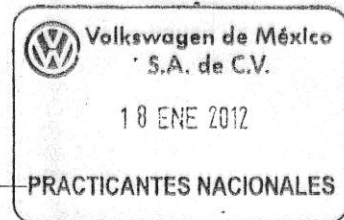
Se extiende la presente a petición del interesado para los fines que a él convenga.



ATENTAMENTE

Lic. MARIA MAGALI ISLAS SANCHEZ

Coordinación General de Practicantes Nacionales





SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
 DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE
 EDUCACIÓN PÚBLICA



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 23 /ENERO /2012

No. de oficio: DGTyV/ 0130

A QUIEN CORRESPONDA

Por este medio comunico a Usted que el **C. Sarmiento Vázquez Daniel** estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, con no. de control **07270428**, del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, ha concluido satisfactoriamente su Residencia Profesional dentro del proyecto denominado: **“Elaboración de un programa de mantenimiento industrial aplicando TPM en el área de acabado aluminio de la empresa Volkswagen de México S.A.”** durante le periodo Agosto- Diciembre 2011.

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE

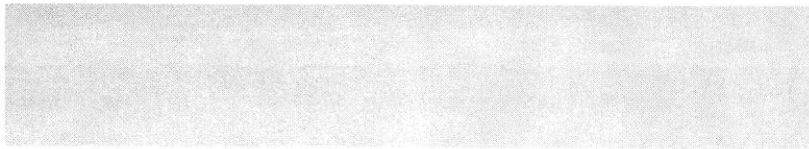
ING. RODRIGO FERRER GONZÁLEZ
JEFE DEL DEPTO. DE GESTIÓN TECNOLÓGICA Y VINCULACIÓN


 SECRETARIA DE EDUCACION
 PUBLICA
 Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez
 Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación

C.c.p. Interesado
 C.c.p. Archivo

Carretera Panamericana Km.1080, . C.P. 29050, Apartado Postal 599
 Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87
<http://www.ittg.edu.mx>





SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
 DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

SECRETARÍA DE
 EDUCACIÓN PÚBLICA



**CONSTANCIA DE LIBERACIÓN Y EVALUACIÓN
 DE PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL**


**M.C. JORGE ANTONIO OROZCO TORRES
 JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
 EDIFICIO.**

Por medio de la presente me permito informarle que ha concluido la asesoría y revisión del proyecto de Residencia Profesional cuyo título es: **Elaboración de un programa de mantenimiento industrial aplicando TPM en el área de acabado aluminio de la empresa Volkswagen de México S.A.**, desarrollado por el C. **DANIEL SARMIENTO VÁZQUEZ**, con número de control 07270428, desarrollado en el período "AGOSTO-DICIEMBRE 2011".

Por lo que, se emite la presente Constancia de Liberación y Evaluación del Proyecto a los veinticinco días del mes de enero de 2012.

ATENTAMENTE
 "CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"


 Ing. Atanacio Hernández Chan
 Asesor del Proyecto


 M.C. Sabino Velazquez Trujillo
 Revisor del proyecto


 Ing. Luis Moisés Velasco Mota
 Revisor del proyecto

c.c.p.- Archivo.

Carretera Panamericana Km 1080, C.P. 29050, Apartado Postal 599
 Teléfonos: (961) 61 5-03-80 (961) 61 5-04-61 Fax: (961) 61 5-16-87
<http://www.itg.edu.mx>



Índice

Introducción	xii
1 CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO	14
1.1 Antecedentes	15
1.2 Definición del Problema	16
1.3 Objetivos	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
1.4 Justificación	17
1.5 Delimitación	17
Limitaciones	17
1.6 Impacto	18
Ético	18
Social	18
Económico	18
Ambiental	18
2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	19
2.1 Grupo Volkswagen	20
2.2 Volkswagen de México	21
2.2.1 Misión	21
2.2.2 Visión	21
2.2.3 Planta	21
2.2.4 Producción	22
2.2.5 Personal	23
2.2.6 Dirección	23
2.2.7 Proveedores	24
2.2.8 Historia	24
2.2.9 Responsabilidad Social Corporativa	27
2.2.10 Certificaciones	28

2.3 PPC (Planta de Producción Componentes) y PPA (Planta de Producción Automóvil)	31
2.4 Producción de Motores.....	31
2.4.1 Nave 10 Fundición.....	32
2.4.2 Producción Cabeza R5.....	32
2.4.3 Proceso de Acabado Aluminio	32
Célula de Acabado Reis	32
Centro de Maquinado CNC Deckel Maho	33
Sistema de Tratamiento Térmico.....	34
Lavadora Rösler	36
Hermetizadora	36
Rebabeo	38
Medición y Liberación	38
3. FUNDAMENTO TEÓRICO	40
3.1 Relación entre TPM y justo a tiempo.....	41
3.2 La Meta del TPM	42
3.3 Aspectos Fundamentales	43
3.4 Evolución del Mantenimiento hasta la implementación del TPM	44
3.5 El TPM: Conceptos y características.....	45
3.6 Las 6 Grandes Pérdidas	48
Pérdidas por averías en los equipos.....	50
Pérdidas debidas a preparaciones	51
Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas	52
Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida	54
Pérdidas por defectos de calidad, recuperaciones y reprocesos.....	55
Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo.....	56
3.7 Mejora de la gestión de equipos productivos.....	57
3.8 Los Pilares del TPM.....	58
Pilar 1: Mejora Enfocada	60
Pilar 2: Mantenimiento Autónomo	68
Pilar 4: Capacitación.....	73

Pilar 5 Control Inicial	73
Pilar 6 Mejoramiento para la Calidad.....	73
Pilar 7: TPM en la oficina.....	73
Pilar 8: Seguridad, Higiene y Medio Ambiente	74
Pilar 3: Mantenimiento Planeado	74
3.9 Implementación de un programa TPM	81
Etapas de la implementación de un programa TPM.....	82
3.10 Prevención de averías	88
4. METODOLOGÍA.....	90
Fase 1: Identificación de los equipos productivos de la línea	91
Fase 2: Recolección de datos	93
Fase 3: Indicadores para la evaluación de la gestión del mantenimiento y su mejora	94
Indicadores de tiempos.....	94
Indicadores de eficiencia.....	95
Fase 4: Organización de la información por medio de un sistema de información.....	97
Fase 5: Implementación del TPM (Mantenimiento Planeado), mejoras y evaluación del rendimiento.....	98
Etapa 1 Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo	98
Etapa 2 Búsqueda y reconducción del equipo hacia su estado ideal.....	99
Etapa 3 Mejora en el Sistema de Control de la Información	101
Etapa 4 Establecimiento de un sistema de mantenimiento programado	103
Etapa 5 Establecimiento de un sistema de mantenimiento predictivo	104
5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA	106
Fase 1 Identificación de los equipos productivos de la línea de acabado	107
Fase 2 Recolección de datos	112
Fase 3 Indicadores para evaluación	116
Indicadores de tiempo	116
Indicadores de eficiencia.....	117
Fase 4 Organización de datos del equipo a través del sistema de información	119

Fase 5 Implementación del TPM (Mantenimiento Planeado) en la línea.....	127
Etapa 1 Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo	127
Etapa 2 Búsqueda y Reconducción del equipo hacia su estado ideal.....	132
Etapa 3 Mejora en el Sistema de Control de la Información	144
Etapa 4 Establecimiento de un sistema de mantenimiento programado	147
Etapa 5 Establecimiento de un plan de mantenimiento predictivo.....	149
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	152
Datos generales de la línea	153
Indicadores de eficiencia.....	155
Análisis de la producción.....	158
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	162
Conclusiones	163
Recomendaciones	164
Anexos.....	165
Anexo A Diagramas de Pareto.....	165
Anexo B Instructivos del Plan de Mantenimiento Semanal.....	167
Anexo C Instructivos de Mantenimiento Programado.....	179
Referencias Bibliográficas	195
Bibliografía	195
Páginas electrónicas.....	196

Lista de Tablas

Tabla 3.1 Tipos de pérdidas.....	49
Tabla 3.2 Fases de implementación del TPM.....	83
Tabla 4.1 Formato para describir los equipos.....	92
Tabla 4.2 Formato bloques funcionales.....	93
Tabla 4.3 Formato cálculo de rentabilidad.....	96
Tabla 4.4 Formato plan de acciones de emergencia.....	100
Tabla 4.5 Formato plan de mantenimiento semanal.....	101
Tabla 4.6 Formato parámetros A.....	102
Tabla 4.7 Base de datos de refacciones.....	103
Tabla 5.1 Equipos que componen las células de manufactura.....	109
Tabla 5.2 Bloques funcionales.....	111
Tabla 5.3 Reporte general de fallas.....	114
Tabla 5.4 Formato Rentabilidad de la Línea de Acabado.....	118
Tabla 5.5 Total averías sem 1-26.....	128
Tabla 5.6 Resultados del diagrama de Pareto.....	131
Tabla 5.7 Reporte plan de acciones correctivas célula REIS.....	135
Tabla 5.8 Reporte plan de acciones correctivas Deckel.....	138
Tabla 5.9 Reporte plan de acciones correctivas Tratamiento Térmico.....	140
Tabla 5.10 Plan de Mantenimiento Semanal.....	143
Tabla 5.11 Parámetros A línea de acabado R5.....	144
Tabla 5.12 Ejemplo sistema de datos de refacciones.....	146
Tabla 5.13 Instructivo de mantenimiento programado.....	148

Lista de Figuras

Figura 3.1 Edificio TPM.....	60
Figura 3.2 Objetivos del Mantenimiento Planeado.....	76
Figura 4.1 Diagrama de flujo Metodología.....	105
Figura 5.1 Distribución de la línea de acabado R5 dentro de la nave 10.....	107
Figura 5.2 Distribución de las células de manufactura dentro de la línea de acabado.....	108
Figura 5.3 Averías Acabado R5 Sem 1-26.....	119
Figura 5.4 Tiempos de Paro Acabado R5 Sem 1-26.....	119
Figura 5.5 Averías por célula acabado R5 Sem 1-26.....	120
Figura 5.6 Averías Célula REIS Sem 1-26.....	120

Figura 5.7 Averías CNC Deckel Maho Sem 1-26.....	121
Figura 5.8 Averías Sistema Tratamiento Térmico Sem 1-26.....	121
Figura 5.9 Averías Lavadora Sem 1-26.....	122
Figura 5.10 Averías Hermetizadora Sem 1-26.....	122
Figura 5.11 Averías Sistema de Medición Sem 1-26.....	123
Figura 5.12 Minutos de Paro/1000 pzas producidas.....	123
Figura 5.13 No Averías/1000 pzas producidas.....	124
Figura 5.14 Tiempo Medio de Buen Funcionamiento.....	124
Figura 5.15 Tiempo Medio de Reparación	125
Figura 5.16 Tarjetas TPM.....	125
Figura 5.17 Piezas Liberadas Sem 1-26.....	126
Figura 5.18 Piezas enviadas a Nave 6 Sem 1-26.....	126
Figura 5.19 Piezas en Stock Sem 1-26.....	127
Figura 5.20 Averías Mecánicas/Cantidad de averías Sem 1-26.....	129
Figura 5.21 Averías eléctricas/cantidad de averías Sem 1-26.....	130
Figura 5.22 Averías mecánicas/hrs. De paro sem 1-26	130
Figura 5.23 Averías eléctricas/hrs. De paro sem 1-26.....	130
Figura 6.1 Averías acabado R5 2011.....	153
Figura 6.2 Comparación Averías Acab. R5 2011.....	154
Figura 6.3 Hrs. De paro totales 2011.....	155
Figura 6.4 Minutos de paro/1000 piezas producidas 2011.....	156
Figura 6.5 No. De averías/1000 piezas producidas 2011.....	157
Figura 6.6 MTBF 2011.....	157
Figura 6.7 MTTR 2011.....	158
Figura 6.8 Pzas liberadas 2011	159
Figura 6.9 Pzas enviadas a Nave 6 2011.....	160
Figura 6.10 Pzas en stock 2011.....	161

Introducción

La puesta en marcha del TPM es una tarea fácil para las empresas cuando se tienen los objetivos y metas claras, considerando la manera de implementarla; el proceso debe ser claro, preciso y adecuarse a la forma de organización incluyendo las partes de la línea de producción, cuando se tienen.

En este proyecto, se implementa el TPM (Mantenimiento Productivo Total) a través del pilar de Mantenimiento Planeado, que comprende el Mantenimiento Correctivo, el de Averías por una parte y el Mantenimiento Preventivo por otra, incluye el Mantenimiento Periódico y el Mantenimiento Predictivo.

El capítulo 1, incluye las características del proyecto, el problema que se tiene que atacar, los objetivos que se quieren lograr, el impacto que se quiere alcanzar y las limitaciones que existen para desarrollar dicho proyecto.

El capítulo 2, describe a la empresa donde se realiza el proyecto, el giro, la organización, los productos elaborados, la misión y visión, la historia y la descripción del proceso donde se implementará el TPM (Mantenimiento Productivo Total).

El capítulo 3, fundamenta los aspectos teóricos del TPM (Mantenimiento Productivo Total), y su relación con el Mantenimiento Planeado.

El capítulo 4, describe la metodología a utilizarse paso a paso, desde el reconocimiento de la línea de producción hasta la etapa de implementar el pilar de Mantenimiento Planeado, incluyendo aspectos de la línea para tener una correcta aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total).

El capítulo 5, describe el proceso de implementación del Mantenimiento Planeado, el proceso de análisis de la información referente al problema a resolver y

las características de la línea de acabado. Paso a paso se realizan las mejoras necesarias para cumplir con los objetivos propuestos en este proyecto.

En el capítulo 6 se analizan los resultados que obtenidos al implementar el Mantenimiento Planeado en la línea de acabado y se comparan con los meses anteriores al desarrollo del proyecto para determinar si fue factible aplicar dicho proyecto.

En el capítulo 7 se obtienen las conclusiones de la puesta en marcha del TPM en la línea de acabado, sobre el desarrollo del proyecto y sobre los resultados obtenidos; además, se hacen algunas recomendaciones para continuar con las mejoras de la línea.

1. CARACTERIZACIÓN DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes

Volkswagen de México es una empresa líder en la fabricación de automóviles, autopartes y motores a nivel mundial, por lo que es primordial tener los equipos disponibles en tiempo y forma, para llevar a cabo los planes de producción.

Dentro de la empresa, existe un área dedicada a la fundición y maquinado de cabezas de motor, manguetas, bastidores y consolas: esta es la nave 10, donde se encuentra el área de acabado aluminio donde existen paros continuos que al final impactan en la productividad de la misma.

Es común que durante los tres turnos de producción, se reporten fallas por desajuste de los parámetros del equipo, daño en sensores de equipos sometidos a desgaste excesivo, fugas de aceites, mangueras y tuberías rotas.

Dentro del plan de mantenimiento se tiene contemplado que el operario conozca el equipo que maneja para que pueda predecir una avería o evitar que ésta ocurra lo antes posible, tener el equipo en óptimas condiciones para evitar los paros menores y tener un plan de acción preventivo para aumentar la capacidad de producción de la línea.

Actualmente ninguno de los objetivos del plan se alcanzan o se llevan a cabo de manera correcta debido a que las averías son excesivas y los tiempos de producción no permiten que la línea tenga un paro programado para realizar el mantenimiento necesario mucho menos realizar un mantenimiento mayor.

1.2 Definición del Problema

La falta de coordinación entre los departamentos de mantenimiento y producción de la línea de acabado de cabeza R5, y una metodología de trabajo definida, que impiden implementar un programa de mantenimiento que cubra las necesidades primordiales al presentar demasiadas averías y tiempos de paros altos.

1.3 Objetivos

Objetivo general

- Aplicar la metodología TPM (Mantenimiento Productivo Total: Mantenimiento Planeado), para bajar las horas de paro, averías y eficientar el MTTR (Tiempo medio de reparación) y MTBF (Tiempo medio de buen funcionamiento)

Objetivos específicos

- Identificar equipos con mayor incidencia de averías y los que causan mayor tiempo de paro.
- Actualización y optimización del Programa de Mantenimiento Planeado
- Elaboración del Plan de Mantenimiento Predictivo
- Eficientar la disponibilidad de refacciones a través de un sistema de información claro y preciso.
- Aumentar la rentabilidad actual de la línea de acabado aluminio.

1.4 Justificación

El TPM (Total Productive Maintenance: Mantenimiento Productivo Total), actualmente es uno de los principales sistemas para lograr la máxima eficiencia, con base en la cual es factible alcanzar una alta competitividad. La tendencia a mejorar cada vez más la competitividad supone elevar al unísono y en un grado máximo la eficiencia en calidad, tiempo y costos de la producción.

El resultado final que se persigue con la implementación del Mantenimiento Productivo Total es lograr un conjunto de equipos e instalaciones productivas con mayor eficacia, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la flexibilidad del sistema productivo.

1.5 Delimitación

El proyecto se llevará a cabo de julio de 2011 a enero de 2012 en la nave 10 Fundición en el área de Acabado Aluminio de cabeza R5 de la empresa Volkswagen de México S.A. de C.V.

Limitaciones

- Normas de la empresa sobre la confidencialidad de la información.
- Disponibilidad de tiempo para aplicar el mantenimiento debido al programa de producción.
- Falta de una estructura de aplicación del mantenimiento actual en la línea.
- Económico

Alcance

- Aplicación de la metodología propuesta para lograr el Mantenimiento Planeado y repercutir en la eficiencia de la línea de acabado R5.

1.6 Impacto

Ético

Mejor relación entre el personal de Producción y de Mantenimiento de la línea de acabado R5.

Social

Un mejor ambiente laboral entre operarios de producción y especialistas de mantenimiento al realizar un trabajo colaborativo al tener metas comunes.

Económico

Al tener un programa de mantenimiento acorde a las necesidades, se obtiene un sistema de control de gastos cuyo objetivo es disminuir las pérdidas económicas por mantenimiento al ser asertivo en la aplicación del programa de mantenimiento.

Ambiental

Menor cantidad de desechos de la línea como son aceite, solubles, trapos sucios y ahorro de recursos como gas ya que los equipos se encontrarán en mejores condiciones.

2. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Grupo Volkswagen

El Grupo Volkswagen, con sus oficinas centrales en Wolfsburg, Alemania, es uno de los productores automotrices líderes en todo el mundo, y el más grande en Europa; está compuesto por las marcas: Volkswagen, Audi, SEAT, Skoda, Volkswagen Vehículos Comerciales, Bentley, Bugatti, Lamborghini y Scania.

El Grupo Volkswagen opera 60 plantas de producción en 15 países de Europa y en otros seis de América, Asia y África donde cada día, cerca de 370 mil trabajadores alrededor del mundo participan en la producción, o están involucrados en la prestación de algún servicio relacionado, de aproximadamente 26 mil vehículos; el Grupo Volkswagen comercializa sus vehículos en 153 países.

Volkswagen de México comercializa en México además de vehículos marca Volkswagen, los vehículos de las marcas SEAT, Audi, Bentley y Porsche; la marca Volkswagen está presente en todo México con 168 concesionarios, SEAT con 47, Audi con 28, Porsche con 7 concesionarios y Bentley con uno.

El volumen de ventas del Grupo Volkswagen en México durante 2010 fue de 129,000 vehículos, con lo que nuestro país se coloca como el noveno mercado más grande para el consorcio a nivel mundial y al cierre de octubre de 2011 el grupo alcanzó un volumen de producción de 433 680 unidades con lo que se espera alcanzar un nuevo record de producción al finalizar el año.

2.2 Volkswagen de México

Volkswagen de México es una empresa filial del Grupo Volkswagen, su actividad principal es la producción, exportación e importación y venta de automóviles, motores, componentes y refacciones, tanto en el mercado mexicano como en los de exportación.

2.2.1 Misión

Volkswagen de México quiere entusiasmar a sus clientes en todo el mundo con productos y servicios de excelencia, con el objetivo de obtener resultados sobresalientes.

2.2.2 Visión

- Nuestra fabricación de vehículos y componentes es la mejor del Grupo Volkswagen.
- Somos líderes en México en la oferta de soluciones integrales de movilidad.
- Somos líderes a nivel mundial en satisfacción del cliente con base en precios competitivos, excelente calidad y confiabilidad en la entrega.
- Somos capaces de generar éxito y utilidades de manera sustentable.
- Somos atractivos como empleador y como socio comercial

2.2.3 Planta

La planta y las oficinas centrales de Volkswagen de México se encuentran en Puebla, Capital del estado del mismo nombre, localizada 120 Km. al suroeste de la

Ciudad de México, la superficie de la planta es de 300 ha, de las cuales la superficie construida es de 550,000 m² aproximadamente.

2.2.4 Producción

La planta de Volkswagen en Puebla es la más grande de México, en ella se llevan a cabo todos los procesos de fabricación de un automóvil incluyendo el estampado de la lámina, así como la producción y montaje del Motor, los ejes y catalizadores; la capacidad de producción es a partir de mediados de 201 de 2 mil 500 vehículos por día.

En 2008 la planta produjo 450 mil vehículos, con lo que impuso un récord de producción, en 2009 se produjeron 320 mil vehículos, de los cuales más del 80% fueron destinados a la exportación, en 2010 se produjeron 435 mil vehículos con lo cual la empresa comienza a salir de la situación financiera del 2009; en el año 2011 se han producido cerca de 450 mil vehículos con lo cual se espera que a finales del año se logre el romper el récord de producción con más de medio millón de vehículos producidos.

En Volkswagen de México se producen 4 modelos en exclusiva para los mercados internacionales: El 21st Century Beetle que fue en 1997 el primer vehículo que se comenzó a producir en México para los mercados mundiales; se continúa produciendo en Puebla el Jetta A4 para el mercado latinoamericano; el modelo que más se produce es el Jetta A6, y de igual manera se exporta a todo el mundo; desde 2007 se produce aquí también el Golf Sportwagen, el cual es exportado principalmente a Europa.

2.2.5 Personal

Volkswagen de México es uno de los empleadores más grandes de la Industria Mexicana, actualmente laboran más de 12,800 personas en esta empresa, de las cuales 10,500 son técnicos de producción; el porcentaje de mujeres que laboran en la empresa es del 7% y menos del 1% son extranjeros.

2.2.6 Dirección

A partir del 1ro de Marzo de 2011 el señor Andreas Hinrichs encabeza la dirección de la empresa como Presidente del Consejo Ejecutivo de Volkswagen México.

En Junio de 2007, el Sr. Otto Joos asumió el cargo de Vicepresidente Ejecutivo para el área de Producción y Logística, él había venido desempeñando una función similar en la planta de Volkswagen en Changchun, China.

El Sr. Rüdiger Koch dirige el área de Compras desde 2008, y cabe mencionar que además es responsable del Área de compras para la Región Norteamérica.

Desde el 1 de Junio de 2009 se incorporaron al Consejo Ejecutivo de Volkswagen de México los Sres. Ralf Berckhan para el área de Ventas y Björn Ehlbeck para las áreas de Finanzas y Organización. Ambos cumplían anteriormente con funciones importantes dentro de Volkswagen de México.

Otros miembros de la dirección de la empresa son el Dr. Carlos Escobar como vicepresidente de Recursos humanos y Asuntos Legales, Günther Knorr como director de Desarrollo Técnico y Thomas Karig como Vicepresidente de Relaciones Corporativas y Estrategia.

2.2.7 Proveedores

La importancia económica de Volkswagen para los estados de Puebla y Tlaxcala no reside únicamente en la planta misma, sino también en los más de 50 proveedores de auto partes que se encuentran en un radio de 50 Km. de la planta. 20 de los más importantes se ubican en los parques industriales alrededor de la planta para suministrar los componentes bajo el esquema JIT (Justo a Tiempo) a las líneas de montaje.

El total de proveedores de Volkswagen en México es de aproximadamente 210. Cerca del 50% del volumen de compra de Volkswagen de México durante 2009 corresponde a estos proveedores.

2.2.8 Historia

La historia de Volkswagen en México comenzó en 1954 con la importación de las primeras unidades del Sedán; la empresa Volkswagen de México se constituyó en 1964 como una filial de Volkswagen AG. El 23 de Marzo de 1967 salió de la línea de producción de la Planta de Puebla el primer Sedán. Para el final de 2009 se habían producido y entregado en esta planta 7.9 millones de vehículos.

1954-1960

En marzo de 1954 llegan a México los primeros modelos Volkswagen, con motivo de la exposición "Alemania y su industria" que se celebró en las instalaciones de Ciudad Universitaria, en la Ciudad de México.

1960-1970

En enero de 1964 se constituye la empresa "Volkswagen de México".

En junio de 1965 comienzan los trabajos de construcción de la Planta de Volkswagen de México, en Puebla.

En octubre de 1967 se produce el primer Volkswagen Sedan en la Planta de Puebla.

1970 – 1980

En noviembre de 1970 comienza la producción del modelo Safari; en octubre del mismo año, arrancó también la producción de la Combi.

En marzo de 1973 se lleva a cabo la primera exportación de vehículos fabricados en México a los Estados Unidos, se trató de 50 unidades del modelo Safari.

En 1974 arrancó la producción de la Brasilia, mientras que en 1977 Volkswagen de México inició la producción del modelo Caribe.

1980-1990

En septiembre de 1980 se produce el Volkswagen Sedan 1, 000,000.

En abril de 1981 Volkswagen de México inicia la fabricación de motores enfriados por agua, así como del modelo Atlantic.

En diciembre de 1984 inicia la producción del Corsar. En octubre de 1988 comienza la producción del Golf para los mercados de Estados Unidos y Canadá.

1990-2000

En el primer semestre de 1995 inicia la producción de dos modelos: el Golf convertible y el Derby.

En el segundo semestre de 1997 inicia la producción del New Beetle, así como de la cuarta generación del modelo Jetta.

También en 1997, se suma la marca Audi a la presencia del Grupo Volkswagen en el mercado mexicano.

2000- a la fecha

En el año 2000 Volkswagen de México estableció un récord de producción. La Planta de Puebla reportó una fabricación de 425,703 unidades de los modelos Jetta, New Beetle, Golf Cabrio y Sedan.

En el 2001, Volkswagen de México celebró la producción del vehículo 5 millones. La marca SEAT se suma a la presencia del Grupo Volkswagen en el mercado mexicano.

En el 2002 inicia la producción del New Beetle Cabriolet.

A casi cuatro décadas de producción ininterrumpida, en julio de 2003 termina la fabricación mundial del Sedan; Volkswagen de México era la única planta que lo producía; desde 1946, la producción del Vocho sumó un total de 21, 529,464 unidades.

En el 2004 inicia la producción del modelo Bora/Jetta A5

Durante el primer semestre del 2007 se llevan a cabo las fases de Pre-serie y arranque de producción del Variant, la versión vagoneta del modelo Bora.

En enero de 2008, Volkswagen de México celebra 10 años del lanzamiento del Beetle a los mercados mundiales; un millón de autos de este modelo producidos y Siete millones de vehículos fabricados por Volkswagen en México, al cierre del

mismo año, Volkswagen de México estableció un nuevo récord de producción histórico, al fabricar 450 mil 802 unidades.

En julio de 2009 Volkswagen de México ratificó la inversión de 1 mil millones de dólares, para un proyecto que incluyó el desarrollo de un nuevo modelo y la ampliación de su planta con la construcción del nuevo Segmento Poniente.

En julio de 2010 se lleva a cabo la inauguración del Segmento Poniente de Volkswagen de México, en el que se produce, en exclusiva para todo el mundo, la sexta generación del Jetta; con motivo de las celebraciones por el Bicentenario de la Independencia de México, Volkswagen presenta el Nuevo Jetta, Edición Especial Bicentenario.

En junio de 2011 con una inversión de 400 millones de dólares se inicia en exclusiva la producción del 21st Century Beetle que se espera que para el 2012 se produzcan 100 mil unidades de este modelo.

2.2.9 Responsabilidad Social Corporativa

Volkswagen de México realiza una importante contribución a la economía de la región generando empleos y un alto volumen de exportación, además, Volkswagen otorga su apoyo a causas sociales de relevancia en México.

En los últimos 8 años, empleados y empresa han hecho donaciones por más de 1.5 millones de dólares a proyectos de asistencia social para los niños necesitados de Puebla; en 2005 Volkswagen de México creó el Premio a la investigación y conservación de la biodiversidad en México, dotado con 100 mil dólares por año. Desde marzo del 2008 la empresa inició un proyecto de reforestación de largo plazo en el parque nacional Izta-Popo, con el objetivo de alimentar los mantos acuíferos del valle de Puebla.

2.2.10 Certificaciones

2.2.10.1 Sistema de Gestión

Volkswagen de México, buscando tanto un desarrollo sustentable en todas sus actividades como la mejora continua, ha enfocado sus esfuerzos para la implementación de un Sistema de Gestión:

- De la Calidad que incremente el grado de confiabilidad de nuestros productos y servicios ante nuestros clientes;
- Ambiental enfocado asegurar el equilibrio entre nuestras actividades productivas, nuestros productos y la naturaleza;
- De Seguridad y Salud Laboral para que su personal labore en un ambiente confortable, eficiente y seguro, cumpliendo para estos sistemas con requisitos nacionales, internacionales y los establecidos por el Grupo Volkswagen

2.2.10.2 Calidad

Con el objetivo de contar con un mecanismo que le permita garantizar la excelencia de sus procesos y productos, Volkswagen de México cuenta con un sistema integral de gestión de la calidad desde 1994, el cual fue re-certificado bajo la norma ISO 9001:2008 y VDA 6.1 en la segunda semana de febrero del presente año por el organismo internacional Global Cert.

El resultado fue positivo para mantener la certificación en estas normas, logrando así asegurar con esta base la obtención del Permiso de Venta de sus productos según los requerimientos específicos de sus principales mercados; este

tipo de certificaciones deben ser renovadas cada tres años tal y como lo ha hecho la empresa desde 1994.

2.2.10.3 Ambiental

En Volkswagen de México están conscientes que sus actividades, productos y servicios interactúan con el ambiente; por ello se han comprometido a implementar medidas de prevención de la contaminación, reducción y mitigación de los impactos ambientales a los mismos.

Certificado Industria Limpia

El gobierno Mexicano, por parte de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), ha desarrollado el Programa Voluntario de Auditorías Ambientales como apoyo, estímulo y reconocimiento para todas las organizaciones que de manera voluntaria se someten a un esquema de revisión y convienen con la autoridad un plan de acción.

En el año de 1998, VWM obtuvo por primera vez la Certificación como Industria Limpia, sobre la cual se han obtenido a la fecha ya, cuatro recertificaciones más.

Certificado ISO 14001

La serie de estándares internacionales ISO 14000, especifican los requerimientos de un Sistema de Gestión Ambiental y fueron diseñados para ser aplicables a todo tipo y tamaño de empresas.

2.2.10.4 Seguridad y Salud en el Trabajo

Volkswagen de México se preocupa por realizar sus procesos de manera que puedan asegurar la integridad física y la salud de su personal así como de proteger sus instalaciones; es por ello que Volkswagen decidió firmar el Programa de Autogestión que ofrece la STPS y que ofrece a futuro una certificación como Planta Segura, este programa se basa en los requisitos de la norma OHSAS 18001.

2.2.10.5 Programa de Autogestión STPS

Una cultura prevencionista en la conducción de las empresas constituye el mecanismo fundamental para evitar pérdidas en la salud de los trabajadores y los costos elevados que merman la productividad de éstas; la autogestión en esta área específica va dirigida a formar esta cultura, considerando que en las acciones preventivas tienen rango hasta el operador en el proceso laboral, inclusive los que desarrollan actividades de apoyo, en este mismo concepto, se requiere tener una actitud proactiva detectando las situaciones de riesgo, realizando su evaluación y al plantear su solución, asignar tareas específicas de acuerdo a las responsabilidades de cada uno de los trabajadores.

Las Certificaciones que maneja el Programa es:

1° Etapa por Gestión y Cumplimiento

2° Etapa por Mejora Continua y

3° Etapa por Reconocimiento por Administración de Seguridad y Salud en el proceso laboral, inclusive los que desarrollan actividades de apoyo.

En Mayo del 2005 Volkswagen de México logró el Certificado por la Segunda Etapa del Programa de Autogestión por La Mejora Continua y se está en el proceso de la certificación de la tercera etapa.

2.3 PPC (Planta de Producción Componentes) y PPA (Planta de Producción Automóvil)

La empresa Volkswagen de México para llevar a cabo sus procesos productivos se divide en dos direcciones: Planta de Producción Componentes y Planta de Producción Automóvil.

En la primera se producen los componentes que se necesitan para elaborar un auto de la marca; se encuentra dividida en las áreas de Estampado de lámina, Ejes, producción de motores y catalizadores; dichas áreas son de gran importancia para la PPA (planta producción automóviles) ya que es la que provee los componentes principales para la producción de automóviles.

La Planta Producción Automóvil es la que se encarga de la producción de los cuatro modelos de automóvil actuales de la empresa, esta planta es de suma importancia para la empresa ya que debe entregar productos de alta calidad para el mercado de exportación.

2.4 Producción de Motores

La Planta de Producción Componentes se encuentra dividida en los diferentes componentes que manufactura, una de ellas es Producción de Motores donde se fabrican las cabezas de motor y se ensamblan los motores de 4 y 5 cilindros para los modelos que produce la empresa, se divide en dos naves: 6 y 10.

En la nave 10 se lleva a cabo la producción de cabezas de motor y en la nave 6 se lleva a cabo el ensamble de motores de 4 y 5 cilindros.

2.4.1 Nave 10 Fundición

La nave 10 se encarga de la elaboración de Cabezas de Motores SKR4, SKR5, EA888, Bastidor, Consola y Mangueta; el proyecto se enfoca en la producción de la cabeza de motor SKR5 específicamente la línea de acabado aluminio.

2.4.2 Producción Cabeza R5

La cabeza de motor SKR5 se elabora con Aluminio y Silicio 7, los cuales se funden a 750° C para obtener las características químicas y físicas necesarias de la pieza. Posteriormente se elaboran los moldes o corazones de arena para los ductos de agua y aceite que debe llevar la pieza. Una vez terminado estos dos procesos se lleva a cabo el desgasificado y vaciado del aluminio en las coquillas con los moldes instalados; las coquillas deben tener una temperatura por encima de los 200° para evitar un choque térmico y la pieza pierda sus propiedades requeridas. Una vez terminado este proceso las piezas ya fundidas y vaciadas se llevan a la línea de acabado aluminio para darle las características físicas requeridas.

2.4.3 Proceso de Acabado Aluminio

Célula de Acabado Reis

El proceso se realiza de manera automática de la siguiente manera:

- a. El robot toma la pieza de la banda de alimentación y la coloca en la estación de desbarbado en donde se elimina colada en la zona de cámaras de combustión y parte del alimentador.

- b. El robot toma la pieza ya desbarbada y la lleva a la estación de desarenado para eliminar toda la arena proveniente de los corazones.; la estación de desarenado se activa cuando se encuentran dos piezas en la mesa (inicio de ciclo); el ciclo de desarenado se lleva a cabo por dos procesos: el martilleo y vibrado, el primero tiene una duración de 6 a 10 segundos y el vibrado de 26 a 30 segundos.
- c. Después del ciclo de desarenado, el robot retira las piezas para colocarlas en la estación de corte en donde se elimina la mazarota y el resto de la colada cortándolas con una sierra.
- d. Finalmente cuando termina el corte, la sierra regresa a su posición inicial, el robot retira la pieza y la coloca en la banda de rodillos para darle seguimiento al proceso.
- e. El ciclo es repetido automáticamente para cada pieza.

Centro de Maquinado CNC Deckel Maho

El proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a. El robot 1 toma la pieza de la banda de alimentación y la coloca en alguno de los dos primeros centros de maquinado (fresadoras 1 y 2).
- b. Los centros de maquinado detectan la pieza por medio de un sensor de aire, después cierran las mordazas y comienza el ciclo de maquinado; aquí la pieza es fresada en la zona de tapa o lado árbol y bridas y se barrena en la zona de la bancada.
- c. El mismo robot 2 al terminar el maquinado, retira la pieza para colocarla en el dispositivo que se encuentra al centro del área de trabajo.
- d. El ciclo en automático del premaquinado debe continuar con el robot 3, que toma la pieza del dispositivo mencionado en el punto anterior y la coloca en uno de los dos centros de maquinado restantes (fresadoras 3 y 4), el proceso es similar

aunque aquí se realiza el fresado de la zona de cámaras de combustión, ductos de admisión y escape.

- e. El robot 3 termina el ciclo de premaquinado, al sacar las piezas de las fresadoras 3 ó 4 y las coloca en la banda que alimenta al horno de tratamiento térmico.

Sistema de Tratamiento Térmico

El propósito del tratamiento térmico es el de modificar la microestructura y posterior envejecimiento del aluminio para alcanzar la dureza requerida de la cabeza de cilindro; el proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a. **Carga de racks:** Esta actividad se hace a través de un robot, el cual coloca 4 piezas máximo por canastilla manteniendo la distribución de las mismas, por coordenadas establecidas en el programa del robot, las estibas deben ser de 3 niveles (capacidad máxima por carga 12 piezas); la alimentación al horno se realiza por medio de un sistema de transporte automático y cada ciclo tendrá una duración de 757 seg y se debe registrar cada carga en el formato GF-AR5-FO-006 (confidencial).
- b. **Solubilización:** Se lleva a cabo en el horno HTO, introduciendo las cabezas al horno a una temperatura de **530 ± 3°C** y manteniéndolas bajo esta temperatura por un tiempo mínimo de 5 Hrs. El tiempo varia debido a las condiciones del proceso pero no podrá ser menor de lo que se indica.
- c. **Precipitación:** Al momento de salir del horno el rack con cabezas, la carga es sumergida en la cuba de enfriamiento de forma automática, debiendo permanecer ahí por un tiempo de 5 a 6 min. Posteriormente el rack se posiciona automáticamente en la zona de escurrido para posteriormente pasar al horno de envejecido, la temperatura del agua de la tina de enfriamiento debe estar a 80°C en promedio, el rango de trabajo debe ir de 75 a 90°C.

- d. El tiempo máximo para el traslado de la carga de la salida del horno HTO a la cuba de enfriado debe ser menor o igual a 20 seg. De no cumplirse esa carga deberá ser segregada a la llegada a la zona de verificación de dureza.
- e. **Envejecido:** Se lleva a cabo en el horno NTO, las piezas son transportadas de la cuba de enfriamiento hacia el interior del horno, donde reciben un tratamiento térmico para relevar los esfuerzos internos ocasionados por la precipitación, esto ocurre al calentar las cabezas a un rango de **210 - 15°C** y mantener dicha temperatura durante un tiempo mínimo de 3.5 Hrs. El tiempo varia debido a las condiciones del proceso pero no podrá ser menor de lo que se indica.
- f. **Enfriamiento:** Las piezas que salen del horno NTO se someten a un enfriamiento con aire en circulación a temperatura ambiente

Dureza

El proceso se lleva de la siguiente manera:

- a. Sacar la pieza de la banda de rodillos y eliminar las rebabas gruesas perimetrales, utilizando un martillo de peña y un punzón.
- b. Se toma el instrumento de impacto, se carga y se hacen tres disparos continuos oprimiendo el botón superior del lápiz manteniendo una separación de 2 mm como mínimo, entre cada huella del balín sobre la superficie de la pieza.
- c. Se deben tomar 1 pieza de muestra por rack y se verifica la dureza en los puntos 1, 2, 3 y 4 de los establecidos en la ayuda visual (confidencial). Si esta pieza muestra cumple con la dureza requerida, el resto de la carga se libera, de lo contrario no se libera y las piezas se descargan en una banda de "Material No OK".
- d. Es importante liberar la carga después de medir la primera pieza y los resultados de dureza caen dentro del parámetro; si la carga es liberada continuará su proceso para ser marcada automáticamente con un signo ³; si el material se encuentra fuera de especificaciones, se segrega para posterior análisis y hacer un segundo tratamiento térmico.

- e. Sólo en caso de falla del marcador automático de dureza, se usará un punzón con la misma marca ³ para hacerlo de forma manual.

Lavadora Rösler

El proceso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a. Las piezas son alimentadas por la banda de rodillos provenientes de la verificación de dureza y esta es posicionada por un dispositivo de giro en coordenadas de toma de pieza para el robot.
- b. La manipulación de la pieza se lleva a través de un robot, el cual la sujeta por los lados tapón-brida y la introduce a la cabina de la lavadora.
- c. La función principal de este proceso es proporcionar un acabado superficial a la pieza y limar las pequeñas rebabas del contorno de la pieza
- d. Una vez cumplido el ciclo de la máquina, el mismo robot saca la pieza y la coloca sobre otra mesa de giro, la cual le da posición para poder entrar a un dispositivo vibratorio.
- e. La cabeza es introducida a través del transportador por un dispositivo de giro vibratorio, para eliminar el exceso de granalla que pudiera tener en su interior o en cavidades.
- f. Acabado el ciclo del vibrado, la pieza es liberada para continuar con su proceso.

Hermetizadora

El proceso de Hermetizado se lleva a cabo de la siguiente forma:

- a. Las piezas son alimentadas al equipo de hermetizado por una banda de rodillos, al llegar a posición son detectadas por un sensor, entran dos pistones para ponerla en posición y fijarla.

- b. Una pieza es tomada por un dispositivo el cual la coloca en la placa de asentamiento, al mandar la señal que ya fue colocada la pieza, es llevada a posición para probar hermeticidad cerrando todos los orificios de las cámaras de agua y aceite a través de gomas que hacen la función de sellado y por otro lado de las placas es inyectado cierto volumen de aire al interior de las cámaras las cuales deben soportar una presión y tiempo de permanencia.
- c. La máquina automáticamente hace la prueba de fugas en la cámara de aceite y agua. Dependiendo del estado de cada una de las cámaras, éste manda dos señales visuales, la primera es de la cámara de aceite y la segunda de la cámara de agua.
- d. Si las cámaras no tienen fuga, se enciende una luz VERDE, caso contrario, si alguna de las cámaras tiene fuga, se enciende una luz ROJA.
- e. Si ambas cámaras pasan la prueba satisfactoriamente la pieza es marcada con una letra de golpe con las iniciales "WO". (W = water = agua / O = oil = aceite).
- f. Terminada la prueba, la pieza es retirada por medio del dispositivo, el cual la coloca en otra banda de rodillos de acuerdo a su resultado. Hay una banda de rodillos para piezas OK y otra banda chica para piezas rechazadas.
- g. Las piezas OK siguen su curso sobre la banda para la siguiente operación y las piezas rechazadas se detienen y se vuelven a verificar de dos a tres veces como máximo para corroborar que la pieza esté rechazada.
- h. Las piezas que después de dos intentos o tres nos den siempre fuga en alguna de las cámaras, se bajan en una tarima a la zona de "material detenido" para que sean verificadas en dispositivo de hermeticidad bajo agua y determinar la posición de la falla.
- i. En esta prueba las piezas se verifican al 100% y se registran en el formato GF-AR5-FO-009. (Ver anexo a)
- j. El técnico deberá marcar con un punto de marcador indeleble, bajo la marca de la prueba de dureza todas las piezas OK.

Rebabeo

Una vez liberada la pieza de la operación de hermeticidad, esta sigue su trayecto por la banda de rodillos hasta la posición del acabador.

El acabador se encarga de eliminar todas las rebabas desprendibles en los lados cadena, ductos admisión y escape y en la parte de la cámara de aceite, apoyándose de una turbina para tal efecto; revisar que la pieza no presente impregnaciones de arena, en caso de ser así deberá eliminarla y avisar al facilitador para corregir.

Medición y Liberación

La medición se realiza a través de 7 cámaras láser que se encuentran dentro de una cabina con una temperatura de 18° C para evitar el sobrecalentamiento de las cámaras.

- a. El robot toma la pieza que viene del Rebabeo y la coloca en la mesa de cámaras. El operario inicia el programa en la computadora para que el proceso de medición se realice de forma automática.
- b. Una vez corriendo el programa de medición se realiza el reporte de medición que incluye en una tabla de Excel, la fecha de fundición, grupo, molde, número de golpe, paquete de admisión y número de pieza y el resultado de la medición si es OK, retrabajo, desecho y de recuperación.
- c. Las piezas medidas se clasifican de la siguiente manera:
 - **Piezas Ok:** Esta será estibada y enviada al stock de cabezas R-5.
 - **Piezas de retrabajo:** Se indica la posición y la medida fuera de tolerancia, según croquis de la INST.I3.3 PPC-FCDP-11 (formato interno), para su recuperación, si la desviación del retrabajo es menor o igual de 0.099.

- **Piezas desecho:** Se indica la posición y la medida fuera de tolerancia, es decir es mayor que 0.099 ó salga hacia menos en algún punto de la medición. Se estiba y se envía a la zona de desecho.

Las piezas que fueron medidas y que están ok se marcan con una "OK" en el lado tapón. Las piezas que están fuera de tolerancia se marcan con una línea horizontal en el lado tapón; en el caso de las piezas que se encuentran fuera de tolerancia el operador deberá verificar el reporte de dichas piezas para determinar si son retrabajables o desecho, bajo los siguientes criterios:

- a. En el caso de piezas con pequeñas imperfecciones como grumos o rebabas en la zona afectada, el mismo operador las debe eliminar con la piña y volver a medir.
- b. Desviaciones hasta de 0.099 décimas en la medida afectada (hacia +) se podrá realizar la remoción de los grumos o rebabas y volver a medir. Según Ayudas visuales anexas.

El estibamiento de piezas se hace en 2 opciones:

1. Rack metálico y termoformados, solo 6 niveles con 6 pzas cada uno para un total de 36 pzas.
2. Tarima metálica y termoformados, de 6 niveles con 6 pzas cada uno para un total de 36 pzas.
3. En todos los puntos el material deberá llevar su hoja de liberación/ continuación del proceso (según sea el caso) I3.4 PPC_DIR-01.
4. Para los puntos 1 y 2, colocar un pegote verde como señal de material liberado y asignarle un folio consecutivo a cada tarima, el cual debe anotarse en la hoja de liberación y en una bitácora como control de los folios liberados.
5. El llenado de la cantidad de piezas será opcional siempre y cuando difiera de 36 pzas por rack.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 Relación entre TPM y justo a tiempo

Hoy en día para que una empresa pueda sobrevivir debe ser competitiva; durante muchas décadas éstas han concentrado sus esfuerzos en el aumento de su capacidad de producción, pero están evolucionando cada vez más hacia la mejora de su eficiencia que lleva a las mismas a la producción necesaria en cada momento con el mínimo empleo de recursos, los cuales serán utilizados de forma eficiente, sin desperdiciar nada.

Por tanto deben cumplir con tres condiciones básicas para vender (Cuatrecasas, 2003: 2).

1. Brindar un Producto de óptima conformidad
2. Tener costos competitivos
3. Realizar las entregas a tiempo

Todo ello ha conllevado la sucesiva aparición de nuevos sistemas de gestión que han permitido una eficiencia progresiva de los sistemas productivos que culminan con la gestión de equipos y medios de producción orientadas a obtener la máxima eficiencia a través del TPM o Mantenimiento Productivo Total.

El TPM (Cuatrecasas, 2003: 17) surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante.

El TPM (Suzuki, 1994: 1) surgió y se desarrolló inicialmente en la industria del automóvil y pronto pasó a formar parte de la cultura corporativa de las empresas que lo implantaban como el caso de empresas como Toyota, Nissan y Mazda. Posteriormente otros tipos de industrias han introducido con éxito el TPM.

El TPM (Suzuki, 1994: 2) surge como el fruto de la evolución de los sistemas de gestión del mantenimiento, a partir de otros que han sido estándares durante muchos años, hacia sistemas más complejos pero altamente eficaces como la adaptación del Mantenimiento Preventivo norteamericano al entorno industrial del Japón, en un momento en que la progresiva complejidad tecnológica de los equipos productivos hace cada vez más difícil que los propios trabajadores de los procesos es decir, operarios de producción, se ocupen del mantenimiento.

En Japón, antiguamente los operarios llevaban a cabo tareas de mantenimiento y producción simultáneamente; sin embargo, a medida que los equipos productivos se fueron haciendo progresivamente más complicados, se derivó hacia el sistema norteamericano de confiar el mantenimiento a los departamentos correspondientes; sin embargo, la llegada de los sistemas cuyo básico es la eficiencia en aras de la competitividad ha posibilitado la aparición del TPM, que en cierta medida supone un regreso al pasado, aunque con sistemas de gestión mucho más sofisticados.

Los medios de que se vale el TPM (Suzuki, 1994: 2), son los distintos sistemas de gestión que han permitido implementar el adecuado mantenimiento, tanto a nivel de diseño como de la operativa de los equipos, para reducir al máximo las pérdidas de los sistemas productivos que puedan estar relacionadas con los mismos.

3.2 La Meta del TPM

La meta del TPM (Cuatrecasas, 2003: 32) es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa; el personal y la maquinaria deben funcionar de manera estable bajo condiciones cero

averías y cero defectos, dando lugar a un proceso en flujo continuo regularizado, por tanto, el TPM promueve la producción libre de defectos, la producción Justo a Tiempo y la automatización controlada de las operaciones.

Así pues el TPM, está llamado a ser en la actualidad el instrumento que permita elevar la eficiencia de los sistemas productivos hasta cotas muy elevadas denominadas eficiencia total, en base a la cual alcanzar asimismo la competitividad total.

3.3 Aspectos Fundamentales

Básicamente los aspectos fundamentales del TPM (Rey Sacristán, 2001: 45) son los siguientes:

- Mantenimiento básico y de prevención de averías realizado desde el propio puesto de trabajo y por tanto por el propio operario (Mantenimiento Autónomo).
- Gestión del mantenimiento preventivo y correctiva optimizada
- Conservación continúa y complete de los equipos y aumento consiguiente de su vida.
- Más allá de la conservación, se tratará de mejorar los equipos, su funcionamiento y su rendimiento.
- Formación adecuada al personal de producción y de mantenimiento, acerca de los equipos, su funcionamiento y su mantenimiento.

De acuerdo con la filosofía del TPM (Suzuki, 1994: 7), los operarios son responsables de su propio equipo y de su puesto de trabajo, en especial de mantenerlos limpios y en correcto funcionamiento, así como la detección de problemas potencialmente antes de que acarreen dificultades al equipo y al sistema productivo.

3.4 Evolución del Mantenimiento hasta la implementación del TPM¹

Antes de 1950

El periodo de tiempo anterior a 1950 se caracteriza por la aplicación del mantenimiento de reparación basado exclusivamente en la reparación de averías. Solamente se llevaba a cabo cuando se detectaba un fallo o avería y, una vez reparada, todo acababa ahí.

1950

A partir de este año se establecen las bases del Mantenimiento Preventivo propiamente dicho, se introdujo en Japón procedente de Estados Unidos en 1951 por parte de Toanenryo Kogyo el cual buscaba la rentabilidad económica por encima de todo, en base a la máxima producción, y para ello se establecieron funciones de mantenimiento orientadas a detectar y/o prever posibles fallas antes de que sucedieran.

1970

Se incorpora y desarrolla el Mantenimiento Productivo, un paso adelante respecto al mantenimiento preventivo, ya que abarcaba los principios de aquel más otros propios. Incluye el establecimiento de un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo sin descuidar la confiabilidad (F) y la mantenibilidad (M).

El TPM o Mantenimiento Productivo Total comienza a implementarse en los años setenta en Japón el cual es un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado que engloba los anteriores aunque sus diferencias básicas serán la incorporación de conceptos innovadores como el Mantenimiento Autónomo, llevado a cabo por los propios operarios de producción, y la implicación activa de todos los

1. Tomado de Suzuki, 1994: 3

empleados, desde los altos cargos hasta los operarios en planta, en alcanzar los objetivos propuestos por la empresa, y la creación de una planta propia que estimule el trabajo en equipo y eleve la moral del personal.

El TPM (Cuatrecasas, 2003: 23) adaptará el concepto de mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos en el que se consigue el equilibrio total de las tareas de mantenimiento gestionadas de forma continua entre el personal de producción y el de mantenimiento.

Así pues el TPM (Suzuki, 1994: 2) nace como consecuencia de la implementación de distintas etapas: mantenimiento correctivo, mantenimiento preventivo y mantenimiento productivo en una evolución fundamentada en la filosofía de la mejora continua junto con los conceptos relacionados con la planificación del mantenimiento basado en el tiempo y basado en las condiciones.

El Mantenimiento basado en el tiempo TBM (Time Based Maintenance) trata de planificar las actividades de mantenimiento del equipo de forma periódica, sustituyendo en el momento adecuado las partes que se prevean de dichos equipos, para garantizar su buen funcionamiento (Bockerstette, 1993: 13).

El Mantenimiento basado en las condiciones (CBM: Condition Based Maintenance) trata de planificar el control a ejercer sobre el equipo y sus partes, a fin de asegurarse de que reúnan las condiciones necesarias para una operativa correcta y puedan prevenir posibles averías o anomalías de cualquier tipo.

3.5 El TPM: Conceptos y características

El TPM (Cuatrecasas & Torrel, 2010: 45, 46) supone un nuevo concepto de gestión del mantenimiento, que trata de que éste sea llevado a cabo por todos los

empleados y a todos los niveles a través de actividades en pequeños grupos, todo lo cual incluye los siguientes cinco objetivos:

- Participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta e incluir a todos y cada uno de ellos para alcanzar con éxito el objetivo.
- Creación de una cultura corporativa orientada a la obtención de la máxima eficacia en el sistema de producción y gestión de equipos. Es lo que da a conocer como objetivo: **Eficacia Global: Producción + Gestión de equipos.**
- Implementación de un sistema de gestión de las plantas productivas tal que se facilite la eliminación de las pérdidas antes de que se produzcan y se consigan los objetivos.
- Implementación del mantenimiento preventivo como medio básico para alcanzar el objetivo de cero pérdidas mediante actividades integradas en pequeños grupos de trabajo y apoyado en el soporte que proporciona el mantenimiento autónomo.
- Aplicación de los sistemas de gestión de todos los aspectos de la producción, incluyendo diseño y desarrollo, ventas y dirección.

El mantenimiento productivo total² es una nueva filosofía de trabajo en plantas productivas que se genera en torno al mantenimiento, pero que alcanza y enfatiza otros aspectos como son: Participación de todo el personal de la planta, Eficacia Total y Sistema Total de gestión del mantenimiento de equipos desde su diseño hasta la corrección, y la prevención.

La evolución del mantenimiento se relaciona con los distintos tipos de gestión que se llevan a cabo incluyendo todo el ciclo de vida del equipo, desde que se diseña el mismo hasta que se utiliza y genera pérdidas, tratando de evitar en todo momento que éstas puedan producirse:

- **Previsión del mantenimiento:** en el diseño de equipos

2. Tomado de <http://confiabilidad.net/articulos/tpm-sera-otro-programa-de-tres-letras-o-un-proceso-de-mejoramiento-real/> 46

- **Mejora de mantenibilidad:** aplicación de mejoras a los equipos que están en producción.
- **Mantenimiento preventivo:** permite prever y evitar problemas y averías
- **Mantenimiento autónomo:** llevado a cabo por los operarios en sus puestos de trabajo.

Además del objetivo de alcanzar las Cero averías y por su puesto Cero problemas de seguridad (Cuatrecasas, 2003: 27), se verá que no hay que olvidar otros objetivos del TPM, completando así otros aspectos de la gestión productiva, para optimizar los outputs de competitividad de la misma (calidad, costo, rendimiento del producto, tiempo de entrega y seguridad), con el mínimo de inputs productivos (equipos, trabajadores, materiales, energía y consumibles).

Así pues, los objetivos serán:

Puntos a minimizar

Reducción de costos: Cero actividades o incorporaciones sin valor añadido.

Stock mínimo: Cero materiales no procesados.

Puntos a maximizar

Calidad total: Cero defectos.

Máxima productividad: Cero despilfarros.

Metas, medios y gestión.

El TPM (Suzuki, 1994:7, 8), en resumen, permitirá asumir los siguientes objetivos generales:

- Introducción de un sistema eficiente de mantenimiento productivo con participación activa de todo el personal de producción.

- Introducción de un sistema de mantenimiento preventivo efectuado por la aplicación del mantenimiento basado en el tiempo y basado en las condiciones, con el objetivo de progresar en la consecución de cero averías.
- Erradicar las pérdidas de capacidad y rendimiento, tratando de alcanzar así el objetivo de cero pérdidas.
- Obtener la reducción a cero en todos aquellos objetivos para los que resulta deseable y que dependan de la gestión del mantenimiento.
- Obtener mejoras en todos los ámbitos de la compañía, con técnicas y sistemas de gestión en el ámbito del TPM (producción, administración, ventas, finanzas).
- Involucrar a toda la organización empresarial en los objetivos TPM y comprometer a todo el personal en su actuación, incluida la alta dirección.

3.6 Las 6 Grandes Pérdidas

El objetivo de un sistema productivo eficiente (Cuatrecasas & Torrel, 2010: 63), desde el punto de vista de los equipos es el de conseguir que éstos operen de la forma más eficaz durante el mayor tiempo posible, al lograrlo es necesario descubrir, clasificar y eliminar los principales factores que merman las condiciones operativas ideales de los equipos, lo que es un objetivo fundamental del TPM.

Los principales factores que impiden lograr maximizar la eficiencia global de un equipo se han clasificado en seis grandes grupos y tres categorías tomando en consideración el tipo de mermas y efectos que representan en el rendimiento de un sistema productivo con intervención directa o indirecta de equipos de producción conocidos como las Seis Grandes Pérdidas las cuales en la **tabla 3.1.**, se aprecia, de modo general, el tipo de deficiencia que representa cada una de las pérdidas, sus características y el objetivo a alcanzar.

Tabla 3.1. Tipos de pérdidas
FUENTE: Luis Cuatrecasas 2003

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

Pérdidas por averías en los equipos

Este tipo de pérdidas provocan tiempos muertos del proceso por paro total del mismo debido a problemas que impiden su buen funcionamiento las cuales son de dos tipos: esporádicos y crónicos los cuáles se repiten constantemente que redundan no solo en pérdidas de tiempo sino también en pérdidas del volumen de producción que podría haberse llevado a cabo.

Las consecuencias de las averías con relación al equipo son:

- Averías con pérdida de función
- Averías con reducción de función

Las primeras se caracterizan porque el equipo pierde alguna de sus funciones fundamentales y se para por completo; suelen ocurrir de manera inesperada en forma de fallas repentinas y drásticas, dando lugar a pérdidas claras e inesperadas.

Las averías con reducción de función se producen sin que el equipo deje de funcionar, pero hacen que el equipo rinda por debajo de lo previsto; suelen descuidarse o pasar desapercibidos, ya que no son fáciles de evaluar, normalmente estas averías son causadas por defectos ocultos en el equipo o en los métodos utilizados.

Las averías crónicas son en general provocadas por defectos ocultos que se reproducen con tal frecuencia que se llegan a considerar normales pero son reducibles e incluso es posible eliminar, pero no es una tarea sencilla; hay que analizar sus características para desvelar la causa o causas que provocan ese tipo de fallo y habrá situaciones en las que un solo defecto singular sea causa de una avería, mientras que en otros la combinación de pequeños defectos ocultos como suciedad, polvo, abrasión, tornillos aflojados, vibraciones.

Para determinar la causa o causa de las pérdidas sean crónicas o esporádicas se utilizan técnicas tales como diagrama Ishikawa, el análisis Modal de Fallas y Efectos conocida como AMEF que nos permiten plantear el problema desde sus efectos, para llegar a la causa o conjunto de causas raíz.

Se determinan etapas para la eliminación de las pérdidas por averías:

- Establecer las condiciones básicas de operación
- Mantener las condiciones operativas básicas
- Restaurar las funciones deterioradas a su nivel original
- Mejorar los aspectos débiles de diseño de las máquinas y equipos
- Mejorar las capacidades de mantenimiento y operación

Pérdidas debidas a preparaciones

Las pérdidas debidas a preparaciones están inmersas en la preparación o cambio de útiles y herramientas y los ajustes necesarios en las máquinas lo cual es necesario minimizar el tiempo invertido en todo ello.

Las operaciones de preparación de las máquinas para acometer una nueva actividad de producción suponen un conjunto de operaciones que deben realizarse a máquina parada y las que se llevan a cabo a máquina en marcha; el tiempo consumido a máquina parada es el objetivo básico de la reducción recalando que en este tiempo se llevan a cabo operaciones de preparación, montaje y ajuste.

La clave para minimizar estas pérdidas se encuentra en realizar tres tipos de acciones:

- Minimizar la cantidad de operaciones a máquina parada; convertir la mayor cantidad de éstas en operaciones a máquina en marcha.

- Reducir los tiempos de las operaciones de preparación
- Simultanear operaciones no necesariamente secuenciales

Una de las herramientas que nos ayudarán a minimizar éstas pérdidas es el SMED (Single Minute Exchange of Die) ya que con sus herramientas lograr convertir las operaciones de máquina parada a máquina en marcha en las siguientes etapas:

- Clarificar las razones por las que debe hacerse un ajuste
- Determinar si el ajuste es necesario o inevitable
- Determinar la naturaleza del ajuste y los principios en que se basa
- Determinar las causas que han originado la necesidad del ajuste
- Decidir si el ajuste es definitivamente evitable o no y actuar

Pérdidas provocadas por tiempo de ciclo en vacío y paradas cortas

Este tipo de pérdidas se refieren a periodos de funcionamiento en vacío o sin producción y a paradas breves; en estos tiempos la máquina opera pero sin efectuar la producción de pieza alguna debido a un problema temporal que se da cuando una pieza se ha quedado atorada en la banda de acceso, impidiendo la alimentación de piezas o bien el fallo de un temporizador que no bloquee una pieza y el equipo considere que lo está y realice todo el ciclo de mecanizado sin pieza alguna.

Pequeños problemas como éstos impiden la operación eficiente del equipo y son muy comunes en plantas con un alto nivel de automatización su reducción a cero es imprescindible para mantener una producción automática en flujo, por tanto, las consecuencias de que existan paradas breves son:

- Caídas en la capacidad y por tanto productividad de los equipos
- Disminución del número de máquinas o equipos que opera un mismo trabajador

- Posible aparición de defectos

Las paradas breves están relacionadas fundamentalmente con las líneas automatizadas, que son el resultado de los problemas y causas que se mencionan a continuación:

1. **Problemas relacionados con el transporte de materiales:** Producido por atascamientos, enganches o caídas de materiales, así como mezclado incorrecto de piezas o insuficiencia de las mismas; la alimentación da lugar a problemas cuando es inadecuada, lenta, insuficiente o excesiva, las causas son referidos al material como defectos dimensionales, de forma o visuales, referidos al sistema de transporte con defectos de perfil, superficie rugosa, grietas, suciedad o problemas en las juntas.
2. **Problemas relacionados con las operaciones de producción y en especial los montajes:** Las causas frecuentes son deformaciones y falta de precisión en las medidas de las piezas, errores en la fijación y ajustes de las mismas antes de iniciar la operación.
3. **Problemas relacionados con el control de las operaciones y los sistemas de detección:** se refieren a la bondad del propio sistema de detección, sensores y su posición, sensibilidad de los sistemas de detección, ajustes incorrectos y condiciones de utilización.

La mejora de los procesos con una problemática de paradas breves es abordada a partir de una actuación basada en las siguientes etapas:

1. Identificación de la mejora a llevar a cabo y sus objetivos, si son muchos los problemas susceptibles a ser abordados, se hace un análisis de Pareto para priorizar las mejoras a acometer que deberán ser concretas y logrables para que den lugar a un aumento apreciable de la eficiencia.

2. Tomar las mediciones de la situación inicial que se precisan para llevar a cabo la mejora, en especial debe medirse el tiempo medio entre paros (MTBF) y aplicar los objetivos que le conciernen.
3. Recolección y análisis de la información en relación con el proceso objeto de mejora: hay que determinar por qué sucede el problema y los rasgos característicos que acompañan a las paradas breves.
4. Establecimiento de las causas esenciales y secundarias de los problemas de las paradas breves.
5. Verificación de las causas y la influencia de cada una, su clasificación (esencial, secundaria u original) y la relación que existe entre ellas.
6. Establecer las mejoras en los equipos, ensayarlas en el proceso y estandarizarlas.

Pérdidas por funcionamiento a velocidad reducida

Este tipo de problemas ocurren cuando al operar a la velocidad diseñada se producen problemas de calidad o mecánicos que fuerzan la reducción de la velocidad, los puntos clave de este tipo de pérdidas son:

- El personal de producción no conoce los límites operativos reales de los equipos de producción, por no disponer los mismos de especificaciones concretas, o no estar al alcance de dicho personal.
- El personal de producción está en posesión de los citados límites de velocidad, pero no los aplica en la creencia de que la máquina no será capaz de operar en ellos.

La mejora de los procesos por caídas de velocidad se lleva a cabo de la siguiente manera:

1. Determinar el nivel actual de la velocidad
2. Desviación existente entre el citado nivel actual y las especificaciones de la máquina o equipo.
3. Historial de acciones que afectan a la velocidad, tomadas del pasado y cómo condicionan la velocidad actual.
4. Estudio de la operativa actual y de los condicionantes técnicos y de gestión con relación a la velocidad actual y la capacidad de aumentarla.
5. Establecimiento de nuevos estándares de operación que corrijan deficiencias y mejoren la velocidad.
6. Realización de ciclos de ensayo con las nuevas condiciones
7. Reajuste del nuevo estándar y confirmación y puesta en vigor del mismo

Pérdidas por defectos de calidad, recuperaciones y reprocesos

Incluyen el tiempo perdido en la producción de productos defectuosos, de calidad inferior a la exigida, las pérdidas de los productos irrecuperables y las pérdidas provocadas por el reprocesado de productos defectuosos son conocidas como pérdidas por defectos de calidad o QM; la actividad encaminada a la eliminación de las pérdidas relacionadas con los defectos de calidad constará de las siguientes etapas:

1. Determinar las causas, utilizando herramientas clásicas como diagrama causa y efecto para identificar y ordenar sistemáticamente las causas directas, las causas de éstas causas, y así sucesivamente hasta determinar las causas originales; luego se priorizan con un diagrama de Pareto.
2. Establecer las relaciones entre los defectos y sus causas y los procesos con sus actividades, a fin de identificar aquellas actividades de procesos concretos donde se generan los defectos.
3. Analizar los procesos identificados en la etapa anterior y sus actividades a fin de establecer las condiciones operativas que permitan eliminar los defectos,

programando adecuadamente el mantenimiento de los equipos involucrados para que se alcancen las condiciones relacionadas con la calidad.

Pérdidas de funcionamiento por puesta en marcha del equipo

Se refieren al nivel de producción que se da en ocasiones en el arranque y puesta en funcionamiento de determinados equipos, situado por debajo de su capacidad que se obtiene con el mismo equipo una vez superada esta fase; deben minimizarse si se quiere aumentar la efectividad del equipo mediante procedimientos de arranque vertical (arranque inmediato, libre de dificultades).

De acuerdo a lo expuesto (Volkswagen de México, 2005: 23), se hace una clara distinción en dos tipos de fallas latentes:

1. Fallas latentes físicas: son fallas no consideradas, bien sea porque no se visualizan físicamente o porque presentan una considerable dificultad para su identificación.
2. Fallas latentes psicológicas: fallas no considerados por falta de concienciación o carencia de capacitación técnica de personal de operaciones y/o de mantenimiento.

De esta manera los requerimientos para la obtención de cero averías podrían resumirse en las siguientes seis actividades:

1. **Mantenimiento básico del equipo**, normalmente de tipo productivo: limpieza, ajuste, lubricación, reapriete de pernos, comprobaciones de presión, tensiones eléctricas etc.; también se debe considerar la mejora de los métodos de lubricación y la estandarización de la misma.
2. **Condiciones operativas correctas a mantener**, en base a llevar a cabo las operaciones del proceso, así como la preparación de las máquinas y la

alimentación y vaciado de materiales, de acuerdo con la norma de trabajo establecida y con la operativa deseable, evitando así las desviaciones con respecto a esta.

3. **Restablecer el desgaste eliminando pérdidas que alejen las condiciones operativas de las deseables**, sobre todo en caso de desgaste excesivo. Habrá que medir el desgaste, prevenirlo utilizando cada componente adecuadamente y reparar dicho desgaste cuando supere los límites aceptables.
4. **Mejora de los puntos débiles del equipo**. Estas mejoras y medidas adoptadas tienen como finalidad alargar el tiempo de vida útil del equipo o instalación.
5. **Formación y adiestramiento del personal adecuados**. Ellos no solo deben abarcar las operaciones del proceso sino el mantenimiento productivo y la forma de llevarlo a cabo, prevención de fallas y la realización de las reparaciones pertinentes.
6. **Mejora continua del equipo, su operativa y mantenimiento**. El equipo, su diseño y prestaciones, así como la operativa con el mismo y las necesidades de mantenimiento que la misma comportará, están sujetos a mejoras que al final redundarán en disminución de costos del proceso.
7. En último lugar y siempre que proceda, se introduce el **Mantenimiento Predictivo** logrando así un mantenimiento preventivo: periódico + predictivo.

3.7 Mejora de la gestión de equipos productivos

La aplicación de un programa TPM (Cuatrecasas, 2003: 30) garantiza a las empresas:

- **Productividad de los equipos**

Reducción a cero de las averías en los equipos, los defectos y los accidentes. Esto conlleva un aumento espectacular de la productividad y la calidad, reduce los costos y mejora los beneficios.

- **Mejoras corporativas**

Mediante actividades de mejora en pequeños grupos que promuevan la responsabilidad individual y el respeto mutuo en el grupo y en la organización general.

- **Capacitación del personal**

Es vital invertir esfuerzos en elevar los conocimientos y las habilidades de los trabajadores para que sean capaces de mantener y mejorar el equipo del que serán responsables; el TPM permite a los operarios entender su equipo y ampliar cada vez más las tareas de mantenimiento que asuman, previa formación y entrenamiento.

- **Transformación del puesto de trabajo**

La gestión de la seguridad está implícita en los objetivos del TPM: el empeño para lograr el cero averías y cero defectos evita equipos defectuosos que son fuente común de riesgos de esta forma la filosofía de las 5 S surge como el más fuerte aliado en los sistemas de gestión de la producción actual.

Es un proceso lento y complejo, lo cual se traduce en un tiempo mínimo de implementación de unos tres años, que es el tiempo que transcurre hasta que se obtienen resultados con un incremento de rendimientos, desde que se inició la puesta en marcha del TPM; se debe tomar en cuenta que la empresa debe hacer frente a inversiones adicionales para dejar la maquinaria en condiciones adecuadas y así formar al personal.

3.8 Los Pilares del TPM

Al TPM (Rey Sacristán, 2001: 48) se visiona como un edificio formado por los siguientes componentes:

1. El tejado o cabeza integrado por las etapas de la preparación del proyecto y programa TPM, es decir, por:
 - El proyecto de la empresa en base a la estrategia de la Dirección de la compañía.
 - La animación y el pilotaje en base a la identificación de una célula de pilotaje y de aplicación, preparando ésta los planes de formación e información de toda la estructura de la empresa.
 - El conocimiento de la situación de partida: estado de los lugares de equipos y organización.

2. Los tres pilares básicos que integran
 - Los grupos para eliminar por mejoras todo tipo de disfuncionamiento
 - La aplicación de Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planeado
 - El Mantenimiento de la calidad de los equipos
 - Las actividades del Mantenimiento previsual en el diseño de nuevos equipos capitalizando todo tipo de experiencias (Ingeniería del Mantenimiento).

La formación y perfeccionamiento continuo en competencias de todos los empleados.

Los cimientos en base a una buena aplicación de las 5S's y el respeto a la Seguridad e Higiene en el Trabajo, así como al Medio Ambiente.

Este edificio ha de ser controlado periódicamente para evaluar la evolución del proyecto de empresa y el logro de sus objetivos.”

Para tener una mejor perspectiva del significado del TPM (Suzuki, 1994: 8) hay que entender que este se sustenta en 8 pilares. En la **figura 3.1.**, se observa el edificio del TPM.

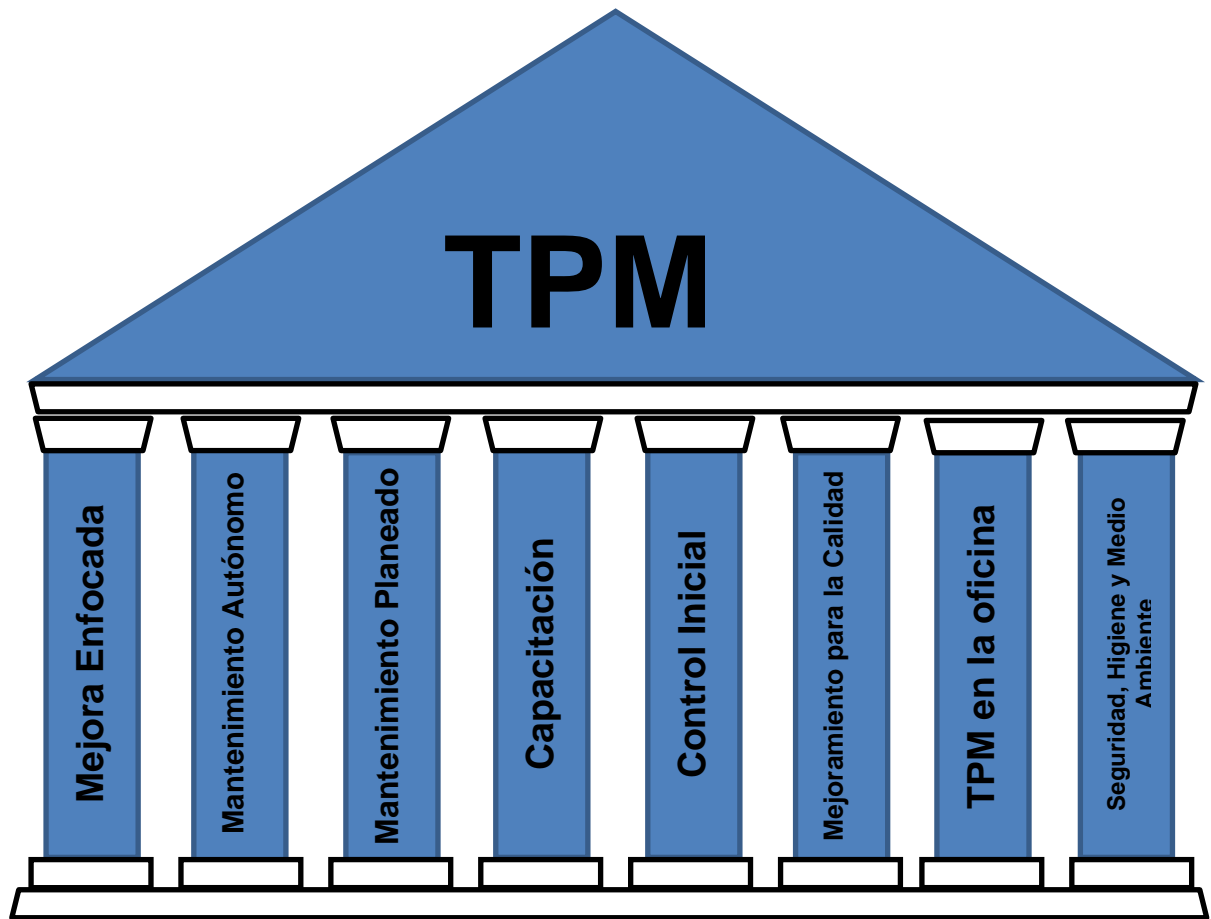


Figura 3.1. Edificio TPM
FUENTE: Volkswagen de México. Manual del GEMBA Libro 1. 2005

Pilar 1: Mejora Enfocada

La mejora enfocada (Volkswagen de México, 2005: 47), es uno de los 8 pilares del TPM, su función es planear, organizar y coordinar las actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto de llevar al límite la OEE (Overall Equipment Efficient: Eficiencia Global del Equipo), todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, empleando metodologías específicas y concentrando su atención en la eliminación de las pérdidas que se presentan en los proceso y equipos.

Este pilar tiene como objetivo eliminar sistemáticamente las grandes pérdidas ocasionadas con el proceso productivo que son fallas en los equipos principales, cambios y ajustes no programados, fallas de equipos auxiliares, ocio y paradas menores, reducción de Velocidad y/o defectos en el proceso arranque.

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo para maximizar la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e inter-funcionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de cualquiera de la seis pérdidas existentes en la planta.

La meta de la mejora enfocada es reducir los costos de fabricación, eliminando las pérdidas que se presentan en los procesos productivos y elevar al máximo la eficiencia productiva (OEE), empleando metodologías específicas a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios.

Por lo expuesto anteriormente se sabe que las pérdidas se clasifican en pérdidas del equipo, recursos humanos y proceso productivo, sumando las famosas 6 pérdidas que se busca eliminar en el TPM.

Ahora bien antes de pasar a otro punto es importante destacar algunas posibles causas de las pérdidas en los equipos, muchas veces ocurre que las máquinas y/ o equipos se deterioran por falta de un buen programa de mantenimiento o simplemente porque los encargados de observar y corregir estas fallas aceptan estas pérdidas; cuando debería ocurrir todo lo contrario los equipos deberían funcionar bien desde la primera vez y siempre.

Para llevar a cabo los pasos necesarios para la eliminación de las pérdidas que afectan nuestro proceso, la mejora enfocada se apoya en la herramienta “QC”

(Quality Control) que consta de 12 pasos ordenados, permitiendo que nuestro trabajo logre los resultados esperados.

1. Identificación de las Pérdidas

Para empezar de una forma ordenada y ser altamente efectivos primero que nada se identifican las pérdidas que están afectando a nuestro sistema productivo realizando las siguientes actividades:

- **Análisis de OEE**

Realizar y analizar la medición de OEE (Overall Equipment Efficient) del área y/o equipo.

- **Identificación de las pérdidas**

Conocer la estructura de pérdidas y clasificar los problemas de nuestro proceso conforme a estas, tomado en cuenta que:

Inicialmente se tienen 3 grupos principales y cada uno de ellos está directamente relacionado con uno de los 3 factores de la OEE (Overall Equipment Efficient), en el siguiente nivel están las 6 pérdidas que afectan a los equipos y dependiendo de su naturaleza se van a agrupar en cada uno de los grupos principales.

- **Desglosar cada uno de los 3 factores de la OEE (Disponibilidad, Desempeño y Calidad)**

Profundizar hasta donde sea necesario para estratificar un solo fenómeno y así poder erradicar las pérdidas por la anomalía encontrada.

2. Selección y justificación del tema

Una vez que se han estructurado nuestras pérdidas, es posible detectar cual de ella es la que más está afectando nuestra productividad, para no perdernos en un mundo de problemas y caer en el error de elegir un tema que al final no impacte en los resultados del área, en esta etapa se analiza cada pérdida y se cuantifica su valor para determinar el motivo para seleccionarla.

Nuestra elección esta en función de los siguientes aspectos

- **Política de dirección**
- **Política del departamento**
- **Nivel de urgencia, importancia, efecto estimado, tema común, facilidad de solución.**

Después de haber estratificado el fenómeno a través de la estructura de pérdidas, se redacta el problema respondiendo a 5 preguntas en inglés que empiezan con “W” y una más que empieza con “H” (Quién, Qué, Cuándo, Dónde,Cuál, Cómo); al hacer esto se tiene que ser exhaustivo para detallar las características más básicas, además de destacar tendencias.

3. Conocimiento del proceso y del equipo

Antes de realizar cualquier análisis profundo del proceso y/o el equipo es necesario conocerlo y entender qué condiciones básicas necesita para funcionar, cuál es su mecanismo, sus parámetros esenciales, cual es el flujo de materiales, etc.

4. Comprensión de la situación actual y análisis

Algo que ayudará a entender cuál es nuestra situación actual es establecer el punto de referencia inicial en una gráfica que nos dice cuanto se está perdiendo en la actualidad por causa del fenómeno o anomalía que se analiza (número de defectos, número de averías, minutos de paro, etc.) el cual si no se conoce, resultará imposible conocer y medir el alcance y/o beneficio de las mejoras aplicadas.

Características:

- Debe de considerarse el promedio mensual
- Si se trata de una avería, se requieren datos iniciales de por lo menos 3 meses. Si la falla no es frecuente se necesitaran datos de aproximadamente 1 año para establecer el punto de referencia.

Esta etapa no solo se limitará a realizar la gráfica de referencia inicial, también se desarrollarán 5 “sub pasos” fundamentales para el éxito de la mejora enfocada que también nos llevaran de la mano para asegurar el logro de nuestro objetivo (0 pérdidas por el fenómeno estratificado de la estructura de pérdidas)

Paso 1 Esclarecer el fenómeno y la situación actual

Paso 2 Dibujar el mecanismo

Paso 3 Estudiar el principio de funcionamiento y las reglas básicas

Paso 4 Enlistar las posibles causas

Paso 5 Verificación

5. Establecimiento de los objetivos

- Especificar lo que se desea hacer con la pérdida seleccionada (Reducir, eliminar, etc.) y la dirección y el nivel hacia el cual quiere llevarse el problema.

- Especificar la pérdida que se quiere resolver en términos numéricos (cantidad de defectos, número de averías, tiempo de paros menores, etc.).
- Especificar el alcance (nombre del producto, proceso, equipo o actividad) donde se tiene el problema.
- Especificar lo que se quiere lograr con la eliminación de la pérdida

6. Elaboración del plan Kaizen

Al implementar Kaizen (Volkswagen de México, 2005: 52), es preciso crear las condiciones que eviten la desmotivación y faciliten la realización del trabajo. Por lo tanto, es necesario por un lado mejorar físicamente el ambiente de trabajo, aplicando técnicas como las 5S's; y por otro lado eliminar todos los demás factores que causan desmotivación.

Los cinco pasos del plan son los siguientes

- **Seiri:** Diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios en el gamba (Lugar de trabajo) y eliminar estos últimos; un método práctico y fácil consiste en retirar cualquier cosa que no se vaya a utilizar en los próximos 30 días, con frecuencia, seiri comienza con una campaña de etiquetas rojas que se colocan sobre los elementos que consideran como innecesarios que final de la campaña de etiquetas rojas, todos los gerentes -incluidos el presidente y el gerente de planta lo mismo que los administradores del gamba- deben reunirse y echar un buen vistazo al montón de suministros y trabajos en proceso y comenzar a llevar a cabo el Kaizen para corregir el sistema que dio lugar a este despilfarro.

- **Seiton:** Disponer en forma ordenada todos los elementos que quedan después del seiri, para minimizar el tiempo de búsqueda de manera que puedan ser utilizadas cuando se necesiten.
- **Seiso:** Mantener limpias las máquinas y los ambientes de trabajo ya que un operador que limpia una máquina descubre muchos defectos de funcionamiento (máquina cubierta de aceite, hollín y polvo; fuga de aceite; una grieta; tuercas y tornillos flojos).
- **Seiketsu:** Extender hacia uno mismo el concepto de limpieza y practicar los tres pasos anteriores en forma continua y todos los días.
- **Shitsuke:** Construir autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5 S's mediante el establecimiento de estándares. Las 5 S's se consideran como una filosofía, una forma de vida en nuestro trabajo diario.

7. Análisis de las causas

Utilizar todos los análisis, estudios y experimentos realizados, así como las otras técnicas disponibles, en conjunto con conocimientos específicos de ingeniería para realizar, experimentos, simulaciones y pruebas de las medidas.

8. Propuestas de las medidas a implementar

Estudiar, evaluar y proponer medidas que sean permanentes y que no permitan que la situación se repita. Seleccionar la mejora medida, tomando en cuenta lo siguiente:

- Costo
- Condiciones restrictivas
- Impacto hacia otros procesos o problemas

9. Ejecución de las medidas

Aunque las medidas propuestas sean excelentes, si la ejecución no es correcta, el problema no se resolverá, por ello, para ejecutar de forma correcta y eficaz se tendrá que definir en un catálogo de medidas: qué se va a hacer, quién lo va a hacer, para cuándo, dónde y cómo se va a hacer, después simplemente hay que cumplir con los plazos y acciones acordadas

10. Verificación de resultados

- Verificar la característica de control del problema
- Revisar y graficar el resultado de cada medida, identificando cuál de las medidas aplicadas fue más efectiva.
- Identificar cuanto se ha reducido la pérdida desde la implementación y proyectar si la meta se logrará en el plazo señalado. Si el beneficio esperado no es suficiente regresar al paso 4 para volver a analizar la situación actual.

11. Estandarización

La estandarización sirve para prevenir la reincidencia de los problemas que con éxito se logra eliminar de nuestros equipos en las etapas anteriores, hay que identificar los aspectos que tengan que ver con las causa, dichos aspectos se

habrán de mantener, controlar disciplinadamente y hacer cualquier modificación técnica necesaria para asegurar que las mejoras se consoliden y sostengan

12. Planes a futuros

Aunque todo el trabajo hay resultado en éxito y los objetivos se hayan cumplido, falta un paso más en el que se pregunta:

- ¿Qué se debe hacer para mejorar los resultados?
- ¿Qué se debe hacer para mantenerlos y administrarlos?
- ¿Qué temas están relacionados?
- Desplegar horizontalmente las mejoras en líneas, proceso y equipos similares
- Escoger la siguiente línea y empezar la siguiente ronda de mejoras

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo

El Objetivo del mantenimiento autónomo (Robinson, 1995: 93) es conservar y mejorar el equipo con la participación de los operarios que se hacen cargo del manejo y mantenimiento de sus equipos y desarrollan la capacidad para detectar a tiempo fallas potenciales, por eso, el mantenimiento Autónomo es “Proteger nuestro equipo con nuestras propias manos”, realizando la inspección, lubricación, cambio de partes, reparaciones, detección temprana de anomalías y revisión de la precisión los operarios mismos.

Se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipamiento, esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, etc.; con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de

problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

La idea del Mantenimiento Autónomo (Volkswagen de México, 2005: 2) es que cada operario sepa diagnosticar y prevenir las fallas eventuales de su equipo para de este modo prolongar la vida útil del mismo y no se trata de que cada operario cumpla el rol de un mecánico, sino de que cada operario conozca y cuide su equipo además ¿Quién puede reconocer de forma más oportuna la posible falla de un equipo antes de que se presente? Obviamente el operador calificado ya que él pasa mayor tiempo con el equipo que cualquier mecánico, él podrá reconocer primero cualquier varianza en el proceso habitual de su equipo.

El Mantenimiento Autónomo (Cuatrecasas, 2003: 115) previene contaminación por agentes externos, rupturas de ciertas piezas, desplazamientos, errores en la manipulación con sólo instruir al operario en Limpiar, Lubricar, Revisar ya que filosofía básica del Mantenimiento Autónomo es que la persona que opera con un equipo productivo se ocupe de su mantenimiento.

La mejora de la eficiencia y competitividad que se logran de la mano del Mantenimiento Autónomo se deriva de:

1. La combinación de trabajo y mantenimiento en el mismo puesto de trabajo permite ahorrar tiempos (de vacío) y esfuerzos, y da lugar a una actuación más rápida.
2. El trabajador conoce mejor que nadie su equipo y sabe lo que necesita y cuándo lo necesita, y tiene la capacidad de hacer un mantenimiento rápido y eficiente.
3. El trabajador conoce cuándo el equipo está próximo a una avería o a la necesidad de cambio de algún componente (un ruido, una holgura, algún indicador, etc.).

En el Mantenimiento Autónomo (Volkswagen de México, 2005: 10) se llevan a cabo actividades para prevenir el deterioro principalmente para lo cual es necesario que los operarios conozcan bien su equipo y que no se dediquen únicamente a operar la máquina sino que también apoyen el trabajo que tradicionalmente realiza el personal de mantenimiento ya que la medida que avanza la automatización y la robotización, esta necesidad también crece; por eso, para convertirse en un operario conocedor de su equipamiento se requieren principalmente las siguientes 4 habilidades:

1. Habilidad para reconocer las anomalías

Fácilmente se descubre el resultado de una anomalía al decir “se descompuso” o “salieron mal las piezas”, sin embargo las anomalías que se requiere que encuentren los operarios deben ser aquellas que tienen el potencial de convertirse en la causa de una avería o defecto de calidad y que son los únicos que tienen la oportunidad de estar en contacto permanente con el equipamiento y poder detectar anticipadamente este tipo de anomalías.

2. Habilidad para tomar medidas y eliminar la anomalía

El objetivo es recuperar las condiciones originales del equipamiento a través de eliminar las anomalías que causan algún problema, en otras palabras, hacer que el equipo funcione como estaba originalmente planeado.

3. Habilidad para definir cuantitativamente el estándar de lo normal y lo anormal

Si la capacidad para detectar anomalías dependiera de la intuición y la experiencia, no se lograría que todo el personal involucrado adquiriera la misma capacidad, además, no todos podrían detectar las anomalías con la misma prontitud, lo cual podría llegar a causar retrasos en la solución.

De allí que la tercera habilidad para convertirse en un operario experto en su equipamiento sea la habilidad para definir cuantitativamente el criterio o la condición que distingue lo normal de lo anormal en aquellas partes críticas del equipamiento y que el mismo operario debería poder controlar.

4. Habilidad para sostener y controlar, respetar las reglas establecidas

Para poder trabajar con confianza, se debe cuidar el equipamiento y lograr que sea seguro y se mantenga así, lo importante en este aspecto, es que se cumpla con las actividades que se tienen hacer en el tiempo estipulado pero cuando no se puedan llevar a cabo estas actividades, es importante investigar la razón y revisar los métodos de inspección o realizar o sugerir las mejoras en el equipamiento que hagan posible llevar a cabo este control cotidiano.

Mantenimiento Autónomo Basado en las 5S's y con el objetivo de eliminar las seis grandes pérdidas

El Mantenimiento Autónomo (Cuatrecasas, 2003: 116) está basado en el principio de las 5 S's, que son cinco aspectos básicos para el desarrollo de las actividades de los procesos de producción y del mantenimiento en particular, con la máxima eficiencia y rapidez, se trata de cinco términos de origen japonés que comienzan con la letra S:

SEIRI: Organizar, clasificar

SEITON: Ordenar eficientemente

SEISO: Limpieza e inspección

SEIKETSU: Estandarización

SHITSUKE: Cumplimiento o disciplina

Etapas de la implementación del Mantenimiento Autónomo

Con la implementación del Mantenimiento Autónomo habrá un cambio en la gestión de los equipos que comportará una reorientación de la gestión del personal, además y al igual que ocurre con cualquier sistema de gestión ágil, flexible y avanzado, traerá cambios en la organización, que la hagan menos rígida y con más autonomía departamental, que incluya además la participación de los departamentos más vinculados a la gestión de equipos.

A continuación (Volkswagen de México, 2005: 58) se enumeran cuáles son los niveles de implementación progresiva, en cada uno de los cuales se deberán asegurar la consecución de los objetivos del TPM, es decir, mejorar la eficiencia, productividad y flexibilidad:

- **Nivel básico:** se referirá a la introducción del mantenimiento básico, cuyo objetivo es la limpieza, engrase y apriete o ajuste de elementos fijos o móviles de los equipos.
- **Nivel de eficiencia de las condiciones de los equipos:** este nivel, que se acometerá una vez asumido el anterior, tiene como finalidad lograr mejoras efectivas a través de la inspección y consiguiente eliminación o reducción de las seis grandes pérdidas y en este nivel el equipo debe alcanzar sus condiciones óptimas de trabajo.
- **Nivel de plena implementación:** Con éste, el mantenimiento autónomo alcanzará la implementación completa, con la consiguiente organización de la operación con el equipo e integración con la misma; se estandarizará su preparación, actividades que comporta, se integrará en ella el mantenimiento al nivel óptimo, el control, se implementarán sistemas de control visual y se integrará la mejora continua en todos los aspectos citados.

Pilar 4: Capacitación

El principal objetivo de la capacitación (Volkswagen de México, 2005: 48) es aumentar las capacidades y habilidades de los empleados, aquí se define lo que hace cada quien y se realiza mejor cuando los que instruyen sobre lo que se hace y como se hace son la misma gente de la empresa, sólo hay que buscar asesoría externa cuando las circunstancias lo requieran.

Pilar 5 Control Inicial

El objetivo³ es reducir el deterioro de los equipos actuales y mejorar los costos de su mantenimiento, nace después de ya implementado el sistema cuando se adquieren máquinas nuevas recalcando que el departamento de Ingeniería debe trabajar mucho en este pilar.

Pilar 6 Mejoramiento para la Calidad

El objetivo (Suzuki, 1994:235) es tomar acciones preventivas para obtener un proceso y equipo cero defectos con la meta de ofrecer un producto cero defectos como efecto de una máquina cero defectos, y esto último sólo se logra con la continua búsqueda de una mejora y optimización del equipo.

Pilar 7: TPM en la oficina

El Objetivo primordial es eliminar las pérdidas en los procesos administrativos y aumentar la eficiencia, (Suzuki, 1994:283) es aplicable a todos los departamentos, en finanzas, en compras, en almacén, para ello es importante es que cada uno haga su trabajo a tiempo

3. Tomado de <http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm.htm>

En estos departamentos las siglas del TPM toman estos significados

T Total Participación de sus miembros

P Productividad (volúmenes de ventas y ordenes por personas)

M Mantenimiento de clientes actuales y búsqueda de nuevos

Pilar 8: Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

El objetivo (Suzuki, 1994: 323) es crear y mantener un sistema que garantice un ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación, aquí lo importante es buscar que el ambiente de trabajo sea confortable y seguro, muchas veces ocurre que la contaminación en el ambiente de trabajo es producto del mal funcionamiento del equipo, así como muchos de los accidentes son ocasionados por la mala distribución de los equipos y herramientas en el área de trabajo.

Pilar 3: Mantenimiento Planeado

El Mantenimiento Planeado (Suzuki, 1994: 146) es el conjunto sistemático de actividades programadas de mantenimiento cuyo fin es acercar progresivamente una planta productiva al objetivo que pretende el TPM: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, y cero accidentes; este conjunto planificado de actividades se llevará a cabo por personal específicamente calificado en tareas de mantenimiento y con avanzadas técnicas de diagnóstico de equipos.

Está claro, pues, que el Mantenimiento Planeado (Cuatrecasas, 2003: 163) es una de las actividades clave para la implementación con éxito del TPM. Sus objetivos son:

- Priorizar las actividades de Mantenimiento de tipo preventivo (a priori) frente al mantenimiento basado en reparar los equipos con averías u otras pérdidas (a posteriori).
- Establecer un programa de mantenimiento efectivo para equipos y procesos
- Lograr la máxima eficiencia económica para la gestión del mantenimiento; es decir que el mantenimiento y su costo se ajuste a cada equipo.

El Mantenimiento Planeado (Cuatrecasas & Torrel, 2010: 159) surgirá como el resultado de la coordinación de actividades del mantenimiento especializado realizado por el departamento de mantenimiento, con las actividades propias del Mantenimiento Autónomo realizadas por el personal de producción, que de esta forma se integrarán con aquellas, ambos departamentos deberán funcionar sincronizados para asegurar un mantenimiento planeado de alta calidad.

El objetivo de la implementación del mantenimiento planeado (Souris, 1992: 20), será ajustar la frecuencia de las tareas de mantenimiento requeridas por el equipo y llevarlas a cabo en el momento menos perjudicial para producción y antes de que se transforme en una avería para el equipo, o bien en un defecto de calidad del producto considerando que será el resultado de la armonía adecuada entre los departamentos de producción y mantenimiento.

El personal de mantenimiento se ocupará de recopilar esa información, estandarizar esas tareas, documentarlas, y en la medida de lo posible estandarizar y unificar los recambios a utilizar, y tenerlos disponibles en el momento de realizar las tareas previamente planificadas.

Dentro del mantenimiento planeado⁴, las actividades básicas desplegadas por el departamento de mantenimiento van dirigidas a la mejora de las condiciones operativas del equipo, la capacitación del personal y la mejora de las técnicas de

4. Tomado de <http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm.htm>

mantenimiento. En la **figura 3.2.** se observan los requerimientos de cada uno de estos objetivos.

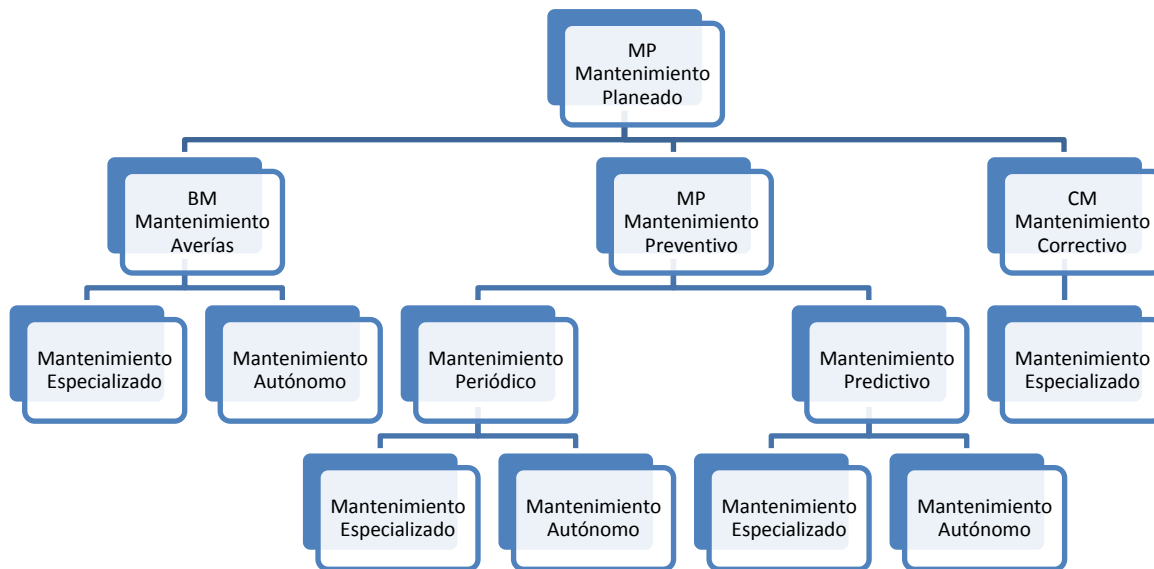


Figura 3.2. Objetivos de Mantenimiento Planeado
FUENTE: Luis Cuatrecasas 2003

Mantenimiento Preventivo (PM)

El mantenimiento preventivo (Fernández, 200: 124), cuyo objetivo básico es la planificación de actividades de mantenimiento que eviten problemas posteriores de cualquiera de los seis grandes tipos de pérdidas, se apoya en dos pilares: el Mantenimiento Basado en el Tiempo (TBM: Time Based Maintenance) y el Mantenimiento basado en Condiciones (CBM: Condition Bases Maintenance).

- **Mantenimiento periódico o basado en tiempo (TBM: Time Based Maintenance):** El trabajo de mantenimiento empieza con el mantenimiento periódico o basado en el tiempo que son actividades básicas que facilitan un funcionamiento consistente y continuado del equipo, tales como inspeccionar, limpiar, reponer y restaurar piezas periódicamente para prevenir averías.

- Mantenimiento basado en condiciones (CBM: Condition Bases Maintenance): Para tener una planta competitiva, es más eficiente la gestión basada en el Mantenimiento Predictivo o CBM, que el mantenimiento TBM, siempre que existan las condiciones para poder hacerlo la cual se basa en la utilización de diagnósticos y modernas técnicas de procesamiento de señales que evalúan las condiciones del equipo durante la operación y determinan cuándo se precisa mantenimiento; es de alta confiabilidad ya que se basa en las condiciones reales del equipo y no en periodos de tiempo.
- Mantenimiento de confiabilidad (FM): Se trata de una variante de gestión del mantenimiento que determina las acciones necesarias para asegurar que el equipo o componente funcione de la forma prevista en su entorno operativo actual.

Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo (Garrido, 2003: 99) comprende las mejoras realizadas sobre el equipo o sus componentes a fin de facilitar y realizar adecuadamente el mantenimiento preventivo, aquí estarán las mejoras efectuadas para solucionar los puntos débiles del equipo.

Gestionar con eficacia el mantenimiento correctivo significa:

- Realizar intervenciones con rapidez, que permitan la puesta en marcha del equipo en el menor tiempo posible.
- Realizar intervenciones confiables y adoptar medidas para que no se vuelvan a producir estas en un periodo de tiempo suficientemente largo.
- Consumir la menor cantidad de recursos tanto mano de obra como materiales

Mantenimiento de averías

Se entiende por mantenimiento de averías que consiste en reparar el equipo después de que se haya averiado y cuyas pérdidas deberá intentarse que se limiten a los costos de la reparación.

Fases de la implementación de un sistema de mantenimiento planeado

La puesta en marcha de un sistema de mantenimiento planeado requiere tiempo y colaboración interdepartamental con la finalidad eliminar las averías y los defectos que conducen a pérdidas de producción, paradas innecesarias y despilfarro del valioso potencial humano y económico.

Fase 1. Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo

Esta información se recoge en los llamados registros de mantenimiento en la cual la calidad de los sistemas de mantenimiento de la planta se manifestará a través de los mismos que son:

- Registro de equipos
- Registro de análisis MTBF (Mean Time Between Failures: Tiempo Medio entre Fallas).
- Registros de análisis MTTR (Mean Time To Repair: Tiempo Medio de Reparación).
- Registros de mantenimiento rutinario
- Registros de inspección periódica

Una vez recopilada toda la información necesaria, los equipos se evalúan en función de la seguridad, criticidad productiva, calidad, mantenibilidad, etc.; y se seleccionan aquellos equipos en los que el mantenimiento planeado sea más urgente.

Fase 2. Búsqueda y reconducción del equipo hacia su estado ideal

1. Restauración del deterioro
 - Acción rápida frente a averías descubiertas y no resueltas por operarios
 - Entrenamiento de los operarios en el mismo lugar de trabajo
 - Formación de los operarios mediante lecciones de un punto y diagramas sobre el equipo, su estructura y funciones.

2. Establecimiento de las condiciones operativas básicas: Creación de estándares
 - Enseñar la confección de estándares diarios de trabajo
 - Preparar estándares de fácil comprensión y ayudar a implementarlos
 - Estandarizar los tipos y utilización de lubricantes

3. Adecuación del entorno de trabajo para evitar el deterioro acelerado de los equipos
 - Inspeccionar los lugares inaccesibles al mantenimiento y mejorar su accesibilidad.
 - Identificar focos de contaminación
 - Formar y guiar a los operarios en el trato de las Fuentes de contaminación, para conseguir eliminarlas.

Por otro lado, el mantenimiento especializado debe solventar las posibles debilidades del equipo generadas durante las primeras fases de su vida: diseño, fabricación e instalación para que una vez identificado sus causas y corregido sus efectos habrá que tomar medidas para prevenir su reincidencia en el mismo equipo o en otros que reducen la repetición de fallas en los equipos:

1. Preparación de un informe detallado para cada fallo:
 - Descripción del fallo
 - Condiciones anormales previas al fallo

- Ubicación del fallo (croquis, dibujos, diagramas, fotografías)
 - Acciones correctivas.
2. Controlar la confiabilidad de los aparatos de medida y control
 3. Mantenimiento de las condiciones óptimas
 4. Capacitación de los operarios para que puedan comprender el equipo y el proceso.
 5. Formación de los operarios para afrontar problemas similares a los del pasado

Fase 3. Establecimiento de un sistema de control de la información

Un sistema de control total de la información debe integrar, por lo menos los siguientes subsistemas:

- Control de datos de fallas
- Control de mantenimiento del equipo
- Control de presupuesto de mantenimiento
- Control de piezas de repuesto y materiales
- Control de la tecnología

Fase 4. Establecimiento de un sistema de mantenimiento periódico

Este mantenimiento pretende implementar una gestión de mantenimiento preventivo, sólido y progresivo con el tiempo cuyos resultados son acumulativos y evolucionan a lo largo del tiempo; su importancia se aprecia conforme se desarrollan secuencialmente las siguientes actividades:

- Selección de equipos o grupos
- Planificación del mantenimiento
- Estandarización de las actividades de mantenimiento
- Control de la evolución

Fase 5. Establecimiento de un sistema de Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo se aplica cuando es posible medir las condiciones generales que reflejan el estado real del equipo; es decir: la tecnología de diagnóstico de máquinas se utiliza para monitorizar los cambios en determinadas características susceptibles de ser cuantificadas, como son la temperatura, vibraciones, resistencias eléctricas, presión, humedad.

Fase 6. Evaluación del mantenimiento planeado

Esta etapa tiene un interés especial, puesto que el mantenimiento planeado implica evaluar a toda empresa como un conjunto compacto y sincronizado e incluye no solo al equipo directamente implicado en la producción, sino también a los sistemas de apoyo y permiten, en función de los resultados, revisar las estrategias de mantenimiento o aceptar nuevos retos.

3.9 Implementación de un programa TPM

La implementación del TPM (Suzuki, 1994: 5) tiene como objetivo fundamental la obtención del máximo rendimiento y eficacia global de un sistema productivo a través de la correcta gestión de los equipos que lo forma el cual se centrará en la eliminación de tiempos muertos o de vacío, reducción del funcionamiento a velocidad reducida y la disminución de los defectos derivados de los procesos en que intervienen los equipos.

La implementación del TPM (Cuatrecasas, 2003: 37) comprenderá el desarrollo de las siguientes actividades:

- Incremento de la duración del ciclo y de la calidad de la vida de los equipos

- Establecimiento del mantenimiento autónomo en el propio puesto de trabajo
- Reordenación de las tareas del departamento de mantenimiento hacia la prevención
- Gestión del mantenimiento preventivo y correctivo optimizada
- Mejora de la funcionalidad y mantenimiento de los equipos
- Formación y entrenamiento del personal productivo y de mantenimiento
- Incidencia en el diseño de los equipos, pensados para obtener el máximo rendimiento con el mínimo mantenimiento.
- Implementar una política de prevención del mantenimiento

Para culminar cada una de las etapas anteriores, es necesario implementar un programa de TPM completo y adecuado, que deberá cubrir los siguientes puntos:

- Tratar de alcanzar las condiciones de funcionamiento óptimas eliminando los aspectos que merman el rendimiento del sistema productivo.
- Eliminación del deterioro acelerado o excesivo de los equipos y el desgaste de sus componentes.
- Asignación de tareas de limpieza, mantenimiento y prevención a los operarios del proceso.
- Implementación de las mejoras que se consideren oportunas en los equipos y sus necesidades de mantenimiento.
- Planificación del conjunto de acciones que compondrá el programa de mantenimiento y gestionarlas adecuadamente.

Etapas de la implementación de un programa TPM

El desarrollo de un programa TPM (Suzuki, 1994: 2) se lleva a cabo normalmente en cuatro fases claramente diferenciadas con objetivos propios en cada una de ellas:

1. Preparación
2. Introducción
3. Implementación
4. Estabilización

Dichas fases se descomponen en un total de 12 etapas que abarcan desde la decisión de aplicar una política de mantenimiento en la empresa hasta que la consolidación de la implementación se de y la búsqueda de objetivos más ambicioso, como serán el conseguir un Mantenimiento Preventivo e incluso un paso más allá con la introducción del Predictivo; en la **tabla 3.2.** se observan cada una de estas 12 etapas y a que fase corresponden.

Tabla 3.2. Fases de implementación del TPM
FUENTE: Luis Cuatrecasas 2003

Fase	Etapas	Aspectos de gestión
1. Preparación	1. Decisión de aplicar el TPM en la empresa	La alta dirección hace público su deseo de llevar a cabo un programa TPM a través de reuniones internas, boletines de la empresa, etc.
	2. Información sobre TPM	Campañas informativas a todos los niveles para la introducción del TPM
	3. Estructura proporcional del TPM	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM. Crear una oficina de promoción del TPM
	4. Objetivos y políticas básicas del TPM	Analizar las condiciones existentes; establecer objetivos, prever resultados
	5. Plan maestro del desarrollo del TPM	Preparar planes detallados con las actividades a desarrollar y los plazos de tiempo que se prevean para ello.
2. Introducción	6. Arranque formal del TPM	Conviene llevarlo a cabo invitando a clientes, proveedores y empresas o entidades relacionadas
3. Implementación	7. Mejorar la efectividad del equipo	Seleccionar un(os) equipo(s) con pérdidas crónicas y analizar causas y efectos para poder actuar
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo	Implicar en el mantenimiento diario a los operarios que utilizan el equipo, con un programa básico y la formación adecuada
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento planeado	Incluye el mantenimiento periódico o con parada, el correctivo y el predictivo
	10. Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento	Entrenar a los líderes de cada grupo que después enseñarán a los miembros del grupo correspondiente

	11.Gestión temprana de equipos	Diseñar y fabricar equipos de alta confiabilidad y mantenibilidad
4. Consolidación	12.Consolidación del TPM y elevación de metas	Mantener y mejorar los resultados obtenidos mediante un programa de mejora continua, que puede basarse en la aplicación del ciclo PDCA

Fase 1: Preparación

Esta fase es fundamental para establecer una planificación cuidadosa del programa TPM que evite o limite al máximo futuras modificaciones durante su implementación.

Etapa 1: Decisión de aplicar el TPM

La alta dirección debe informar a todos los empleados y órganos empresariales de su intención de implementar el TPM y transmitir su entusiasmo por el proyecto el cual debe llevarse a cabo a través de reuniones internas, boletines informativos, donde se explica el concepto, metas y resultados esperados sin embargo, antes la alta dirección debe tener la completa convicción, primero, de la necesidad y, segundo, de la utilidad de implementar este programa.

Etapa 2: Información sobre TPM

Esta etapa comprende una política de difusión al alcance de todo el mundo que permita entender el concepto TPM y cuál va a ser su papel que consigue mediante la realización de campañas informativas que pretenden hacer comprender a todo el personal, sea cual sea su nivel y responsabilidad, el porqué de la introducción del TPM en la empresa.

Etapa 3: Estructura promocional del TPM

La promoción del TPM se lleva a cabo a través de una estructura de pequeños grupos que se solapan en toda la organización y cada líder de grupo es miembro de otro grupo del nivel superior ya que de esta forma existe conexión entre niveles y la comunicación horizontal y vertical es más fluida.

- El presidente o gerente de la compañía será el líder del Comité de Promoción del TPM en la empresa.
- El director de cada planta será el líder del Comité de Promoción del TPM en cada planta.
- El director de cada módulo será el líder del Comité de Promoción del TPM en su sección.
- Habrá pequeños grupos locales o multidisciplinares, que formarán pequeños grupos de trabajo TPM, y cada uno de ellos dispondrá de un líder calificado.
- Se entrenará y formará a los operarios

Etapa 4: Establecer políticas básicas TPM y fijar objetivos

En esta etapa la alta dirección deberá incorporar el TPM a la política estratégica de la compañía; asimismo, fijará los objetivos concretos a alcanzar y las directrices a seguir a medio y largo plazo que significa expresarlo en lo posible de forma cuantitativamente y precisa, que todo el mundo pueda comprenderlo; dichos objetivos deben ser ambiciosos, pero alcanzables y como paso previo es de vital importancia conocer la situación actual de la empresa, disponer de datos numéricos sobre averías, tasa de defectos, rendimientos.

Etapa 5: Desarrollo de un plan maestro TPM

Este es un paso muy importante ya que en él se trata de establecer un plan concreto para la implementación del TPM que integra las actividades a desarrollar para conseguir las metas propuestas las cuales son:

- Establecimiento de un programa de mantenimiento autónomo llevado a cabo por los propios operarios.
- Mejora de la efectividad del equipo
- Establecimiento de un programa de mantenimiento planeado por personal de mantenimiento.
- Aseguramiento de la calidad
- Gestión temprana de equipos
- Formación y entrenamiento para aumentar aptitudes personales

Fase 2: Introducción

Etapa 6: Arranque del TPM

Esta etapa es realmente la puesta en práctica del TPM y es aconsejable organizar un acto formal de presentación al que asistan todos los empleados y clientes o representantes de empresas relacionadas, en donde se informe de las actividades llevadas a cabo en la fase de preparación y de los planes futuros.

Fase 3: Implementación

En esta fase deben desarrollarse las actividades planificadas, con la adecuada asignación de los responsables y el acuerdo acerca de las fechas de implementación de las mismas.

Etapa 7: Mejorar la efectividad del equipo.

Se organizan grupos de trabajo multifuncionales compuestos por ingenieros de producción, personal de mantenimiento y operarios con el propósito de eliminar las pérdidas y mejorar la efectividad del equipo que sufra pérdidas crónicas y, una vez medidas y evaluadas cuidadosamente, se actuará de forma que se obtengan mejoras significativas en un periodo de aproximadamente 3 meses.

Etapa 8: Establecer un programa de mantenimiento autónomo.

El mantenimiento Autónomo es una de las características más inherentes al TPM recalando que la especialización producción-mantenimiento se mantiene vigente hasta que aparece el mantenimiento autónomo en un programa TPM.

Etapa 9: Establecimiento de un programa de mantenimiento planeado

Esta etapa consistirá en desarrollar un programa de mantenimiento periódico o programado para que pueda ser llevado por el departamento de mantenimiento donde el personal del mismo debe centrar sus energías en las tareas que requieren una especialización.

Etapa 10: Formación para elevar capacidades de operación y mantenimiento.

Para llevar a cabo un mantenimiento eficaz es importante mejorar las habilidades de los recursos humanos de que dispone la empresa.

Etapá 11: Creación de un programa de gestión temprana de equipos.

El programa de gestión temprana de equipos tiene como objetivos la prevención del mantenimiento y un diseño de nuevos equipos que minimicen el mantenimiento e incluso estén exentos de él por eso el TPM trata de minimizar el costo económico del ciclo de vida de un sistema empezando en las fases tempranas del desarrollo del mismo: fases de planificación de inversiones en equipos, de diseño, de fabricación, de instalación, de pruebas y de arranque.

Fase 4: Consolidación

Etapá 12: Consolidación del TPM y elevación de los objetivos

El último paso es mantener y perfeccionar las mejoras obtenidas a lo largo de cada una de las etapas anteriores y hay que cuantificar el progreso alcanzado y darlo a conocer a todos los empleados para que comprendan y valoren las consecuencias de su trabajo diario, a partir de aquí hay que adoptar una filosofía de mejora continua.

3.10 Prevención de averías

La prevención de errores, problemas, averías, disfunciones, defectos e incluso una necesidad excesiva de mantenimiento en que están involucrados los equipos, van a formar el grupo de cuestiones que van a requerir una especial atención prácticamente en todas las fases de un programa de TPM.

Los siguientes aspectos destacan en relación a la prevención:

- **Mantenimiento Autónomo:** Las tareas que se realizan en él tienen un carácter marcadamente preventivo, en este caso por parte del operario del proceso, a fin de evitar averías o deterioro de los equipos.
- **Mantenimiento Planeado:** Se trata sin más establecer un programa de mantenimiento preventivo.
- **Prevención de Mantenimiento:** La ingeniería que desarrolla los equipos debe poner una atención especial en los aspectos del mantenimiento y su prevención.

4. METODOLOGÍA

Los puntos de complejidad para la implementación del TPM en esta línea estriban en:

- La precisión y confiabilidad requerida del producto
- Condiciones de trabajo muy duras y contaminación
- Presencia de aceites de refrigeración de corte
- Equipos muy sofisticados
- Gran variedad de útiles y herramientas
- Maquinado de distintas referencias del producto
- Trabajo en varios turnos
- Convivencia de personal de distintas edades y formación

Como punto a favor se tiene un alto nivel de automatización en la línea y maquinaria avanzada y actual. La implementación del programa de Mantenimiento Planeado se llevará a cabo en las 5 fases siguientes:

1. Identificación de los equipos productivos de la línea
2. Recolección de datos
3. Indicadores para la evaluación de la gestión del mantenimiento y su mejora
4. Organización de la información por medio de un sistema de información
5. Implementación del TPM en la línea, incluyendo mejoras y evaluación del rendimiento.

Fase 1: Identificación de los equipos productivos de la línea

En esta fase se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. Ubicar primeramente la línea donde se implementará el Mantenimiento Planeado dentro de la Empresa.

2. Ubicar las células de manufactura dentro de la línea de producción

3. Describir los equipos que constituyen las diferentes células de manufactura de la línea. Se deben incluir todos los equipos ya que éstos participan activa o pasivamente en la línea pero siempre tienen una influencia en ellos. El formato para describir los equipos se muestra en la **tabla 4.1.**

TABLA 4.1. Formato para describir los equipos
FUENTE: Elaboración propia

Célula de Manufactura	
Equipo	Descripción
Célula de Manufactura	
Equipo	Descripción

4. Los equipos deben descomponerse en bloques funcionales de dos tipos: bloques funcionales generales y bloques funcionales específicos, sin embargo, no es necesario que cada equipo de una célula de manufactura tenga que disponer de todos los bloques funcionales de tipo general; los bloques permitirán el análisis de las averías de una forma sencilla para identificar después los puntos débiles de cada uno de éstos equipos como se muestran en el formato de la **tabla 4.2.**

TABLA 4.2. Formato bloques funcionales
FUENTE: Elaboración propia

Equipos similares	
Bloques generales	Bloques específicos
Equipos similares	
Bloques generales	Bloques específicos

5. Como consecuencia del análisis por bloques generales, deberán revisarse determinados bloques funcionales y, si es necesario, incluso cambiar alguno, como en el caso de deficiencias de diseño de este equipo, en relación con las condiciones de trabajo con las que tiene que operar. Los bloques funcionales específicos, por el contrario, serán propios de cada máquina, y se refiere a ellos a propósito del análisis de cada una.

Fase 2: Recolección de datos

La nave 10 cuenta con un sistema de información en el que se almacena la información de toda la producción de dicha nave, por tanto, se utiliza la información que se obtiene de la línea de acabado R5 para analizarla. La información para este sistema se captura en la Central de Interrupciones de la nave 10 de donde se obtendrán tales datos.

Los pasos para la recolección de datos son los siguientes:

6. Se ingresa al sistema de información de la nave 10 por medio de alguna computadora.
7. Se da clic en el ícono Internet Explorer y se escribe la dirección: <\\mxvwmxpufs0021\\fundicion\\wnave10\\mantenimiento> la cual nos ingresará a la página de mantenimiento de la nave.
8. Se da clic en reporte de fallas y se elige el mes de donde se desee obtener la información. Cada mes presenta un acumulado de la información de los meses pasados.
9. Una vez elegido el mes se elige la línea de producción de donde se desee la información y se abre el archivo.

10. Se obtienen los datos que informan acerca de:

- Confiabilidad
- Mantenibilidad
- Disponibilidad
- Rendimiento
- Horas de paro
- Número de averías
- Piezas producidas
- Piezas en stock

11. Se analiza el control de los paros y averías que tiene la nave para identificar posibles puntos de mejora.

12. Se sugieren las mejoras al sistema

Fase 3: Indicadores para la evaluación de la gestión del mantenimiento y su mejora

Para poder evaluar la gestión del mantenimiento basándose en la utilización de los equipos se toman en cuenta dos indicadores:

13. Indicadores de tiempos

Referidos a aquellos que se manejan en el proyecto y el análisis del rendimiento.

- **Tiempo de estado de un equipo de producción (TT)**

Periodo de tiempo laboral elegido para el análisis de los tiempos, cubriendo todos los posibles estados del equipo.

- **Tiempo requerido (TP)**

Tiempo en que se realiza una reparación

- **Tiempo de funcionamiento (TF)**

Parte del tiempo efectivo de disponibilidad, en el cual el equipo cumple una función requerida.

14. Indicadores de eficiencia

Referidos a aquellos que se utilizaran en el proyecto y que nos permiten conocer la condición actual de la línea de acabado.

- **Mantenibilidad**

Basada en los conceptos:

1. Tiempo medio de reparación por averías:

$$MTTR = TP / NP$$

donde: TP = Tiempo de averías

NP = Número de averías

2. Tasa de reparación: número de averías resueltas por unidad de tiempo:

$$\mu = 1 / MTTR$$

- **Confiabilidad**

Basado en los conceptos:

1. Tiempo medio entre averías: MTBF (tiempo de buen funcionamiento):

$$MTBF = TF / NP$$

donde: TF = Tiempo de funcionamiento

NP = número de averías

2. Tasa de Falla:

$$\lambda = 1 / \text{MTBF}$$

Ambos indicadores se calculan automáticamente en el formato de rentabilidad de la línea en la **tabla 4.3.**

TABLA 4.3. Formato de cálculo de rentabilidad
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

		Bench	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
ACABADO R5	2010	Bench	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Horas paro	0.00							
Minutos paro		8077200	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
PIEZAS PRODUCIDAS	154819	21300						
Unidad producida (tiempo paro)		379.21	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		379.21						
No. de Averías	0	59						
		59						
TIEMPO DE CARGA								
MTTR		1.51	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		1.51						
MTBF		2.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		2.17						
COSTOS	\$0							
Unidad producida (costos)		\$0	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
		0.00						
INDICADOR	Maquina en paso 2	cumplen meta 75% reducción	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%
Abance %	0%	#DIV/0!	#DIV/0!					
Absoluto								
T. Azules								
T. Azules acumuladas								
T. Rojas Entran								
T. Rojas se Cierran								
Meta (Brecha <20%)								
Acumuladas Entran								
Acumuladas Cerradas								
Brecha (Pendiente)			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Fase 4: Organización de la información por medio de un sistema de información

La organización de la información se elabora con base en los datos obtenidos por la central de interrupciones. Los pasos para organizar la información son:

- 15.** Se grafican los datos de la línea para tener un panorama mas amplio
- 16.** Se clasifican las averías por células de manufactura y se grafican los resultados
- 17.** En cada célula de manufactura se realiza una nueva clasificación de las averías de cada equipo que la conforman. Se muestran las clasificaciones en gráficas.
- 18.** A partir de la información obtenida del formato de cálculo de rentabilidad se obtienen las gráficas de
 - Minutos de paro / 1000 piezas producidas
 - Número de averías / 1000 piezas producidas
 - MTTR (Mean Time to Repair: Tiempo Medio de Reparación)
 - MTBF (Mean Time Between Failures: Tiempo Medio entre fallas)
 - Tarjetas TPM
- 19.** Se grafican los datos correspondientes a la producción del primer semestre del 2011 que son:
 - Piezas liberadas
 - Piezas enviadas a Nave 6(Cliente)
 - Piezas en stock

Fase 5: Implementación del TPM (Mantenimiento Planeado), mejoras y evaluación del rendimiento.

La implementación del Mantenimiento Planeado se llevará a cabo en 5 fases los cuales se describen a continuación.

Etaapa 1 Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo

Esta fase se lleva a cabo en los siguientes pasos:

20. Para implementar el TPM, es absolutamente necesario conocer la condición actual de los equipos, para ello se tiene que clasificar y ordenar los distintos tipos de averías que suceden en estos; el objetivo es tener un lenguaje común y estandarizar las averías que después resultarán más manejables a la hora de hacer gráficos. Dicha clasificación será en dos grupos:

- Averías Mecánicas
- Averías Eléctricas

21. A través de la información de la central de interrupciones se clasifican las averías mecánicas y eléctricas por incidencias y se muestran en gráficas las que son más repetitivas.

22. Se clasifican las averías mecánicas y eléctricas por horas de paro y se muestran en gráficas las que tienen mayor tiempo de paro.

23. Se realizan diagramas de Pareto para definir que fallas se atacarán primeramente o de acuerdo al presupuesto de mantenimiento se puedan realizar.

Etapas 2 Búsqueda y reconducción del equipo hacia su estado ideal

Una vez clasificadas las averías y de acuerdo con los resultados del diagrama de Pareto, se procede a realizar un plan de acción que servirá para reconducir el equipo hacia su estado ideal.

Esta fase se encuentra dividida en dos pasos:

24. Elaboración de un plan de acción de emergencia; el cual pretende proporcionar una solución rápida a las averías más apremiantes y que causan un defecto en las piezas. Este plan debe llevarse a cabo cuando no existe producción para que el departamento de mantenimiento tenga un mayor tiempo con los equipos y aplicar correctamente este plan.

Este paso se lleva a cabo de la siguiente manera:

- a. Se analizan las averías que se van a corregir y se dividen dependiendo de la célula a la que pertenezca el equipo que tenga dicha avería.
- b. Con los técnicos de mantenimiento se realizan las correcciones durante los fines de semana para no interrumpir la producción.
- c. Las acciones implementadas se describen en el formato de plan de acciones de emergencia que se describe en la **tabla 4.4.**

TABLA 4.4. Formato de cálculo plan de acciones de emergencia
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN	Sem		Fecha: 01.10.11		Plan de acciones correctivas
	C.C.		Área:	<u>Acabado</u>	FIN DE SEMANA
de México				<u>Cabeza</u>	
	Nave 10			<u>R5</u>	
Inventario:					
Descripción del Equipo:					
Descripción de la Falla/Avería			Descripción de la Acción a realizar		Hrs/Aplic
N.C.		HORA INICIO		HORA TERMINO	
Observaciones					

d. Se analizan los resultados obtenidos y se sacan conclusiones de acuerdo a lo observado en la implementación del plan.

25.Elaboración de un plan de mantenimiento semanal; el cual pretende evitar que se sufran más averías dando un mantenimiento preventivo a los equipos que presentan fallas continuamente. El formato para el programa de mantenimiento semanal se muestra en la **tabla 4.5.**

Este paso se lleva a cado de la siguiente manera:

- a. en base a las conclusiones y resultados del paso 1, se elabora el plan de mantenimiento semanal el cual comprende diversos aspectos como sistemas eléctricos, mecánicos, hidráulicos y neumáticos del equipo.
- b. Se elabora un formato de plan de mantenimiento semanal el cual es individual para cada equipo y en éste se describen las actividades que se realizaran en conjunto mantenimiento y producción. También se definen los días para llevar a cabo este mantenimiento.

TABLA 4.5. Formato de Plan de Mantenimiento semanal
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Mantto. Nave 10

VOLKSWAGEN DE MEXICO						
PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES						
EQUIPO: _____						
ELECTRICO/MECÁNICO				MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____		N.C. _____		REALIZO		N.C. _____
REALIZO		N.C. _____		REALIZO		
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
Parte averiada	Actividad a realizar			Actividades a realizar		
	Tiempo estimado			Tiempo estimado		
HORAS DE APLICACIÓN						
Observaciones						

A través de estos dos pasos el departamento de mantenimiento atacará las averías repetitivas y con mayor tiempo de paro además que sigue el objetivo de reconducir el equipo hacia su estado ideal.

Etapa 3 Mejora en el Sistema de Control de la Información

Con base en el análisis del Sistema de Control de Información a través de la central de interrupciones se implementan dos mejoras al sistema

- 26.** Integración de parámetros A; los cuáles definen en gran manera la calidad del producto que se elabora. Estos se describen en el formato de parámetros A ejemplificado en la **tabla 4.6.**

Tabla 4.6. Formato Parámetros A
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PARÁMETROS-A ACABADO R5						
MÁQUINA	PÁRAMETRO	TIPO	MIN	MÁX	ACCIÓN A REALIZAR	Estatus
		A				
		A				
		A				

27. Se realiza una base de datos de las refacciones y componentes de los equipos de la línea de acabado ya que de esta forma se ahorra tiempo al buscar una refacción o componente para realizar una reparación. La base de datos debe contener:

- a. Los planos de los equipos para mostrar a detalle las características de los mismos y con ello identificar rápidamente la pieza que se necesita para llevar a cabo la reparación.
- b. Nombre del equipo
- c. Planos de las partes del equipo
- d. El nombre de las partes del equipo
- e. El número de plano
- f. El número de folio del proveedor
- g. El número de parte del sistema de refacciones de Volkswagen de México.
- h. La cantidad de partes que lleva el equipo

En la **tabla 4.7.** se muestra el formato de la base de datos de refacciones.

TABLA 4.7. Formato de Base de datos de refacciones
FUENTE: Elaboración propia

Item	Ctd.	Denominación	Plano VW N°	Fabricante o DIN	Plano F+K N°	N° Proveedor	No VW
Dibujo							

Etapa 4 Establecimiento de un sistema de mantenimiento programado

El cuarto paso comprende la elaboración de un programa de mantenimiento programado el cual incluya a toda la línea y a todas las características del equipo. Su importancia recae en la programación que se haga de este a lo largo del año para no dejar mucho tiempo a un equipo sin un mantenimiento preventivo o estar dando mantenimiento repetidamente a un equipo que no lo necesita. Esta fase se lleva a cabo en dos fases:

28. Optimizar los instructivos de mantenimiento. En la **figura 4.1.** se muestra el formato para llevar a cabo el mantenimiento programado donde se consideran los siguientes aspectos:

- La célula de manufactura
- Clasificación del mantenimiento: eléctrico o mecánico
- Equipo al que se le aplicará el mantenimiento
- La frecuencia del mantenimiento el cual se manejará semanalmente
- Las horas de aplicación estimadas

- Información respecto al centro de costos, folio del instructivo, la línea de producción a la que se aplica, número de control del personal técnico que aplica el mantenimiento.

29. Los nuevos instructivos deben ser analizados por la gerencia de mantenimiento para que autoricen el plan y se lleve a cabo.

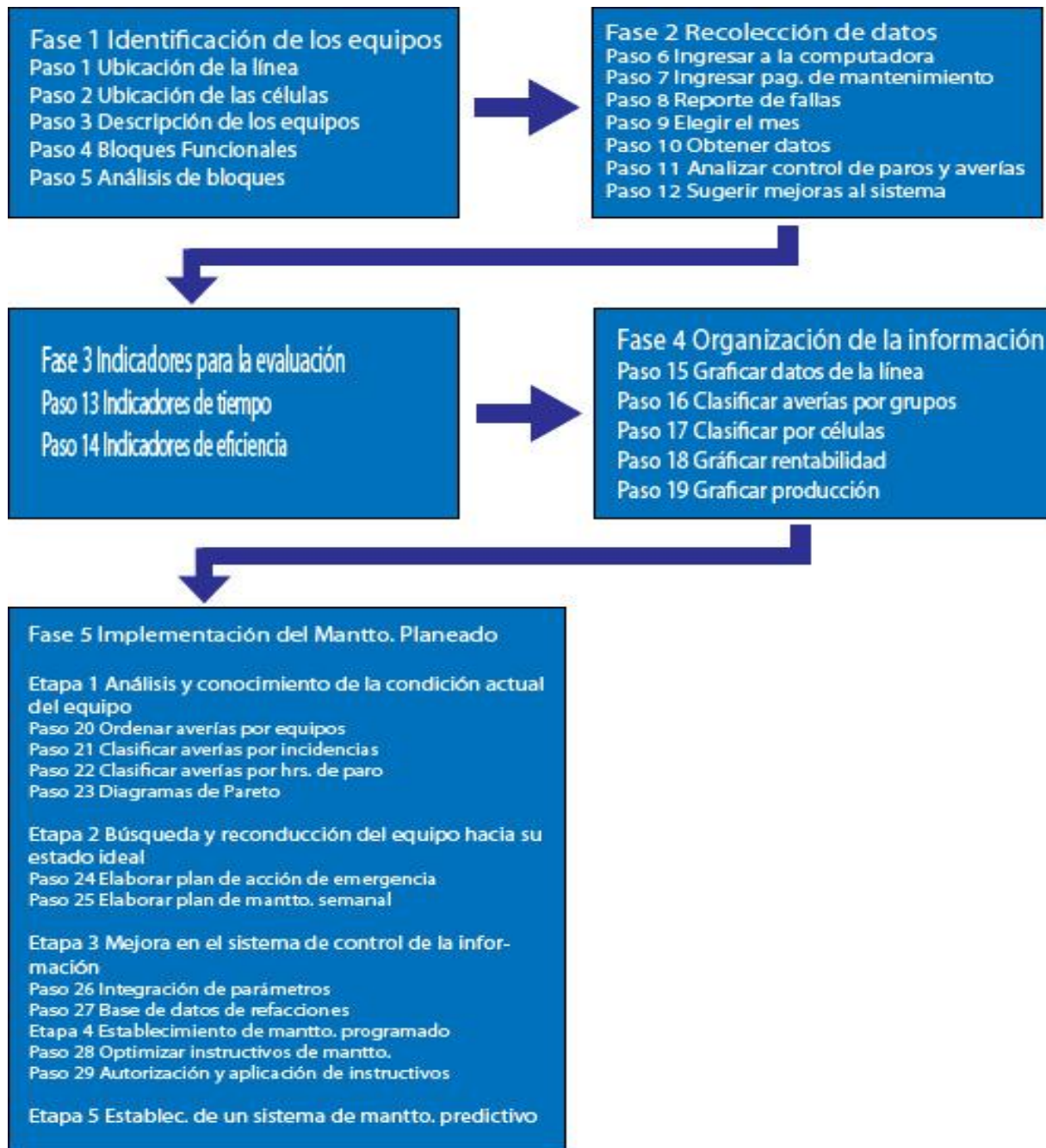
Etapas 5 Establecimiento de un sistema de mantenimiento predictivo

Como parte del mantenimiento preventivo, es necesario la creación de un plan de mantenimiento predictivo el cual pretende identificar síntomas de una posible falla antes de que esta suceda y actuar rápidamente para así evitar la falla.

El plan de mantenimiento predictivo comprende herramientas y equipos sofisticados para medir algunos parámetros que permitan predecir las fallas además del talento que desarrollen los operarios y técnicos de mantenimiento.

En la **figura 4.1.**, se expone la metodología en concreto que se utiliza para la implementación del Mantenimiento Planeado en la línea de acabado.

Figura 4.1. Diagrama de flujo Metodología
FUENTE: Elaboración propia



5. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA

Fase 1 Identificación de los equipos productivos de la línea de acabado

1. Se ubica la línea de acabado R5 dentro de la nave 10. En la **figura 5.1.** se muestra la ubicación.

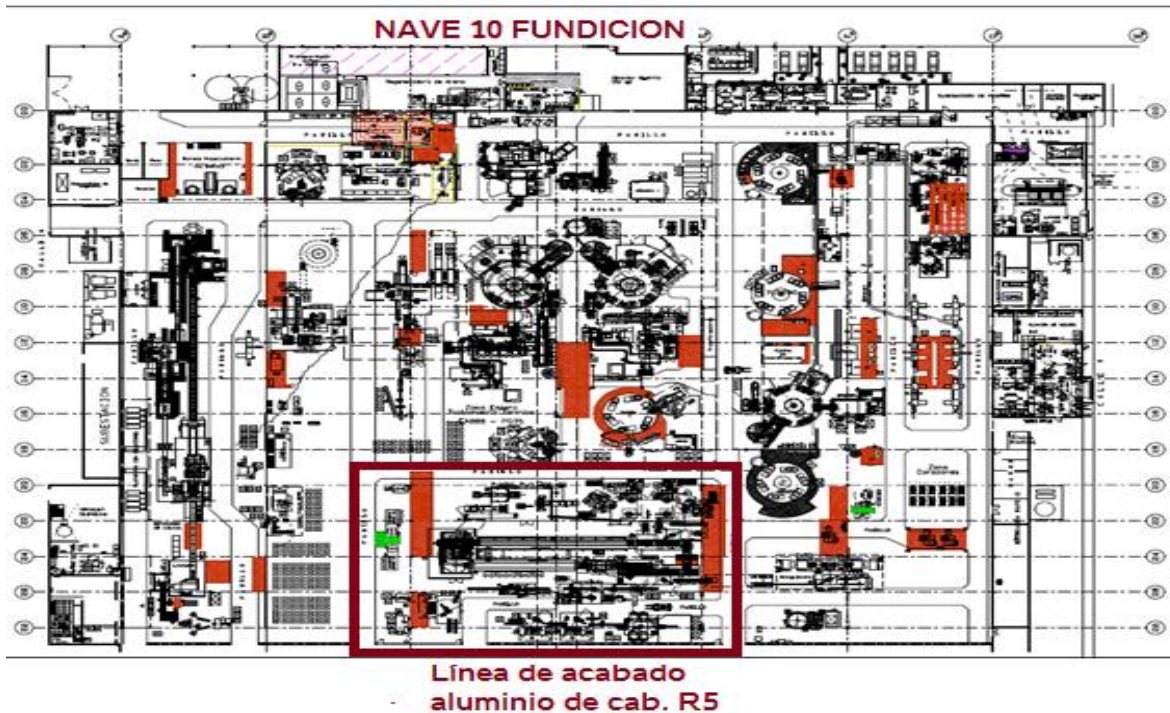


Figura 5.1. Distribución de la línea de acabado R5 dentro de la nave 10
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Planeación Nave 10

2. Se distinguen 6 células de manufactura que se llaman:

- Célula REIS
- Centros de Maquinado de Control Numérico (CNC) Deckel Maho
- Sistema de Tratamiento Término ELINO
- Lavadora Rösler
- Hermetizadora Paul Köster
- Sistema de Medición Láser

Dichas células de manufactura están distribuidas dentro de la nave 10 y se observan en el Layout representado en la **figura 5.2.**

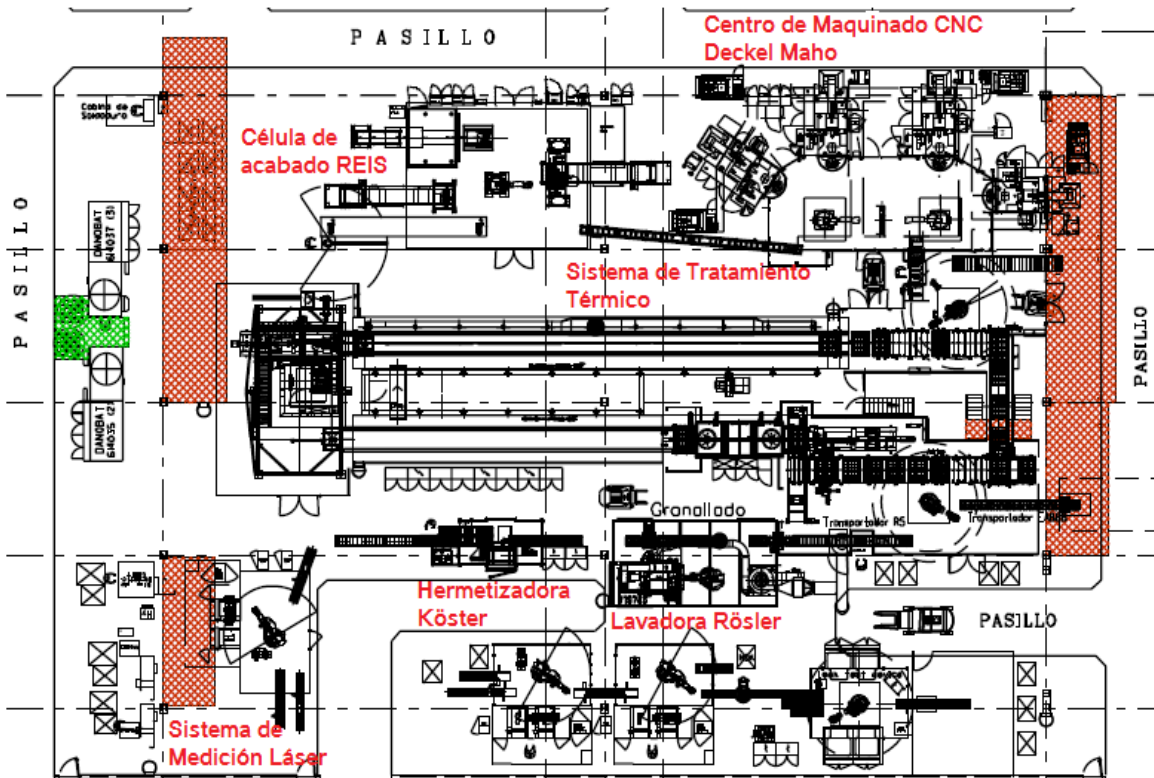


Figura 5.2. Distribución de las Células de Manufactura dentro de la Línea de Acabado
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Planeación Nave 10

3. Como ya se mencionó, el equipo está constituido por 6 células de manufactura; la integración de cada una de ellas se muestra en la **tabla 5.1.**

Tabla 5.1. Equipos que componen las células de manufactura
FUENTE: Elaboración propia

Célula REIS	
Equipo	Descripción
Banda de alimentación de piezas	Inicio del proceso de acabado de cabeza R5
Desbarbadora REIS	Eliminación de colada de cámaras.
Desarenadora REIS	Desarena las piezas a través de golpes de martillos y vibraciones
Cortadora REIS	Eliminación de mazarotas
Robot KUKA 1	Manipulación de las piezas en la célula
Banda de salida de piezas	Banda donde se colocan las piezas para el siguiente proceso
Centro de Maquinado CNC Deckel Maho	
Equipo	Descripción
Banda de alimentación de piezas	Banda de ingreso de piezas a la célula
CNC Deckel Maho 1	Fresado en zona de tapa y bridas, se barrena en zona de bancada
CNC Deckel Maho 2	Fresado en zona de tapa y bridas, se barrena en zona de bancada
Mesa Intermedia	Mesa de cambio de posición de pieza
Robot KUKA 2	Manipulador de piezas en célula
CNC Deckel Maho 3	Fresado en zonas de cámaras de combustión, ductos de escape y admisión
CNC Deckel Maho 4	Fresado en zonas de cámaras de combustión, ductos de escape y admisión
Robot KUKA 3	Manipulador de piezas en célula
Sistema de Tratamiento Térmico	
Equipo	Descripción
Banda de alimentación de piezas	Ingreso de piezas a la célula
Robot KUKA 4	Manipulador de piezas en célula
Banda de Stand-by	Banda de transporte de canastillas con cabezas R5
Apilador de canastillas	Coloca 3 canastillas apiladas
Horno de tratamiento térmico HTO	Solubilizado de piezas
Manipulador salida de HTO	Sumerge las piezas en una tina para disminuir la temperatura de las piezas
Horno de tratamiento térmico NTO	Envejecido de las piezas
Sistema de enfriamiento	Disminuye la temperatura de las piezas con aire ambiente
Desapilador de canastillas	Desapila las canastillas para poder ser extraídas de la célula

Robot KUKA 5	Manipulador de piezas en célula
Banda de salida de piezas	Banda donde se colocan las piezas para el siguiente proceso
Lavadora Rösler	
Equipo	Descripción
Banda de alimentación de piezas	Ingreso de piezas a la célula
Mesa giratoria	Cambia de posición a la pieza para su manipulación
Robot KUKA 6	Manipulador de piezas en célula
Lavadora de granalla	Acabado superficial de la cabeza R5
Mesa vibradora	Elimina exceso de granalla de los ductos de la pieza
Banda de salida de piezas	Banda donde se colocan las piezas para el siguiente proceso
Hermetizadora Paul Köster	
Equipo	Descripción
Banda de alimentación de piezas	Ingreso de piezas a la célula
Manipulador	Ingresa las piezas a la Hermetizadora
Hermetizadora	Prueba de hermeticidad de ductos de agua y aceite
Banda de salida de piezas	Banda donde se colocan las piezas para el siguiente proceso
Sistema de medición Láser	
Equipo	Descripción
Banda de alimentación de piezas	Ingreso de piezas a la célula
Robot KUKA 7	Manipulador de piezas en célula
Mesas de medición Láser	Medición de dimensiones internas de las cabezas R5
Banda de salida de piezas	Banda de salida de la línea de acabado R5

4. A partir de los bloques funcionales es posible agrupar a los equipos en las diferentes células de acuerdo a su uso o características similares. Como se mencionó anteriormente, no es necesario que todos los equipos tengan todos los bloques ya que éstos últimos estarán de forma generalizada. La clasificación por bloques se detalla en la **tabla 5.2.**

Tabla 5.2. Bloques funcionales línea de acabado R5

FUENTE: Elaboración propia

Cortadoras	
Bloques generales	Bloques específicos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema eléctrico • Sistema hidráulico • Sistema neumático • Sistema mecánico fijo (estructural) • Sistema neumático (avance) 	<ul style="list-style-type: none"> • Banda de extracción de rebabas • Carros • Sierra de corte • Sensores de presencia de pieza
Desarenadora y Lavadora	
Bloques generales	Bloques específicos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema mecánico fijo (Estructural) • Sistema mecánico móvil (Rotativo) • Sistema eléctrico • Sistema neumático • Sistema hidráulico • Sistema de engrase 	<ul style="list-style-type: none"> • Mesa de palets • Banda de extracción de arena • Dispositivo de vibrado • Martillos • Sensores de presencia de pieza
Centros de Maquinado CNC Deckel Maho	
Bloques generales	Bloques específicos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema mecánico móvil (rotativo) • Sistema eléctrico • Sistema de refrigerante • Sistema mecánico fijo (estructural) • Sistema hidráulico • Sistema neumático 	<ul style="list-style-type: none"> • Palets • Extractor de rebabas • Magazine de herramientas de corte • Plato divisor
Robots	
Bloques generales	Bloques específicos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema neumático • Sistema eléctrico • Sistema de engrase 	<ul style="list-style-type: none"> • Eje 1 • Eje 2 • Eje 3 • Eje 4 • Eje 5 • Eje 6 • Garra o gripper
Hornos de Tratamiento Térmico	
Bloques generales	Bloques específicos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema mecánico • Sistema de quemadores • Sistema de gas • Sistema eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportados de cadena de stand-by • Apiladores • Canastillas de cabezas

<ul style="list-style-type: none"> • Sistema neumático • Sistema de enfriamiento 	
Hermetizadora	
Bloques generales	Bloques específicos
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema mecánico • Sistema neumático • Sistema eléctrico • Sistema hidráulico • Sistema de lubricación 	<ul style="list-style-type: none"> • Manipulador • Fotosensores • Motores de engrane

5. Se analizan los equipos que necesitan una mejora en diseño y se presentarán como propuestas en un futuro en el capítulo 7 debido a que dichas mejoras no están incluidas en el presupuesto de la línea.

Fase 2 Recolección de datos

A través de la información que procesa la Central de Interrupciones fue posible obtener los datos referentes a la línea de producción. Los pasos que se llevaron a cabo son:

6. Se ingresa al sistema de información de la nave 10 por medio de la computadora de la oficina de mantenimiento de la misma nave.
7. Presionar clic en el ícono Internet Explorer y se escribe la dirección: <\\vwmxpufsmw\infonave10\mantenimiento> la cual ingresa a la página de mantenimiento de la nave.
8. Presionar clic en reporte de fallas y se elige el mes de donde se desee obtener la información. Cada mes presenta un acumulado de la información de los meses pasados. Se eligió el mes de junio para ver el acumulado del primer semestre del año 2011 para el desarrollo del proyecto.

9. Una vez elegido el mes de junio, se elige la línea de acabado R5 únicamente no tomando la información de toda la producción de cabezas R5 ya que el proyecto únicamente comprende esta línea.

10. Se abre el archivo en la sección **Reporte General de Fallas**. En la **Tabla 5.3**. se observa dicho formato.

Tabla 5.3 Reporte General de Fallas
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Reporte		REPORTE GENERAL DE FALLAS																						
NOVIEMBRE		ÁREA: CABEZA R5										C.C. 6122, 6123, 6124, 6125, 6126												
sem	Fecha	Folio	T	Tipo	C.C.	Inv	Máquina	Ene	Falla	Hora in	Hora fin	T hh:mm	T p4	Acción realizada	AI	NC	Hora ini	Hora fin	Tm hh:mm	tiempo	Nombre	MFe	Cat	Are
44	03/11/2011	35095	1	Correctivo	6122	619761	Robot KUKA máq. 2 CF	Electric	Robot no da salida en automático.	07:45	10:00	02:15	2.25	Se operó a condición de automático, ok	AI	502592	07:45	08:45	01:00	1.00	SÁNCHEZ	NOV	B	Cab. R4/R5
44	03/11/2011	OR0311	3	Correctivo	6126	619820	CNC Deckel Maho 4	Electric	Marca paro de emergencia, se bloquea el eje "Z"	00:00	00:30	00:30	0.50	Se coloca en posición y se resetea NCK	AI	502158	00:00	02:00	02:00	2.00	RAMIREZ	NOV	Máq. A	Cab. R4/R5
44	03/11/2011	35354	1	Correctivo	6124	662502-011	Maq. coquilla No. 11R5	Mecan	Máquina 11, carrusel 5, falta presión a bomba hidráulica.	06:55	07:35	00:40	0.67	Se checan y se ajustan rampas.	AI	500345	06:55	07:55	01:00	1.00	CRUZREI	NOV	B	Cab. R4/R5
44	03/11/2011	52088	2	Correctivo	6122	619590/1	Tinker-Omega CF	Electric	Falla en sistema tinker, no envía arena.	19:35	20:05	00:30	0.50	Se elimina falso contacto en una fase del interruptor principal del tablero del tinker, se reestablece sistema y se envía en automático.	AI	501388	19:35	21:35	02:00	2.00	CONTREF	NOV	C	Cab. R4/R5
44	03/11/2011	52486	2	Correctivo	6124	713291	Carr. 2 para R5	Electric	Falla en cucharones MG No. 2	19:52	20:27	00:35	0.58	Se referencia DKA y se colocan a posición los cucharones.	AI	502615	19:52	22:52	03:00	3.00	CORTECH	NOV	Máq. A	Cab. R4/R5
44	03/11/2011	52158	3	Correctivo	6124	656636	Maq. coquilla No. 1R5	Mecan	No pasa flujo de agua en flujómetro / cámaras de	02:20	04:20	02:00	2.00	Se cambia flujómetro, se prueba, ok	AI	502821	02:20	04:20	02:00	2.00	REYESRC	NOV	B	Cab. R4/R5
44	03/11/2011	52151	3	Correctivo	6126	619820	CNC Deckel Maho 4	Electric	Marca paro de emergencia, se bloquea el	04:15	05:15	01:00	1.00	Se resetea NCK, se referencian ejes, se prueba, ok, se vigila	AI	502821	04:15	06:15	02:00	2.00	REYESRC	NOV	Máq. A	Cab. R4/R5
44	04/11/2011	35357	1	Correctivo	6124	662502-011	Maq. coquilla No. 11R5	Mecan	Máquina 11, carrusel 5, falta presión a bomba	10:05	11:40	01:35	1.58	Se checan presiones, está ok	AI	500345	10:05	12:05	02:00	2.00	CRUZREI	NOV	B	Cab. R4/R5
44	04/11/2011	35356	1	Correctivo	6124	656636	Maq. coquilla No. 1R5	Mecan	Máquina 1, carrusel 2, no hay circulación de agua en las cámaras.	10:00	11:30	01:30	1.50	Se checa flujómetro y válvula, se pide a mecánicos de molde, checar flujo de agua hacia cámaras, está se revisan clavijas y motor eje Z se reporta a climatización falla en gabinete de enfriamiento	AI	500345	10:00	12:30	02:30	2.50	CRUZREI	NOV	B	Cab. R4/R5
44	04/11/2011	53954	2	Correctivo	6126	619820	CNC Deckel Maho 4	Electric	Falla en DMG #4, Z1, vigilancia de parada.	15:20	16:00	00:40	0.67	se checa tirante y se cambio de	AI	502555	15:20	17:20	02:00	2.00	LIMÓN MV	NOV	Máq. A	Cab. R4/R5
44	06/11/2011	53961	3	Correctivo	6126	619715	CNC Deckel Maho 1	Mecan	husillo DMG 1	04:15	05:15	01:00	1.00	se solda brazo de campana de inyección y gaseado queda ok	AI	502821	04:15	06:15	02:00	2.00	REYESRC	NOV	Máq. A	Cab. R4/R5
44	06/11/2011	52089	1	Correctivo	6122	619591	Hottinger 1 CF	Mecan	roto brazo que jala campana de inyección y	09:30	11:45	02:15	2.25	se cambia hta de 20 y se prueba en automatico	AI	202633	09:30	12:00	02:30	2.50	ROMERO	NOV	Máq. A	Cab. R4/R5
44	06/11/2011	53964	1	Correctivo	6126	619715	CNC Deckel Maho 1	Electric	falla husillo vacio	15:00	16:00	01:00	1.00		AI	501919	09:30	12:30	03:00	3.00	CESAR VV	NOV	Máq. A	Cab. R4/R5

En este reporte se observa la siguiente información:

- En la columna 1: La semana en que se sucedió la avería
- En la columna 2: La fecha en que se dio solución al problema
- En la columna 3: Un folio que se encuentra impreso en las tarjetas TPM para el reporte de una avería.
- En la columna 4: La prioridad de la averías contando 1 como el de mayor prioridad.
- En la columna 5: El tipo de Mantenimiento a realizar; que es Correctivo, Preventivo o Planeado. En este caso como es un reporte de fallas por lo regular se presentará un Mantenimiento Correctivo.
- En la columna 6: El Centro de Costos (CC) que es el número con que se distingue a una célula de manufactura dentro de la empresa y es este número que representa un proceso o una célula para términos monetarios.
- En la columna 7: El número de Inventario del equipo o maquinaria al que represente.
- En la columna 8: El nombre del equipo o maquinaria además del número que lo distingue si existen más de un equipo similar. Por ejemplo CNC Deckel Maho 1.
- En la columna 9: La clasificación de las Averías en eléctricas y mecánicas
- En la columna 10: se encuentra descrita la falla que presentó el equipo
- En las columnas 11 al 14: Se encuentran la información de la hora de inicio del paro y de la hora en que finaliza ésta que es cuando el técnico realiza la corrección necesaria. Además se contabilizan las horas de paro total y el tiempo de reparación.
- En la columna 15: Se describe la acción realizada por el técnico por ejemplo “se cambia flujómetro y se prueba con el nuevo”.
- En las columnas 16 al 25: Se describe información acerca del operador que reportó la falla como es número de control, nombre y datos acerca del área donde se dio la avería.

11. La información presentada en el reporte general de fallas es factible para el proyecto ya que en sus apartados concentra la información a través de gráficas donde las gerencias de mantenimiento y a la gerencia de producción de Cabeza R5 tienen un panorama de la línea en el momento que lo deseen y para el proyecto también se dispone de información diaria de la línea.

12. Las mejoras implementadas son:

- Tener un reporte gráfico de las fallas únicamente de la línea de acabado y no de toda la línea de producción de R5.
- Clasificar por centros de costos para tener un mejor control de la información de la línea.
- Mejoras a implementar se proporcionan en el capítulo 7

Fase 3 Indicadores para evaluación

13. Indicadores de tiempo

- **Tiempo de estado de un equipo de producción (TT):** Para el proyecto se elige el primer turno y 2 horas del segundo turno.
- **Tiempo requerido (TP):** Este tiempo se muestra en la **tabla 5.3.** en el formato de rentabilidad de la línea de acabado R5.
- **Tiempo de funcionamiento (TF):** Este tiempo se expone en la **tabla 5.3.** en el formato de rentabilidad de la línea de acabado R5.

14. Indicadores de eficiencia

- **Mantenibilidad:** Se calcula automáticamente en el formato de cálculo de rentabilidad para cada mes de la forma siguiente:
 - a. Se dividen las horas de paro totales del mes entre el número total de averías de ese mismo mes y se obtiene el MTTR (Tiempo medio de reparación) de la línea por mes.
 - b. Los resultados del primer semestre del año 2011 se exponen en la **tabla 5.4..**
- **Confiabilidad:** Se calcula automáticamente en el formato de cálculo de rentabilidad para cada mes de la forma siguiente:
 - a. Primero se restan las horas de paro del tiempo de carga
 - b. El resultado anterior se dividen entre el número de averías más 1
 - c. Los resultados del primer semestre del año 2011 se exponen en la **tabla 5.4..**

Tabla 5.4. Formato de Rentabilidad de la Línea de Acabado R5
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

		134.62	8077.2													
		Bench	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Acum	Meta
ACABADO R5	2010	Bench	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Acum	Meta
Horas paro	0.00		54.33	56.62	93.33	56.25	83.25	48.57	58.58							
Minutos paro		8077200	3259.8	3397.2	5599.8	3375.0	4995.0	2914.0	3515.0				0.0	0.0		
PIEZAS PRODUCIDAS	154819	20191	12616	12915	15376	12857	14076	17207	15472							
Unidad producida (tiempo paro)		400.04	258.39	263.04	364.19	262.50	354.86	169.35	227.18	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	258.4	280.03
		400.04														280.03
No. de Averías	0	79	33	40	46	29	48	33	32						37	43
		79														43
TIEMPO DE CARGA			304.10	316.93	372.5	318.189	336.32	411.64	373.06							
MTTR		1.51	1.65	1.42	2.03	1.94	1.73	1.47	1.83	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!		1.21
		1.51														1.21
MTBF		2.17	7.35	6.35	5.94	8.73	5.16	10.68	9.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		2.60
		2.17														2.60
COSTOS	\$0															
Unidad producida (costos)		\$0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.0	0.00
		0.00														0.00
INDICADOR	Maquina en paso 2	cumplen meta 75% reducción	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%	fuera de meta 75%							
Abance %	0%	#DIV/0!	#DIV/0!													
Absoluto																
T. Azules			7	1	1	0	1	0	25	8	0	1				
T. Azules acumuladas			7	8	9	9	10	10	35	43	43	44				
T. Rojas Entran			11	4	13	0	8	0	27	13	0	5				
T. Rojas se Cierran			11	4	13	0	8	0	27	7	0	0				
Meta (Brecha < 20%)			8.8	12	22.4	22.4	28.8	28.8	50.4	60.8	60.8	64.8				
Acumuladas Entran			11	15	28	28	36	36	63	76	76	81				
Acumuladas Cerradas			11	15	28	28	36	36	63	70	70	70				
Brecha (Pendiente)			0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	8%	8%	14%	#####	#####		
TIEMPO DE PARO 2010															0.00	#DIV/0!
# de Averías 2010															0	#DIV/0!
TIEMPO DE CARGA 2010															0	
COSTOS 2010															\$0	
DISPONIBILIDAD 2010															0	

Fase 4 Organización de datos del equipo a través del sistema de información

15. Gráficas generales de la línea

Se obtienen los datos de las averías del primer semestre del año 2011. La información se muestra a través de la **figura 5.3.**

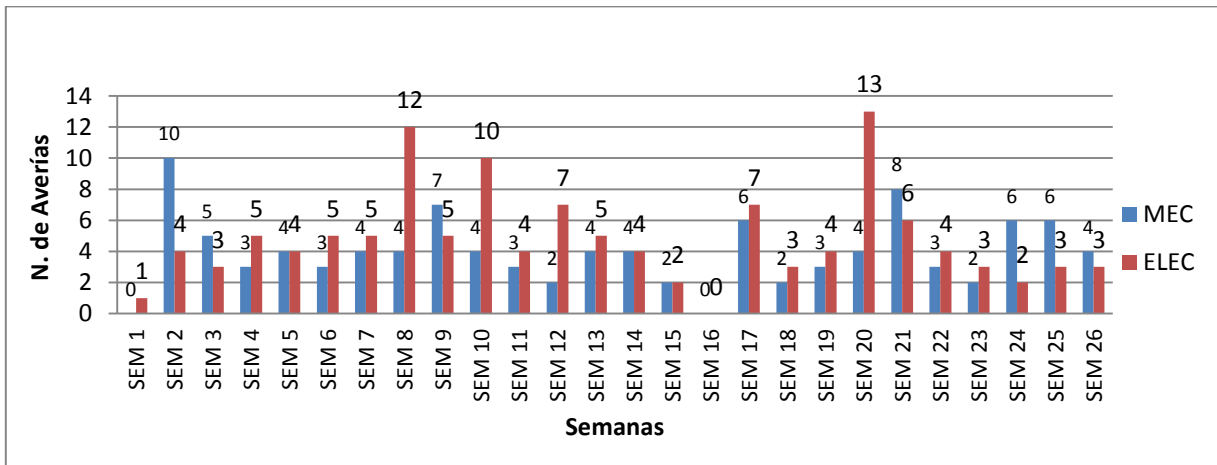


Figura 5.3. Averías Acabado R5 Sem 1-26
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.4.**, se detallan las horas de paro semanales de la línea en el mismo periodo de tiempo.

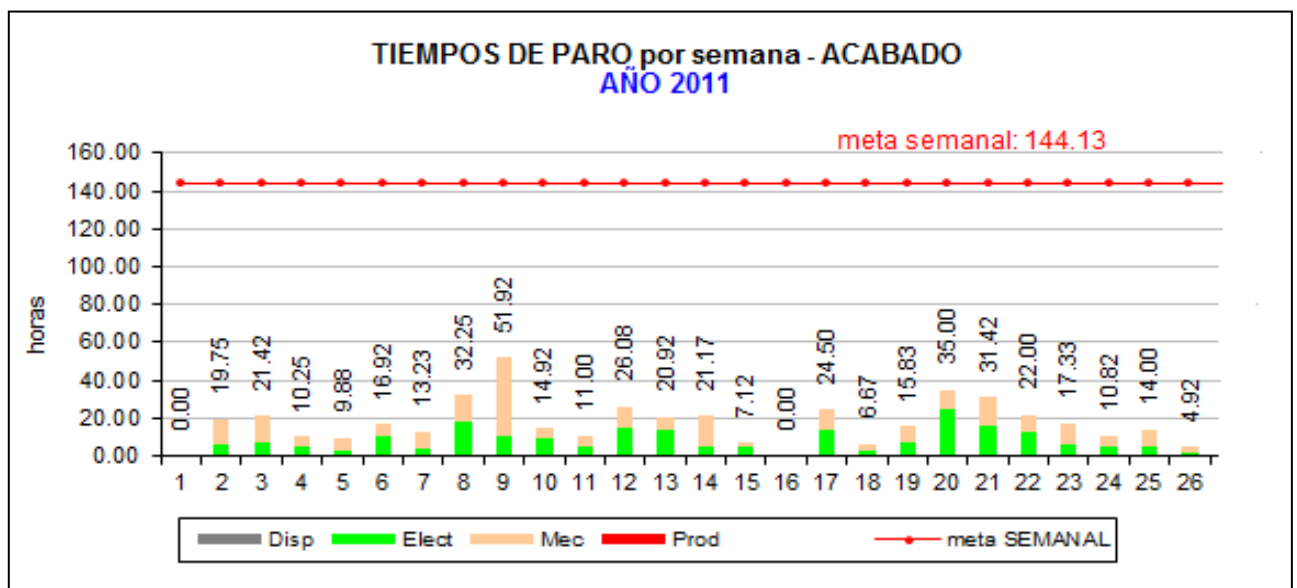


Figura 5.4. Tiempos de Paro Acabado R5 Sem 1-26
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

16. Clasificación de las averías por célula de manufactura

En la **figura 5.5.**, se observa el total de averías correspondientes a cada célula de manufactura.

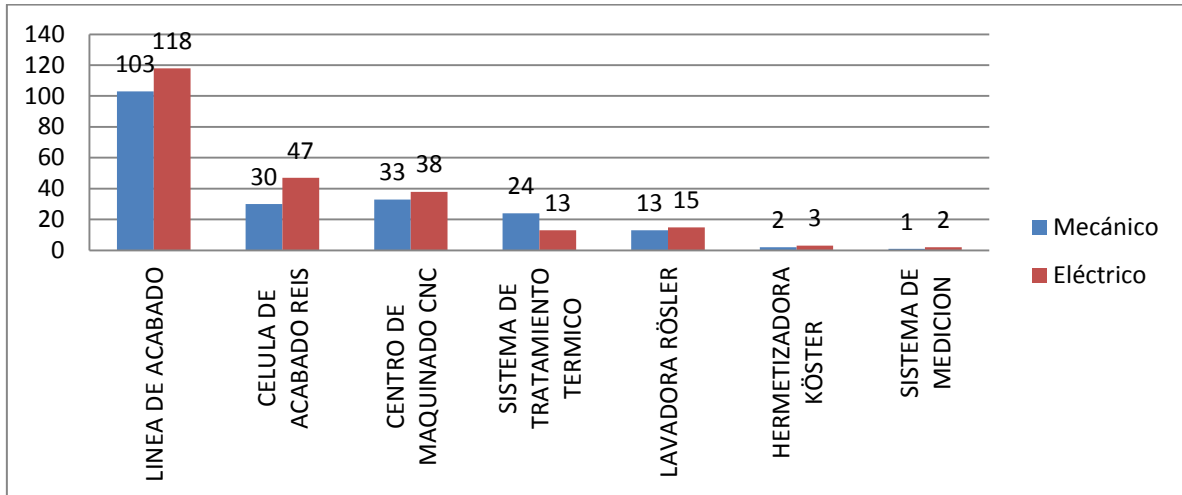


Figura 5.5. Averías por Célula. Acabado R5 Sem 1-26
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

17. Clasificación de las averías dentro de cada célula de manufactura.

La **figura 5.6.**, muestra las averías que presenta la célula REIS y a que equipo pertenece durante el mismo periodo de tiempo.

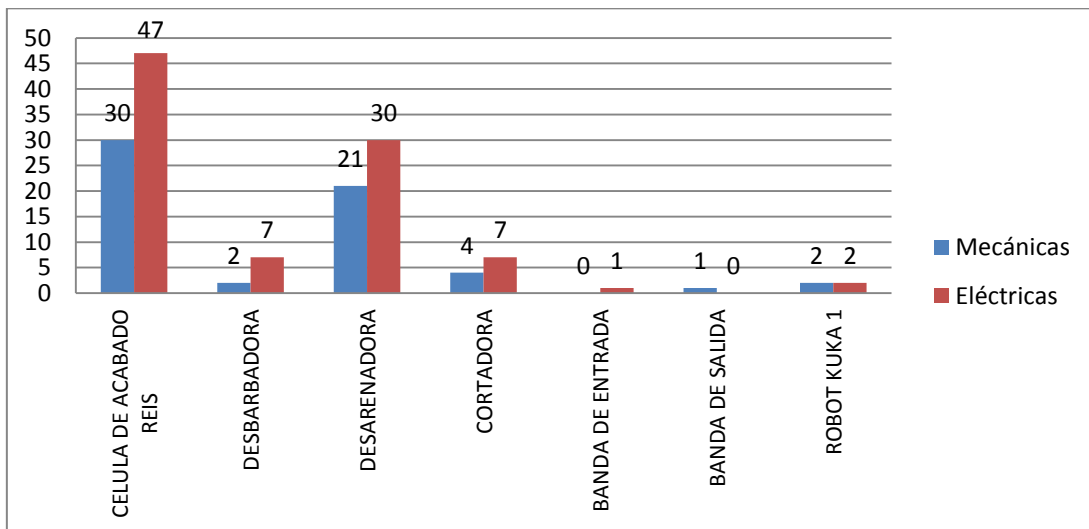


Figura 5.6. Averías Célula REIS Sem 1-26
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Las averías del CNC Deckel Maho y a que equipo pertenecen se muestran en la figura 5.7..

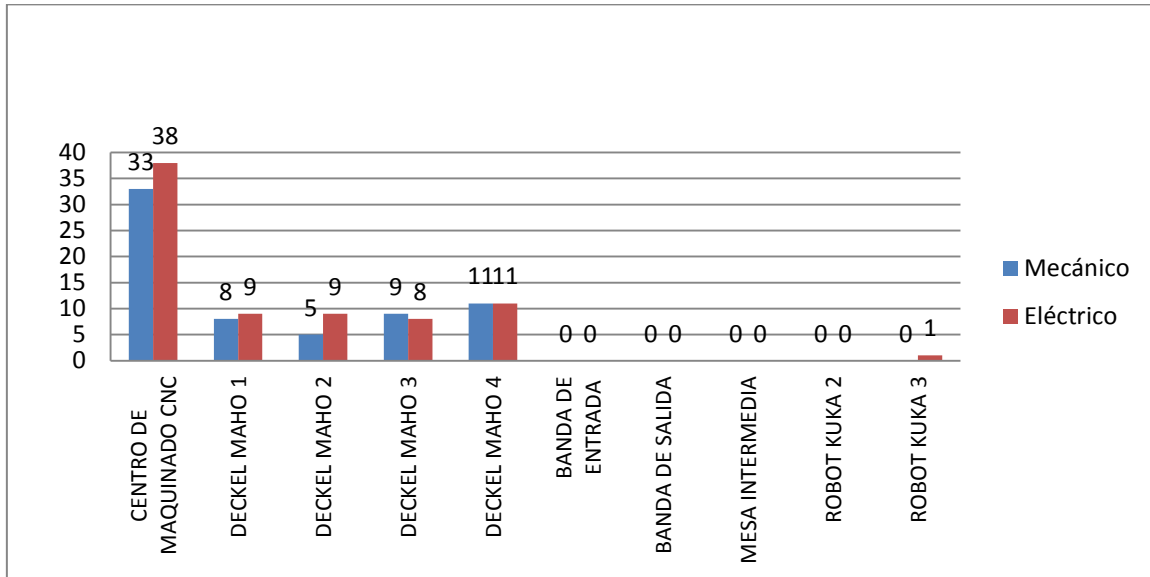


Figura 5.7. Averías CNC Deckel Maho Sem 1-26
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la figura 5.8., se presenta las averías del Sistema de Tratamiento Térmico y cuáles son los equipos que la conforman.

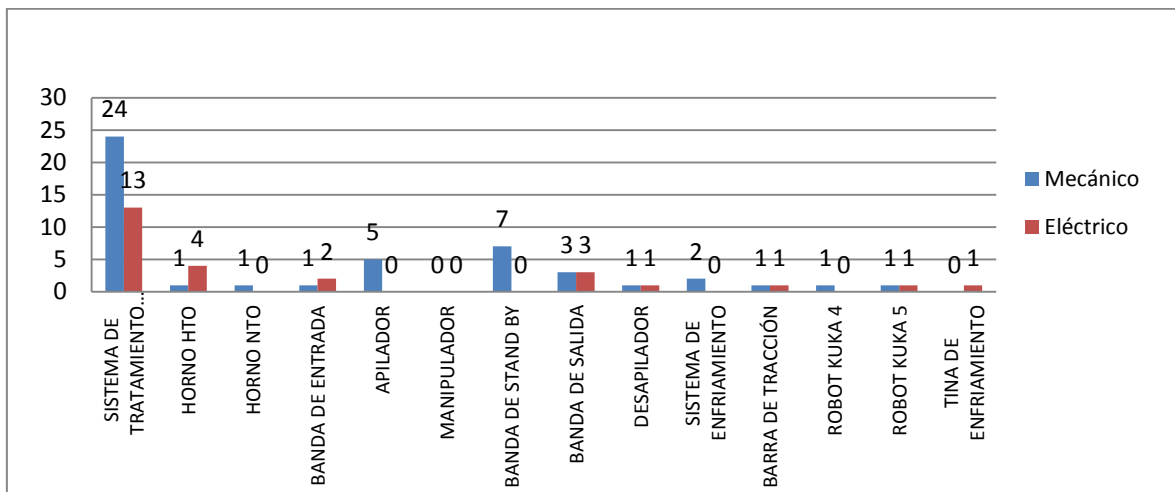


Figura 5.8. Averías Sistema de Tratamiento Térmico Sem 1-26
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

La información de las averías de la Lavadora Rösler está representada en la **figura 5.9.**

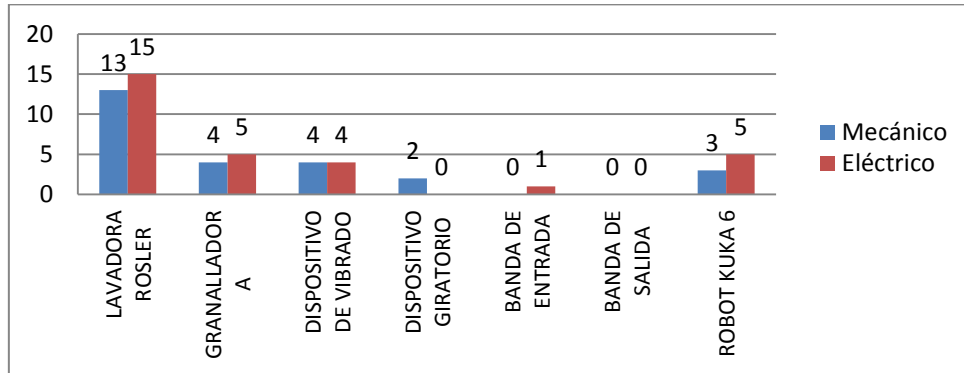


Figura 5.9. Averías Lavadora de Granalla Sem 1-26
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

La clasificación de averías de la Hermetizadora está representada en la **figura 5.10.**

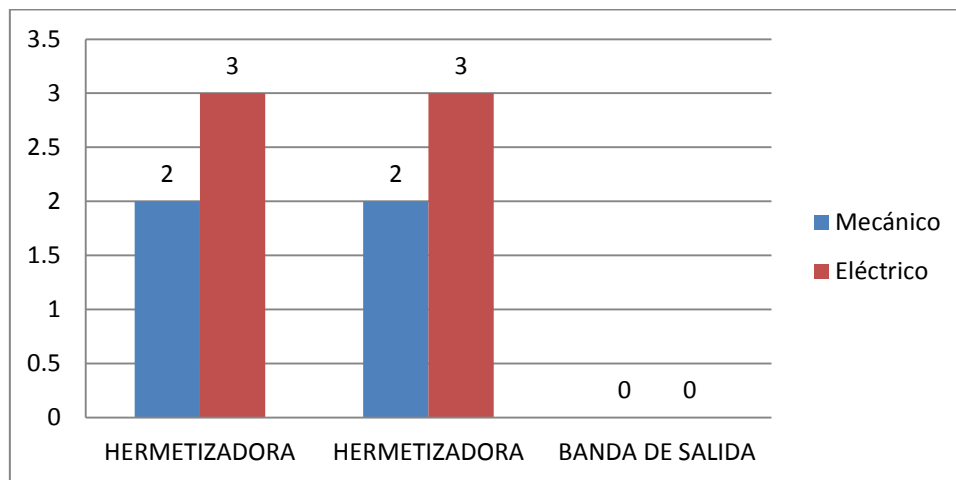


Figura 5.10. Averías Hermetizadora 1-26
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Las averías del Sistema de Medición se muestran en la **figura 5.11.**

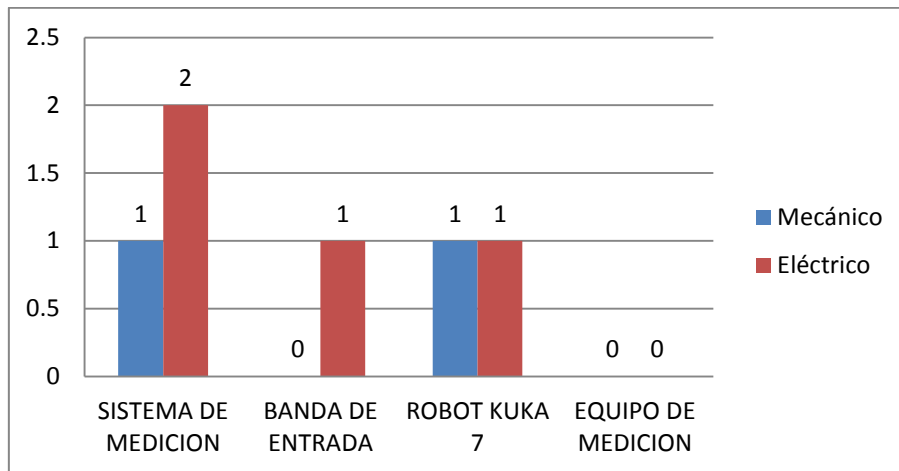


Figura 5.11. Averías Sistema de Medición Sem1-26
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

18. Rentabilidad

Como se explicó en el capítulo 4, los índices de rentabilidad se calculan automáticamente. En la **figura 5.12.**, se observan los minutos de paro por cada 1000 piezas producidas durante los primeros 7 meses del año.

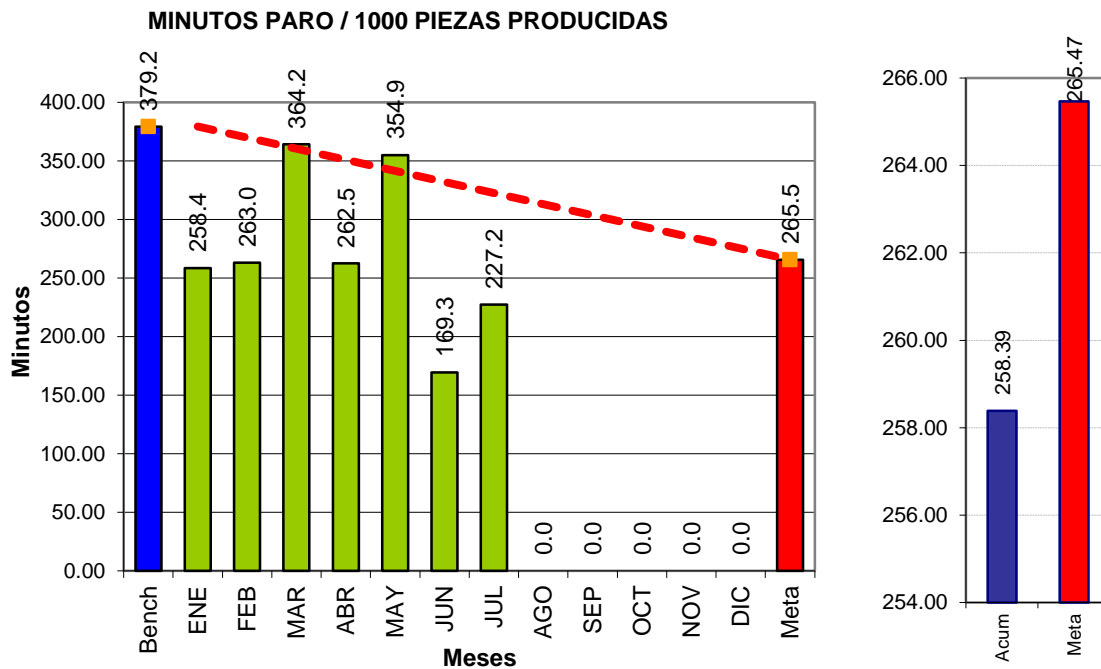


Figura 5.12. Minutos de paro / 1000 pzas producidas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.13.**, se muestra el número de averías por cada 1000 piezas producidas. La meta esperada es un 45% menos que el año anterior.

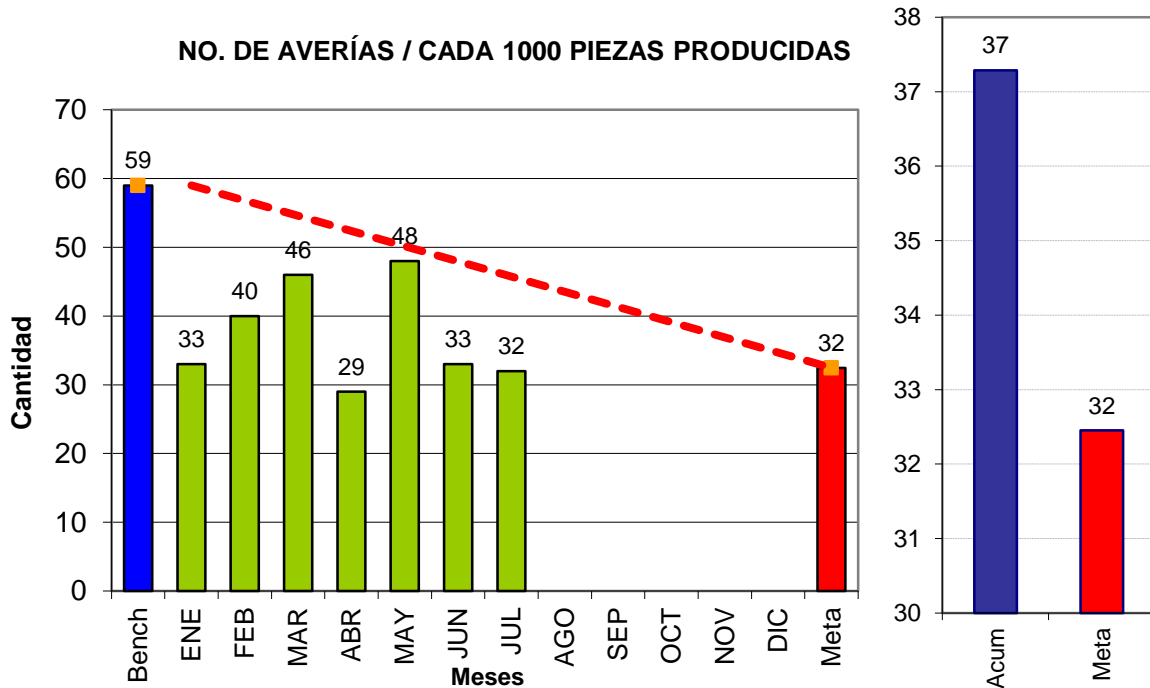


Figura 5.13. No. De Averías / 1000 pzas producidas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.14.**, se muestra el Tiempo Medio de Buen Funcionamiento (MTBF) de la línea de acabado R5.

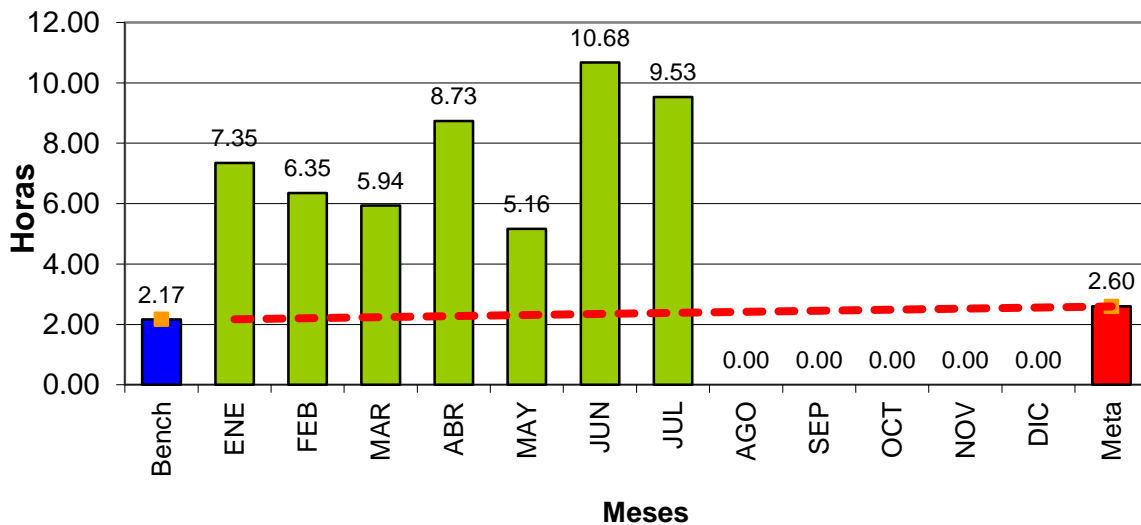


Figura 5.14. Tiempo Medio de Buen Funcionamiento (MTBF)
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.15.** se observa el MTTR durante los primeros 7 meses del año 2011.

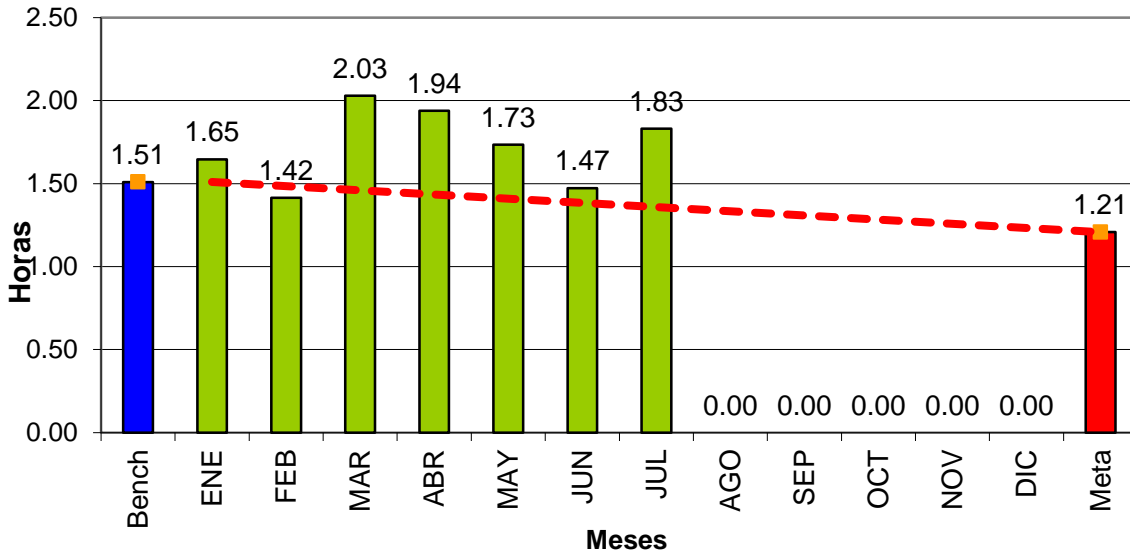


Figura 5.15. Tiempo Medio de Reparación (MTTR)
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.16.**, se muestra el estado de las tarjetas TPM de las cuales las Rojas representan una avería mayor, las azules una avería menor o un desperfecto estructural del equipo.

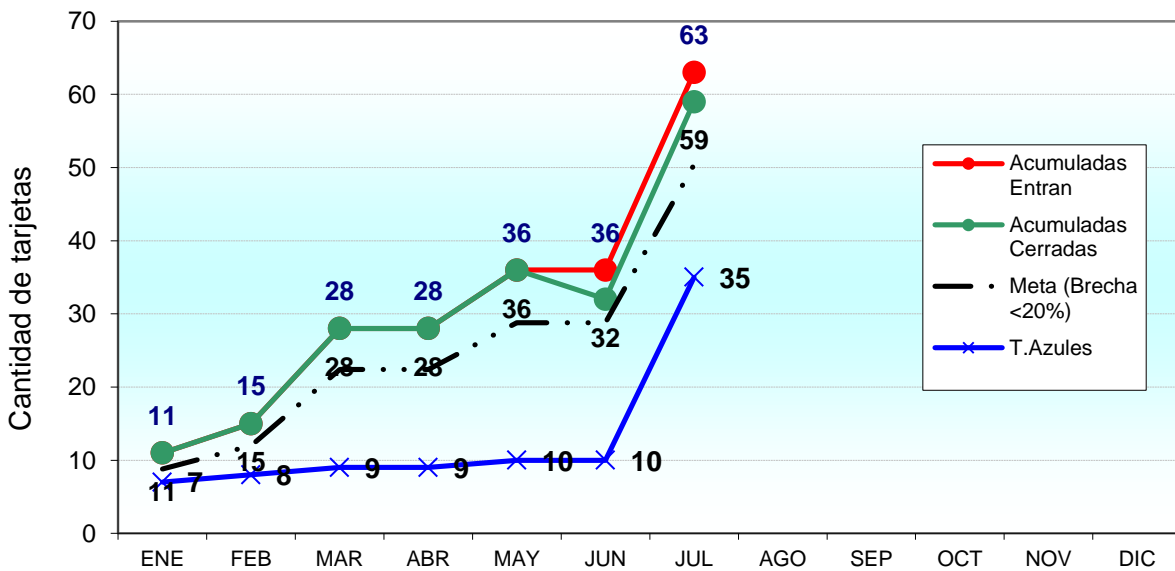


Figura 5.16. Tarjetas TPM
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

19. Análisis de la producción

. En la **figura 5.17.**, se muestra la producción que es liberada como OK.

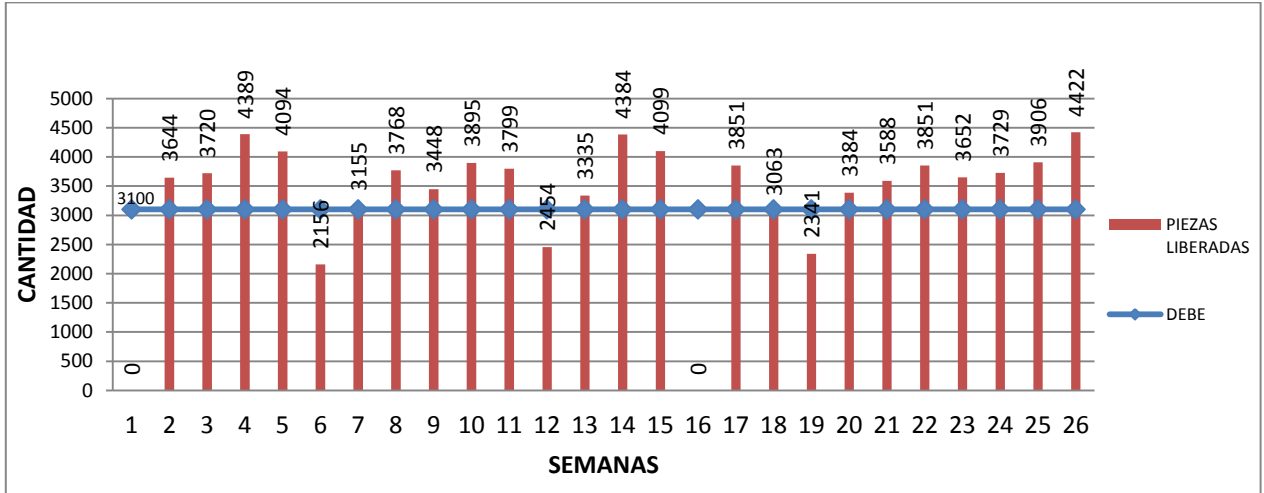


Figura 5.17. Piezas Liberadas

FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.18.**, se muestra la producción que es enviado al cliente (NAVE 6).

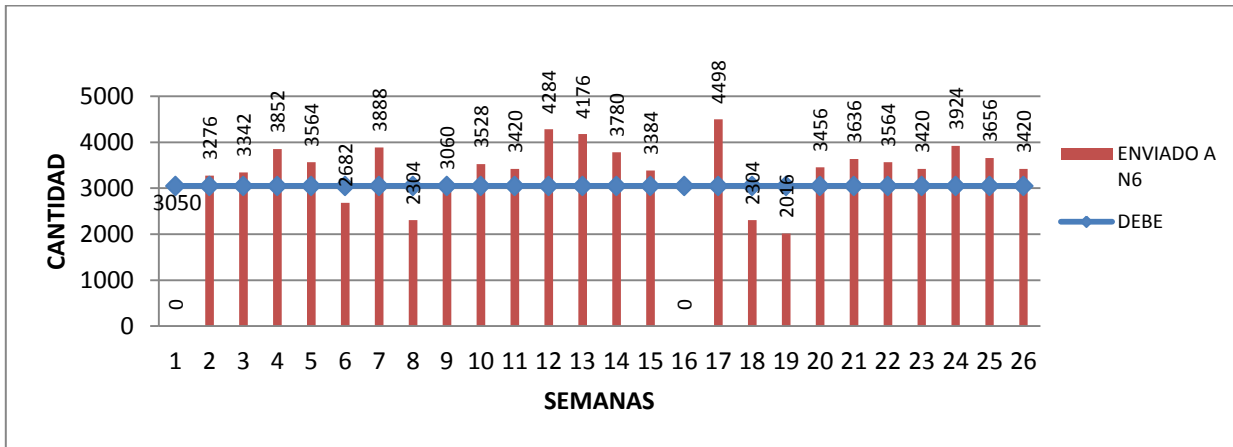


Figura 5.18. Piezas Enviadas a Nave 6

FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

La **figura 5.19.** muestra la cantidad de piezas en stock a lo largo del mismo periodo de tiempo.

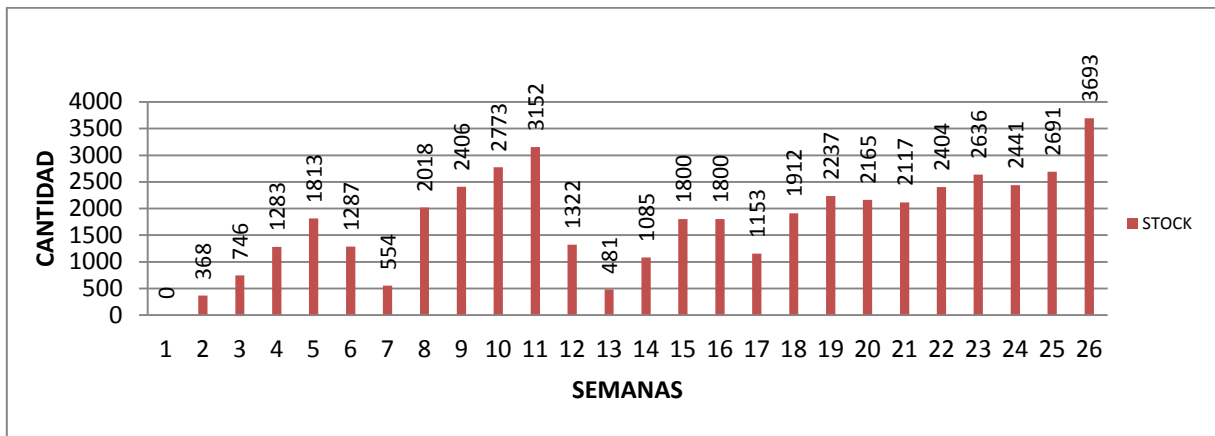


Figura 5.19. Piezas en Stock
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Fase 5 Implementación del TPM (Mantenimiento Planeado) en la línea

El Mantenimiento Planeado se implementará en toda la línea de acabado aluminio de cabeza R5 lo cual implica una acción combinada entre las gerencias de producción y la de mantenimiento para tener los mismos objetivos y metas por alcanzar. Además implica la formación y capacitación del personal responsable de la línea y de los técnicos responsables del mantenimiento de la misma.

Etapa 1 Análisis y conocimiento de la condición actual operativa del equipo

La etapa 1 se lleva a cabo en los siguientes pasos:

20. Se clasifican las averías en dos grupos: Averías Mecánicas y Eléctricas. En la **tabla 5.5.**, se observa el total de averías clasificadas de los primeros 6 meses del año 2011 y que servirá como referencia para comenzar a aplicar las mejoras.

Tabla 5.5. Averías Totales Sem 1-26
 FUENTE: **Volkswagen de México S.A. de C.V.** Central de Interrupciones

NOMBRE	AVERIAS MECANICAS	AVERIAS ELECTRICAS
CELULA DE ACABADO REIS	53	90
DESBARBADORA	4	13
DESARENADORA	35	57
CORTADORA	8	13
BANDA DE ENTRADA	0	2
BANDA DE SALIDA	2	0
ROBOT KUKA 1	4	5
CENTRO DE MAQUINADO CNC DECKEL MAHO	64	76
DECKEL MAHO 1	15	17
DECKEL MAHO 2	10	18
DECKEL MAHO 3	17	16
DECKEL MAHO 4	22	22
BANDA DE ENTRADA	0	0
BANDA DE SALIDA	0	0
MESA INTERMEDIA	0	0
ROBOT KUKA 2	0	0
ROBOT KUKA 3	0	3
SISTEMA DE TRATAMIENTO TERMICO	45	24
HORNO HTO	1	7
HORNO NTO	2	0
BANDA DE ENTRADA	2	3
APILADOR	10	0
MANIPULADOR	0	0
BANDA DE STAND BY	14	0
BANDA DE SALIDA	5	6
DESAPILADOR	1	2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO	4	0
BARRA DE TRACCIÓN	2	2
ROBOT KUKA 4	2	0
ROBOT KUKA 5	2	2
TINA DE ENFRIAMIENTO	0	2
LAVADORA ROSLER	23	32
GRANALLADORA	6	10
DISPOSITIVO DE VIBRADO	7	8
DISPOSITIVO GIRATORIO	4	0
BANDA DE ENTRADA	0	2
BANDA DE SALIDA	0	0
ROBOT KUKA 6	6	12
HERMETIZADORA	4	6
HERMETIZADORA	4	6

BANDA DE SALIDA	0	0
SISTEMA DE MEDICION	2	4
BANDA DE ENTRADA	0	2
ROBOT KUKA 7	2	2
EQUIPO DE MEDICION	0	0

21. Se clasifican las averías mecánicas y eléctricas por frecuencia de paro. En la **figura 5.20.**, se ven cuáles fallas mecánicas son las más repetitivas.

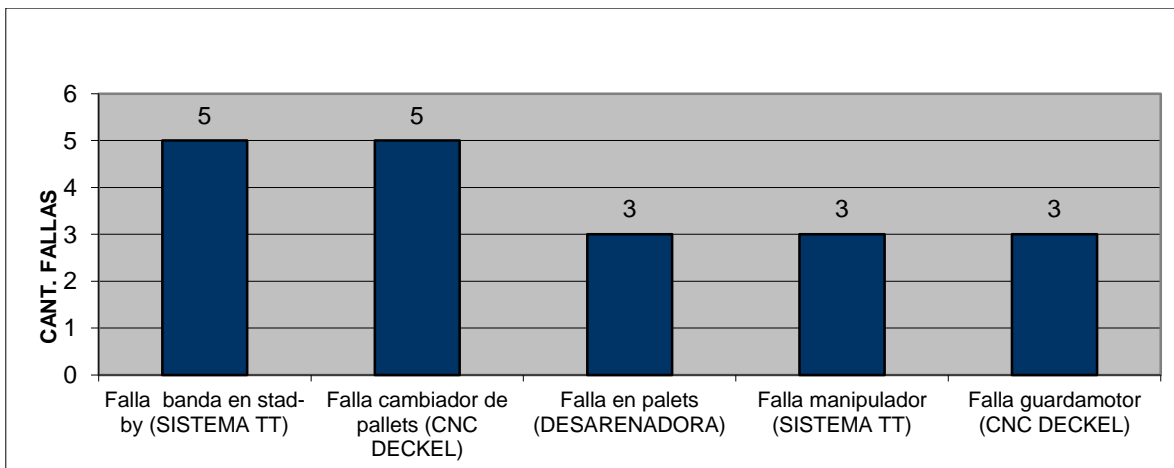


Figura 5.20. Averías Mecánicas/Cantidad de averías Sem 1-26
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.21.**, se muestra la cantidad de averías eléctricas por equipo.

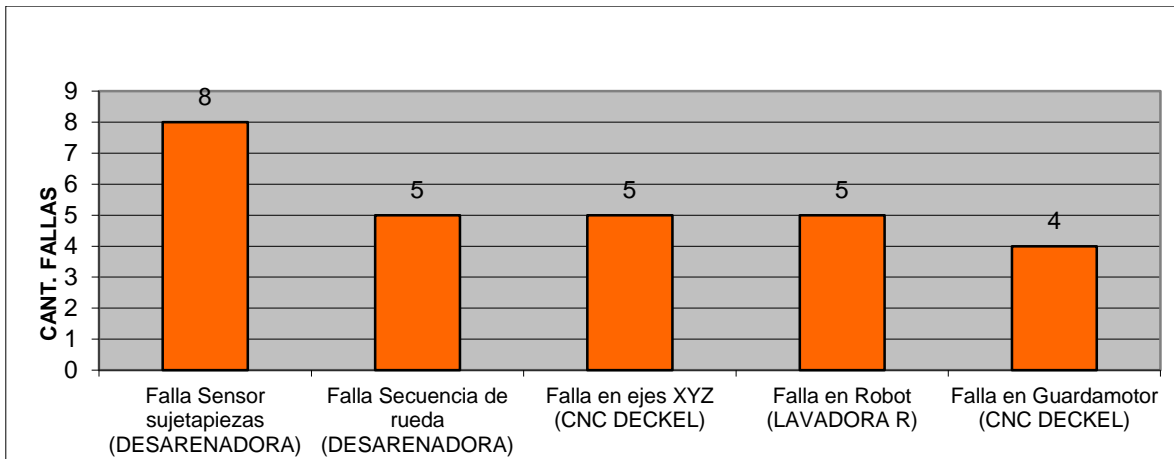
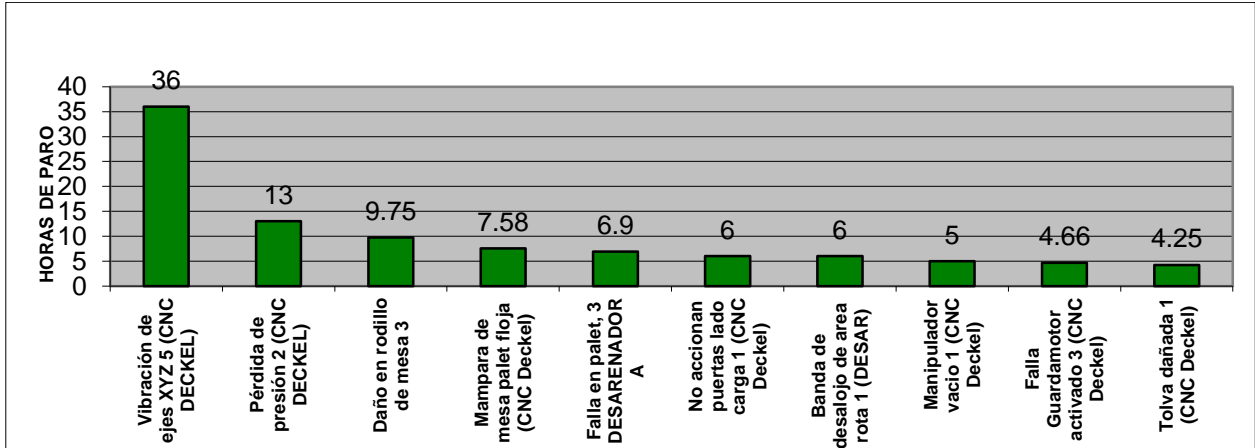


Figura 5.21. Averías Eléctricas/Cantidad de averías Sem 1-26
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

22. Se clasifican las averías por horas de paro. En la **figura 5.22.**, se ven las horas de paro de averías eléctricas y a que equipo corresponden.



Gráfica 5.22. Averías Mecánicas/Hrs De paro 1-26
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

En la **figura 5.23.**, se muestran las horas de paro de las averías eléctricas.

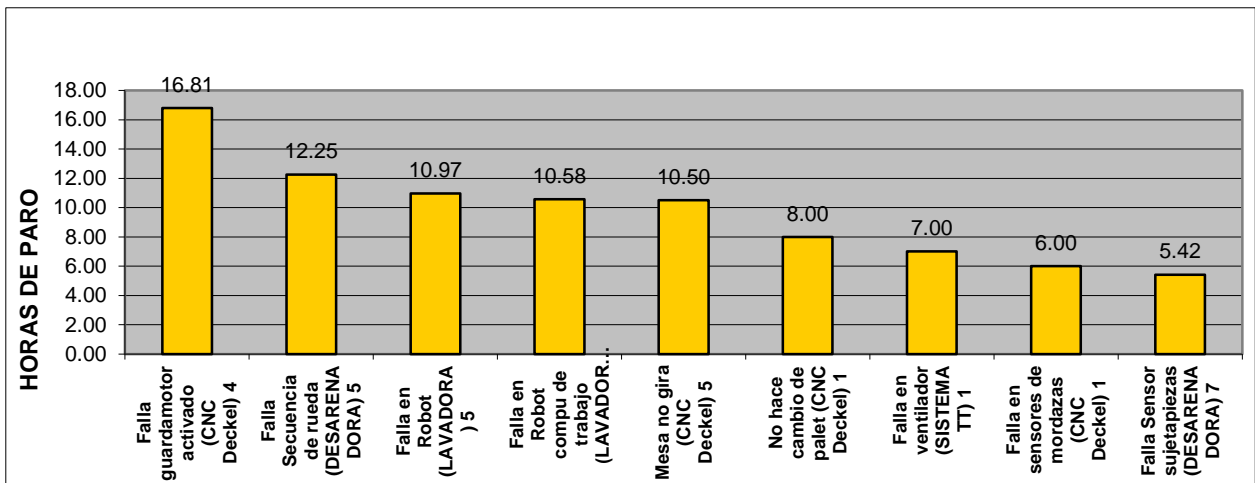


Figura 5.23. Averías Eléctricas/Hrs de paro Sem 1-26
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

23. Se utiliza el diagrama de Pareto para elegir las averías que se atacarán primeramente. Los resultados del diagrama de Pareto se presentan en la **tabla 5.6.**

Tabla 5.6. Resultados del diagrama de Pareto
Fuente: Elaboración propia

AVERÍAS ELÉCTRICAS			
EQUIPO	HORAS DE PARO	%	% ACUMULADO
Guardamotor activo CNC DECKEL	16.81	21.8	21.8
Secuencia de rueda DESARENADORA	12.25	15.9	37.8
Robot	10.97	14.3	52
Mesa de carga CNC DECKEL	10.5	13.6	65.7
Cambio de palets CNC DECKEL	8	10.4	76.1
Ventiladores SISTEMA TT	7	9.1	85.2
Sensores sujetapiezas CNC DECKEL	6	7.8	93
Sensores sujetapiezas DESARENADORA	5.42	7	100
AVERÍAS MECÁNICAS			
Vibración de ejes CNC DECKEL	36	36.3	36.3
Pérdida de presión CNC DECKEL	13	13.1	49.4
Rodillos de mesa CNC DECKEL	9.75	9.8	59.3
Mesa de palets CNC DECKEL	7.58	7.6	66.9
Palets DESARENADORA	6.9	7	73.9
Banda de extracción de arena DESAREN	6	6.1	79.9
Puertas de carga CNC DECKEL	6	6.1	86
Magazine CNC DECKEL	5	5	91
Guardamotor CNC DECKEL	4.66	4.7	95.7
Tolva CNC DECKEL	4.25	4.3	100

A través de los resultados mostrados por el diagrama de Pareto (diagramas como anexo A), se tiene la capacidad de implementar diversas acciones para reducir estas horas de paro y averías. Un dato importante es que se han tomado acciones antes, pero las fallas se repiten por lo que no se ha encontrado la causa raíz de estos problemas.

Por tal motivo es necesario tomar medidas eficientes para que se eliminen las averías y las causas que las provocan. Un aspecto a considerar es el recurso económico para implementar acciones ya que no se tiene un presupuesto para esto, se necesita encontrar una solución sin errores ya que un error representa un costo económico para la línea de acabado lo que afecta directamente el precio de la pieza.

Etapas 2 Búsqueda y Reconducción del equipo hacia su estado ideal

El siguiente paso es el de buscar la reconducción del equipo hacia su estado ideal. Es necesario implementar una acción correctiva para las averías repetitivas y con mayores tiempos de paro; esta acción será el paso 1 de esta fase.

24.: Elaboración del plan de acciones correctivas

Se trabaja en conjunto con las coordinaciones de mantenimiento y producción de cabezas R5 para tener el tiempo necesario para realizar acciones de mejora.

a. Célula REIS

Sin duda alguna con los datos obtenidos, esta célula es una de las más conflictivas dentro de la línea de acabado. Se comienza a realizar la acción correctiva a 4 averías repetitivas y que causan muchos paros menores.

1. Falla en sensores de sujetapiezas de la desarenadora

Las acciones que se realizaron sobre esta falla anteriormente fueron:

- Inspeccionar los sensores para ver cuáles estaban dañados
- Quitar los sensores dañados y colocar nuevos.

Las acciones del plan de acciones correctivas son:

- Realizar limpieza del área donde se encuentran los sensores.
- Inspeccionar los sensores para observar cuáles presentan daños
- Se realiza un análisis rápido sobre las causas por el que se dañan
- Se realiza experimento con la máquina en marcha
- Se observa con este experimento que al momento de la llegada de la mesa de palets, ésta toca ligeramente a los sensores los cuales al recibir un pequeño golpe constantemente, se dañan.
- Se realizan mediciones milimétricas de la distancia entre el sensor y las mordazas sujetapiezas.
- Se colocan nuevos sensores en una distancia en la que no pueda ser golpeado por la mesa y que se encuentre dentro del rango de señal del mismo.

2. Falla en palets

Los palets son piezas que sostienen a la pieza mientras ésta se encuentra en el proceso de desarenado. La principal avería que presenta es la pérdida de señal de las mordazas que las sujetan y pérdida de presión. Según el plan de acciones correctivas lo que se implementó fue lo siguiente:

- Se dio limpieza al área de palets y se observó el estado de los palets, sujetapalets, sujetapiezas y el sistema neumático que los sostiene.
- Se cambia toda la tornillería ya que presentan un alto grado de desgaste por las vibraciones.
- Se cambian mangueras que presentan fugas del sistema neumático
- Se refrescan las guías para que no exista demasiada tensión y evite que se dañen las mordazas.

3. Falla en sensores de rueda

Se realizan los mismos pasos que en la falla 1, sin embargo aún se presenta fallas en el sensor de la rueda debido al giro que realiza constantemente. Se analiza la posibilidad de cambiar el sensor por uno que pueda trabajar bajo condiciones adversas. Este análisis lo realiza el departamento de TPM junto con el departamento de planeación para adquirir dichos sensores con otro proveedor o iniciar con el rediseño de esa parte del equipo.

4. Falla en secuencia de rueda.

Este problema requirió de un trabajo delicado ya que la secuencia de la rueda es el giro que realiza la desarenadora durante el proceso de desarenado. Cuando se pierde la secuencia es que el equipo deja de girar y el proceso se detiene. En el plan de acciones correctivas se tomaron las siguientes medidas:

- Resetear el sistema controlador de la desarenado y regresar a posición cero.
- Realizar limpieza de los rieles de la rueda y verificar el estado de las conexiones eléctricas.
- Tener bajo observación el comportamiento de la rueda y de los parámetros ya que si se presentan algunos desajustes en los parámetros, es posible que la avería se vuelva a repetir.

Se elabora un reporte con las fallas anteriormente descritas y se envía a la central de interrupciones para que se analice a qué reportes pertenecían y con ello cerrar tarjetas TPM o cerrar reportes de fallas. El formato de reporte se describe en la **tabla 5.7.**

Tabla 5.7. Reporte de plan de acciones correctivas célula REIS
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN	Sem 39		Fecha: 01.10.11		Plan de acciones correctivas
	C.C.	<u>6126</u>	Área:	<u>Acabado</u>	FIN DE SEMANA
de México				<u>Cabeza</u> <u>R5</u>	
		Nave 10			Mantenimiento Fundición
Inventario:					
Descripción del Equipo:		DESARENADORA REIS			
Descripción de la Falla/Avería			Descripción de la Acción a realizar		Hrs/Aplic
Falla de sensores sujetapiezas			Cambio de sensores y ajuste de los nuevos a una distancia donde no tenga fricción con algún objeto.		1
Falla en palets			Cambio de tornillería y mangueras con fuga		1
Falla sensores de rueda			Cambio de sensores y ajuste de los nuevos a una distancia donde no tengan fricción con algún objeto.		1
Falla en secuencia de rueda			Resetear sistema controlador del equipo y reapriete de conexiones		1
N.C.	502795	HORA INICIO	8:00 a.m.	HORA TERMINO	01:00 p.m.
Observaciones	Verificar constantemente estado de parámetros de la desarenadora para evitar falla en secuencia de rueda.				

b. Centros de Maquinado (CNC) Deckel Maho

Para los centros de maquinado se implementan acciones para resolver 9 fallas principales. Como se observa, estos equipos son los más conflictivos, presentan muchas fallas constantemente y cada semana se tienen nuevas fallas, por tanto es necesario implementar una acción correctiva rápidamente y posteriormente un plan preventivo para reducir en gran medida estas averías.

1. Guardamotor activo

Esta falla es muy común en los equipos de CNC de la línea. El equipo envía una señal de fallo de Guardamotor activado cuando el equipo debe estar en reposo y éste sigue trabajando. Para atacar este problema es necesario observar el equipo

cuando éste trabaja. Durante una semana se lleva a cabo la observación de los mismos para detectar las posibles causas para que este problema se presente.

El plan de acción para este equipo fue:

- Se realiza limpieza a zona de Guardamotor para observar el estado de la transmisión.
- Se analiza en el historial del equipo la última vez que se dio mantenimiento al Guardamotor.
- En el análisis del historial, se encuentra que durante el tiempo que lleva en funcionamiento el equipo nunca se les ha dado mantenimiento a los guardamotors.
- Se realiza cambio de bujes dañados por el uso

2. Vibración de ejes

Este problema es muy recurrente y aún no se realizan acciones correctivas que surtan efecto. Es de mucha importancia para la producción que este problema se elimine ya que comienza a afectar a las piezas que se producen y aunque aún pasan los filtros de calidad las vibraciones comienzan a empeorar y causan un daño severo en las piezas que se maquinan.

El plan de acción para esta avería inicia en el CNC Deckel Maho 1:

- Realizar limpieza interna del equipo ya que éste desprende mucha rebaba de las piezas que maquina.
- Una vez abierto el equipo, se prueba el funcionamiento del mismo sin piezas y se detecta que el husillo del eje Z tiene un giro anormal. Se procede a cambiar el husillo por uno nuevo ya que el que se encuentra

en uso necesita una reparación mayor y por el tiempo de producción el equipo debe estar listo en el menor tiempo posible.

- Se cambia el husillo por uno nuevo y se prueba el equipo.
- Los resultados son los esperados ya que el equipo deja de vibrar y también evita que el Guardamotor se encuentre trabajando todo el tiempo lo cual ahorra energía y evita el desgaste excesivo del Guardamotor.

3. Mesa de carga de palets.

En esta mesa se concentran 5 fallas de las que se trabaja con el plan de acciones correctivas. Por tanto es necesario trabajar detalladamente hasta encontrar las causas de estos problemas.

- Se realiza una limpieza de la zona de carga para detectar posibles fugas y daños en mordazas, palets y puertas.
- Los técnicos de mantenimiento de acuerdo a su experiencia mencionan lo delicado de la mesa de carga y que muchos de los problemas se deben a filtraciones del refrigerante.
- Se detectan filtraciones en el área de la mesa de carga. Por tanto se sueldan estas filtraciones para evitar que el refrigerante caiga en las partes eléctricas de la mesa lo que provoca las fallas al mandar señales equivocadas al controlador del equipo.
- Se cambian los sensores dañados y se reaprietan las mordazas y palets para evitar que provoquen un desajuste de posición.

Al igual que en la célula REIS, en esta se elabora un formato de plan de acciones correctivas que la central de interrupciones procesa. Este plan se llevó a

cabo el fin de semana 40 para evitar retrasos en la producción. El formato se presenta en la **tabla 5.8.**

Tabla 5.8. Reporte de plan de acciones correctivas Deckel
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN de México	Sem 39		Fecha: 08.10.11		Plan de acciones correctivas
	C.C.	<u>6126</u>	Área:	Acabado Cabeza R5	FIN DE SEMANA
		Nave 10			Mantenimiento Fundición
Inventario:					
Descripción del Equipo: CNC DECKEL MAHO 1					
Descripción de la Falla/Avería			Descripción de la Acción a realizar		Hrs/Aplic
Guardamotor activo			Se realiza limpieza en zona de Guardamotor y se cambian bujes desgastados		1
Vibración ejes X,Y,Z			Cambio de husillo del eje Z que provoca las vibraciones debido a un giro anormal.		3
Mesa de carga			Se reparan filtraciones del refrigerante, se reaprietan mordazas y se cambian sensores dañados		3
N.C.	502795	HORA INICIO	7:00 a.m.	HORA TERMINO	03:00 p.m.
Observaciones					

c. Sistema de Tratamiento Térmico

Con el análisis del diagrama de Pareto y de los historiales de averías, se detectan dos fallas principales en el sistema de tratamiento térmico.

1. Falla en ventiladores de quemadores

Esta falla representa un riesgo alto para la calidad de las piezas por que se presenta en los ventiladores de los quemadores del horno de HTO lo cual implica una reducción en la temperatura del horno al apagarse los ventiladores. Es necesario mantener una temperatura estable para que las piezas tengan las condiciones de dureza necesaria.

En el plan de acciones de emergencia se realiza lo siguiente:

- Se resetea el sistema para que se restablezcan los parámetros
- Se aumenta la presión de aire y gas para observar el comportamiento del quemador.
- El ventilador aun se apaga por tanto se verifica el estado del mismo y se encuentra en malas condiciones por el uso.
- Se cambia el ventilador por uno nuevo y se reinicia el sistema de quemadores para observar el comportamiento
- El ventilador que se quitó presentaba un corto por cables en mal estado por tanto, fue necesario cambiar el cableado dañado del sistema de quemadores.

2. Falla en apilador

El apilador de canastillas para el ingreso al tratamiento térmico presenta falla al no regresar a la posición inicial y en la posición final se pasa 45 milímetros lo cual hace que las canastillas queden desalineadas y no se apilen. Es un problema que no afecta al producto y la correcta apilación de canastillas se realiza rápidamente por el operador, sin embargo, es un movimiento demás y constante. Lo que se realiza con el plan de acciones es lo siguiente:

- Se resetea el controlador del apilador, sin embargo la falla aún se presenta.
- Se realiza un chequeo al sistema eléctrico del apilador y se encuentra que el dispositivo controlador del mismo se encuentra dañado por el uso ya que no se ha cambiado durante todo el tiempo que lleva en funcionamiento la línea.

- Sin embargo este equipo tiene un costo muy alto lo cual se programa para el presupuesto de mantenimiento del año 2012 para que se realice el cambio.
- Lamentablemente el operador tendrá que seguir haciendo un movimiento innecesario hasta que se cambie el controlador del apilador.

El formato del plan de acciones del sistema de tratamiento térmico se plasma en la **tabla 5.9.** donde únicamente se detalla la acción realizada de la falla 1 y en las observaciones se menciona sobre el equipo que debe ser cambiado.

Tabla 5.9. Reporte de plan de acciones correctivas Tratamiento Térmico
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN de México	Sem 41		Fecha: 15.10.11		Plan de acciones correctivas
	C.C.	<u>6125</u>	Área:	Acabado Cabeza R5	FIN DE SEMANA
	Nave 10				Mantenimiento Fundición
Inventario:					
Descripción del Equipo:		HORNO DE TRATAMIENTO TERMICO HTO			
Descripción de la Falla/Avería			Descripción de la Acción a realizar		Hrs/Aplic
Ventilador se apaga constantemente			Se realiza cambio de ventilador por daño severo y se cambian cables dañados por calor. Se resetea sistema y se realizan pruebas.		2
N.C.	502795	HORA INICIO	8:00 a.m.	HORA TERMINO	11:00 p.m.
Observaciones	Necesita ser cambiado el controlador del apilador y no se encuentra en refacciones disponibles.				

d. Conclusiones

Los resultados de la fase 1 se deben reflejar a partir de la semana 42 sin embargo, se debe analizar una condición importante que se repite constantemente en la línea lo cual provoca que las averías sean peores

Esta condición tiene que ver con el funcionamiento del pilar anterior del TPM que es el mantenimiento autónomo el cual no se aplica de manera correcta ya que el departamento de TPM dejó de tener seguimiento a este pilar lo que no permite la correcta implementación del mantenimiento planeado.

De las acciones realizadas en la fase anterior se concluye que:

1. La limpieza es un factor importante que se ha olvidado y que forma parte del mantenimiento autónomo.
2. El departamento de mantenimiento no aplica el mantenimiento programado lo cual hace que los equipos se encuentren trabajando sin su debido mantenimiento en el tiempo que viene especificado en los manuales.
3. No se tiene una supervisión en muchas áreas de la línea lo cual hace más propenso a tener una avería y no detectarla a tiempo.
4. En el mantenimiento programado no se toman en cuenta adecuaciones o rediseños de los equipos.
5. En muchos casos los operarios no realizan el relleno de lubricantes y grasas necesarias para el buen funcionamiento de la línea.

25.: Plan de mantenimiento semanal

- a. A partir las conclusiones del paso anterior, se elabora el plan de mantenimiento semanal en el cual exista un acuerdo entre las gerencias de mantenimiento y producción para su correcta aplicación.

- b. Se elaboran los formatos para cada equipo. Un ejemplo del formato de plan de mantenimiento semanal se observa en la **tabla 5.10.** que, como ya se explicó, engloba el trabajo de los departamentos de mantenimiento y producción. El de mantenimiento con las acciones preventivas y el de producción con las acciones del mantenimiento autónomo para tener un seguimiento a un pilar que no se aplica de manera correcta actualmente en esta línea. Los demás formatos de planes de mantenimiento semanal se incluyen como anexos B.

Tabla 5.10. Plan de mantenimiento semanal
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES CELULA DE ACABADO REIS

DESARENADORA REIS							
ELECTRICO					MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____		N.C. _____		REALIZO		REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	MIERCOLES	SI	NO	LUNES	SI	NO
SUJETA PIEZAS	Revisar sensores de apertura y cierre de mordazas						
	0.25						
SUJETA PALETS	Revisar sensores de apertura y cierre de mordazas						
	0.25						
MARTILLOS Y VIBRADOR	Revisar sensores arriba-abajo de martillos						
	0.25						
RUEDA	Revisar micros de posición						
	0.25						
DESARENADORA					Realizar limpieza y Reapriete de tornillos de martillos y vibrador		
					0.25		
TABLERO DE MANDO	Verificación y apriete de conexiones						
	0.25						
MESA DE CARGA					Realizar limpieza e inspección de sensores adelante-atrás y presencia de pieza		
					0.5		
TABLERO NEUMATICO		Revisión de conexiones y apriete de clavijas					
		0.5					
SISTEMA DE LUBRICACION		Revisión de elementos de nivel y conexiones de elementos					
		0.25					
BANDA DESARENADO		Revisar fijación de motor y conexión			Realizar limpieza		
		0.15			0.5		
HRS DE APLICACIÓN	1.25	0.9			1.25		

Observaciones

Etapa 3 Mejora en el Sistema de Control de la Información

26. Se agrega la información de los parámetros A. Los parámetros se presentan en la tabla 5.11..

Tabla 5.11. Parámetros A línea de acabado R5
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PARÁMETROS-A ACABADO R5						
MÁQUINA	PÁRAMETRO	TIPO	MIN	MÁX	ACCIÓN A REALIZAR	Estatus
Desbarbadora REIS		A				
Desarenadora REIS	<i>Tiempo de Martilleo</i>	A	26 s	30 s	Programar en PLC	OK
	<i>Tiempo de Vibrado</i>	A	6 s	10 s	Programar en PLC	OK
Cortadora REIS	<i>Revoluciones</i>	A	1700	2000	Medir físicamente las revoluciones de trabajo de la cortadora y comparar con PLC	NOK
	<i>Velocidad de avance</i>	A	1800 mm/min	2400 mm/min	Medir físicamente la velocidad y establecer los rangos de trabajo; comparar con PLC	NOK
	<i>Cambio de herramienta de corte</i>	A	1275 pzas	1725 pzas	Verificar estado de hta de corte según piezas cortadas	OK
CNC DECKEL MAHO		A				
		A				
HORNO HTO	<i>Tiempo de ciclo</i>	A	690 s	735 s	Programar en PLC	OK
	<i>Temperatura de trabajo</i>	A	527° C	533° C	Programar en PLC	OK
	<i>Tiempo de solubilizado</i>	A	4.5 Hrs	5 Hrs	Programar en PLC	OK
CUBA DE ENFRIAMIENTO	<i>Tiempo de inmersión</i>	A	345 s	375 s	Programar en PLC	OK
	<i>Temperatura de trabajo</i>	A	75° C	90° C	Programar en PLC	OK
HORNO NTO	<i>Temperatura de trabajo</i>	A	207° C	215° C	Programar en PLC	OK
	<i>Tiempo de endurecimiento</i>	A	3 Hrs	3.5 Hrs	Programar en PLC	OK

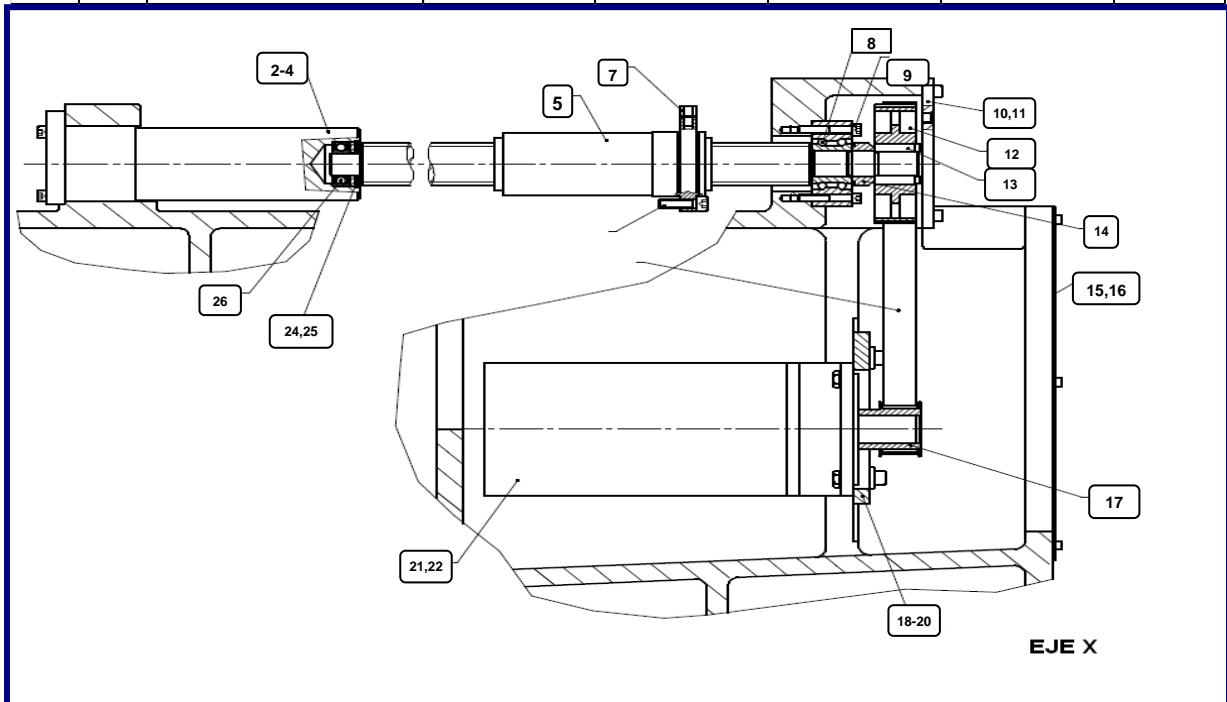
Una vez establecidos los parámetros A, deben ser difundidos al personal del área para que éstos conozcan la importancia de éstos y siempre cuiden que el equipo trabaje bajo éstos parámetros. Cabe recalcar que algunos de estos parámetros no están siendo controlados y se necesita trabajar en acciones que permitan el control de dichos parámetros.

27. Se elabora la base de datos de refacciones en base a las características descritas en el capítulo 4. Este sistema es sencillo y fácil de usar. Las instrucciones de uso son las siguientes:

- a. Ingresar desde una computadora de la oficina de mantenimiento
- b. Buscar el ícono de Info Mantto N10 y presionar doble clic
- c. Buscar la carpeta de Refacciones y seleccionarla
- d. Buscar la carpeta que sea de la línea de acabado y presionar doble clic en ella.
- e. Se busca la sección refacciones con dibujo y se abre la carpeta
- f. Se selecciona el archivo del equipo que necesita una refacción y se abre
- g. Se busca la parte del equipo de donde se necesita la pieza y se copia el número de inventario de Volkswagen para luego ingresar ese número al sistema de refacciones de la empresa. En la **tabla 5.12.**, se muestra un ejemplo del sistema de datos de refacciones para los mecanismos de accionamiento del eje X de los CNC Deckel Maho.

Tabla 5.12. Ejemplo sistema de datos de refacciones
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Item	Ctd.	Denominación	Plano VW N°	Fabricante o DIN	Plano F+K N°	N° Proveedor	No VW
1	1	EJE MOTRIZ X NO. 1081828	66-38C 306428	DECKEL MAHO	66-38C 306428	1081828	00011490505866
2	1	Gegenlager	66-38C 306428		66-38C 306428	2883-101011	
3	4	Tornillo M8x30 DIN 912	66-38C 306428		66-38C 306428	21510012	2252872
4	2	PERNO CILINDRICO A8X30	66-38C 306428		66-38C 306428	20010016	00011490511915
5	1	HUSILLO ROSCADO DE BOLA	66-38C 306428		66-38C 306428	2883-101006	00011490514034
6	8	TORNILLOS M10X35	66-38C 306428		66-38C 306428	21510021	00011480390640
7	1	RACOR 404003K	66-38C 306428		66-38C 306428	24400139	
8	1	COGINETE DE BOLAS	66-38C 306428		66-38C 306428	25920063	
9	8	TORNILLOS M8X50	66-38C 306428		66-38C 306428	21510064	2252875
10	1	CUBIERTA	66-38C 306428		66-38C 306428	2883-101017	
11	4	TORNILLOS M8X25	66-38C 306428		66-38C 306428	21510011	2252871
12	1	ARANDELA DENTADA	66-38C 306428		66-38C 306428	2263811	
13	1	MANGUITO DE PRESION	66-38C 306428		66-38C 306428	24910005	00011490507826
14	1	TUERCA KMT6	66-38C 306428		66-38C 306428	22600051	00011492206061
15	1	CUBIERTA	66-38C 306428		66-38C 306428	2883-101018	
16	7	TORNILLOS M6X12	66-38C 306428		66-38C 306428	21510001	00010786900178
17	1	ARANDELA DE MOTOR	66-38C 306428		66-38C 306428	2263819	
18	1	PLACA	66-38C 306428		66-38C 306428	2883-101013	
19	4	TORNILLOS	66-38C 306428		66-38C 306428	21510021	
20	4	ARANDELA 10,5	66-38C 306428		66-38C 306428	23040005	
21	1	SERVOMOTOR TRIFASICO	66-38C 306428		66-38C 306428	6002765	
22	4	TORNILLO M10X25	66-38C 306428		66-38C 306428	21220096	2252882
23	1	CORREA DENTADA	66-38C 306428		66-38C 306428	69710206	
24	1	ARANDELA DISTANCIADORA	66-38C 306428		66-38C 306428	2883-101012	
25	1	ANILLO DE SEGURIDAD 52X2	66-38C 306428		66-38C 306428	23450014	00011480420588
26	1	COGINETE DE BOLAS 6205-27	66-38C 306428		66-38C 306428	25025026	00010773205061



El sistema se encuentra en una fase de introducción y se comienza a experimentar su uso con los técnicos con mayores conocimientos informáticos. Los objetivos a futuro de este sistema son:

- Que pueda sufrir una mejora en su diseño y en su manejo para que todos los técnicos de mantenimiento puedan realizar búsquedas sencillas de las refacciones.
- Se puedan dar de alta en el sistema de búsqueda de refacciones (Máximo 4.1) de la empresa las partes de equipos que no se encuentran en este momento.
- Vincular este sistema con el sistema Máximo 4.1 para conocer la disponibilidad de refacciones en tiempo real para hacer una reservación en caso de que no hubieran en ese momento.

Etapa 4 Establecimiento de un sistema de mantenimiento programado

28. Una vez implementados los pasos anteriores se trabaja en la optimización del plan de mantenimiento programado el cual ha dejado de surtir efecto por la pobre aplicación y por la falta de actualización del mismo. Las mejoras realizadas a los instructivos son:

- a. Cambio de frecuencias y horas de aplicación, aumentando o disminuyendo según sea la necesidad.
- b. Dividir los instructivos de mantenimiento por equipo y no por célula para no descuidar detalles de los equipos.
- c. De las unidades de medida (Amperes, Bares) se establecen máximos y mínimos.
- d. División de actividades mecánicas y eléctricas

El instructivo del plan de mantenimiento programado para la célula CNC Deckel Maho se presenta en la **tabla 5.13.** Los demás instructivos de mantenimiento se incluyen como anexos C.

29. Una vez optimizado el plan de mantenimiento programado, es analizado por la gerencia de mantenimiento.

Tabla 5.13. Instructivo de mantenimiento programado
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN de México		No. de Instructivo <u>26-0031-E</u> C.C.: <u>6126</u> Área: <u>Acabado</u> <u>Cabeza R5</u>			Instructivo de Mantenimiento Planeado		
		Nave 10			Mantenimiento Fundición		
Inventario: <u>Varios</u>					Hoja <u>1</u> de <u>1</u>		
Descripción del Equipo:		Centro de Maquinado CNC Deckel Maho					
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad				Frec.	Hrs/Aplic
1	Pallets	1.1.- Revisar señales y estado de micros de mordazas (cambiar de ser necesario)				6	2.50
		1.2.- Revisar cableado, protección de cableado y estado de RPTA (cambiar y reparar de ser necesario)					
		1.3.- Revisar estado de módulo de alimentación de micros					
2	Área de carga	2.1.- Revisar micros de posición de puertas (cambiar si es necesario)				6	2.00
		2.2.- Revisar micros de mesa de elevación y cremalleras (cambiar de ser necesario)					
		2.3.- Revisar estado de RPEA y señales de complemento con RPTA					
		2.4.- Revisar estado de micros de seguridad codificados					
3	Tablero eléctrico	3.1.- Realizar limpieza a tablero eléctrico.				8	1.50
		3.2.- Reapretar conexiones y recuperar nomenclaturas					
		3.3.- Revisión del aire acondicionado (funcionamiento)					
4	Área de trabajo	4.1.- Revisar estado de lámpara interna (reparar de ser necesario)				8	2.00
		4.2.- Revisar micro de seguridad de puerta					
5	Sistema Hidraulico	5.1.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente:				8	1.00
		Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	
		Motor M5	Amp.	2.6	8.13		
		5.2.- Revisar estado de clavijas y contactos harting					
6	Bancada de ejes	6.1.- Revisar estado de micros de posición de mordaza para mandrino				8	1.00
		6.2.- Revisar clavijas de conexión de servomotores					
		6.3.- Revisar sensor hta. Disponible p/mandrina					
7	Extractor de rebabas	7.1.- Revisar estado de clavija y conexiones.				12	1.50
		7.2.- Revisar control de nivel de soluble					
		7.3.- Verificar Rotaciones en Bomba y Transportadores					
		7.4.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente					
		Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	
		Motor M100	Amp.	0.44	1.38		
		Motor M104	Amp.	2.16	6.62		
8	Magazine	8.1.- Revisar estado de micros de posición de herramienta				8	2.00
		8.2.- Revisar estado de micros de apertura de mordaza					
		8.3.- Revisar micro de seguridad de puerta de Magazine.					
		8.4.- Revisar micros del Lavador de Herramienta.					
9	Pupitre de mando	9.1.- Dar limpieza a pupitre de mando, cambiar lámparas fundidas				8	1.00
10	Refrigeración (Sheller)	10.1.- Revisión y funcionamiento del equipo de Refrigeración.				6	1.00
		10.2.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente:					
		Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	
			Amp.				
			Amp.				

Etapa 5 Establecimiento de un plan de mantenimiento predictivo

Este paso no se implementó por falta de tiempo y presupuesto para llevarlo a cabo ya que el Mantenimiento Predictivo requiere de un periodo de tiempo largo para aplicarlo a toda la línea y equipo especializado para medir ciertos parámetros de los equipos, sin embargo en esta Fase se plantean los pasos que se deben seguir para llevar a cabo el Mantenimiento Predictivo y aplicarlo en un futuro.

1. Determinar la factibilidad y conveniencia de realizar un mantenimiento predictivo a un equipo.
2. Revisar en forma detallada las técnicas comúnmente usadas en el monitoreo de la condición del equipo.
3. Determinar las variables físicas a controlar que sean indicativas de la condición del equipo. Dichas variables deben distinguirse entre:
 - Variables de vigilancia de máquinas, cuyo objetivo es indicar cuándo existe un problema, debe distinguir entre condición buena y mala y si es mala indicar cuan mala es.
 - Protección de máquinas cuyo objetivo es evitar fallas catastróficas. Una máquina está protegida cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos y se detiene automáticamente la máquina.
 - Diagnóstico de falla el cual define el problema en específico y el pronóstico de la esperanza de vida cuyo objetivo es estimar cual es tiempo en que podría funcionar un equipo sin riesgo de una falla catastrófica.
4. Utilizar la técnica de análisis de vibraciones la cual alerta un aumento en las vibraciones normales del equipo para realizar un ajuste al equipo antes de que suceda una falla por este motivo. Para realizar un análisis de vibraciones se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Parámetros de las vibraciones:
 - a. Frecuencia: Es el tiempo necesario para completar un ciclo vibratorio. En los estudios de Vibración se usan los CPM (ciclos por segundo) o HZ (hercios).
 - b. Desplazamiento: Es la distancia total que describe el elemento vibrante, desde un extremo al otro de su movimiento.
 - c. Velocidad y Aceleración: Como valor relacional de los anteriores
 - d. Dirección: Las vibraciones se producen en 3 direcciones lineales y 3 rotacionales.
 - Tipos de Vibraciones:
 - a. Vibración libre: causada por un sistema vibrador debido a una excitación instantánea.
 - b. Vibración forzada: causada por un sistema vibrador debida a una excitación constante las causas de las vibraciones mecánicas.
 - Colocar un sistema vibrador para medir los parámetros anteriores el cual comunique a tiempo la condición del equipo.
5. Realizar análisis de lubricantes rutinarios los cuales consideran a los equipos críticos (CNC Deckel Maho, Desarenadora REIS, Lavadora Rösler) para determinar el estado del aceite, nivel de desgaste y contaminación por sólidos como rebabas, agua, combustible, hollín, etc.
 6. Realizar un análisis por ultrasonido el cual estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano. Es necesario adquirir un equipo de mediciones ultrasónicas de baja intensidad.
 7. Elaborar un formato de reporte el cual incluya los resultados de los tres análisis anteriores para poder adelantarse a averías que sucederán si los resultados tienen una tendencia negativa.

8. Realizar las acciones correspondientes para restablecer los equipos de manera que se eviten averías futuras.

Las ventajas de implementar un plan de mantenimiento predictivo son:

1. Evitar el aumento de esfuerzos y las tensiones en los equipos
2. Evitar pérdidas de energía, desgastes de materiales
3. Elimina los ruidos molestos en el ambiente de trabajo
4. Aumenta la esperanza de vida de los equipos
5. Máxima reducción de los costos operativos
6. Aprovechamiento de lubricantes utilizados

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La implementación del Mantenimiento Planeado en la línea de acabado R5, nos permitió atacar los problemas severos de ésta y comenzar a aplicar acciones preventivas para que las fallas no se repitan en un futuro.

En este capítulo se analizan los resultados que se obtuvieron al implementar este programa.

Datos generales de la línea

Se comienza con el análisis de las averías totales de la línea de acabado R5 comparando los resultados del primer semestre del 2011 con el segundo. En la **figura 6.1.**, se observan las averías del año 2011 hasta la semana 50.

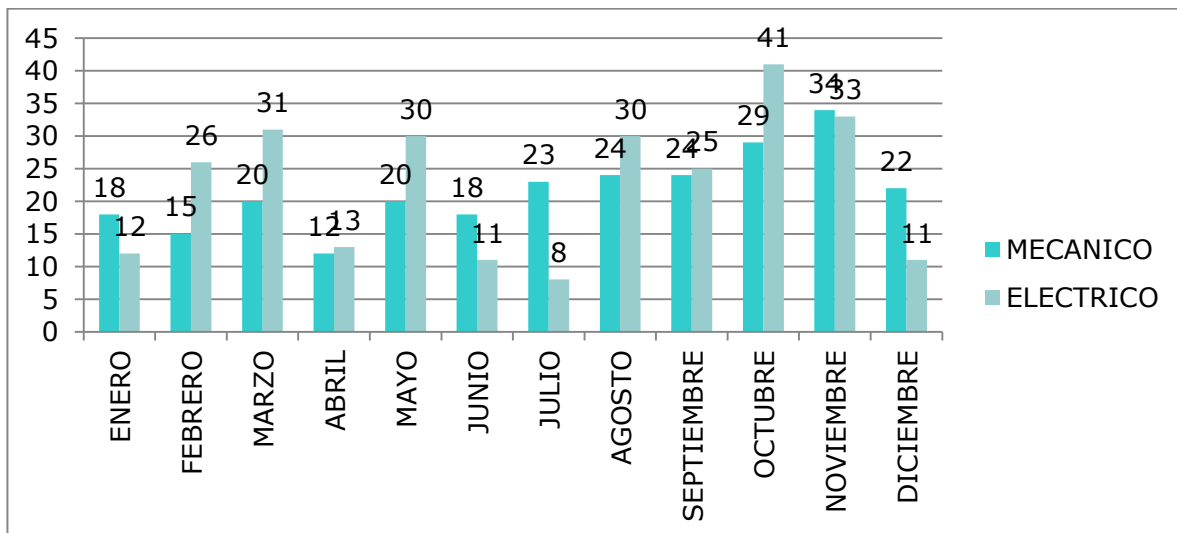


Figura 6.1. Averías Acabado R5 2011
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Como se ve, la tendencia que la línea tenía era la de aumentar el número de averías, sin embargo con la implementación de las mejoras, la tendencia ha sido la

de disminuir y debido al corto tiempo de aplicación aún no se ven los resultados con mayor claridad.

Cabe resaltar que los equipos antes de la aplicación del programa, no habían tenido un mantenimiento preventivo correcto por tanto, al transcurrir el tiempo dichos equipos comenzaban a sufrir averías. Es por eso que la tendencia era ascendente al presentarse un mayor número de averías a mediados del año.

En la **figura 6.2.**, están las averías totales comparándolas en dos semestres del año.

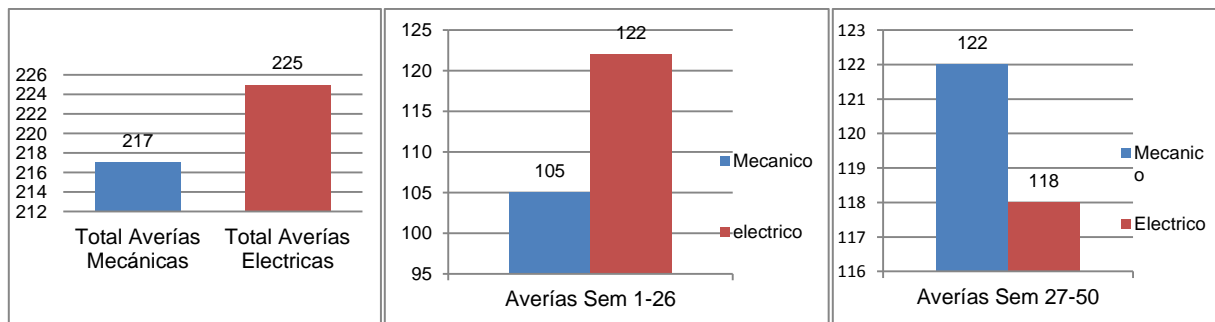


Figura 6.2. Comparación Averías Acabado R5 2011
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Como se observa el número de averías durante el segundo semestre del año se incrementaron en 5, sin embargo se ha llegado a estabilizar el sistema ya que se han implementado mejoras significativas que han permitido que la línea de acabado trabaje durante mucho más tiempo sin que se presente una avería.

En la **figura 6.3.**, se muestran las horas de paro totales del 2011 y se observa cuál ha sido la tendencia desde la aplicación de las mejoras.

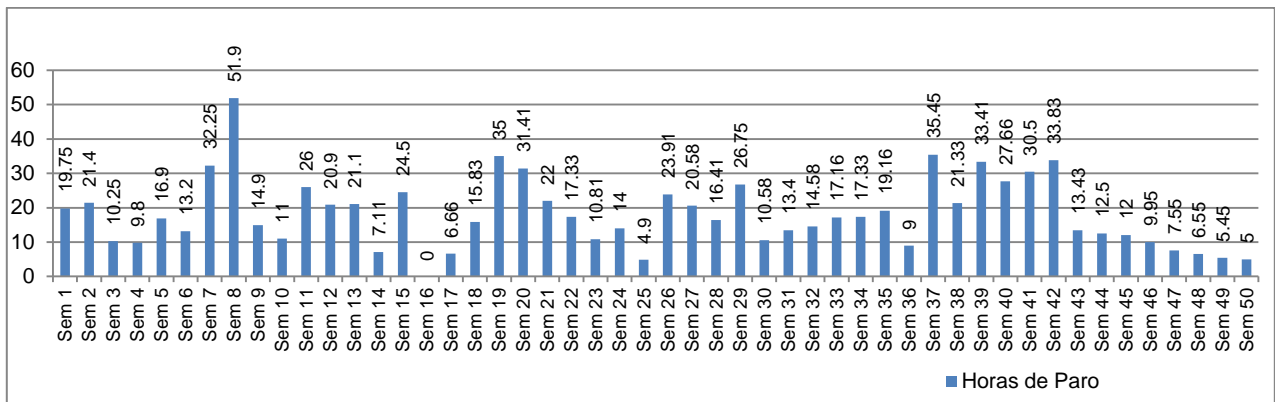


Figura 6.3. Horas de paro totales 2011
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

El resultado de la aplicación del programa de Mantenimiento Planeado, ha repercutido en la disminución de las horas de paro a partir de la semana 39, fecha en la cual inicia la aplicación de mejoras en la línea de acabado R5.

Indicadores de eficiencia

A partir de los resultados mostrados anteriormente, se observa el comportamiento de los indicadores de eficiencia que se tiene en la línea de acabado. Dichos indicadores serán los que en realidad nos darán un panorama del estado de la línea a partir de la aplicación del programa de Mantenimiento Planeado. En la **figura 6.4.**, se observan los minutos de paro por 1000 piezas producidas.

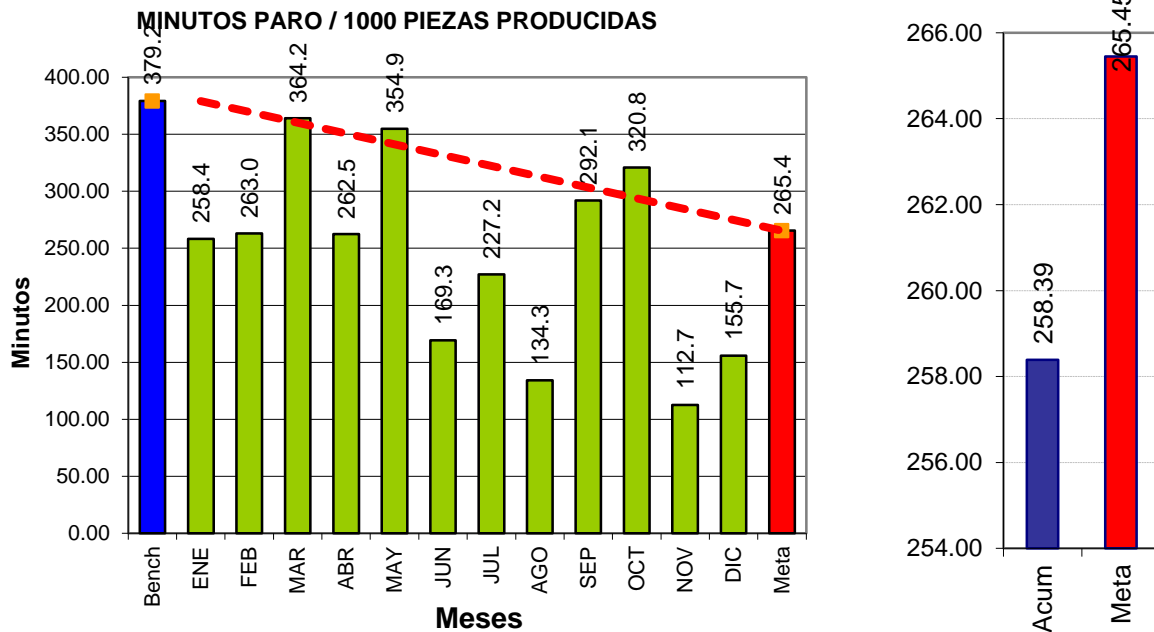


Figura 6.4. Minutos de paro/1000 piezas producidas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Los resultados obtenidos muestran una disminución en los minutos de paro aunque en el último mes aumenta ligeramente ya que se decidieron producir menos piezas para comenzar a producir otro producto utilizando los equipos de esta línea.

Al igual que los minutos de paro, la cantidad de averías se compara por cada 1000 piezas producidas para conocer la tendencia que tiene la línea de acabado sobre el impacto que causan las averías. Los indicadores de eficiencia de averías contra 1000 piezas producidas se muestran en la **figura 6.5.**

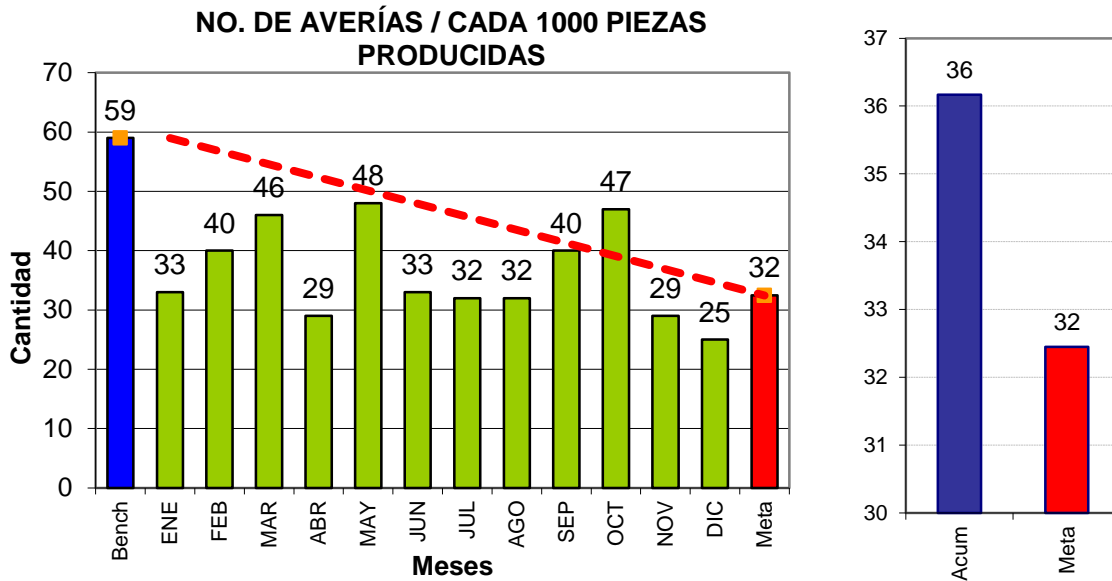


Figura 6.5. No. De averías/1000 piezas producidas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Otro de los indicadores de eficiencia es el MTBF (Mean Time Between Failures: Tiempo medio entre fallas) el cual nos indicará el tiempo medio entre que sucede un avería y otra. En la **figura 6.6.**, se observa el MTBF de la línea a lo largo del año 2011.

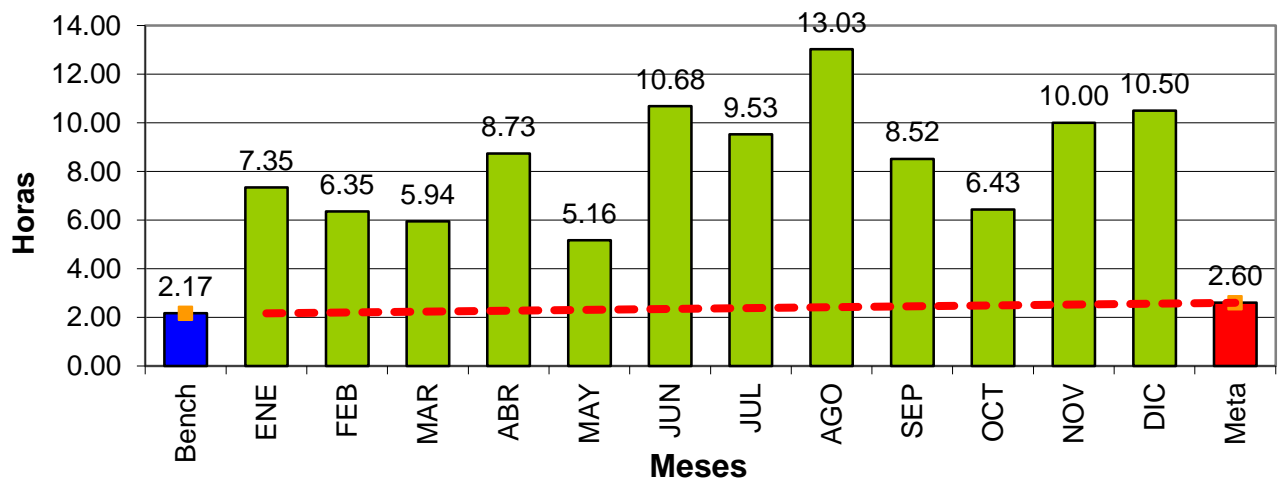


Figura 6.6. MTBF (Tiempo Medio entre fallas)
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

El último indicador es el MTTR (Mean time to repair: Tiempo medio de reparación), el cual nos indica el tiempo promedio en que se realiza una reparación y el equipo se pone en marcha. En la **figura 6.7.**, se muestra este indicador.

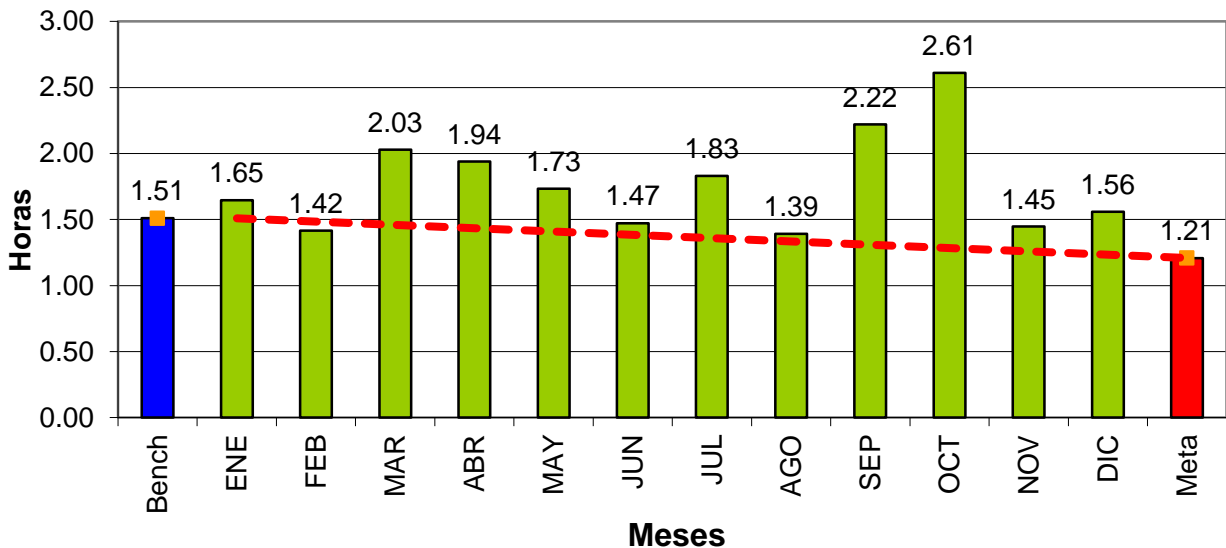


Figura 6.7. MTTR (Tiempo Medio de Reparación)
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Como se observan los resultados obtenidos aún se encuentran por encima de la meta pero ha tenido un declive en los últimos dos meses del año ya que se han disminuido las averías en estos meses.

Análisis de la producción

Uno de los principales objetivos de la implementación del programa de mantenimiento planeado es aumentar la producción de la línea de acabado ya que algunas veces no se cumplían con los objetivos de la producción y se enfrenta a un aumento en las metas de producción a partir de la semana 40, sin embargo se logró aumentar la producción en los últimos dos meses del año. En la **figura 6.8.**, se observa la producción liberada por el departamento de producción en el año 2011.

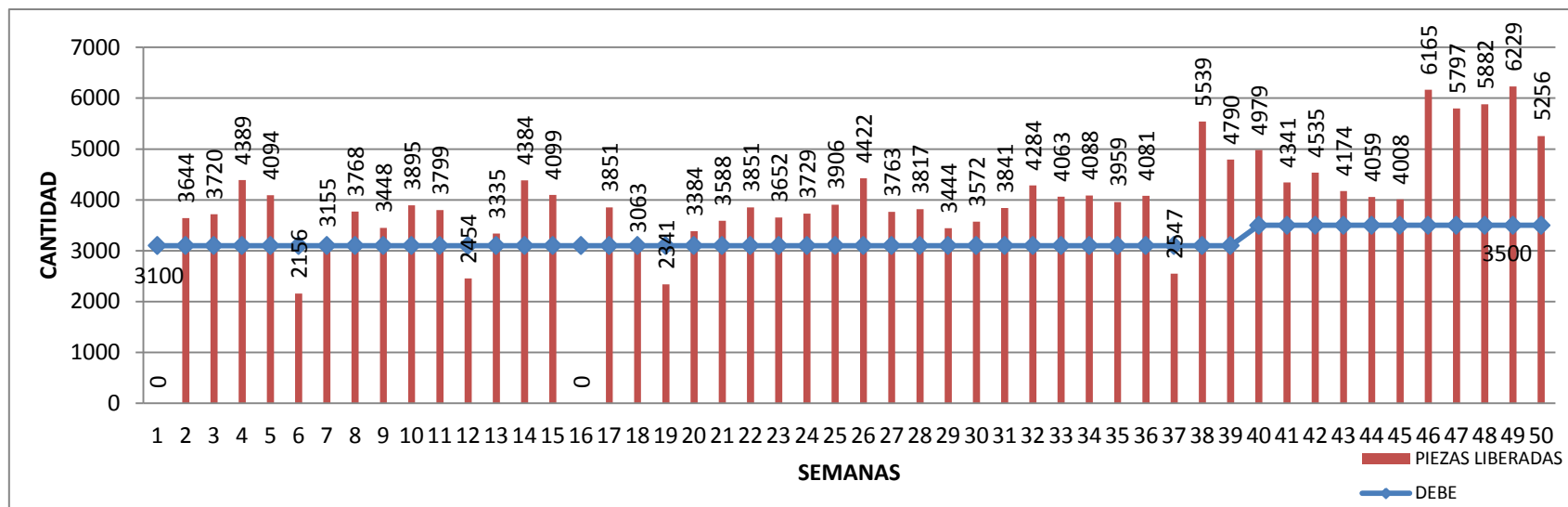


Figura 6.8. Piezas Liberadas 2011
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Como se observa en dicha gráfica la producción tuvo un incremento a partir de la semana 38 aunque fue más significativa a partir de la semana 46 y se mantiene por encima de la meta de 3500 piezas liberando en promedio 1276 piezas más. En la **figura 6.9.** se observa la producción de piezas enviadas a Nave 6(Cliente) las cuales han tenido un aumento a partir de la semana 33 con lo cual se cumplen las metas esperadas y aun así se envían en promedio 718 piezas más.

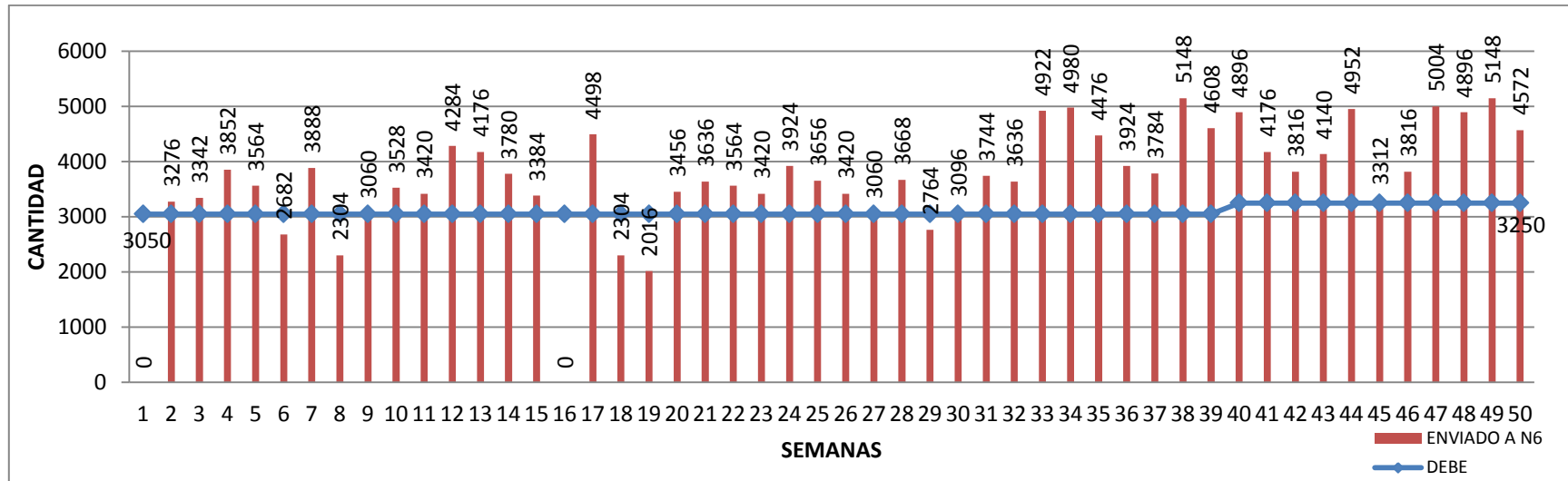


Figura 6.9. Piezas enviadas a Nave 6
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Por último, se muestra el stock de piezas que se tiene hasta la semana 50 donde, como se observa en la **figura 6.10.**, existe un incremento del stock de piezas hasta tener 8172 piezas al final de la semana 50 ya que en las semanas 52 y 1 del años 2012 no habrá producción en dichas líneas por temporada vacacional sin embargo, el cliente si seguirá consumiendo piezas por lo que fue necesario aumentar el stock a 8500 con lo cual se tiene un avance del 96.1% del stock necesario y aún se producirá en la semana 51.

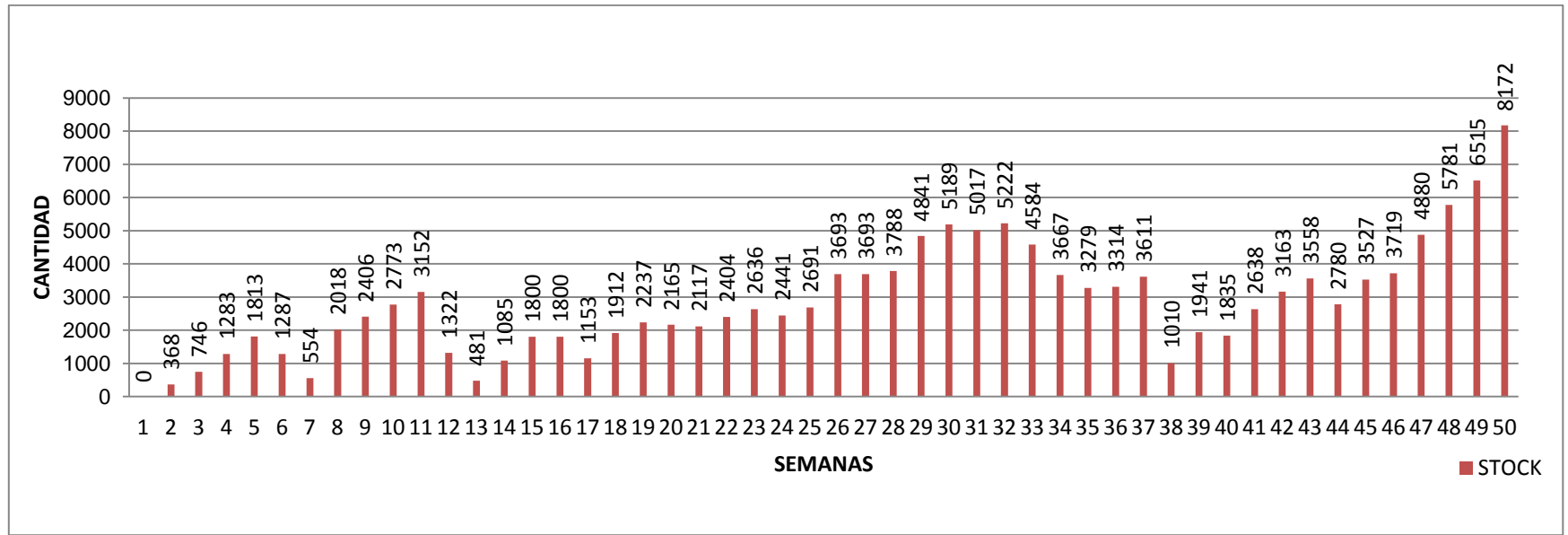


Figura 6.10. Piezas en Stock 2011
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La implementación del TPM a través del Mantenimiento Planeado tiene muchas ventajas competitivas; a lo largo del desarrollo de este proyecto se aprecia la importancia del mantenimiento dentro de una organización ya que de ello depende el correcto funcionamiento de los equipos y de las líneas de producción.

El mantenimiento planeado toma en cuenta muchos aspectos de la línea de producción y de la organización para que se logren los objetivos y metas pero principalmente restaurar los sistemas a su estado original.

Se observa como el mantenimiento logra disminuir en gran medida las averías, aumentar la productividad de la línea, tener los equipos funcionando mucho más tiempo y ofrecer productos de calidad que al final es lo que se espera en la implementación de cualquier mejora.

El mantener las mejoras aplicadas y continuar con la restauración de los equipos hacia su estado ideal es el reto que enfrentan las gerencias de mantenimiento y producción ya que de ello dependerá la vida útil de la línea y obtener productos que satisfagan al cliente en tiempo y forma.

En este proyecto se elaboraron propuestas a futuro las cuales con su correcta aplicación logran mantener los avances logrados en la línea de acabado y continuar con la aplicación de las mejoras.

Recomendaciones

- a. Continuar con la aplicación del mantenimiento planeado de acuerdo a las semanas programadas realizando una supervisión de los trabajos realizados por parte de la coordinación de mantenimiento para determinar si fue hecho de forma correcta.
- b. Si no fuera posible aplicar el mantenimiento programado, aplicar el plan de mantenimiento semanal ya que contempla muchas de las actividades del mantenimiento programado e incluye actividades de mantenimiento autónomo.
- c. Mientras el personal de mantenimiento realiza actividades correctivas, el personal de producción debe realizar algunas actividades de mantenimiento autónomo como reapriete de tortillería que se encuentra bajo vibración o movimientos constantes o limpieza en zonas críticas como en el magazine de las Deckel Maho.
- d. Vigilar los niveles de soluble de las Deckel Maho ya que si presenta un bajo nivel permite el calentamiento de las herramientas de corte y un desgaste temprano.
- e. Aplicar en periodos de tiempos más cortos el mantenimiento autónomo ya que ofrece muchas ventajas para prevenir averías mayores.
- f. Establecer un plan de capacitación para el personal de producción con el objetivo de aumentar el nivel del personal en cuanto al uso de los equipos.
- g. Aplicar el mantenimiento programado las mayores veces posible en las Deckel Maho para ir disminuyendo las averías que presentan.
- h. En la medida de lo posible tener un nuevo proveedor de canastillas que cumplan con las características necesarias para el tratamiento térmico ya que las que actualmente se tienen se deterioran en un tiempo corto.
- i. Establecer un código de averías para tener un mayor control de los datos que representan la condición operativa de los equipos de la línea de acabado.

Anexos

Anexo A. Diagramas de Pareto

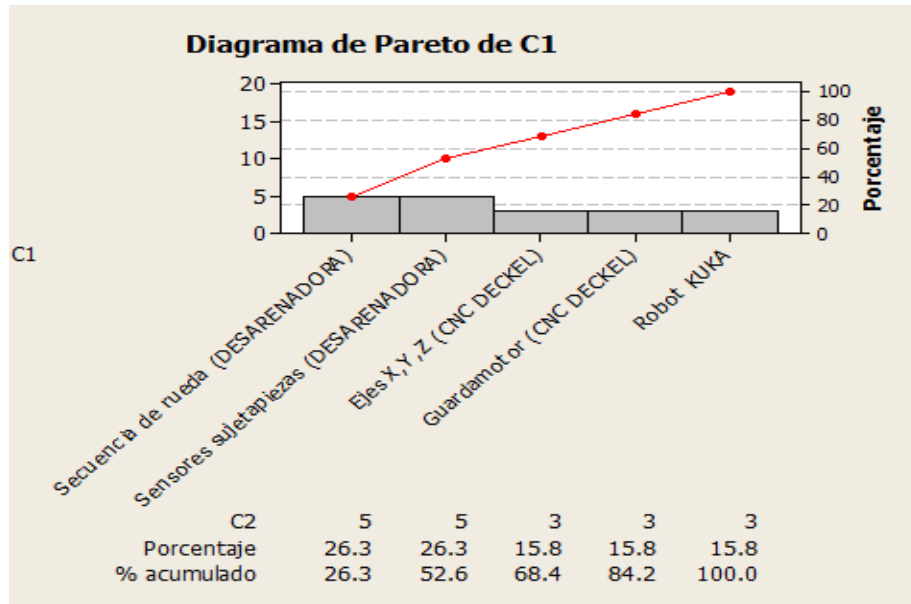


Figura A1. Diagrama de Pareto N. de Averías Eléctricas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

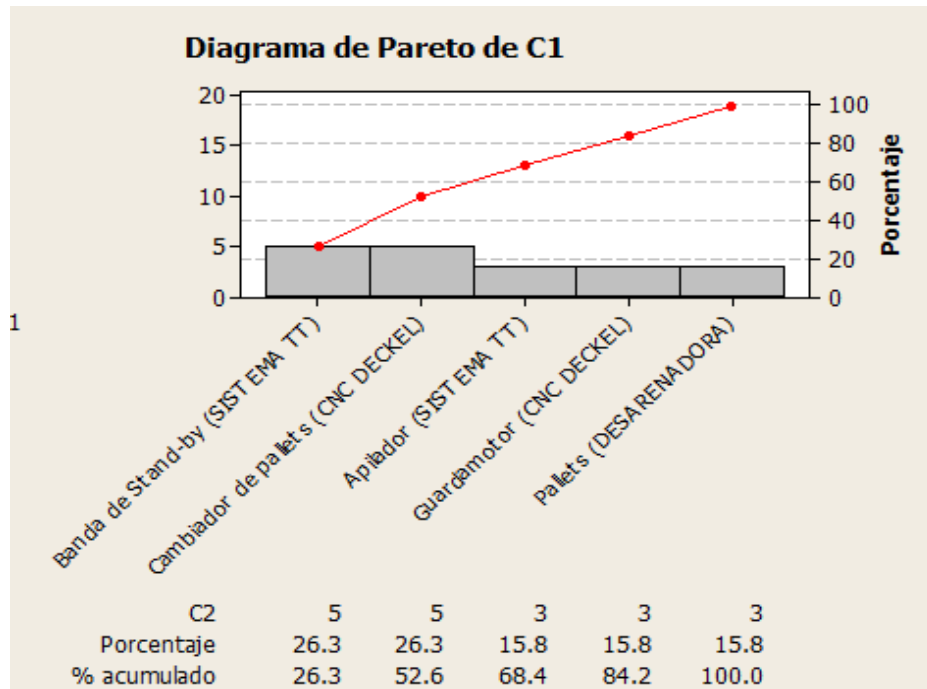


Figura A2. Diagrama de Pareto N. de Averías Mecánicas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

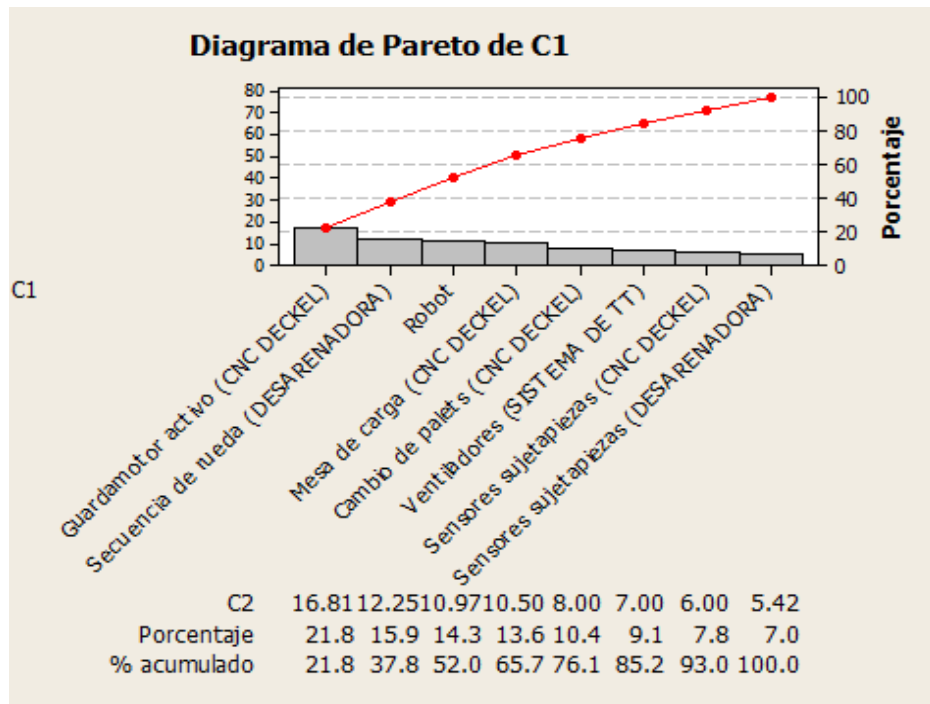


Figura A3. Diagrama de Pareto Hrs. Paro Averías Eléctricas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

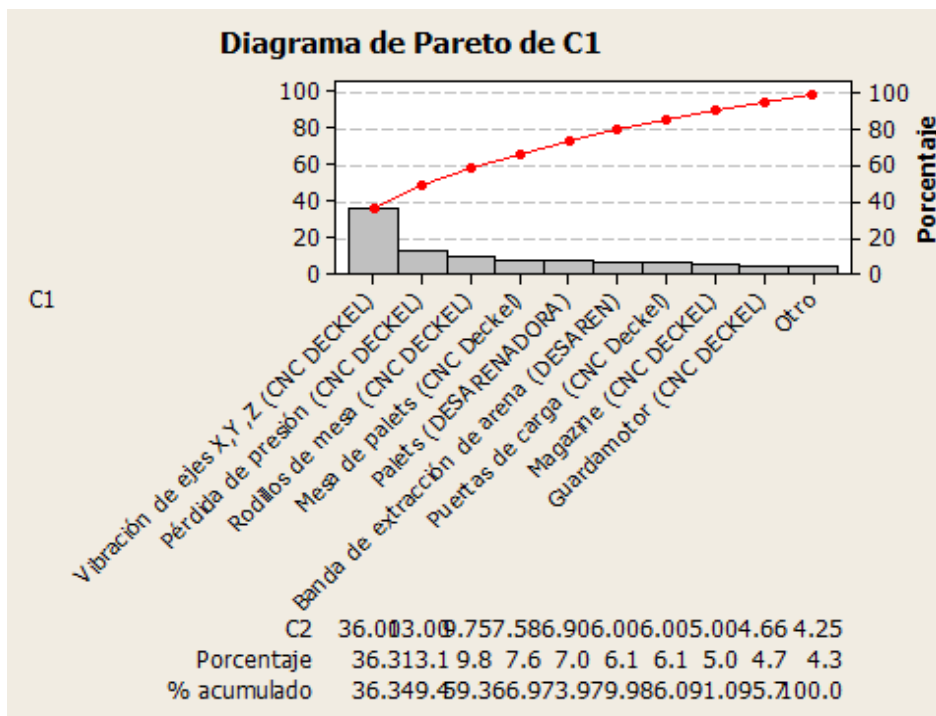


Figura A4. Diagrama de Pareto Hrs. Paro Averías Mecánicas
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Anexo B. Instructivos del Plan de Mantenimiento Semanal

Tabla B1. Plan de Manto Semanal Célula REIS
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

DESARENADORA REIS									
ELECTRICO				MANTTO. AUTONOMO					
SEMANA: _____			N.C. _____	REALIZO				REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	MIERCOLES		SI	NO	LUNES	SI	NO	
SUJETA PIEZAS	Revisar sensores de apertura y cierre de mordazas 0.25								
SUJETA PALETS	Revisar sensores de apertura y cierre de mordazas 0.25								
MARTILLOS Y VIBRADOR	Revisar sensores arriba-abajo de martillos 0.25								
RUEDA	Revisar micros de posición 0.25								
DESARENADORA						Realizar limpieza y Reapriete de tornillos de martillos y vibrador 0.25			
TABLERO DE MANDO	Verificación y apriete de conexiones 0.25								
MESA DE CARGA						Realizar limpieza e inspección de sensores adelante-atrás y presencia de pieza 0.5			
TABLERO NEUMATICO		Revisión de conexiones y apriete de clavijas 0.5							
SISTEMA DE LUBRICACION		Revisión de elementos de nivel y conexiones de elementos 0.25							
BANDA DESARENADO		Revisar fijación de motor y conexión 0.15				Realizar limpieza 0.5			
HRS DE APLICACIÓN	1.25	0.9				1.25			
Observaciones									

Tabla B2. Plan de Manto Semanal Célula REIS
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES CELULA DE ACABADO REIS							
DESARENADORA REIS							
MECANICO				MANTTO. AUTONOMO			
SEMANA: _____		N.C. _____	REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SABADO	SI	NO	LUNES	SI	NO
SUJETA PIEZAS	Verificar edo de pistones, orquillas y bujes 0.5						
SUJETA PALETS	Verificar edo de pistones, orquillas y bujes 0.5	0.75			Revisar niveles de lubricación de vibradores y verificar estado de mangueras de aire 0.6		
MARTILLOS Y VIBRADORES	Reapretar fijación de vibrador, funcionamiento de ambos y edo. Mangueras 0.33	Revisión de estado de rueda, rodajas de apoyo 0.2			Lubricar chumaceras 0.15		
RUEDA							
MESA DE CARGA	Verificar conexiones neumaticas, cilindros, mordazas y topes de giro 0.5				Realizar inspección y limpieza de banda (rodillos, tacones, rodamientos y rodajas). No sopletear 0.5		
BANDA DESARENADO							
HORAS DE APLICACIÓN	3.08	1.45			1.25		
Observaciones							

Tabla B3. Plan de Manto Semanal Célula REIS
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES CELULA DE ACABADO REIS								
DESBARBADORA REIS								
ELECTRICO					MANTTO. AUTONOMO			
SEMANA: _____	N.C. _____		REALIZO		N.C. _____	REALIZO		
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SABADO	SI	NO	LUNES	SI	NO	
BANDA DE ALIMENTACION	Revisar estado de fotoceldas de presencia de pieza, fijación de motor y conexión 0.25							
DESBARBADORA	Revisar micros de presencia de pieza, de clamps y de cilindros de corte 0.5							
HORAS DE APLICACIÓN	0.75							
MECANICO					MANTTO. AUTONOMO			
SEMANA: _____	N.C. _____		REALIZO		N.C. _____	REALIZO		
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SABADO	SI	NO	LUNES	SI	NO	
BANDA DE ALIMENTACION		Realizar inspección de banda (chumaceras, catarinas, cadena, guías) 0.75						
SISTEMA DE DESBARBADO	Revisión de edo. De cuchillas, pistones y guías (fugas, acople y fijacion) 0.5				Realizar limpieza de desbarbadora, identificar posibles fugas 0.5			
SISTEMA DE SUJESION	Revisión edo. Mordazas (fugas) 0.25							
BANDA DE EXTRACION		Realizar inspección de banda (rodillos, chumacera, lubricantes) 0.25			Realizar limpieza 0.5			
HORAS DE APLICACIÓN	0.75	1			1			
Observaciones								

Tabla B4. Plan de Manto Semanal Célula REIS
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES CELULA DE ACABADO REIS									
CORTADORA REIS									
ELECTRICO					MANTTO. AUTONOMO				
SEMANA: _____	N.C. _____		REALIZO		N.C. _____	REALIZO			
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SABADO	SI	NO	LUNES	SI	NO		
CORTADORA	Revisar micros de apertura y cierre de clamps, de presencia de pieza y de posición de sierra adelante-atrás								
	0.5								
HORAS DE APLICACIÓN	0.5								
MECANICO					MANTTO. AUTONOMO				
SEMANA: _____	N.C. _____		REALIZO		N.C. _____	REALIZO			
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SABADO	SI	NO	LUNES	SI	NO		
SISTEMA HIDRAULICO	Revisión de válvulas, tuberías, mangueras (fugas) y niveles				Revisar nive de agregado hidráulico				
	0.5				0.15				
SISTEMA LUBRICACION	Revisar nivel de unidad de lubricación				Revisar niveles de lubricación de guías y lubricante para corte				
	0.25				0.15				
SISTEMA DE SUJECION	Revisar estado de mordazas (fugas)								
	0.5								
BANDA DE REBABAS		Realizar inspección de la banda (cadena, transmisión, catarinas, rodillos)							
		0.25							
HORAS DE APLICACIÓN	1.25	0.25			0.3				
Observaciones									

Tabla B5. Plan de Manto Semanal CNC Deckel Maho
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES CENTRO DE MAQUINADO CNC DECKEL MAHO						
ELECTRICO				MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____		REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
PALLETS	Revisar estado de micros de mordazas 1					
AREA DE CARGA	Revisar micros de posición de puertas, micros de mesa de elevación y cremalleras 1					
SISTEMA DE HIDRAULICO	Revisar estado de clavijas y contactos harting 0.5					
BANCADA DE EJES	Revisar edo. de micros de posición de mordaza para mandrino, clavijas de servomotores y sensor de hta disponible para mandrino 0.5					
EXTRACTOR DE REBABAS				Revisar nivel de soluble y detectar fugas 0.5		
MAGAZINE				Revisar estado de micros de posición de herramienta, apertura de mordaza, seguridad de puerta y del lavador de herramienta 0.5		
REFRIGERACION	Revisar estado de sistema de refrigeración 0.33					
RPTA	Revisar cableado, protección de cableado y estado de RPTA 0.5					
RPEA	Revisar estado de RPEA y señales de complemento con RPTA 0.5					
AREA DE TRABAJO				Revisar micros de puerta 0.33		
HORAS DE APLICACIÓN	4.33			1.33		
Observaciones						

Tabla B6. Plan de Manto Semanal CNC Deckel Maho
 FUENTE: **Volkswagen de México S.A. de C.V.** Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES CENTRO DE MAQUINADO CNC DECKEL MAHO						
MECANICO				MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____		REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
EJES X, Y y Z	Verificar estado de guías, rodamientos lineales, acordeones, husillos embalados y sus bandas 1					
GRUPO HIDRAULICO	Desplazar tolvas de ejes X,Y,Z, detectar y eliminar fugas 1			Verificar nivel de aceite, detectar fugas de aceite, 0.5		
PALLETS	Verificar estado de sujeta piezas 0.5					
REFRIGERACION	Verificar estado de conexiones 0.5					
MAGAZINE	Verificar estado de pinzas de sujeción de herramienta, lavador de herramienta, dispositivo de apertura de pinzas de sujeción 0.5			Realizar limpieza a zona de magazine, verificar posibles fugas, inspección de estado del mismo. 0.5		
EXTRACTOR DE REBABAS				Realizar limpieza y verificar estado 0.33		
SISTEMA NEUMATICO	Verificar estado de mangueras, detectar y eliminar fugas 0.5					
MESAS DE CARGA Y DE TRABAJO A 140 BARS	Revisión y/o ajuste a 140 Bars 0.25					
HORAS DE APLICACIÓN	4.25			1.33		
Observaciones						

Tabla B7. Plan de Manto Semanal Sistema de Tratamiento Térmico
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES SISTEMA DE TRATAMIENTO TÉRMICO						
MECANICO				MANTTO. AUTÓNOMO		
SEMANA: _____	N.C. _____	REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
A PILADOR	Verificar estado de manipulador y lubricar guías 0.5					
TRANSPORTADOR DE CADENA STAN BY ENTRADA	Verificar estado de elevadores, cadena, catarinas, topes, barra cardan, lubricar chumaceras 0.5			Realizar limpieza 0.5		
TRANSPORTADOR DE CADENA STAN BY SALIDA	Verificar estado de elevadores, cadena, catarinas, topes, barra cardan, lubricar chumaceras 0.5			Realizar limpieza 0.5		
TRANSPORTADOR RODAJAS	Verificar estado de cadena, catarinas, lubricar chumaceras 0.5			Verificara estado 0.25		
BARRA DE TRACCION HTO				Verificar estado en general 0.5		
BARRA DE TRACCION NTO				Verificar estado en general 0.5		
MANIPULADOR DE SALIDA	Verificar estado de rodajas, cadenas, barra cardan 0.5					
DESAPILADOR	Verificar estado de manipulador y lubricar guías 0.5					
HORAS DE APLICACIÓN	3			2.25		
Observaciones						

Tabla B8. Plan de Manto Semanal Sistema de Tratamiento Térmico
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES SISTEMA DE TRATAMIENTO TÉRMICO						
ELECTRICO				MANTTO. AUTÓNOMO		
SEMANA: _____	N.C. _____	REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
Motores HTO y NTO	Verificar estado y limpieza de ventiladores 0.75					
QUEMADORES HTO	Verificar estado de quemadores y controladores de gas-aire en panel 0.5					
QUEMADORES NTO	Verificar estado de quemadores y controladores de gas-aire en panel 0.5					
TRANSPORTADOR DE CADENA STAN BY ENTRADA	Verificar estado de motor, realizar limpieza, conexiones en caja de clemas y micros de posición 0.5					
APILADOR	Revisar estado de micros de posición de canastillas 0.5					
BARRA DE TRACCION HTO	Verificar micros de posición adentro-afuera 0.5					
BARRA DE TRACCION NTO	Verificar micros de posición adentro-afuera 0.5					
HORAS DE APLICACIÓN	3.75					
Observaciones						

Tabla B10. Plan de Manto Semanal Lavadora Rösler
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES LAVADORA RÖSLER						
MECANICO				MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____	N.C. _____	REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
BANDA DE ENTRADA	Verificar estado de rodillos y cadenas					
	0.25					
DISPOSITIVO GIRATORIO	Lubricar chumaceras, fijación de motor			Realizar limpieza y verificar estado de dispositivo giratorio		
	0.5			0.25		
DISPOSITIVO DE VIBRADO	Lubricar chumaceras de transmisión.			Realizar limpieza y verificar estado de dispositivo de vibrado, fijación de amortiguadores, fijación de motor, reapriete de tornillos		
	0.5			0.25		
LANZADORES	Verificar estado de impulsores, cuchillas, pistones de compuertas de alimentacion					
	0.5					
ELEVADOR DE CANGILONES	Verificar estado de cangilones					
	0.25					
BANDA DE SALIDA	Verificar estado de rodillos y cadenas					
	0.25					
HORAS DE APLICACIÓN	2.25			1		
Observaciones						

Tabla B11. Plan de Manto Semanal Lavadora Rösler
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES LAVADORA RÖSLER						
ELECTRICO				MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____	N.C. _____	REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
BANDA	Verificar estado de micros de presencia de pieza en banda 0.5					
DISPOSITIVO GIRATORIO	Verificar estado de conexiones, elementos de control y sensores de posición 0.5					
GRANALLADORA				Realizar limpieza a granalladora y robot, verificar estado de sensores y micros de presencia de pieza, sensores de compuerta frontal 0.5		
DISPOSITIVO DE VIBRADO	Verificar estado de conexiones, elementos de control, sensores de pieza existente, posición, sujeción y topes 0.5					
BANDA DE SALIDA	Verificar estado de micros de presencia de pieza en banda 0.5					
HORAS DE APLICACIÓN	2			0.5		
Observaciones						

Tabla B12. Plan de Manto Semanal Hermetizadora Paul Köster
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES HERMETIZADORA PAUL KÖSTER						
MECANICO				MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____	N.C. _____	REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
MOTOREDUCTOR DE ENGRANES				Verificar nivel y calidad de aceite		
				0.17		
CENTRAL NEUMATICA				Verificar presión, posibles fugas, estado de racores y conexiones		
				0.5		
GUIAS LINEALES DE DISPOSITIVO DE CARGA Y DE RECIRCULACION DE BOLAS	Verificar estado de guías, lubricar de ser necesario					
	0.5					
CENTRAL HIDRAULICA	Verificar nivel de aceite, si es preciso agregar					
	0.5					
LUBRICACION CENTRAL	Verificar puntos de lubricación, guías y corona					
	0.5					
DISPOSITIVO DE CARGA	Verificar estado de mangueras, mordazas, posibles fugas y reparar					
	0.5					
HORAS DE APLICACIÓN	1.67					
Observaciones						

Tabla B13. Plan de Manto Semanal Hermetizadora Paul Köster
 FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

PLAN DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO SEMANALES HERMETIZADORA PAUL KÖSTER						
ELECTRICO				MANTTO. AUTONOMO		
SEMANA: _____	N.C. _____	REALIZO		N.C. _____	REALIZO	
PARTE DEL EQUIPO	LUNES	SI	NO	LUNES	SI	NO
EQUIPO COMPLETO	Verificar estado de clavijas, sensores y cables 0.17					
MANDO, INTERRUPTOR DE PARADA DE EMERGENCIA	Comprobar funcionalidad 0.25					
FOTOSENSORES	Comprobras funcionalidad 0.25					
HORAS DE APLICACIÓN	0.67					
Observaciones						

VOLKSWAGEN de México	No. de Instructivo <u>26-0133-M</u>	Instructivo de Mantenimiento Planeado		
	C.C.: <u>6126</u> Área: <u>Acabado</u> <u>Cabeza R5</u>	Mantenimiento Fundición		
Inventario: <u>649466-01</u>		Hoja <u>1</u> de <u>1</u>		
Descripción del Equipo:		Desarenadora Acabado de Cabeza R5		
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad	Frec.	Hrs/Aplic
1	Desarenadora	1.1.- Verificar fijación y funcionamiento de martillos y mangueras	4	2.00
		1.2.- Verificar fijación y funcionamiento de vibradores		
		1.3.- Verificar fijación y funcionamiento de soportes, mordazas sujeta piezas y pistones de mordazas y clamps		
		1.4.- Verificar fijación y funcionamiento de clamps sujeta palet		
		1.5.- Revisión y estado de apoyos inferiores de pieza		
		1.6.- Revisión y estado de amortiguadores cilíndricos y planos (chechar apriete de tornillos de fijación)		
		1.7.- Revisión y estado de rueda y rodajas de apoyo		
		1.8.- Revisión de estado de transmisión de giro, nivel de aceite, chumacera y lubricar		
		2		
2.2.- Verificación y limpieza a corona dentada para giro de mesa				
2.3.- Verificación de estado de rodajas y guía				
2.4.- Verificación sujeción de mordaza porta palet				
2.5.- Verificación posición de topes de giro de mesa				
2.6.- Verificar estado de asientos guías de cabeza				
3	Tablero Neumático	3.1.- Limpieza a tablero neumático, verificar estanqueidad de válvulas	10	1.00
4	Sistema de Lubricación	4.1.- Revisar estado de tuberías, mangueras y dosificadores	10	1.00
		4.2.- Revisar estado de unidad y central de lubricación		
5	Banda de Desarenado (Extracción de arena)	5.1.- Verificar Rodillo motriz, rodamientos en rodillo de retorno y rodillo conducido y recubrimiento de rodillo	10	0.50
		5.2.- Verificar estado de banda, empalme, tacones de arrastre, alineación y ajuste de protecciones laterales		
		5.3.- Verificar transmisión		
		5.4.- Verificación de fijación de estructura		
		5.5.- Verificación de estado de rodamientos y rodajas		

I 3.8 PPC_MGMT-06

Gerente Mantto. J. Xaltenco

VOLKSWAGEN de México	No. de Instructivo <u>26-0103-E</u>		Instructivo de Mantenimiento Planeado											
	C.C.: <u>6126</u> Área: <u>Acabado</u> <u>Cabeza R5</u>													
Nave 10		Mantenimiento Fundición												
Inventario: <u>649466-01</u>		Hoja <u>1</u> de <u>1</u>												
Descripción del Equipo:		Desarenadora Acabado de Cabeza R5												
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad	Frec.	Hrs/Aplic										
1	Desarenadora	1.1.- Revisar sensores de sujeta piezas, sujeta palet y martillo 1.2.- Revisar micros de posición de rueda 1.3.- Revisar apriete de tornillería	2	1.50										
2	Tablero de mando	2.1.- Limpieza a tableros, completar nomenclatura faltantes. 2.2.- Verificación y apriete de conexiones. 2.3.- Verificación de lamparas de señalización y clima 2.4.- Revisión de alumbrado	12	1.00										
3	Mesa de carga. Palets (dispositivo giratorio)	3.1.- Limpieza a motor revisión de conexiones 3.2.- Revisión de sensores 3.3.- Revisión y limpieza a cajas de clemas.	6	1.00										
4	Tablero neumático	4.1.- Revisión de conexiones y clavijas de elementos	18	0.50										
5	Sistema de lubricación	5.1.- Revisión de elementos de nivel y conexiones de elementos.	12	0.50										
6	Garra Robot SCHUNK	6.1.- Revisar sensores de cierre y apertura 6.2.- Checar clavijas, clemas y conexiones	4	0.50										
7	Banda de Desarenado	3.1.- Limpieza a motor, revisión de conexiones	18	0.50										
		3.2.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente	4	0.50										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unid.</th> <th>Min</th> <th>Máx</th> <th>Es</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motor M29.7</td> <td>A</td> <td>1.32</td> <td>4.125</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	Motor M29.7	A	1.32	4.125			
Descripción	Unid.	Min	Máx	Es										
Motor M29.7	A	1.32	4.125											

I 3.8 PPC_MGMT-06

Gerente Mantto. J. Xaltenco

Figura C6. Instructivo de Mantenimiento Planeado Desarenadora
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN de México		No. de Instructivo <u>26-0134-M</u> C.C.: <u>6126</u> Área: <u>Acabado</u> <u>Cabeza R5</u> Nave 10		Instructivo de Mantenimiento Planeado Mantenimiento Fundición																																														
Inventario: <u>649466</u>		Hoja <u>1</u> de <u> </u>																																																
Descripción del Equipo:		<u>Cortadora Acabado de Cabeza R5</u>																																																
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad						Frec.	Hrs/Aplic																																									
1	Cortadora	1.1.- Transmisión de sierra						10	1.00																																									
		1.1.1.- Revisión y estado de transmisión																																																
		1.1.2.- Nivel de aceite de transmisión																																																
		1.1.3.- Estado de coples y amortiguadores																																																
		1.1.4.- Fijación de motor, transmisión y soporte a estructura																																																
		1.1.5.- Sistema de sopleteo para enfriamiento de transmisión																																																
	1.2.- Sistema hidraulico	1.2.1.- Revisión de válvulas hidraulicas, tuberías y mangueras						4	1.00																																									
		1.2.2.- Revisión de pistón transportador																																																
		1.2.3.- Verificar parámetros de presión y cantidad																																																
		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">PRESION</th> <th colspan="3">CANT.</th> </tr> <tr> <th>MIN</th> <th>MAX</th> <th>ES</th> <th>MIN</th> <th>MAX</th> <th>ES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>CIL. FJADOR-PT</td> <td>56%</td> <td>84%</td> <td></td> <td>20%</td> <td>30%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CIL. FJADOR-PI</td> <td>58%</td> <td>86%</td> <td></td> <td>20%</td> <td>30%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESPL. SIERRA-PT</td> <td>40%</td> <td>60%</td> <td></td> <td>19%</td> <td>29%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESPL. SIERRA-PI</td> <td>40%</td> <td>60%</td> <td></td> <td>40%</td> <td>60%</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							PRESION			CANT.			MIN	MAX	ES	MIN	MAX	ES	CIL. FJADOR-PT	56%	84%		20%	30%		CIL. FJADOR-PI	58%	86%		20%	30%		DESPL. SIERRA-PT	40%	60%		19%	29%		DESPL. SIERRA-PI	40%	60%		40%	60%			
	PRESION			CANT.																																														
	MIN	MAX	ES	MIN	MAX	ES																																												
CIL. FJADOR-PT	56%	84%		20%	30%																																													
CIL. FJADOR-PI	58%	86%		20%	30%																																													
DESPL. SIERRA-PT	40%	60%		19%	29%																																													
DESPL. SIERRA-PI	40%	60%		40%	60%																																													
		1.2.4.- Nivel de aceite de depósito hidraulico																																																
	1.3.- Sistema de lubricación	1.3.1.- Revisión de lubricación de guías y carros						4	1.00																																									
		1.3.2.- Nivel de unidad de lubricación						12	0.50																																									
	1.4.- Sistema de sujección, sopleteo y rociado	1.4.1.- Revisión y estado de mordazas y fugas						10	1.00																																									
		1.4.3.- Revisión y estado de tuberías y aspersores de sopleteo																																																
		1.4.4.- Revisión de rociado de sierra																																																
		1.4.5.- Nivel de aceite en depósito de rociado																																																
		1.4.6.- Revisar estado de bisagras de tapa																																																
2	Banda de Aserrado (Tablillas)	2.1.- Unidad Motriz						10	0.50																																									
		2.1.1.- Verificar transmisión																																																
		2.1.2.- Lubricar chumaceras																																																
	2.2.- Banda	2.2.1.- Verificar arrastradores						10	0.50																																									
		2.2.2.- Verificar tablillas																																																
		2.2.3.- Verificar protección de caída de piezas																																																
		2.2.4.- Verificar estado de varillas de resbaladilla																																																
3	Banda de rodillos de extracción de piezas	3.1.- Unidad Motriz						10	0.50																																									
		3.1.1.- Verificación de transmisión																																																
		3.1.2.- Verificar estado de cadena y lubricarla																																																
		3.1.3.- Verificar fijación de la protección de la cadena																																																
		3.1.4.- Verificar estado de catarinas																																																
	3.2.- Banda de rodillos	3.2.1.- Verificación de estado de rodillos y su fijación						10	0.50																																									

I 3.8 PPC_MGMT-06

Gerente Mantto. J. Xaltenco

Figura C7. Instructivo de Mantenimiento Planeado Cortadora
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN de México		No. de Instructivo <u>26-0102-E</u> C.C.: <u>6126</u> Área: <u>Acabado</u> <u>Cabeza R5</u> Nave <u>10</u>			Instructivo de Mantenimiento Planeado Mantenimiento Fundición													
Inventario: <u>649466</u>				Hoja <u>1</u> de <u>1</u>														
Descripción del Equipo: Desbarbadora y Cortadora Acabado de Cabeza R5																		
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad					Frec.	Hrs/Aplic										
1	Bandas de alimentación de piezas	1.1.- Estado de fotoceldas en posición de la banda de alimentaci 1.2.- Revisar fotoceldas de pieza existente 1.3.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente					4	1.00										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unid.</th> <th>Min</th> <th>Máx</th> <th>Es</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motor M8.0</td> <td>A</td> <td>1.36</td> <td>4.25</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	Motor M8.0	A	1.36	4.25			
Descripción	Unid.	Min	Máx	Es														
Motor M8.0	A	1.36	4.25															
2	Desbarbadora	2.1.- Revisar micros de pieza presente 2.2.- Revisar micros de clamps 2.3.- Revisar micros de cilindros de corte 1,2,3 y 4					4	1.50										
3	Bandas de Desbarbado	3.1.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente					4	0.50										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unid.</th> <th>Min</th> <th>Máx</th> <th>Es</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motor M9.0</td> <td>A</td> <td>0.76</td> <td>2.37</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	Motor M9.0	A	0.76	2.37			
Descripción	Unid.	Min	Máx	Es														
Motor M9.0	A	0.76	2.37															
4	Cortadora	4.1.- Revisar micros de apertura y cierre de clamps 4.2.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente 4.3.- Revisar micro de presencia de pieza 4.4.- Revisar micro de posición de sierra adelante-atrás					4	1.50										
		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unid.</th> <th>Min</th> <th>Máx</th> <th>Es</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motor M11.0</td> <td>A</td> <td>54</td> <td>182.25</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	Motor M11.0	A	54	182.25			
Descripción	Unid.	Min	Máx	Es														
Motor M11.0	A	54	182.25															
5	Banda de extracción de piezas	5.3.- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente					4	1.00										
		Banda 1 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unid.</th> <th>Min</th> <th>Máx</th> <th>Es</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motor M9.4</td> <td>A</td> <td>0.4</td> <td>1.25</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	Motor M9.4	A	0.4	1.25			
Descripción	Unid.	Min	Máx	Es														
Motor M9.4	A	0.4	1.25															
		Banda 2 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Descripción</th> <th>Unid.</th> <th>Min</th> <th>Máx</th> <th>Es</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Motor M9.6</td> <td>A</td> <td>0.4</td> <td>1.25</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	Motor M9.6	A	0.4	1.25			
Descripción	Unid.	Min	Máx	Es														
Motor M9.6	A	0.4	1.25															

I 3.8 PPC_MGMT-06

Gerente Mantto. J. Xaltenco

Figura C8. Instructivo de Mantenimiento Planeado Desbarbadora, Cortadora

VOLKSWAGEN de México		No. de Instructivo <u>26-0031-E</u> C.C.: <u>6126</u> Área: <u>Acabado</u> <u>Cabeza R5</u>		Instructivo de Mantenimiento Planeado		
		Nave 10		Mantenimiento Fundición		
Inventario: <u>Varios</u>		Hoja <u>1</u> de <u>1</u>				
Descripción del Equipo:		Centro de Maquinado CNC Deckel Maho				
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad			Frec.	Hrs/Aplic
1	Pallets	1.1.- Revisar señales y estado de micros de mordazas (cambiar de ser necesario) 1.2.- Revisar cableado, protección de cableado y estado de RPTA (cambiar y reparar de ser necesario) 1.3.- Revisar estado de módulo de alimentación de micros			6	2.50
2	Área de carga	2.1 .- Revisar micros de posición de puertas (cambiar si es necesario) 2.2 .- Revisar micros de mesa de elevación y cremalleras (cambiar de ser necesario) 2.3 .- Revisar estado de RPEA y señales de complemento con RPTA 2.4.- Revisar estado de micros de seguridad codificados			6	2.00
3	Tablero eléctrico	3.1 .- Realizar limpieza a tablero eléctrico. 3.2 .- Reapretar conexiones y recuperar nomenclaturas 3.3 .- Revisión del aire acondicionado (funcionamiento)			8	1.50
4	Área de trabajo	4.1 .- Revisar estado de lámpara interna (reparar de ser necesario) 4.2 .- Revisar micro de seguridad de puerta			8	2.00
5	Sistema Hidraulico	5.1 .- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente:			8	1.00
		Descripción	Unid.	Min	Màx	Es
		Motor M5	Amp.	2.6	8.13	
		5.2 .- Revisar estado de clavijas y contactos harting				
6	Bancada de ejes	6.1 .- Revisar estado de micros de posición de mordaza para mandrino 6.2 .- Revisar clavijas de conexión de servomotores 6.3 .- Revisar sensor hta. Disponible p/mandrina			8	1.00
7	Extractor de rebabas	7.1 .- Revisar estado de clavija y conexiones. 7.2 .- Revisar control de nivel de soluble 7.3 .- Verificar Rotaciones en Bomba y Transportadores 7.4 .- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente			12	1.50
		Descripción	Unid.	Min	Màx	Es
		Motor M100	Amp.	0.44	1.38	
		Motor M104	Amp.	2.16	6.62	
8	Magazine	8.1 .- Revisar estado de micros de posición de herramienta 8.2 .- Revisar estado de micros de apertura de mordaza 8.3 .- Revisar micro de seguridad de puerta de Magazine. 8.4 .- Revisar micros del Lavador de Herramienta.			8	2.00
9	Pupitre de mando	9.1 .- Dar limpieza a pupitre de mando, cambiar lámparas fundidas			8	1.00
10	Refrigeración (Sheller)	10.1 .- Revisión y funcionamiento del equipo de Refrigeración. 10.2 .- Revisar ajuste de guardamotor corroborando consumo de corriente:			6	1.00
		Descripción	Unid.	Min	Màx	Es
			Amp.			
			Amp.			

I 3.8 PPC_MGMT-06

Gerente Mantto. Jaime Xaltenco

Figura C9. Instructivo de Mantenimiento Planeado CNC Deckel Maho
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN de México		No. de Instructivo <u>26-0157-M</u> C.C.: <u>6126</u> Área: <u>Acabado</u> <u>Cabeza R5</u>			Instructivo de Mantenimiento Planeado		
		Nave <u>10</u>			Mantenimiento Fundición		
Inventario: <u>Varios</u>				Hoja <u>1</u> de <u>1</u>			
Descripción del Equipo:		<u>Centro de Maquinado CNC Deckel Maho</u>					
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad				Frec.	Hrs/Aplic
1	Ejes X,Y y Z	1.1.- Verificar estado de guías y rodamientos lineales 1.2.- Verificar estado de protecciones telescópicas (acordeones) 1.3.- Verificar husillos embalados y sus bandas.				8	1.00
2	Husillo y Mordaza HSK	2.1.- Limpieza y verificación de tirantes 2.2.- Verificar estado de mordaza y presión.				6	2.00
		Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	
		Presión	KN	20	40		
3	Grupo Hidráulico	3.1.- Identificar y cancelar fugas en depósito. 3.2.- Verificar nivel de aceite hidráulico (HLP 32) 3.3.- Verificar estado de filtro de aceite 3.4.- Desmontar tolva frontal, detectar y eliminar fugas de aceite 3.5.- Desplazar tolvas de eje Z, detectar y eliminar fugas de aceite 3.6.- Levantar pallets y revisar checks, cambiar si es necesario 3.7.- Refiltrado de aceite				15	4.00
						45	3.00
4	Pallets	4.1.- Verificar estado de sujeta piezas				8	2.00
5	Refrigeración	5.1.- Verificar y apretar conexiones 5.2.- Limpiar intercambiador de calor 5.3.- Limpieza de filtro del agua de enfriamiento				20	3.00
6	Sistema Neumático	6.1.- Limpieza de elementos 6.2.- Verificar y ajustar presiones				20	1.00
		Descripción	Unid.	Min	Máx	Es	
		Presión	Bars	5	6		
7	Magazine	7.1.- Verificar pinzas de sujeción de herramienta 7.2.- Verificar lavador de herramienta 7.3.- Verificar dispositivo de apertura de pinzas de sujeción de la herramienta.				20	2.00
8	Extractor de rebaba	8.1.- Verificar estado y su correcta colocación. 8.2.- Verificación de la bomba de soluble.				8	2.00

I 3.8 PPC_MGMT-06

Gerente Mantto. J. Xaltenco

Figura C10. Instructivo de Mantenimiento Planeado CNC Deckel Maho
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

VOLKSWAGEN de México		No. de Instructivo 25-0141-M C.C.: 6125 Área: <u>Trat. Térmico</u> <u>Cabeza R5</u>	Instructivo de Mantenimiento Planeado	
		Nave 10	Mantenimiento Fundición	
Inventario: 619464			Hoja 1 de 1	
Descripción del Equipo: <u>Horno de Temple HTO y Horno de Revenido NTO - Sistema de T.T.</u>				
Pos.	Descripción de la Parte	Descripción de la Actividad	Frec.	Hrs/Aplic
1	Apilador de Entrada	2.1.- Verificar estado de manipulador 2.2.- Verificación y lubricación de guías 2.3.- Verificar transmisión	12	0.50
2	Barra de Tracción HTO	3.1.- Verificar barra de tracción 3.2.- Lubricar barra de tracción	36	0.50
3	Barra de Tracción NTO	3.1.- Verificar barra de tracción 3.2.- Lubricar barra de tracción	36	0.50
4	Transportador de cadena stand by de entrada	4.1.- Verificar y lubricar chumacera de transmisión 4.2.- Verificar estado de elevadores 4.3.- Verificar estado de cadena 4.4.- Verificar estado de catarinas 4.5.- Verificar estado de topes 4.6.- Verificar estado de barra cardan	36	1.00
5	Transportador de cadena stand by de salida	5.1.- Verificar y lubricar chumacera de transmisión 5.2.- Verificar estado de elevadores 5.3.- Verificar estado de cadena 5.4.- Verificar estado de catarinas 5.5.- Verificar estado de topes 5.6.- Verificar estado de barra cardan	36	1.00
6	Transportador de rodajas	6.1.- Verificar estado y lubricación de chumacera 6.2.- Verificar estado de cadena 6.3.- Verificar estado de catarinas	36	1.00
7	Manipulador de salida	7.1.- Verificar estado de rodajas y cadenas 7.2.- Verificar estado de barra cardan 7.3.- Verificar estado de transmisión	12	0.50
8	Desapilador	8.1.- Verificar estado de manipulador 8.2.- Verificar estado de la cadena 8.3.- Lubricación de cadena y rodamientos	12	0.50
9	Sistema de enfriamiento	9.1.- Revisar bombas	36	0.50

I 3.8 PPC_MGMT-06

Gerente Mantto. J. Xaltenco

Figura C11. Instructivo de Mantenimiento Planeado Sistema de Tratamiento Térmico
FUENTE: Volkswagen de México S.A. de C.V. Central de Interrupciones

Referencias Bibliográficas

Bibliografía

1. Cuatrecasas, L. (2003). "*TPM Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción*". Gestión 2000, España. Pp 2, 17, 23, 27, 30, 32, 37, 115, 116, 163.
2. Cuatrecasas, L., & Torrel, F. (2010). "*TPM En un entorno Lean Management*". PROFIT. España. Pp 45, 46, 63, 159.
3. Fernández, F. J. (2005). "*Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial*". FC Editorial. España. P 124.
4. Garrido, S. G. (2003). "*Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*". Díaz de Santos. España. P 99.
5. Rey Sacristán, F. (2001). "*TPM Proceso de Implantación y Desarrollo*". FC Editorial. España. Pp 45, 48.
6. Robinson, C. J. (1995). "*Implementing TPM The North American Experience*". Productivity Press. USA. P 93.
7. Souris, J. P. (1992). "*El Mantenimiento Fuente de Beneficios*". Díaz de Santos. España. P 20.
8. Suzuki, T. (1994). "*TPM in Process Industries*". Productivity Press. USA. Pp 1-3, 5, 7, 8, 146, 235, 283, 323.
9. Volkswagen de México. (2005). "*Curso de Líderes en GEMBA Eliminemos las Pérdidas*". México. Pp 23, 47, 48, 52.
10. Volkswagen de México. (2005). "*Curso Líderes en GEMBA Despliegue del Mantenimiento Autónomo*". México. Pp. 2, 10, 58.

11. Bockerstette, J. A. (1993). "Time Based Manufacturing". Mc Graw Hill. USA P 13.

Páginas electrónicas

12. Ingalls, P. (s.f.). *Confiabilidad.net*. Recuperado el 12 de Octubre de 2011, de <http://confiabilidad.net/articulos/tpm-sera-otro-programa-de-tres-letras-o-un-proceso-de-mejoramiento-real/>
13. Zamora, J. F. (s.f.). *Mantenimiento Planificado*. Recuperado el 05 de Octubre de 2011, de <http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm.htm>

VOLKSWAGEN

DE MEXICO

Puebla, Puebla; 11/enero /2012
ASUNTO: Constancia de informe técnico

OFICIO S/N

M.C. JORGE OROZCO TORES
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
INSTITUTO TECNOLÓGICO D TUXTLA GUTIÉRREZ
TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS
Presente

El que suscribe jefe del departamento de mantenimiento de la nave 10 de la empresa Volkswagen de México, hace constar que el C. Daniel Sarmiento Vázquez presentó su informe técnico correspondiente a su residencia profesional titulado "Elaboración de un programa de mantenimiento industrial aplicando TPM en el área de acabado aluminio de la empresa Volkswagen de México S. A. de C. V."; asesorado por Ing. Atanacio Hernández Chan y MC. Sabino Velázquez Trujillo docentes del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Se extiende la presente a los dieciocho días del mes de enero del 2012, para los usos legales que crea conveniente.

Sin otro particular, quedo de usted.

MUY RESPETUOSAMENTE


ING. Jaime Xaltenco Lozano

C.C.P.- Dr. Elías N. Escobar Gómez, presidente de la academia de Ing. Industrial.
C.C.P.- ARCHIVO