

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

Elaboración de un programa de Mantenimiento preventivo para el área de motocicletas con cilindrada mayor a 800cm³ para la empresa Álvarez Barba S.A.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

NARVÁEZ HERRERA CÉSAR ESTUARDO

tato_uno@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JUAN ANTONIO SERRANO BUSTAMANTE

jasb48@hotmail.com

QUITO, SEPTIEMBRE 2010

DECLARACIÓN

NARVÁEZ HERRERA CÉSAR ESTUARDO, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Narvárez Herrera César Estuardo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor CÉSAR ESTUARDO NARVÁEZ HERRERA, bajo mi supervisión.

Ing. JUAN ANTONIO SERRANO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco la culminación de esta meta a mis padres, mis hermanos, quienes me brindaron apoyo y comprensión. También agradezco al Ingeniero Humberto Sandoval y a todo el personal de la prestigiosa empresa Alvarez Barba S.A. por haberme brindado la posibilidad de realizar este proyecto, de igual manera agradezco al Ing. Juan Antonio Serrano por la dirección de este proyecto.

César Estuardo Narváez

DEDICATORIA

A mis padres.

A mis Hermanos.

A mis amigos.

A Adri.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA DE LAS MOTOCICLETAS	1
1.1.2 RESEÑA HISTÓRICA DE LA EMPRESA ALVAREZ BARBA S.A. .	7
1.1.3 LOCALIZACIÓN DE LA EMPRESA ALVAREZ BARBA.....	8
1.1.4 MISIÓN.....	9
1.1.5 VISIÓN	10
1.1.6 RECONOCIMIENTOS.....	10
1.1.7 PRODUCTOS	10
1.1.8 CLIENTES.....	11
1.2 CRECIMIENTO ECONÓMICO	11

CAPÍTULO 2

TEORÍA DEL MANTENIMIENTO	13
2.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	13
2.2 FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO	14
2.2.1 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO	14
2.2.2 FALLAS FUNCIONALES.....	15
2.2.3 MODOS DE FALLA	15
2.2.4 EFECTOS DE FALLA.....	16
2.2.5 CONSECUENCIAS DE FALLA.....	16
2.3 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO.....	17
2.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	18
2.3.1.1 Definición.....	18
2.3.1.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	19
2.3.1.2.1 Mantenimiento Correctivo de Campo.....	19
2.3.1.2.2 Mantenimiento Correctivo de Reparación	20

2.3.1.2.3	Ventajas del Mantenimiento Correctivo	20
2.3.1.2.4	Desventajas del Mantenimiento Correctivo.....	20
2.3.2	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	21
2.3.2.1	Definición	21
2.3.2.2	Ventajas del Mantenimiento Preventivo	22
2.3.2.3	Desventajas del Mantenimiento Preventivo	23
2.3.3	MANTENIMIENTO PREDICTIVO	23
2.3.3.1	Definición	23
2.3.3.2	Técnicas predictivas.....	24
2.3.3.2.1	Analizadores de Fourier.....	25
2.3.3.2.2	Radiografía Industrial.....	28
2.3.3.2.3	Partículas magnéticas.....	29
2.3.3.2.4	Ultrasonido.....	29
2.3.3.2.5	Tintas Penetrantes.....	30
2.3.3.2.6	Endoscopía.....	30
2.3.3.2.7	Réplicas Metalográficas.....	31
2.3.3.2.8	Termografía Industrial.....	32
2.3.3.2.9	Medición de parámetros de operación.....	33
2.3.3.3	Ventajas del Mantenimiento Predictivo	34
2.3.3.4	Desventajas del Mantenimiento Predictivo.....	34
2.3.4	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (R.C.M.) 35	
2.3.4.1	Definición	35
2.3.4.2	Ventajas del Mantenimiento R.C.M.....	36
2.3.4.3	Desventajas del Mantenimiento R.C.M.	37
2.3.5	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (T.P.M.)	37
2.3.5.1	Definición	37

2.3.5.2	Ventajas del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)	38
2.3.5.3	Desventajas del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.).....	38
2.4	GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN EN EL MANTENIMIENTO	39
2.4.1	GESTIÓN	39
2.4.2	PLANIFICACIÓN.....	41
2.4.2.1	Metodología de planificación de mantenimiento	43
2.4.2.1.1	Reconocimiento del personal de mantenimiento	43
2.4.2.1.2	Inventario y Codificación.....	44
2.4.2.1.3	Recopilación de Información Prioritaria	45
2.4.2.1.4	Creación del libro de registro diario de mantenimiento.....	46
2.4.2.1.5	Hojas de recopilación de datos.....	47
2.4.2.1.6	Aplicación de herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento	48
2.4.2.1.7	Histograma	48
2.4.2.1.8	Diagrama de Pareto.....	48
2.4.2.1.9	Diagrama Causa-Efecto.....	49
2.4.2.1.10	Las 9S para el Mantenimiento	49
2.4.2.1.11	Estrategia Seis Sigma para el Mantenimiento	49
2.4.2.1.12	Análisis Modal de Fallas y sus Efectos (AMFE).....	50
2.5	COSTO DEL MANTENIMIENTO	50
2.5.1	DISTRIBUCIÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	51
2.5.1.1	Costos Fijos	51
2.5.1.2	Costos Variables	51
2.5.1.3	Costos de Capital.....	51
2.5.1.4	Costos por Falla.....	52

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LA EMPRESA ALVAREZ BARBA S.A.	54
--	-----------

3.1	INTRODUCCIÓN	54
3.2	PERFIL PRODUCTIVO.....	54
3.2.1	DISTRIBUCIÓN DEL TALLER DE MOTOCICLETAS	55
3.2.2	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE MOTOCICLETAS	56
3.2.3	CAPACIDAD DE LA EMPRESA PARA LA ATENCIÓN A CLIENTES	57
3.2.4	PROVEEDORES EXTERNOS	58
3.3	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL	59
3.3.1	PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	59
3.3.2	ANÁLISIS MEDIANTE EL MÉTODO ISHIKAWA	60
3.4	DIASNÓSTICO DEL ESTADO DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN ALVARES BARBA S.A.	62

CAPÍTULO 4.

ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO.....	64	
4.1	INTRODUCCIÓN	64
4.2	DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE EFICIENCIA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR BMW DE 1150CC.....	65
4.2.1	ANÁLISIS BAJO LAS CONDICIONES DE LA CIUDAD DE QUITO P= 72,79 KPA; AMBIENTAL=19°C Y VELOCIDAD DEL AIRE V = 60 KM/H	65
4.2.2	CÁLCULO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR PARA P=72,79 KPA (QUITO), Y VELOCIDAD DEL AIRE V= 0,2M/S (CUANDO LA MOTOCICLETA SE ENCUENTRA EN RELANTÍ).....	70
4.2.3	CÁLCULO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR PARA P=101,32 KPA (GUAYAQUIL), VELOCIDAD DEL AIRE V= 16,6 M/S (CUANDO LA MOTOCICLETA SE ENCUENTRA EN MOVIMIENTO 60KM/H), Y UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE $T_{\infty}=27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$	72

4.2.4	CÁLCULO DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR PARA P=101,32 KPA (GUAYAQUIL), VELOCIDAD DEL AIRE V= 0,2 M/S (CUANDO LA MOTOCICLETA SE ENCUENTRA EN RELANTÍ), Y UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE $T_{\infty}=27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$	75
4.2.5	RESUMEN:	77
4.3	DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ADECUADA.....	78
4.4	DESARROLLO DE LA ESTRAGIA DETERMINADA	79
4.4.1	RECONOCIMIENTO DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO....	80
4.4.2	INVENTARIO Y CODIFICACIÓN.....	80
4.4.3	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN PRIORITARIA	80
4.4.4	CREACIÓN DEL LIBRO DE REGISTRO DIARIO DE MANTENIMIENTO.....	81
4.4.5	FLUJOGRAMA DE PROCESO	81
4.4.6	DIAGRAMA DE ISHIKAWA (CAUSA - EFECTO)	81
4.4.7	PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE TALLER	81
4.4.8	DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES Y LOS PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS MOTOCICLETAS.	82
4.4.9	ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y SUS EFECTOS (AMFE)	83
4.4.10	DIAGRAMAS SISTEMÁTICO Y FUNCIONALES DE LA MOTOCICLETA BMW R1150RT	86
4.4.11	DIAGRAMAS DE PARETO POR CADA DIAGRAMA FUNCIONAL	
	94	
4.4.11.1	Diagrama de Pareto para el Sistema Motor.....	95
4.4.11.2	Diagrama de Pareto para el Sistema Caja de Cambios	96
4.4.11.3	Diagrama de Pareto para el Sistema Propulsión	97
4.4.11.4	Diagrama de Pareto para el Sistema Suspensión	98
4.4.11.5	Diagrama de Pareto para el Sistema Escape	99

4.4.11.6 Diagrama de Pareto para el sistema Freno delantero	100
4.4.11.7 Diagrama de Pareto para el sistema Freno Posterior.....	101
4.4.11.8 Diagrama de Parteo para el sistema ABS	102
4.4.11.9 Diagrama de Pareto para sistema Depósito, Conducción y Regulación de combustible.....	103
4.4.11.10. Diagrama de Pareto para el sistema cámara de mezcla Aire - Combustible.....	104
4.4.11.11 Diagrama de Pareto para el sistema Equipo eléctrico del motor	105
4.4.11.12 Diagrama de Pareto para el sistema Componentes eléctricos	106
4.4.12 CUADROS AMFE PARA LA MOTOCICLETA BMW R1150RT...	107
4.4.13 CUADRO DE CORRECTIVOS.....	120
4.4.14 ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	123

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	144
5.1 CONCLUSIONES.....	144
5.2 RECOMENDACIONES.....	146
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	148
ANEXO 1.....	150
MANUAL DE CONDUCCIÓN Y OPERACIÓN DE MOTOCICLETAS BMW...	150
ANEXO 2.....	159
FORMATO BITÁCORA.....	159
ANEXO 3.....	160
FLUJOGRAMA DE PROCESO	160
ANEXO 4.....	161
DIAGRAMA DE ISHIKAWA	161
ANEXO 5.....	162

PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE TALLER.....	162
ANEXO 6.....	163
RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	163
ANEXO 7.....	172
INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	172
ANEXO 8.....	174
NORMA SAE JA 1011	174

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Primera motocicleta creada por Goottlieb Daimler en 1885.....	2
Figura 1.2 Primera Motocicleta BMW de 1920 “Flink”.....	4
Figura 1.2 Motocicleta BMW de 1921 “Helios”.....	4
Figura 1.4 Motocicleta BMW R32 (1923).....	6
Figura 1.5 Vista en corte del motor BMW de la motocicleta R63.....	7
Figura 1.6 Ingresos de la Empresa Alvarez Barba año 2009.....	10
Figura 1.7 Ventas por año de motocicletas BMW.....	11
Figura 2.1. Representación gráfica de una tarea típica de mantenimiento correctivo.....	19
Figura 2. 2. Curva de degradación de rendimiento a través del tiempo para el mantenimiento preventivo.....	22
Figura 2. 3. Curva de degradación de rendimiento a través del tiempo para el mantenimiento predictivo.....	24
Figura 2.4 Espectro de Vibración.....	26
Figura 2.5. Espectro de vibración debido a desbalanceo.....	26
Figura 2.6. Espectro de vibración debido a desalineación.....	27
Figura 2.7. Espectro de vibración debido a excentricidad.....	27
Figura 2.8. Sistema de Monitoreo Continuo de Vibraciones.....	28
Figura 2.9. Visualización Radiográfica de una Grieta Longitudinal.....	28
Figura 2.10. Ensayo con Partículas Magnéticas.....	29
Figura 2.11. Ensayo de Ultrasonido.....	30
Figura 2.12. Ensayo con Tintas Penetrantes.....	30
Figura 2.13. Endoscopio industrial con video.....	31
Figura 2.14. Replicas Microestructurales.....	32
Figura 2.15. Inspección Termográfica.....	33
Figura 2.16. Módulo de Medición de Parámetros Físico-Mecánicos.....	33
Figura 2.17. Proceso de Planificación del Mantenimiento.....	42
Figura 2.18. Métodos de Mantenimiento en función de Costos.....	53
Figura 3. 1. Análisis de Mano de Obra.....	61
Figura 3.2. Análisis del Método.....	62
Figura 4.1 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT.....	66

Figura 4.2 Eficiencia de aletas rectas (perfiles rectangular, triangular, y parabólico).....	69
Figura 4.3 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT.....	70
Figura 4.4 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT.....	72
Figura 4.5 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT.....	74
Figura 4.6 Secuencia Gráfica del Análisis AMFE.....	84
Figura 4. 7. Diagrama Sistemático de motocicletas BMW R1150RT.....	87
Figura 4. 8. Diagrama Funcional del Sistema Motor.....	88
Figura 4. 9. Diagrama Funcional del Sistema Caja de Cambios.....	89
Figura 4. 10. Diagrama Funcional del Sistema Propulsión.....	89
Figura 4.11. Diagrama Funcional del Sistema Suspensión.....	90
Figura 4.12. Diagrama Funcional del Sistema Escape.....	90
Figura 4.13. Diagrama Funcional del Sistema Freno Delantero.....	91
Figura 4.14. Diagrama Funcional del Sistema Freno Posterior.....	91
Figura 4.15. Diagrama Funcional del Sistema Módulo ABS.....	92
Figura 4.16. Diagrama Funcional del Sistema Depósito, Conducción y Regulación de Combustible.....	92
Figura 4.17. Diagrama Funcional del Sistema Cámara de mezcla Aire-Combustible.....	93
Figura 4.18. Diagrama Funcional del Sistema Equipo Eléctrico del Motor.....	93
Figura 4.19. Diagrama Funcional del Sistema Componentes Eléctricos.....	94
Figura 4.20.- Diagrama de Pareto para Sistema Motor.....	95
Figura 4.21.- Diagrama de Pareto para Sistema Caja de Cambios.....	96
Figura 4.22.- Diagrama de Pareto para Sistema Propulsión.....	97
Figura 4.23.- Diagrama de Pareto para Sistema Suspensión.....	98
Figura 4.24.- Diagrama de Pareto para Sistema Escape.....	99
Figura 4.25.- Diagrama de Pareto para Sistema Freno Delantero.....	100
Figura 4.26.- Diagrama de Pareto para Sistema Freno Posterior.....	101
Figura 4.27.- Diagrama de Pareto de Sistema ABS.....	102
Figura 4.28.- Diagrama de Pareto de Sistema Depósito, Conducción, y Regulación de Combustible.....	103
Figura 4.29.- Diagrama de Pareto de Sistema Cámara de mezcla Aire-Combustible.....	104

Figura 4.30.- Diagrama de Pareto de Sistema Equipo Eléctrico del motor.....	105
Figura 4.31.- Diagrama de Pareto de Sistema Componentes Eléctricos.....	106
Figura A1. Conducción indebida.....	152
Figura A2. Bloqueo de la rueda.....	155
Figura A3. Puntos característicos de una curva.....	157
Figura A4. Formato de Libro de Bitácora.....	159
Figura A5. Flujograma de mantenimiento.....	160
Figura A6. Diagrama Causa Efecto que afecta la labor de mantenimiento.....	161

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Ventas por año de motocicletas BMW.....	11
Tabla 4.1 Pérdida de transferencia de calor a $v=0,2\text{m/s}$	76
Tabla 4.2 Pérdida de transferencia de calor a $v=16,6\text{m/s}$	76
Tabla 4. 3. Matriz de Priorización.....	78
Tabla 4. 4. Tabla de Criterio de Calificación.....	78
Tabla 4. 5. Matriz de Perfil Competitivo para Mantenimiento.....	79
Tabla 4. 6. Valores de los índices de Gravedad (G).....	85
Tabla 4. 7. Valores de los índices de Frecuencia (F).....	85
Tabla 4. 8. Valores de los índices de Detectabilidad (D).....	86
Tabla 4. 9. Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema motor.....	95
Tabla 4. 10 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema caja de cambios.....	96
Tabla 4. 11 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema propulsión.....	97
Tabla 4.12 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema suspensión.....	98
Tabla 4. 13 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema escape....	99
Tabla 4. 14 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema freno delantero.....	100
Tabla 4. 15 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema freno posterior.....	101
Tabla 4. 16 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema ABS.....	102
Tabla 4. 17 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema depósito, conducción y regulación de combustible.....	103
Tabla 4. 18 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema cámara de mezcla aire – combustible.....	104
Tabla 4. 19 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema equipo eléctrico del motor.....	105
Tabla 4. 20 Valoración del porcentaje acumulado de fallas sistema componentes eléctricos.....	106
Tabla 4. 21. Cuadro AMFE del Subsistema 1.1 Motor.....	108
Tabla 4. 22. Cuadro AMFE del Subsistema 1.2 Caja de Cambios.....	109

Tabla 4. 23. Cuadro AMFE del Subsistema 1.3 Propulsión Trasera.....	110
Tabla 4. 24. Cuadro AMFE del Subsistema 1.4 Suspensión.....	111
Tabla 4. 25. Cuadro AMFE del Subsistema 1.5 Escape.....	112
Tabla 4. 26. Cuadro AMFE del Subsistema 2.1 Freno Delantero.....	113
Tabla 4. 27. Cuadro AMFE del Subsistema 2.2 Freno Posterior.....	114
Tabla 4. 28. Cuadro AMFE del Subsistema 2.3 Freno Posterior.....	115
Tabla 4. 29. Cuadro AMFE del Subsistema 3.1 Depósito, conducción y regulación de Combustible.....	116
Tabla 4.30. Cuadro AMFE del Subsistema 3.2 Depósito, conducción y regulación de Combustible.....	117
Tabla 4. 31. Cuadro AMFE del Subsistema 4.1 Equipo eléctrico del motor...	118
Tabla 4. 32. Cuadro AMFE del Subsistema 4.2 Componentes Eléctricos.....	119
Tabla 4.33. Cuadro de Correctivos.....	121
Tabla 4.34. Cuadro de Correctivos (Continuación).....	122
Tabla 4.35. Actividad de Mantenimiento Nro. 1.....	124
Tabla 4. 36. Actividad de Mantenimiento Nro. 2.....	125
Tabla 4.37. Actividad de Mantenimiento Nro. 3.....	126
Tabla 4. 38. Actividad de Mantenimiento Nro. 4.....	127
Tabla 4. 39. Actividad de Mantenimiento Nro. 5.....	128
Tabla 4.40. Actividad de Mantenimiento Nro. 6.....	129
Tabla 4.41. Actividad de Mantenimiento Nro. 7.....	130
Tabla 4. 42. Actividad de Mantenimiento Nro. 8.....	131
Tabla 4.43. Actividad de Mantenimiento Nro. 9.....	132
Tabla 4. 44. Actividad de Mantenimiento Nro. 10.....	133
Tabla 4.45. Actividad de Mantenimiento Nro. 11.....	134
Tabla 4.46. Actividad de Mantenimiento Nro. 12.....	135
Tabla 4.47. Actividad de Mantenimiento Nro. 13.....	136
Tabla 4.48. Actividad de Mantenimiento Nro. 14.....	137
Tabla 4.49. Actividad de Mantenimiento Nro. 15.....	138
Tabla 4.50. Actividad de Mantenimiento Nro. 16.....	139
Tabla 4.51. Actividad de Mantenimiento Nro. 17.....	140
Tabla 4.52. Actividad de Mantenimiento Nro. 18.....	141
Tabla 4.53. Actividad de Mantenimiento Nro.19.....	142

RESÚMEN

El presente Proyecto de Titulación, *“ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA EL ÁREA DE MOTOCICLETAS BMW CON CILINDRADA MAYOR A 800CM³ PARA LA EMPRESA ÁLVAREZ BARBA S.A.”*, fue realizado en cinco capítulos, los cuales se resumen de la siguiente manera:

El Capítulo 1, muestra la historia de las motocicletas BMW, sus inicios, su evolución, así como también se muestra las generalidades de la empresa Alvarez Barba S.A.; sus inicios, sus clientes, sus reconocimientos y su crecimiento económico a través del tiempo.

El Capítulo 2, engloba el marco teórico esencial de conocimientos previos de Mantenimiento, los cuales permiten entender y discernir una adecuada estrategia que busque el mejor desempeño del área productiva.

El Capítulo 3, busca dar una idea general del estado actual de Alvarez Barba S.A., empezando por un balance del mantenimiento actual, y llegando a un diagnóstico del desempeño del área de Mantenimiento.

El Capítulo 4, visualiza el desarrollo del Plan de Mantenimiento, el cual está enfocado a dar una serie de mejoras al ya existente, utilizando estrategias que se encuentran detalladas en el presente capítulo.

El Capítulo 5, recoge las conclusiones y recomendaciones que han sido obtenidas a lo largo de la elaboración del presente proyecto.

PRESENTACIÓN

Con el pasar de los años, el mantenimiento en las empresas ha ido cambiando notablemente, es así que, para los años setentas y ochentas, era común la creencia de que los costos de mantenimiento irían en ascenso y así repercutirían sobre el total de producción año tras año.

En la actualidad, podemos aseverar que nada de esto ha ocurrido, gracias al avance en el diseño y utilización de las instalaciones industriales, una correcta planificación y realización de las tareas de mantenimiento, una mayor fiabilidad de sistemas complejos y un gran desarrollo de paquetes informáticos para la gestión del mantenimiento.

La mayoría de empresas alrededor del mundo, basan el Mantenimiento, ante todo, como una estrategia productiva; la cual se complementa con las ya existentes de Calidad Total, Seguridad, Medioambiente, etc.; pasando por el diseño, construcción, implantación y explotación de los sistemas productivos, teniendo como finalidad alcanzar el objetivo deseado en cualquier industria avanzada, es decir, disponer de las máquinas y/o equipos, manteniendo su funcionalidad en el momento que la actividad productiva lo requiera, implantando en la empresa grupos de mejora y fiabilidad.

La gestión del mantenimiento moderno, se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando, entre otras cosas, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas.

Las empresas en el Ecuador no centran al Mantenimiento como una estrategia de producción; es así que, alrededor del 70% de estas no poseen un plan de

mantenimiento, produciéndose desperfectos inesperados en las maquinas utilizadas.

La implementación de un programa de mantenimiento, se hace indispensable para obtener seguridad en la operación, reducir los costos y minimizar las pérdidas de imagen de la empresa, referentes al no cumplimiento de plazos previstos; también brinda la seguridad al conductor, ya que la vida del motociclista se encuentra sobre dos ruedas.

El presente proyecto está dirigido a la aplicación de conocimientos, organización y sistematización en el trabajo, que permiten seleccionar una estrategia correcta de mantenimiento, con el fin de disminuir costos en el servicio que brinda la empresa, minimizando las pérdidas por fallas en el mantenimiento, sobremantenimiento, y así evitando paros innecesarios del activo físico.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

1.1.1 Reseña Histórica de las Motocicletas

La primera motocicleta se remonta al año 1885, donde el ingeniero e inventor alemán Gottlieb Daimler montó un motor de combustión interna diseñado por él mismo en un vehículo con bastidor de madera. El vehículo tenía cuatro ruedas, incluyendo dos pequeñas ruedas de estabilización, por lo que técnicamente no era de hecho una motocicleta. Sin embargo, los historiadores consideran que el vehículo de Daimler fue la primera motocicleta del mundo figura 1.1. El hijo de Daimler, Paul, se convirtió en el primer motorista el 10 de noviembre de 1885, cuando pilotó la invención de su padre a lo largo de casi 10 kilómetros.

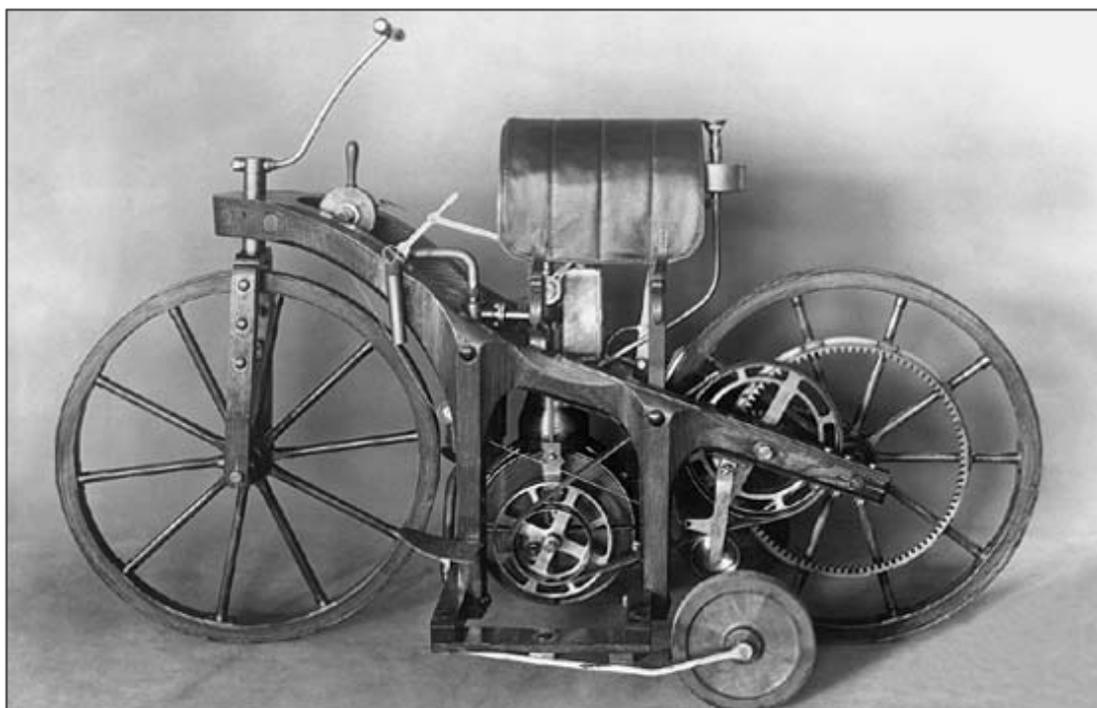


Figura 1.1 Primera motocicleta creada por Goottlieb Daimler en 1885¹

¹ Das Fachbuch VOM AUTOMOVIL AUTOMOTOR; Schwoch; 5 edición; Berlín 1996

BMW (Bayerische Motorren Werke; Fábrica Bávara de Motores) nació para construir aviones y empezó a fabricar motocicletas sólo para sobrevivir. Pero hizo, y hace cosas maravillosas, aportando una nueva filosofía de la moto y encontrándose siempre a la vanguardia de la técnica, pero respetando una rígida tradición de más de medio siglo.

En 1918 se encontraban a la cabeza de BMW los ingenieros Karl Rapp, Max Friz y Franz Joseph Popp, tres hombres que en principio no parecían demasiado interesados a dedicarse a la construcción de motocicletas.

La casa alemana derivó de la coalición de los intereses de unos ingenieros aeronáuticos que tenían una pequeña fábrica en los alrededores del aeropuerto de Munich, construido en los años anteriores a la primera guerra mundial. Rapp había fundado su fábrica en aquella localidad en 1913, mientras que Friz un año antes construyó su primer motor. Estos dos ingenieros se asociaron en 1916 para fundar la BFW (Bayerische Flugzeugwerke), empresa suministradora de motores de avión a las Fuerzas Armadas alemanas en general, y al escuadrón de cazas del barón van Richthofen en particular. Estos motores eran muy buenos, la sociedad hizo lucrativos negocios, y en corto espacio de tiempo se unieron a la vecina fábrica de aviones Gustav Otto para formar la BMW (Bayérische Motorren Werke, Fábrica Bávara de Motores), que al siguiente año se reestructuró como sociedad anónima (AG) bajo la dirección de F.J. Popp.

Llegado este momento, las circunstancias inducían a pensar que la sociedad no se ocuparía más que de aviación. El único que abrigaba otros planes era Popp, excelente ingeniero civil y electrotécnico, apasionado no sólo de los aviones, sino también de las motocicletas. A BMW se le planteó la necesidad de dedicarse a otras actividades cuando Alemania, tras haber perdido la primera guerra mundial, atravesó una grave crisis. Durante cierto tiempo, la empresa se ocupó en construir maquinaria agrícola y piezas de fundición para distintas industrias, actividades que complementó con otras de lo más diversas. En medio de esta lucha desesperada por sobrevivir, los responsables de la firma se dieron cuenta de que la salvación no radicaba en la diversificación de los productos, y por ello decidieron lanzarse a la construcción de motocicletas.

El primer esfuerzo de la BMW en este terreno se orientó hacia la pequeña cilindrada, y así presentó al mercado en 1920 la « Flink» una monocilíndrica con transmisión final por banda, de 146cc. El siguiente modelo sería en 1921 la «Helios», construida sobre los planos de la vieja Flink, con motor longitudinal al chasis de dos cilindros horizontales contrapuestos de 493cc, y transmisión final por cadena.

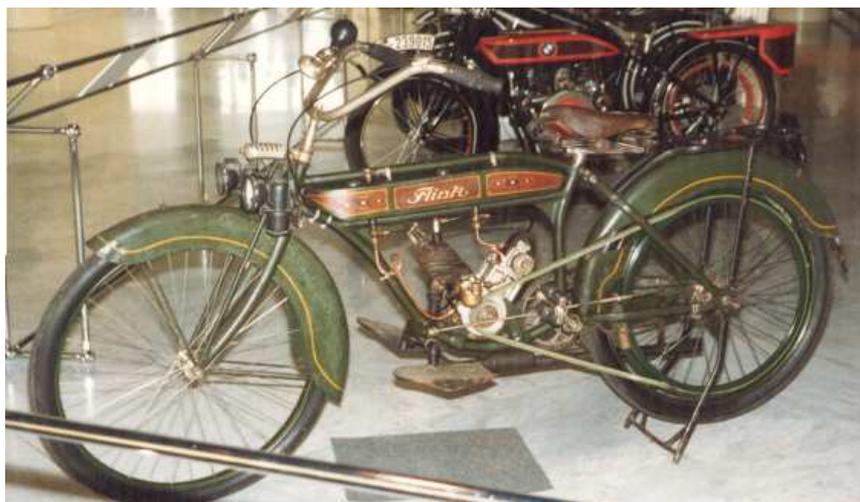


Figura 1.2 Primera Motocicleta BMW “Flink” de 1920²

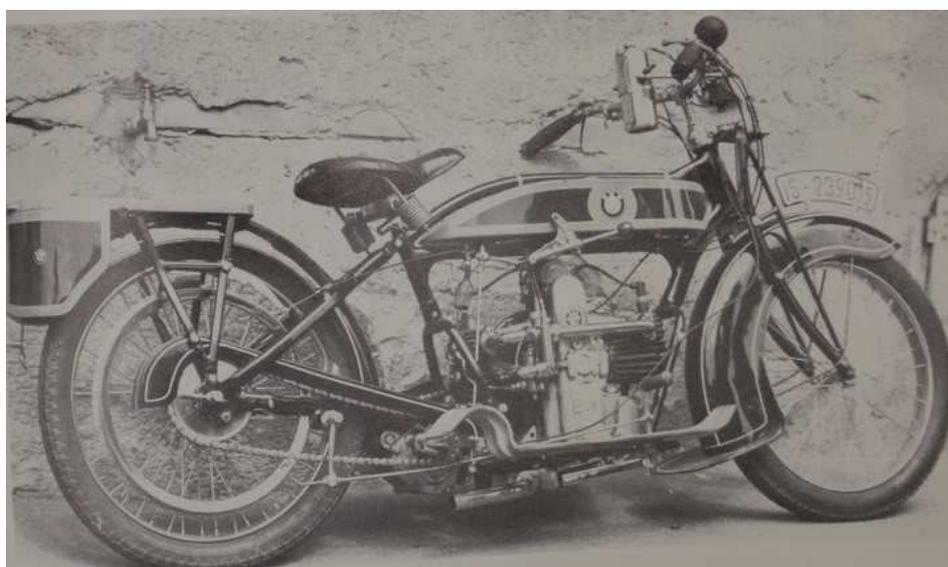


Figura 1.3 Motocicleta BMW “Helios” de 1921³

² <http://classic-mopeds.crazy-box-berlin.de/bmw/helios.gif>

³ <http://classic-mopeds.crazy-box-berlin.de/bmw/flink.gif>

El ingeniero jefe Max Friz no veía esta nueva actividad con buenos ojos y apremió a Popp para que escogiese cualquier otra cosa.

Un motor refrigerado por aire, equipado con dos cilindros horizontales contrapuestos y en posición transversal al chasis, era una solución lógica y sensata para una motocicleta. El ingeniero Friz pensó en un motor de este tipo, pero no tenía tiempo para resolver el problema de la transmisión final, que parecía demasiado complejo, por lo que decidió colocar el motor longitudinalmente en el chasis como en los modelos anteriores (con una refrigeración menos eficaz para el cilindro posterior) que aseguraba por lo menos una conducción igual, ya que el peso del motor seguía concentrado en un lugar muy bajo, y la solución al problema de la transmisión final se facilitaba enormemente.

Así nació en 1922 la M 2 B 1 5, el primer motor grande de BMW (500 c.c. y potencia de 6,4 CV). Este éxito comercial indujo al ingeniero Friz a afrontar decididamente la realización de su idea: el bicilíndrico transversal al chasis para aplicar a una motocicleta totalmente nueva. Según una de las leyendas que abundan en la historia de la motocicleta, Friz se hizo instalar una estufa en su taller para afrontar mejor las frías noches bávaras, ya que estaba dispuesto a pasarse días enteros en su taller hasta que consiguiera su propósito. Poco tiempo después, este hombre que había proclamado no amar la moto, presentaba un proyecto que inauguraba una nueva era para la motocicleta. Esta BMW, que sería conocida con las siglas R 32, fue una de las máquinas más importantes de la primera posguerra, diseñada en base a ciertos principios técnicos y no haciendo concesiones a la práctica corriente. Friz fundaba una nueva escuela alemana, inaugurando una tradición destinada a sobrevivir ininterrumpidamente hasta nuestros días, e introduciendo cierto grado de refinamiento en una actividad que hasta aquel momento había estado presidida por concepciones comunes.

La presentación de la R 32 en el Salón de París del año 1923 sería todo un acontecimiento, y no sólo porque el motor longitudinal de dos cilindros opuestos transversales al chasis estuviese acoplado a un embrague y cambio de velocidades del tipo usado en los automóviles, sino que además la transmisión se realizaba por árbol y grupo cono-corona posterior, consiguiendo de esta forma el

desmontaje más fácil y rápido de la rueda posterior. En el colmo del refinamiento, poseía un chasis tubular, que garantizaba una rigidez torsional y lateral poco común, la ballesta oscilante inferior de la horquilla delantera reducía la masa no suspendida al mínimo, pero en aquella época los frenos delanteros no eran muy eficaces, y los conductores probablemente usaron el minúsculo tambor de freno de la rueda delantera mucho menos que el freno de polea aplicado a la rueda posterior. La BMW R 32 no era precisamente ligera pesaba 123 kg pero en un diseño posterior, Friz elevaría la potencia motriz a 8,5 CV, suficientes para que esta máquina en tres cambios de marchas alcanzase un máximo de 90 km/h.



Figura 1.4 Motocicleta BMW R32 (1923)⁴

En 1925, con el incremento de capital aportado por los accionistas a consecuencia de los buenos dividendos que producía el creciente volumen de negocio de BMW, la firma bávara decidió aumentar su gama de motocicletas. El primer modelo deportivo con válvulas en cabeza, la R 37, doblaba casi la potencia de la R 32, y podía alcanzar la velocidad de 143 km/h en la versión estándar y mayores velocidades en versiones elaboradas.

La R 39 sería la primera de una larga serie de monocilíndricas que merecen ser consideradas aparte. Y proveyendo de este modo a los sectores utilitario, turístico y deportivo del mercado, BMW conseguía en poco tiempo un enorme prestigio y comenzaba proyectos de mayor envergadura. Schleicher piloto alemán concurreció a los Seis Días Internacionales de Inglaterra de 1926 con una R 37 Y conquistó

⁴ Revista BMW Motorrad; marzo de 1994

una medalla de oro, pero este modelo tuvo una vida breve: se construyeron apenas 175 unidades.

En 1926 las dos bicilíndricas serían sustituidas por la R 42 de válvulas laterales y la R 47 con válvulas en cabeza y características deportivas. Conforme fue aumentando la potencia, se abandonaría el viejo sistema de freno por patín en la rueda trasera por otros más eficaces sobre la transmisión. Estos modelos serían sustituidos al cabo de un par de años por la R 52 y la R 57, que montaban un freno anterior de grandes dimensiones, presente asimismo en la primera bicilíndrica de 750 C.C., la R 62 Y la R 63, esta última con una potencia de más de 24 CV y una velocidad máxima superior a los 120 km/h. El motor de la R 63, con una relación de compresión de 1,2 a 1, se prestaba a posteriores elaboraciones, como se hizo evidente cuando a partir de ella nació la máquina de récords mundiales de Ernst Henne en los años treinta.

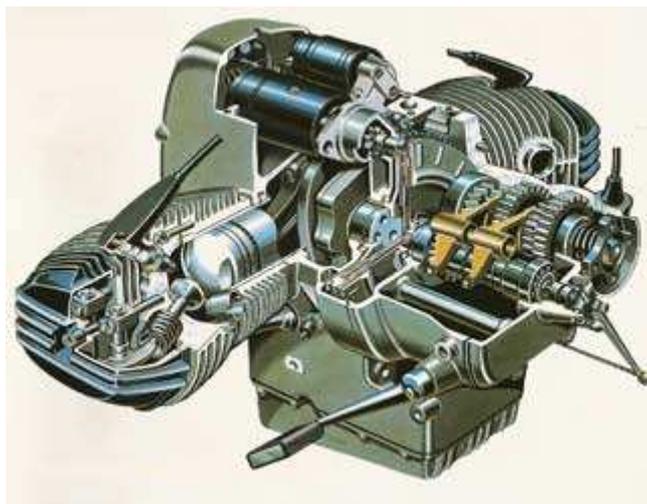


Figura 1.5 Vista en corte del motor BMW de la motocicleta R63⁵

Las motocicletas BMW han evolucionado a lo largo del tiempo, es así que nos llevan a la actualidad, en donde existen tres categorías de motocicletas la categoría R (Rahmen que en español significa bastidor de motocicleta) son motocicletas con motor bóxer refrigerado por aire, la categoría K (deportiva de altas prestaciones con cuatro cilindros en línea y refrigerado por agua), y la F (Funduro), que representa la introducción en el mercado de una motocicleta pequeña y de doble propósito. En el curso de su desarrollo, la empresa introdujo

⁵ Revista BMW Motorrad; marzo de 1994

numerosos elementos poco convencionales, en parte desarrollados por la propia BMW, como el ABS, el Paralever, el Telelever que son sistemas de suspensión delantera y trasera respectivamente, así como el desarrollo de nuevos materiales los cuales reducen el peso de la motocicleta, y permiten una conducción más amigable y por ende se disfruta mejor de la conducción . Por todo lo mencionado el eslogan de BMW no tiene ninguna tipo de discusión.

“EL PLACER DE CONDUCIR”

Esto ha sido un breve resumen, en donde se ha recopilado los hechos más relevantes de la prestigiosa marca de motocicletas.

1.1.2 Reseña Histórica de la Empresa Alvarez Barba S.A.

La empresa Álvarez Barba S.A. tuvo sus inicios en el año de 1932, cuando el señor César y su hermano Antonio Oswaldo Alvarez Barba se unieron para emprender en los negocios. Inicialmente, la empresa se llamó Álvarez Barba Hermanos y Compañía y tenía un capital de 43 mil sucres. Se dedicaba a la venta de llantas, máquinas de escribir y cajas registradoras. Luego se diversificó a cristalería, vajillas, cubiertos y otros productos que requería el mercado.

En 1958, Álvarez Barba S.A. importó desde Alemania el primer auto BMW al país, ya en el mismo año consiguió la representación para el Ecuador de los vehículos BMW, este primer vehículo tenía un precio al público de 18 mil sucres. En 1965 Alvarez Barba S.A. importó a la ciudad de Quito las primeras dos motocicletas, dos R50, con las cuales se creó un nicho de mercado ecuatoriano de motocicletas de altas prestaciones, calidad, y vanguardia tecnológica, en donde los clientes eran de carácter particular como del servicio público (Presidencia de la República, policía nacional), ya que en el año 1979 se importaron las primeras 10 motocicletas para la presidencia de la República de Ecuador, las R80/7.

La decisión de ofrecer la marca BMW y posteriormente Porsche por parte de Alvarez Barba S.A. se dio porque, se buscaba atender a un segmento de mercado

exclusivo, al que le gusta diferenciarse de los demás. Eso ha sido uno de los puntos que ha permitido seguir en lo alto. Desde que empezó a funcionar la empresa, hasta 2009, se ha vendido 4.000 automóviles y 400 motocicletas.

La empresa ha atravesado graves problemas. El más fuerte, según su presidente Pedro Álvarez un profesional en finanzas y administración de empresas, fue en el período 1982-1992, cuando se prohibió la importación de vehículos. La empresa pudo soportar esa crisis, ya que no solo dependía de la venta de autos.

Para ser fuertes económicamente en el mercado y no depender de créditos del sistema financiero, Álvarez Barba tiene una regla de oro: Del total de utilidades, por lo menos el 50% se lo destina para la reinversión de la empresa. Para diciembre de 2009 su capital fue de 5,8 millones de USD⁶. Para este año se estima incrementar a 6,5 millones de USD, y las expectativas crecen.

1.1.3 Localización de la Empresa Alvarez Barba

Alvarez Barba S.A., es una empresa ecuatoriana que se encuentra ubicada en las calles: Av. 10 agosto N 5197 Y Algarrobos, Provincia de Pichincha, Cantón Quito, donde tiene sus instalaciones, y oficinas administrativas; un croquis se encuentra detallado en la figura 1.6.

⁶ Superintendencia de Compañías del Ecuador

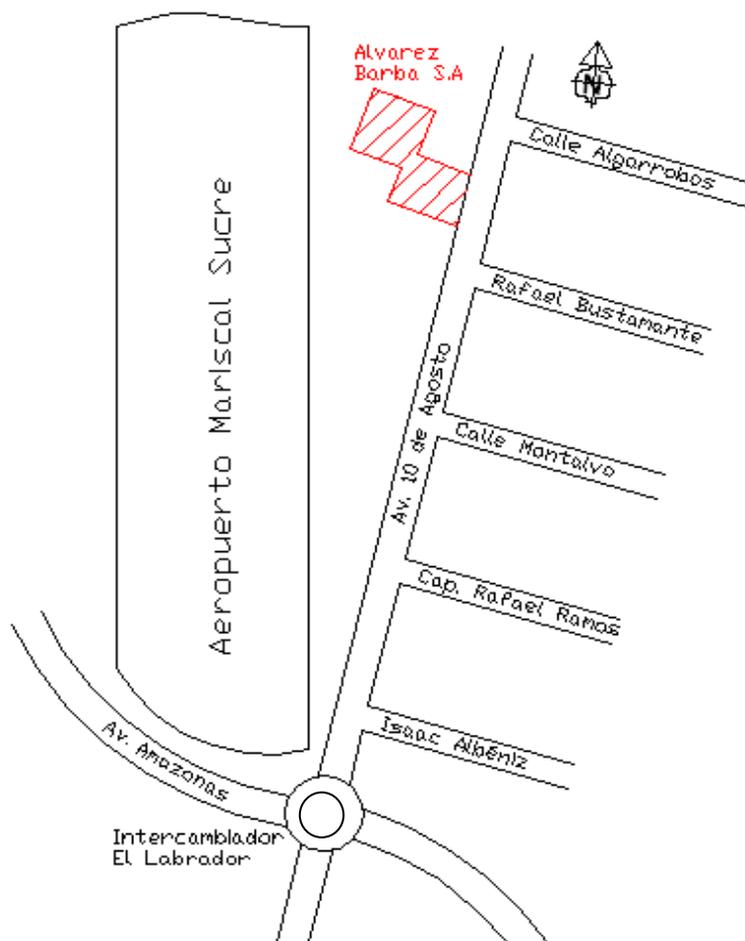


Figura 1.6 Ubicación Geográfica de Alvarez Barba S.A.⁷

1.1.4 Misión

Somos desde 1932 una empresa dedicada a la representación y comercialización de los mejores productos y servicios de marcas reconocidas internacionalmente en los campos automotriz, maderero, perfumería, cosméticos y otros.

Dontamos con una sólida organización con visión a largo plazo, tecnología de punta y personal calificado, con conciencia de servicio y eficiencia.

Orientamos nuestros esfuerzos a satisfacer las necesidades de nuestros clientes, las expectativas de nuestros accionistas, empleados y proveedores, contribuyendo con responsabilidad social el desarrollo del país.

⁷ Fuente Propia

1.1.5 Visión

Ser líder a nivel nacional en la comercialización de productos y servicios de marcas reconocidas por su alta calidad.

Por ello empelamos los más niveles de innovación, dinamismo y crecimiento sostenido, con la participación de recursos humanos con alto sentido de logro y resultados.

1.1.6 Reconocimientos

Entre los principales reconocimientos de la empresa Alvares Barba S.A. se encuentran la postulación a mejor empresa automotriz de vehículos de lujo postulado por AEADE (Asociación de empresas automotrices del Ecuador) en 2008.

1.1.7 Productos

Álvarez Barba no solo se dedica a la venta de autos. El Grupo también está en el negocio de la perfumería, con la marca Christian Dior, y de la madera con la marca Pelikano. Todas las líneas de negocios son rentables, los autos representan el 70% de los ingresos y el 30% restante se distribuye entre las otras líneas.

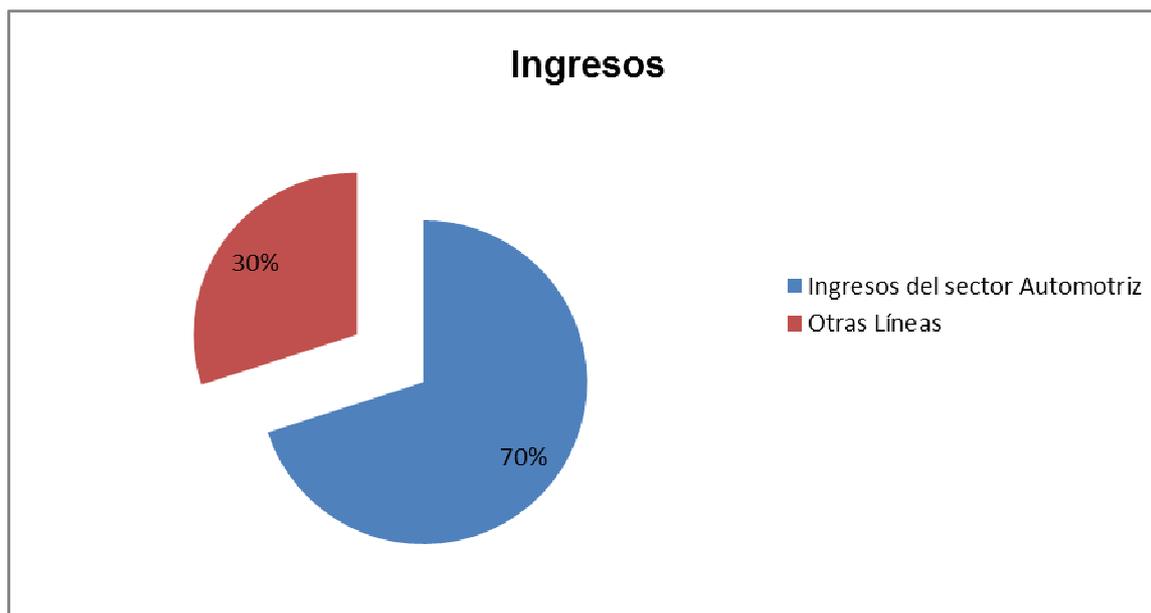


Figura 1.6 Ingresos de la Empresa Alvarez Barba año 2009⁸

1.1.8 Clientes

Alvarez Barba se enfoca a la comercialización de productos y servicios de marcas de alta calidad y prestigio, por lo cual sus clientes de igual forma son de carácter exclusivo, que va desde instituciones públicas como la presidencia de la república del Ecuador, Policía Ecuatoriana, y clientes particulares que buscan en la marca alemana satisfacción, seguridad, y muchos otras características que solo puede ser valorado por una persona a la cual le guste el deleite de la conducción.

1.2 Crecimiento Económico

A continuación se presentará un gráfico, donde se observa la cantidad de motocicletas BMW vendidas por parte de Alvarez Barba S.A. desde el año 2004 hasta el año 2009, en el cual se puede observar que la empresa ha aumentado la venta de motocicletas de manera considerable específicamente en el 2008,

⁸ Fuente Propia

debido a la compra por parte de la policía nacional del Ecuador de 10 motocicletas BMW R1200RT para la escolta policial.

Años	Cantidad de Motocicletas Vendidas
2004	22
2005	33
2006	23
2007	20
2008	41
2009	23

Tabla 1.1. Ventas por año de motocicletas BMW⁹



Figura 1.7. Ventas por año de motocicletas BMW¹⁰

⁹ Alvarez Barba S.A.

¹⁰ Fuente Propia

CAPÍTULO 2

TEORÍA DEL MANTENIMIENTO

2.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

Mantenimiento “significa preservar algo”, por lo cual surgen dos preguntas cuando se dispone a mantener algo, ¿Qué se desea que continúe realizando el activo físico?, ¿Cuál es el estado existente que se desea preservar?

La respuesta a estas preguntas está dada por el hecho de que todo activo físico es puesto en funcionamiento por que se espera que cumpla una función o ciertas funciones específicas. Por ende al mantener un activo, el estado que se debe preservar es aquel en el que continúe haciendo aquello que los usuarios quieren que haga.

Todo activo físico sufre deterioro por su uso, ya sea de forma normal o inadecuada, defectos en su montaje, especificaciones técnicas mal concebidas y su no utilización; es así que, las tareas de mantenimiento obligan a tomar acciones encaminadas a restablecer las condiciones óptimas de funcionamiento, contribuyendo a lograr los objetivos de la organización y brindando satisfacción a las expectativas de las partes interesadas, es decir: los empresarios, sus empleados, clientes y proveedores, así como de la sociedad donde la organización desarrolla sus actividades productivas.

Los principios del mantenimiento están basados en: el respeto para todos los empleados y funcionarios, el liderazgo, el cumplimiento de responsabilidades compartidas, el trabajo en equipo, el compromiso con la seguridad y el medio ambiente; con el fin de desarrollar estrategias y habilidades que colaboren con la fortaleza de la entidad productiva. Es así que si se realiza elecciones adecuadas en las estrategias de mantenimiento es posible mejorar el rendimiento de los activos y al mismo tiempo contener y hasta reducir el costo del mantenimiento, y

por otro lado si se realiza elecciones inadecuadas se crearan nuevos problemas mientras empeoran los que ya existen.

De tal manera que se define al Mantenimiento como una actividad humana, cuyas acciones eficaces están destinadas a mejorar los aspectos operativos relevantes de una entidad productiva, tales como: funcionalidad, seguridad, productividad, ergonomía, imagen corporativa, salud, higiene y protección del medio ambiente; mediante la preservación de los elementos físicos.

2.2 FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO

Desde el punto de vista de la ingeniería un activo físico debe ser mantenido, y modificado de serlo necesario. Para el mantenimiento del activo se debe identificar los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional, las fallas funcionales, las causas que las provocan, los efectos de cada falla, y las consecuencias de cada falla, para de esta manera aplicar las estrategias que se consideren convenientes, y así disminuir el impacto en los costos del producto final, minimizando las pérdidas de producción que son provocadas por fallas en los equipos.

2.2.1 PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO

El primer paso en el proceso de mantenimiento es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional junto con los parámetros de funcionamiento deseado. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

- *Funciones primarias*, que en primera instancia resumen el por qué de la adquisición del activo. Esta categoría de funciones cubre temas como

velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad de producto y servicio al cliente.

- *Funciones secundarias*, en donde se espera que cada activo haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias, es así que los usuarios tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort integridad estructural, economía, protección, eficiencia operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales, y hasta de apariencia del activo.

2.2.2 FALLAS FUNCIONALES

Se llama falla funcional cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo al parámetro de funcionamiento que el usuario considera aceptable.

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociados al activo en cuestión. El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla. Esto sugiere que el mantenimiento cumple sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de una falla. Sin embargo antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, necesitamos identificar qué fallas pueden ocurrir, para lo cual primero se identifica las circunstancias que llevaron a la falla, y segundo qué eventos pueden causar que el activo falle.

2.2.3 MODOS DE FALLA

Una vez que se ha identificado cada falla funcional, el siguiente paso es tratar de identificar los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada falla funcional. Estos hechos se denominan modos de falla.

La gran mayoría de modos de falla son causados por el deterioro o desgaste por uso normal. Sin embargo, para que todas las causas probables de fallas en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, esta lista debería incluir fallas causadas por errores humanos, errores de diseño, y mantenimiento inadecuado.

2.2.4 EFECTOS DE FALLA

Consiste en evaluar las consecuencias de falla tal como; qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla, de qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa), de qué manera afecta a las operaciones y la producción, y qué debe hacerse para reparar la falla.

2.2.5 CONSECUENCIAS DE FALLA

Las fallas afectan a la organización del algún modo, pero en cada caso, los efectos son diferentes, tales como afectar las operaciones, calidad del producto, servicio al cliente, la seguridad, y al medio ambiente. Todas las anteriormente mencionadas para ser reparadas tomarán tiempo y costarán dinero.

De hecho se reconoce que la única razón para realizar cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas. El proceso de mantenimiento clasifica estas consecuencias en cuatro grupos de la siguiente manera:

- Consecuencias de fallas ocultas.- Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen al bien a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.
- Consecuencias ambientales y para la seguridad.- Una falla tiene consecuencia para la seguridad si es posible que cause daño o la muerte de alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna

normativa o reglamento ambiental tanto corporativo como regional, nacional o internacional.

- Consecuencias Operacionales.- Este tipo de consecuencia se da si afecta a la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente, o costos operacionales además del costo directo de la reparación).
- Consecuencias no operacionales.- Las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni la producción. Sólo implican el costo directo de la reparación.

2.3 ESTRATEGIAS DE MANTENIMIENTO

Durante la revolución industrial que se dio a finales del siglo XVIII y comienzo del siglo XIX, se vio la necesidad de realizar trabajos de reparación en función del fallo de la máquina (mantenimiento correctivo). El inicio de los conceptos de competitividad de costos, planteó en las grandes empresas, la preocupación hacia las fallas o paros que se originaban en la producción. Hacia los años 20 ya aparecieron las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación; es así que, durante la segunda guerra mundial, el mantenimiento tuvo un desarrollo acelerado debido a las necesidades militares. En esta evolución el mantenimiento preventivo consistió en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos componentes en función del número de horas de funcionamiento.

Para 1960, se iniciaron técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y sonidos emitidos por la máquina, dando paso al mantenimiento predictivo y con éste a los primeros equipos analizadores de espectro de vibraciones.

Entre 1969 y 1974, fue desarrollado en la empresa aérea estadounidense United Airlines, el mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.), con la finalidad de reducir la paralización de los equipos debido a fallos .

Para principios de los años 70, fue implementado por primera vez en la empresa japonesa NIPPONDENSO del grupo Toyota, el mantenimiento productivo total (T.P.M.), iniciándose su implementación fuera de Japón a partir de los 80, este método es una revolución del pensamiento gerencial en cuanto al mantenimiento.

2.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

2.3.1.1 Definición

Se presenta cuando una máquina y/o equipo funciona normalmente hasta ser incapaces de cumplir con sus prestaciones; llevándose a cabo la estrategia correctiva con el fin de remediar una falla o avería; dichas fallas pueden ser origina

das por uso excesivo, mal funcionamiento, negligencia por parte del personal o fallas en la calidad y el diseño de la máquina.

Se lo conoce también como mantenimiento reactivo o de emergencia y corresponde ejecutarlo ágilmente, ya sea por una avería imprevista que debe ser reparada lo más pronto posible o por una condición imperativa a satisfacer (problemas de seguridad, contaminación, aplicación de normas legales, etc.).

Una tarea de mantenimiento correctivo típica consta de las siguientes actividades:

- a) Detección del fallo*
- b) Localización del fallo*
- c) Desmontaje*
- d) Recuperación o sustitución*
- e) Montaje*
- f) Pruebas*
- g) Verificación*

La figura 2.1., muestra una representación gráfica de la tarea de mantenimiento correctivo. La duración de la tarea se representa por TMC (Tiempo de mantenimiento correctivo), que representa el tiempo transcurrido necesario para la conclusión con éxito de la tarea de mantenimiento correctivo¹¹.

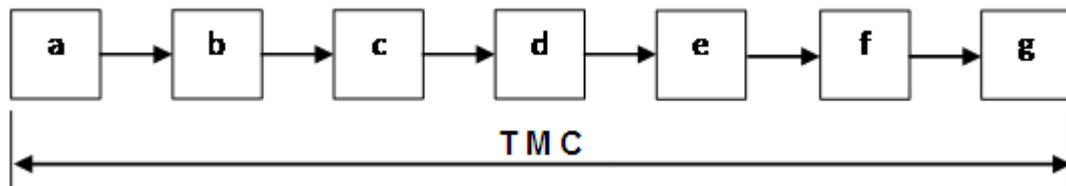


Figura 2.1. Representación gráfica de una tarea típica de mantenimiento correctivo¹²

En general esta tarea de mantenimiento es la más costosa, ya que involucra una repentina paralización de la producción, que en la mayoría de los casos pueden durar horas y hasta semanas, penalizando así, los ingresos de una entidad productiva.

2.3.1.2 Tipos de Mantenimiento Correctivo

2.3.1.2.1 Mantenimiento Correctivo de Campo

Éste se encarga de la reposición del funcionamiento de las máquinas y/o equipos, sin embargo, no se elimina la fuente que provocó la falla, es decir, la realización a las actividades de mantenimiento inmediatamente, debido a que algún equipo proporciona un servicio vital, dejando de hacerlo por cualquier causa, por tanto, se debe actuar en forma emergente y en el mejor de los casos bajo un plan contingente. También es aplicable cuando, las fallas han tenido lugar en los

¹¹ KNEZEVIC Jezdimir, "Mantenimiento", Editorial Isdefe, 4ª Edición, España; 1996.

¹² MONCHY Francois, "Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial", Editorial Masson; 1990.

equipos que ponen en peligro la seguridad o integridad física del personal, instalaciones o inmediaciones.

2.3.1.2.2 Mantenimiento Correctivo de Reparación

Éste se encarga de la reparación propiamente, con el fin de eliminar las causas que han producido la falla y se realiza cuando ésta no es urgente, prorrogando la ejecución para el momento más oportuno y con la reparación más adecuada. También es aplicable a los equipos que al fallar no afectan la seguridad ni la producción; por lo tanto, su reparación puede ser programada y resuelta con los recursos normales de la entidad productiva.

2.3.1.2.3 Ventajas del Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo desde su aparición tiene las siguientes ventajas:

- La necesidad de infraestructura es mínima.
- No necesita de personal técnico especializado.
- No requiere de un programa de mantenimiento para ser ejecutado.
- El costo de mano de obra es mínimo, ya que no necesita personal calificado.
- Es beneficiosa en equipos que no injieren de manera relevante en el desempeño del activo físico, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económico.

2.3.1.2.4 Desventajas del Mantenimiento Correctivo

Este mantenimiento tiene varios inconvenientes los cuales son:

- La disponibilidad de las máquinas y/o equipos de la entidad productiva, es aleatoria.
- La planificación de la producción se ve mermada debido a que se producen paros imprevistos.
- Por efectos de los puntos antes mencionados, se ven también afectadas las cadenas productivas, es decir, los ciclos productivos posteriores se verán interrumpidos a la espera de la corrección de la fase anterior.
- Debido a la necesidad productiva, la calidad en la reparación que se obtiene es baja, por la precipitada forma de su ejecución.
- El personal se ve también afectado, ya que producto de la baja calidad de mantenimiento, se ocasionan nuevas fallas en la máquina conduciendo a su abatimiento.
- En muchos de los casos, los repuestos necesarios para el reacondicionamiento de una máquina y/o equipo son de difícil obtención, ya que al no existir en el país, ameritan tiempo para su importación, lo que provoca fallas en el presupuesto y paros indefinidas.
- El tiempo que estará el sistema fuera de operación, no es despreciable bajo ninguna apreciación.

2.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

2.3.2.1 Definición

Debido a las grandes desventajas que conlleva el mantenimiento correctivo, surge la necesidad de disminuir su impacto nocivo al desempeño de la máquina, procurando reducir la reparación inesperada, mediante exámenes periódicos programados y la renovación de los elementos dañados, es así que, el mantenimiento preventivo consiste en proyectar revisiones de los equipos, fundamentándose en documentos de las máquinas (catálogos de partes, manual

de operaciones, manual de mantenimiento), la recopilación de datos históricos obtenidos de las mismas y la experiencia de los operarios.

En la siguiente figura se observa la curva de rendimiento de una máquina y/o equipo con el paso del tiempo; con la notable variante que, si bien el tiempo de intervención preventiva (mantenimiento correctivo) no ha disminuido considerablemente, se puede observar el incremento del área efectiva del segundo tiempo de buen funcionamiento.

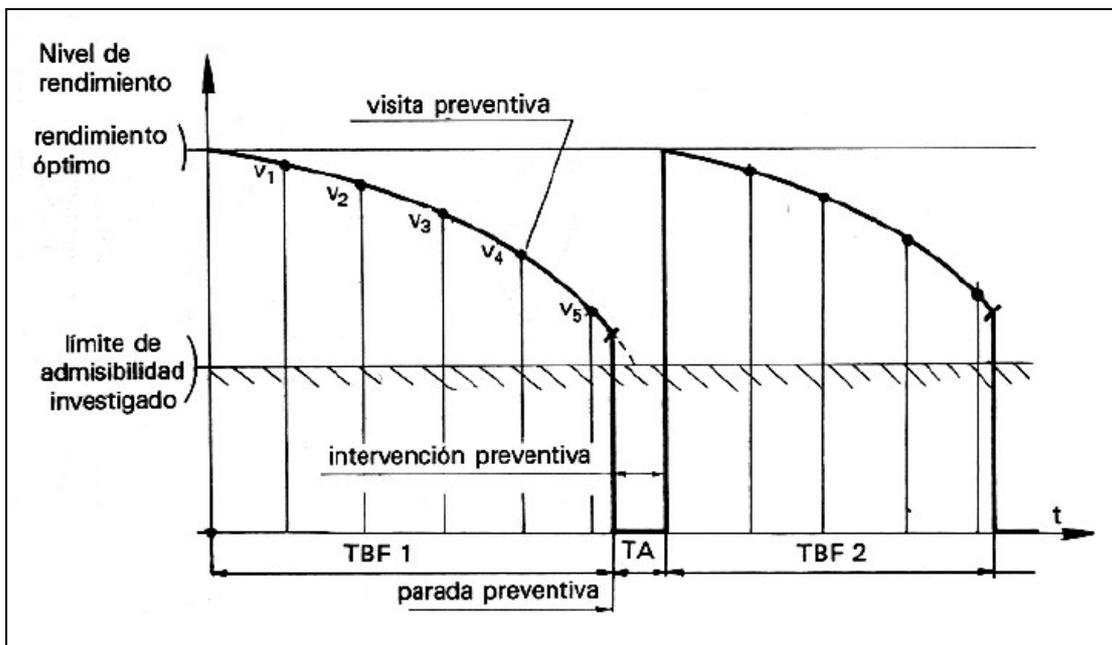


Figura 2. 2. Curva de degradación de rendimiento a través del tiempo para el mantenimiento preventivo¹³

2.3.2.2 Ventajas del Mantenimiento Preventivo

- Las máquinas y/o equipos al ser examinados constantemente, aumentan su fiabilidad y contribuyen a los sistemas de gestión de calidad, ya que llegan al final de su vida útil en condiciones aceptables.
- Reduce inconvenientes en la programación de producción, por el aumento de la disponibilidad al disminuir la corrección de fallas por paros.

¹³ MONCHY Francois, "Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial", Editorial Masson; 1990

- Producción y Mantenimiento planifican el paro en conjunto.
- Se promueve el trabajo en equipo de los miembros de Mantenimiento y Producción.
- La producción no se ve alterada por la realización del mantenimiento; este se programa de tal manera que se aprovechen las horas de inacción de la planta.

2.3.2.3 Desventajas del Mantenimiento Preventivo

- Su aplicación involucra una inversión inicial en producción e infraestructura
- La mano de obra utilizada es de mayor costo que el mantenimiento correctivo, puesto que es ejecutada necesariamente por personal calificado
- El análisis incorrecto de la frecuencia de mantenimiento preventivo, provoca un elevado costo de mantenimiento, sin obtener mejoras sustanciales en la disponibilidad de las máquinas y/o equipos.
- Los trabajos rutinarios, al extenderse en el tiempo, originan falta de motivación en el personal.
- Los resultados de esta estrategia de mantenimiento, son visibles a un largo plazo (mínimo dos años después de su aplicación).

2.3.3 Mantenimiento predictivo

2.3.3.1 Definición

Este tipo de mantenimiento, está basado fundamentalmente en pronosticar la falla antes de que esta se produzca, es decir, adelantarse al suceso o al momento en que los elementos de las máquinas y/o equipos dejan de trabajar en condiciones óptimas. Se hace necesario, para la consecución de este fin, la utilización de herramientas, equipos y técnicas de monitoreo de parámetros físicos, tales como:

presión, velocidad lineal, velocidad angular, nivel de fluido, espesor de chapa, rigidez dieléctrica, contenido de humedad, viscosidad, vibraciones, variación de temperatura, ruido, radiación, etc.

En la figura 2.4., se visualiza la curva de rendimiento de una máquina y/o equipo con el paso del tiempo; se puede evidenciar que los problemas son anticipados y capturados, aumentando el tiempo entre reparaciones, y disminuyendo el esfuerzo necesario de mantenimiento.

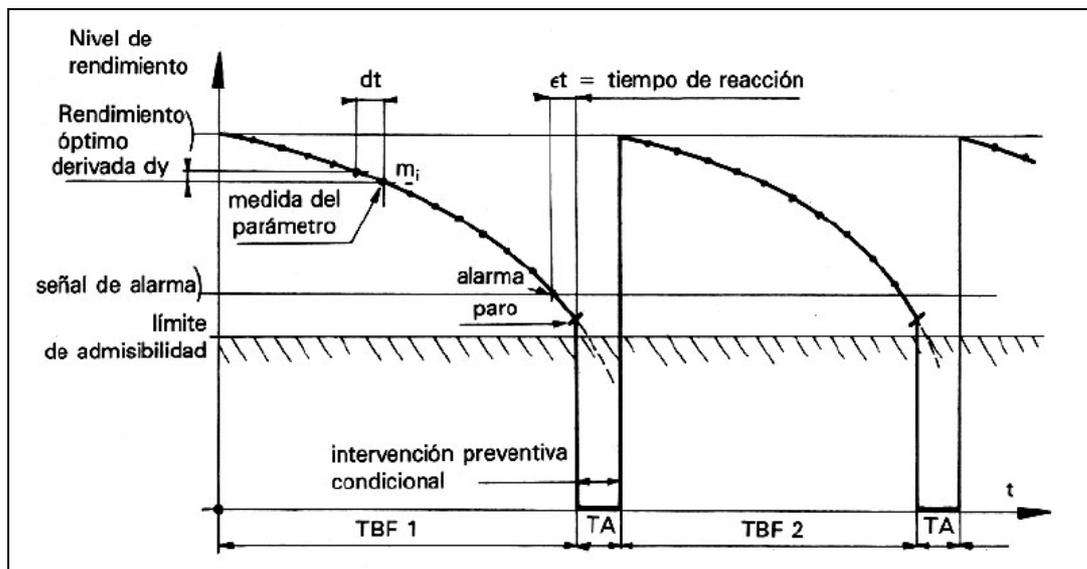


Figura 2.3. Curva de degradación de rendimiento a través del tiempo para el mantenimiento predictivo¹⁴

Durante los años 60 se iniciaron técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y ruidos. Los primeros equipos analizadores de espectro de vibraciones mediante la FFT (Transformada rápida de Fourier), fueron creados por Bruel Kjaer.

2.3.3.2 Técnicas predictivas

Este tipo de mantenimiento, está necesariamente obligado a utilizar diferentes técnicas, las cuales permitirán predecir fallos con la mayor exactitud posible; es

¹⁴ MONCHY Francois, "Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial", Editorial Masson; 1990

así que, los ensayos no destructivos (END), son puntal fundamental para este tipo de mantenimiento.

Los ensayos no destructivos son métodos utilizados en el análisis predictivo de materiales, piezas, equipos o productos; sin destrucción, cambiarlos de forma o desmontarlos, para evaluar tanto sus propiedades físicas como mecánicas sin alterar sus condiciones de trabajo.

A continuación, se hará mención a las técnicas de ensayos no destructivos más utilizadas en nuestro país:

2.3.3.2.1 Analizadores de Fourier

La señal de vibración, es el conjunto de vibraciones mecánicas de cada parte o subconjunto de una máquina y/o equipo. Para una máquina ideal, no se crean ningún tipo de vibraciones mecánicas durante la operación, es decir, toda la energía utilizada se convierte en trabajo útil. Los analizadores de Fourier son índices mediante los cuales se puede establecer el estado actual de una unidad en rivalidad a un parámetro fijo (máquina ideal).

Fue precisamente el matemático francés Jean Baptiste Fourier (1768 – 1830) quien encontró la forma de representar una señal compleja en el dominio del tiempo por medio de series de curvas sinusoidales con valores de amplitud y frecuencia específicos.

Entonces lo que hace un analizador de espectros que trabaja con la transformada rápida de Fourier es capturar una señal desde una máquina, luego calcula todas las series de señales sinusoidales que contiene la señal compleja y por último las muestra en forma individual en el eje de la frecuencia.

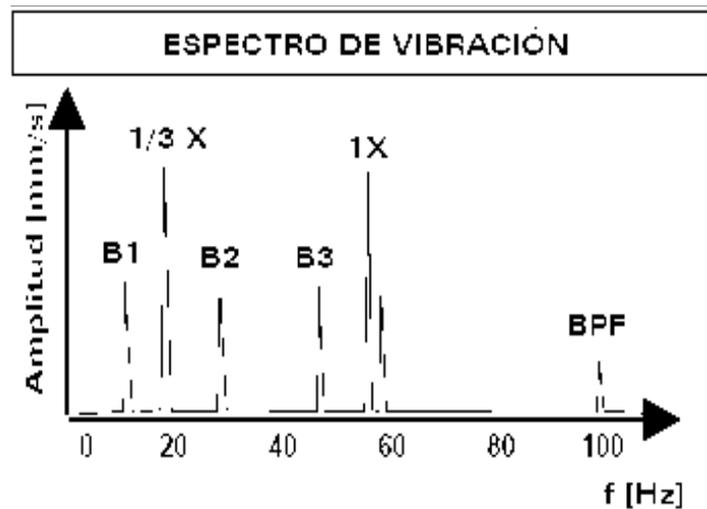


Figura 2.4 Espectro de Vibración¹⁵

La mayoría de patologías o de problemas que tienen las máquinas y que generan vibraciones tienen comportamientos espectrales característicos y de esta manera es posible con estos espectros diagnosticar los problemas, siendo esta una de las principales tecnologías del mantenimiento predictivo.

A continuación se pueden observar algunos espectros de vibración obtenidos para diferentes causas de falla como desbalanceo, desalineación y excentricidad.

DESBALANCEO:

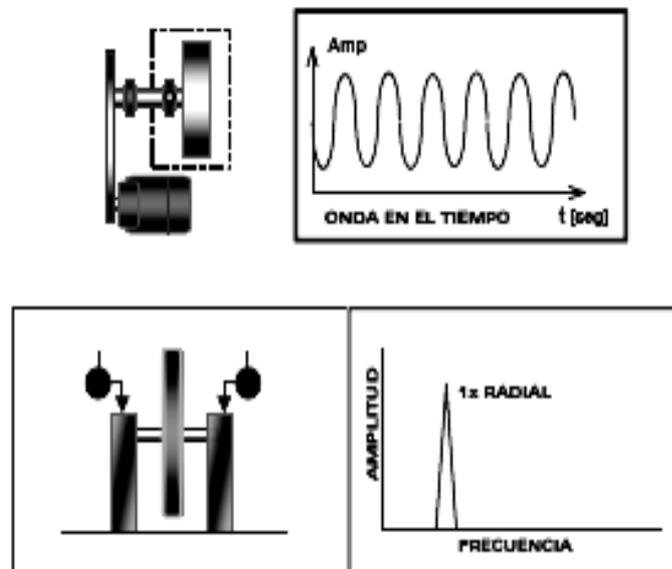
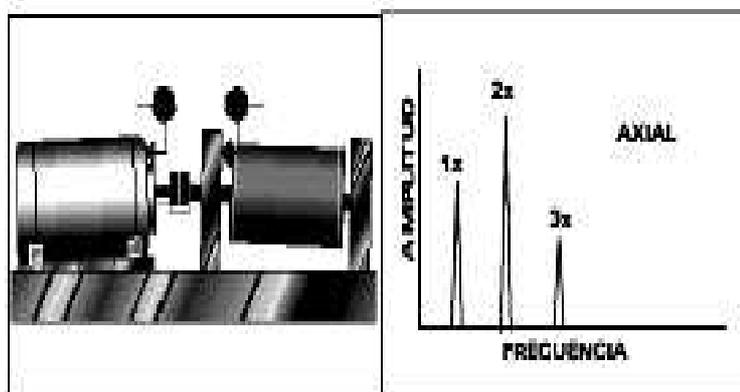
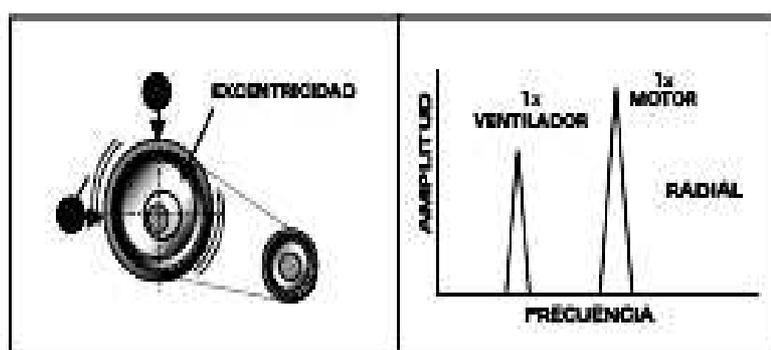


Figura 2.5. Espectro de vibración debido a desbalanceo¹⁶

¹⁵ MONCHY Francois, "Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial", Editorial Masson; 1990

¹⁶ www.serviam.cl/productos/seccion/1.html

DESALINEACIÓN:Figura 2.6. Espectro de vibración debido a desalineación¹⁷**EXCENTRICIDAD**Figura 2.7. Espectro de vibración debido a excentricidad¹⁸

Cuando el análisis de vibraciones es aplicado correctamente, es posible detectar pequeños defectos mecánicos incipientes mucho antes que representen una falla para la máquina y/o equipo y de esta manera, se puede programar el mantenimiento con el tiempo suficiente para que la gerencia de planta sea quien controle las máquinas y no suceda de forma contraria. El equipo utilizado se puede ver a continuación en la figura 2.8.

¹⁷ www.serviam.cl/productos/seccion/1.html

¹⁸ www.serviam.cl/productos/seccion/1.html

La experiencia ha demostrado que la firma de vibración de una máquina en operación, emite mucha más información acerca de su funcionamiento interno, que la de cualquier prueba no destructiva efectuada en ella.

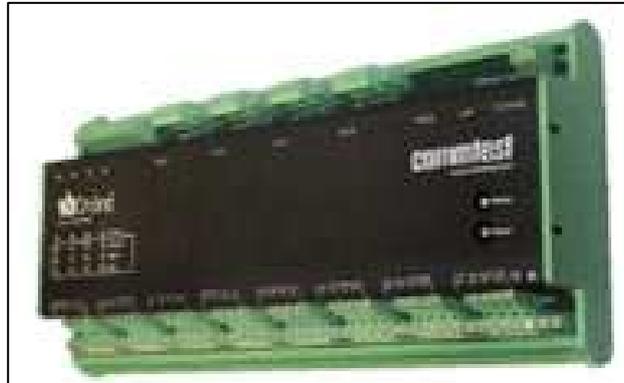


Figura 2. 8. Sistema de Monitoreo Continuo de Vibraciones¹⁹

2.3.3.2.2 Radiografía Industrial

Esta técnica permite la evaluación volumétrica de los componentes, es una imagen impresa en una película magnética (ver figura 2.9.) que previamente ha sido expuesta a una fuente de alta energía, tal como los rayos X o rayos gamma. El equipo utilizado presenta grandes restricciones de seguridad para su uso, por la alta radiación que emite, ya que es un poderoso degenerativo celular.

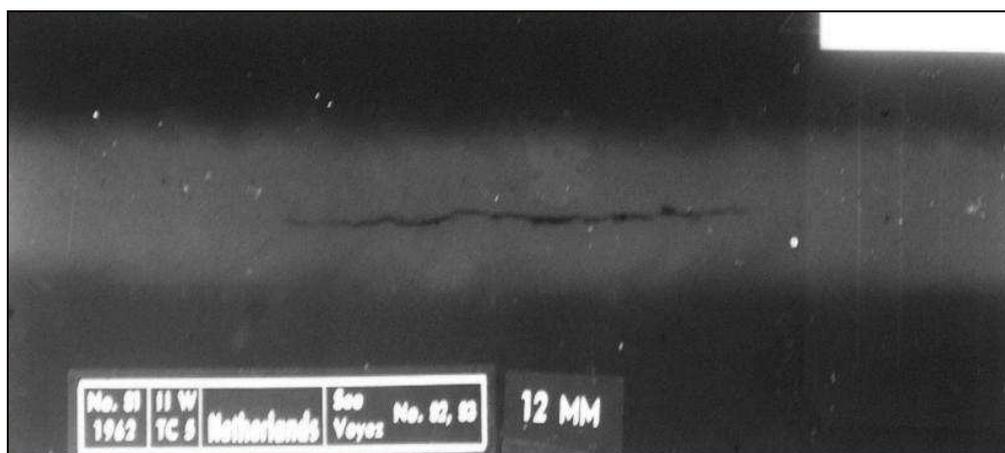


Figura 2. 9. Visualización Radiográfica de una Grieta Longitudinal²⁰

¹⁹ Fuente: www.serviam.cl/productos/seccion/1.html

²⁰ Fuente: Laboratorio de Ensayos No Destructivos, EPN

2.3.3.2.3 Partículas magnéticas

El ensayo por partículas magnetizables, es utilizado en la localización de discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos. El proceso consiste en someter la pieza a un campo magnético; las discontinuidades existirán al deformarse las líneas de flujo magnético en el material. Con la aplicación de partículas ferromagnéticas, ocurrirá una afluencia de éstas en los campos de fuga, a la vez que son atraídas debido al surgimiento de polos magnéticos. La afluencia indicará un contorno del campo de fuga, favoreciendo la visualización del formato y de la extensión de la discontinuidad; como se puede ver en la figura 2.10.



Figura 2. 10. Ensayo con Partículas Magnéticas²¹

2.3.3.2.4 Ultrasonido

El ensayo por ultrasonido, es un método no destructivo en el cual, un haz sónico de alta frecuencia (125 kHz a 20 MHz) es introducido en el material a ser inspeccionado con el objetivo de detectar discontinuidades internas y superficiales; el haz sónico que recorre el material es reflejado por las interfaces que producen las discontinuidades y es detectado y analizado para determinar su presencia y localización. El equipo utilizado para este ensayo se observa en la figura 2.11.

²¹ Fuente: www.jupesa.com.ec/web/ensayos-no-destructivos.php



Figura 2. 11. Ensayo de Ultrasonido²²

2.3.3.2.5 Tintas Penetrantes

Este ensayo, está basado en el principio de la capilaridad de los líquidos, es utilizado para la observación de discontinuidades superficiales; en síntesis, esta prueba consiste en la empleo de un líquido fluorescente en el área a analizar, que después de la aplicación de un revelador y con ayuda de una fuente de rayos ultravioleta, mostrará las grietas existentes. En la figura 2.8., se puede observar el ensayo realizado en campo.



Figura 2. 12. Ensayo con Tintas Penetrantes²³

2.3.3.2.6 Endoscopía

²² Fuente: www.jupesa.com.ec/web/ensayos-no-destructivos.php

²³ Fuente: www.jupesa.com.ec/web/ensayos-no-destructivos.php

La endoscopía industrial es la capacidad de inspeccionar el interior de un objeto sin desmantelarlo, mediante la utilización de equipos adecuados que permitan lograr inspecciones visuales remotas, con suficiente facilidad; siendo una herramienta de toma de decisiones acerca de los elementos y/o componentes inspeccionados, con el fin de decidir una acción preventiva o correctiva de mantenimiento. Un aparato para la realización de este ensayo se muestra en la figura 2.13.



Figura 2.13. Endoscopio industrial con video²⁴

La mayoría de los endoscopios permiten la utilización de innumerables accesorios que facilitan las inspecciones visuales, como: cámaras fotográficas, luces, lentes de ampliación o enfoque, etc.

2.3.3.2.7 Réplicas Metalográficas

²⁴ Ídem

La Metalografía por réplicas, es un método no destructivo para una evaluación indirecta de la microestructura que permite evaluar las propiedades de los materiales metálicos.

La preparación de la probeta a analizar inicia con el desbaste inicial de la superficie, el cual es hecho con amoladora eléctrica hasta obtener un acabado uniforme; luego se pule con una pulidora eléctrica o puede realizarse un pulimiento electrolítico. Luego se realiza el ataque químico a la probeta con lo cual se forma una película de acetato de celulosa que permite visualizar de mejor manera la microestructura del material en un microscopio. Un ejemplo de microestructuras obtenidas se observa en la figura 2.14.



Figura 2.14. Réplicas Microestructurales²⁵

2.3.3.2.8 Termografía Industrial

El ojo humano no es sensible a la radiación infrarroja. Sin embargo, todos los objetos cuya temperatura está por encima del cero absoluto (aproximadamente 273 °C) emiten dicha radiación. Los equipos termográficos pueden convertir la radiación infrarroja en señales eléctricas y por tanto hacerla visible, incluso a mínimas diferencias de temperatura. La figura 2.15., muestra el proceso en campo.

²⁵ Fuente: Laboratorio de Ensayos No Destructivos, EPN



Figura 2.15. Inspección Termográfica²⁶

2.3.3.2.9 Medición de parámetros de operación

Son aquellos parámetros que nos permiten obtener rangos de funcionamiento de una máquina y/o equipo, para compararlos con los parámetros impuestos por el fabricante; es así que, se utiliza diversas unidades electrónicas que miden viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, magnitudes físico-mecánicas, magnitudes eléctricas.etc. El equipo utilizado para este método se encuentra en la figura 2.16.



Figura 2.16. Módulo de Medición de Parámetros Físico-Mecánicos²⁷

²⁶ Fuente: www.iupesa.com.ec/web/ensayos-no-destructivos.php

²⁷ Fuente: www.serviam.cl/productos/seccion/1.html

2.3.3.3 Ventajas del Mantenimiento Predictivo

- Presenta un alto porcentaje de rendimiento para fallas repetitivas.
- Permite contar con un historial de las características en análisis.
- La vida útil de las máquinas y/o equipos puede prolongarse considerablemente.
- Se extiende el tiempo de disponibilidad de la maquinaria.
- La operación se la realiza cuando las máquinas y/o equipos están en funcionamiento, de tal manera que no se hace necesario moverlos de su posición de trabajo.
- El personal de mantenimiento está obligado a dominar el proceso de producción.
- El número de mantenimientos correctivos y preventivos disminuyen notablemente, lo que genera un ahorro en el costo de mantenimiento.

2.3.3.4 Desventajas del Mantenimiento Predictivo

- La implantación de esta estrategia demanda de una alta inversión inicial.
- Los equipos utilizados deben estar en perfecto estado de calibración, para que no produzcan fallos en los resultados obtenidos.
- Se debe destinar un personal a realizar la lectura periódica de datos.
- El personal requerido en este tipo de estrategia debe tener un conocimiento técnico elevado de la aplicación.
- Este tipo de estrategia solo se justifica en entidades productivas, donde los paros inoportunos ocasionan grandes pérdidas, ocasionando pérdida de producción.

2.3.4 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (r.c.m.)

2.3.4.1 Definición

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (R.C.M.), es el concepto de desarrollo de un sistema de mantenimiento basado en la fiabilidad de los diversos componentes de las entidades productivas, cuya metodología es el análisis sistemático, objetivo y documentado de los componentes que conforman las máquinas y/o equipos.

El objetivo fundamental del R.C.M., es dirigir los esfuerzos de mantenimiento a la funcionabilidad de los componentes de los equipos, garantizando el mejor manejo de las fallas. Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo, para la determinación de las raíces de las causas.

Desde el punto de vista productivo, la función que desempeña una máquina es lo que importa, lo que involucra tener los equipos que realicen apropiadamente su función, independientemente de mantenerlos como si fueran nuevos. Por otro lado, es primordial conocer detalladamente las condiciones de funcionamiento y las condiciones que complican o dificultan su normal desempeño (fallos).

Parámetros en los cuales RCM se enfoca:

- *Mayor seguridad e integridad ambiental.*- RCM considera las implicancias de cada patrón de falla antes de considerar su efecto en las operaciones.
- *Mejor funcionamiento operacional (calidad de producto y servicio al cliente).*- RCM reconoce que todos los tipos de mantenimiento tienen algún valor y provee reglas para decidir cual es el más adecuado en cada situación.

- *Mejoramiento del costo-eficacia del mantenimiento.*- RCM continuamente focaliza su atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño del activo físico.
- *Mayor vida útil de componentes costosos.*- debido al cuidadoso énfasis en el uso de técnicas de mantenimiento predictivo.
- *Una base de datos global.*- Una revisión de RCM finaliza con un registro global y extensivamente documentado de los requerimientos de mantenimiento de el activo físico.
- *Mayor motivación del personal.*- especialmente las personas involucradas en el proceso de control del activo. Esto lleva a un mayor entendimiento general del activo en su contexto operacional, junto con un “sentido de pertenencia” más amplio de los problemas de mantenimiento y sus soluciones.
- *Mejor trabajo de equipo.*- RCM provee un lenguaje técnico que es fácil de entender para cualquier persona que tenga alguna relación con el mantenimiento.

2.3.4.2 Ventajas del Mantenimiento R.C.M.

- Garantiza equipos más seguros y confiables
- Reducciones de costos (directos e indirectos), porque mejora el costo-eficacia del mantenimiento.
- Satisface las normas de seguridad y medio ambiente.
- El R.C.M. incentiva la relación entre distintas áreas de la empresa, priorizando a las áreas de mantenimiento y producción.
- El R.C.M. conlleva a mejorar la eficiencia del sistema en el mantenimiento actual de una entidad productiva.

2.3.4.3 Desventajas del Mantenimiento R.C.M.

- El R.C.M. requiere un amplio conocimiento acerca de la fiabilidad y mantenibilidad del sistema y todos sus componentes.
- El personal de mantenimiento necesita un amplio conocimiento sobre la funcionalidad de cada elemento de las máquinas y/o equipos.
- Demanda el conocimiento de normas, las cuales especifican las exigencias que debe cumplir un proceso para poder ser denominado R.C.M.
- Necesita el apoyo de todos los recursos humanos involucrados en la entidad productiva.

2.3.5 Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)

2.3.5.1 Definición

El T.P.M., es una técnica que promueve un trabajo donde el hombre, la máquina y la empresa convergen bajo los mismos objetivos; nace con el propósito de proveer un mantenimiento efectivo y eficiente, en respuesta a las necesidades de manufactura, aplicando las filosofías de: justo a tiempo y gestión total de la calidad, es decir, cero fallas, cero defectos y cero accidentes, para lo cual las prácticas de mantenimiento se realizan en todas las etapas del ciclo de vida del equipo; centrando a las operaciones en una estrategia global, disminuyendo la atención en mantener los equipos funcionando únicamente.

El T.P.M. contempla los siguientes aspectos para su ejecución:

- Recursos Humanos: a través de la capacitación del personal de mantenimiento y de operaciones.
- Proceso: a través de la aplicación del ciclo de calidad total.
- Materiales: a través de la filosofía de justo a tiempo.

- Medios de Producción: a través de las técnicas de la gestión total de la calidad.

El desarrollo de estos aspectos, conlleva a la entidad productiva a una mejora continua en el personal, en las máquinas e instalaciones y en la cultura empresarial por medio de la eliminación de tiempos de espera, resultados económicos y creación de un trabajo seguro y agradable.

2.3.5.2 Ventajas del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)

- Mejora la calidad del personal: operadores, personal de mantenimiento e ingenieros.
- Consigue maximizar la eficiencia y el ciclo de vida de las máquinas y/o equipos.
- Las ventas, imagen de la entidad productiva, etc., son parámetros que se ven mejorados con la implementación del T.P.M.
- Es aplicable a diferentes ámbitos como la construcción, el mantenimiento de los edificios, el transporte, además de su aplicación a entidades productivas industriales.
- El trabajo en equipo genera un verdadero compromiso de trabajo, que es potenciado en la confianza proporcionada a los trabajadores.

2.3.5.3 Desventajas del Mantenimiento Productivo Total (T.P.M.)

- El T.P.M., exige tiempo para capacitación y reuniones periódicas con el personal; en resumen, implica un costo extra para la entidad productiva.
- Debe ser evidente el compromiso de la Gerencia para la implementación de este sistema, caso contrario los promotores del T.P.M., terminan desacreditados y hasta fuera de sus empleos.

- Requiere de evaluaciones constantes, para observar el cambio programado.
- La colaboración por parte de los supervisores de producción es vital, los operarios requieren de toda la información técnica que estos posean.

2.4 GESTIÓN Y PLANIFICACIÓN EN EL MANTENIMIENTO

2.4.1 Gestión

Es importante entender por gestión, a la práctica donde están implícitas las actitudes y aptitudes de los individuos, para lograr que los propósitos se culminen. Entonces la Gestión del Mantenimiento se definiría como las actividades humanas efectivas y eficientes que utilizan los recursos materiales, económicos, y de tiempo para alcanzar los objetivos de la cadena de mantenimiento, los cuales son: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad generando productos de calidad.

La dificultad ocasionada por la saturación tecnológica y la carencia de bases teóricas sólidas, son evidentes al momento de marcar el camino para enfrentar un determinado inconveniente.

Las interrogantes más comunes que se plantean para desarrollar un plan de mantenimiento son:

- ¿Qué línea estratégica de acción tomar?
- ¿Cómo asignar los recursos?
- ¿Cómo determinar a una Gestión efectiva y eficiente?
- ¿Cuándo hacer mantenimiento?
- ¿Cuándo hacer inspecciones?
- ¿Cuándo planificar una parada del activo físico?
- ¿Qué tipo de repuestos deben existir en bodega?
- ¿Qué cantidad de repuestos deben existir en bodega?

- ¿Dónde comprar los repuestos?

Estas son algunas de las decisiones trascendentales que una entidad productiva debe afrontar, el error en la valoración de una de estas puede encaminar a consecuencias lamentables, obviamente se trata de pérdida de grandes cantidades de dinero por disminución de producción.

La gestión pretende revolucionar los métodos antiguos de administración de mantenimiento, con el fin de implantar esta práctica como un proceso de gestión integral, para lo cual necesariamente implica la intervención de otros procesos gerenciales, que busquen alcanzar la culminación de las metas propuestas, de forma sistémica y dinámica, para satisfacer las necesidades del mercado.

Para definir el alcance de la gestión de mantenimiento, se debe tomar en cuenta la existencia de ciertas variables propias de la entidad productiva, como son: el tipo de instalación, el proceso productivo, el grado de tecnificación y automatización, la capacidad del personal, el estado de las máquinas y/o equipos, los recursos disponibles, etc.

La aplicación de estrategias gerenciales, técnicas de ingeniería, herramientas estadísticas y herramientas informáticas, han impulsado los métodos de mantenimiento al conjugar modelos evidenciando el afán de otorgar mayor utilidad a la entidad productiva. Es así que, la planificación del mantenimiento es la base fundamental para la implantación de un sistema de gestión de calidad que busca llegar más allá de la simple satisfacción del cliente, a través del compromiso tanto con los altos directivos, como con el personal que labora y lleva a cabo eficientemente con su cometido; cumpliendo con la función social de brindar bienestar a la comunidad.

2.4.2 Planificación

El ser humano no está capacitado para el manejo intuitivo de situaciones aleatorias de fallas, su sentido común no es suficiente y requiere de ayuda avanzada (herramientas estadísticas) para una mejor toma de decisiones. Por otra parte, si bien es cierto, se debe cumplir con las especificaciones de mantenimiento que el fabricante de equipos determina, es aún más cierto que, ellos desconocen de las limitaciones, condiciones ambientales, condiciones laborales y riesgos al que se ve expuesta la maquinaria en las entidades productivas de cada país, por tanto dicha toma de decisiones se hace más compleja y el costo por excesivo mantenimiento es considerable.

La planificación del mantenimiento, se define como la descomposición de un objetivo principal (alta confiabilidad en máquinas y/o equipos) en objetivos parciales y metas, para precisar las actividades y tareas que se deben realizar, con el fin de lograr los propósitos y fines planteados.

Adicionalmente en la actualidad, se puede definir la planeación del mantenimiento como un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman a los elementos de entrada en resultados, criterio que merece la apreciación de la planificación del mantenimiento, como el PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO, la figura 2.17., muestra en forma gráfica dicho proceso.

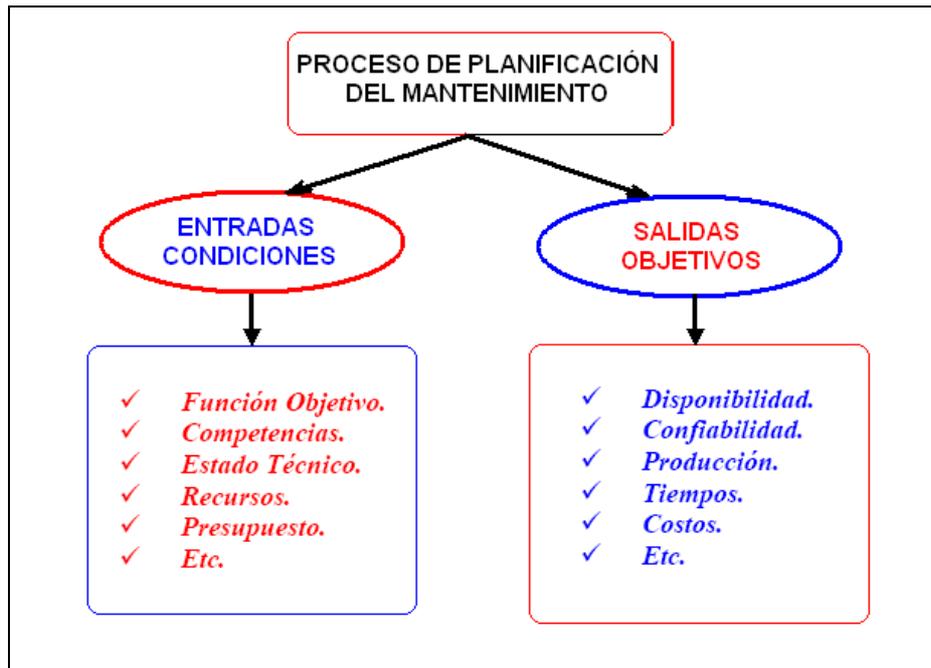


Figura 2.17. Proceso de Planificación del Mantenimiento²⁸

Es así que: programar, coordinar y supervisar la ejecución de los procesos de mantenimiento de las instalaciones, máquinas y/o equipos de una entidad productiva, es optimizar los recursos humanos y medios disponibles, dando el soporte necesario a los técnicos operarios, con la calidad requerida, cumpliendo la reglamentación vigente, en condiciones de seguridad y en el cronograma previsto.

Hoy en día, son muy pocas las entidades productivas en el Ecuador las que operan con un sistema de mantenimiento adecuado; una gran parte de ellas se han abarrotado de numerosos métodos, usados indistintamente, es decir, buscando la satisfacción momentánea (estar a la moda en las tendencias productivas), esperando que la producción paralice para actuar sin buscar el verdadero propósito de llegar a un sistema de mantenimiento eficiente y viable.

En las entidades productivas de países industrializados, el mantenimiento planificado es el pilar fundamental en la consecución de sus fines, es así que, ocupa un lugar imprescindible dentro de las instituciones. Dada la beligerancia de

²⁸ ZABISKI Erol, (2007); "El Proceso de Planificación y Programación del Mantenimiento".

la evolución tecnológica, la competitividad entre las empresas, la sobrevivencia en el mercado; el mantenimiento motiva la supresión de productos defectuosos, que perjudican los costos de manufactura, y especialmente originan la insatisfacción de las organizaciones y sus clientes internos y externos.

2.4.2.1 Metodología de planificación de mantenimiento

2.4.2.1.1 Reconocimiento del personal de mantenimiento

Una planificación adecuada, será la que tome en cuenta la actitud de los operarios de manteamiento para la realización de las tareas, sin que estas ocasionen descontento e incluso un ambiente laboral hostil. Es muy común en nuestro medio la falta de colaboración a una nueva visión para disminuir errores, ya que muchos operarios han creado paradigmas entorno al tiempo que se han desempeñado en sus funciones; por tanto es imprescindible optar por estrategias de manejo de personal y además, empaparse de cierta normativa legal, que se detalla a continuación:

- Código del Trabajo
- Reglamento de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente del Trabajo
- Reglamentación Interna
- Organigrama Estructural de funciones

Esta normativa debe ser estudiada, de manera que evite la incursión en errores por parte del programador de mantenimiento, quien deberá ser el responsable de escoger al personal para realizar las diferentes actividades.

2.4.2.1.2 *Inventario y Codificación*

El compromiso de mantenimiento es brindar una alta confiabilidad y efectividad en el servicio que presta, obligando a tener una programación de las actividades de conservación dentro de la entidad productiva, lo que será posible únicamente si se conoce con precisión el universo de trabajo sobre el cual se aplicarán las medidas de mantenimiento. Una herramienta de mucha utilidad para llevar un registro detallado de este universo de equipos, es el Inventario Técnico, que a su vez es uno de los primeros pasos para implementar un programa de Mantenimiento Preventivo Planificado.

La práctica del mantenimiento, sugiere identificar los elementos, y partes de la máquina en las cuales se puede elaborar un plan de mantenimiento preventivo. Es así como se puede determinar los elementos de la máquina que se los puede someter a mantenimiento y cuales se los debe reemplazar.

La información recolectada a través del inventario técnico es de utilidad entre otras cosas para:

- Conocer la cantidad, tipo, características técnicas y localización de las motocicletas y herramientas con las cuales brinda servicio la entidad productiva.
- Conocer el estado actual de funcionamiento de cada uno de las motocicletas y de las herramientas.
- Identificar a los distribuidores de los repuestos y/o a los fabricantes de herramientas.
- Implementar un Programa de Mantenimiento, enfocado en:
 - ✓ Optimización del espacio en donde se realiza el mantenimiento de las motocicletas.
 - ✓ Planificación de la programación correctiva para las motocicletas.
 - ✓ Programación de actividades, presentes y futuras de Mantenimiento Preventivo. En este caso, la información se utilizará para lo siguiente:

- ❖ Definir el tipo, frecuencia y extensión de las acciones a realizar.
- ❖ Determinar, cualitativa y cuantitativamente, las acciones de conservación.
- ❖ Establecer el estado físico-funcional y de mantenimiento de las motocicletas, mediante una inspección.
- ❖ Establecer los requerimientos de personal técnico, el tipo y complejidad de las instalaciones, así como la necesidad de materiales y repuestos.

Para empezar a diseñar un programa de mantenimiento, es necesaria la utilización de un código para la identificación de los recursos. El código de la maquinaria y/o equipos, es la principal fuente que gobernará el resto de las actividades de la planificación de mantenimiento.

Es entonces necesario, definir el alcance de la familia de partes y componentes mecánicos que conforman la motocicleta, las cuales son el universo de acción para el éxito del programa de mantenimiento y además, conocer las diferentes funciones que desempeñan las partes mecánicas, para la realización de sus procesos de funcionamiento.

2.4.2.1.3 Recopilación de Información Prioritaria

Una de las primeras actividades que se debe realizar para la planificación del mantenimiento, es la recopilación de la mayor cantidad de información que la entidad productiva posea y que sirva de interés para el mantenimiento.

La información requerida es la siguiente:

- Catálogos de la motocicleta.
- Planos del taller.
- Manual de operación de la motocicleta.
- Catálogos de piezas y partes de la motocicleta.

- Manuales técnicos.
- Diagramas de operaciones para la motocicleta.
- Documentos técnicos
- Reportes estadísticos
- O cualquier información técnica de interés

Una vez obtenida la información, se procederá a codificar y guardar. Es muy posible que la entidad productiva no posea gran parte de esta información, para lo cual la experiencia ha determinado ciertas iniciativas, que ayudarán a conseguirlas; a continuación se enumeran algunas posibilidades:

- Solicitar al Departamento Administrativo las facturas de compra, donde se encontrará direcciones para solicitar la información requerida.
- Pedir la información al fabricante, a través del servicio en línea que prestan en el internet.
- Si las empresas fabricantes de las herramientas y equipos han desaparecido, siempre se encontrará a otra sustituta que se encarga del mantenimiento correctivo de las máquinas y/o equipos.
- El conocimiento de la procedencia de la máquina y/o equipos, es de vital ayuda, ya que se puede acudir a la embajada del país fabricante, para solicitar información que permita hacer el contacto con ellas.

2.4.2.1.4 Creación del libro de registro diario de mantenimiento.

El libro de registro diario de mantenimiento, es conocido mejor como el libro de bitácora, en donde se almacenan los informes del personal a cargo de mantenimiento, con la intención de controlar lo ejecutado. Esta información va a permitir responder a las siguientes preguntas:

- ¿Qué tipo de trabajos realizan los técnicos de mantenimiento?
- ¿Qué tipo de tareas de mantenimiento son las más comunes?
- ¿Qué tiempo se empleó en los trabajos de mantenimiento?
- ¿Cómo se redactan los informes?
- ¿Días en los que existe mayor actividad de mantenimiento?

En síntesis, la información obtenida abrirá el camino hacia la meta propuesta, mostrando las siguientes características de los colaboradores del mantenimiento, que al fin y al cabo, son los reales responsables del buen funcionamiento de la programación, algunas de estas son:

- Categorizar al Colaborador
- Actitud y aptitud de los colaboradores de mantenimiento
- Calidad del trabajo
- Carga de trabajo
- Fallas que llevan más tiempo en ser solucionadas
- Horas improductivas del taller

2.4.2.1.5 Hojas de recopilación de datos

Estos documentos son formatos llenados por los técnicos de mantenimiento, cuya elaboración es de responsabilidad de la gerencia de mantenimiento. Esta información se utilizará para la evaluación y posterior planificación del mantenimiento en la entidad productiva. Un ejemplo son las tarjetas de identificación (historias clínicas de las motocicletas).

2.4.2.1.6 Aplicación de herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento

Las herramientas estadísticas y de gestión, han sido cimientos esenciales en el desarrollo de procesos, es así que el mantenimiento, siendo un proceso de ingeniería y además de administración, se ha visto en la obligación de recurrir a ellas para la realización de un eficaz programa, que se preocupe tanto de los activos productivos vitales, como del resto de bienes que tiene a su cargo.

2.4.2.1.7 Histograma

Es un diagrama que ordena la información tomada en conjunto para visualizar la frecuencia con que determinadas fallas aparecen en el proceso, el número de datos necesarios es alto, ya que se disminuye el error. Por tanto se observa la importancia de una correcta recopilación, es recomendable hacer una revisión periódica de ellos.

2.4.2.1.8 Diagrama de Pareto

Este diagrama es utilizado en la determinación de impacto, influencia o efecto que tiene las fallas sobre las máquinas y/o equipos. Es similar al histograma, diferenciándose con éste, por representar en forma decreciente el grado de importancia o peso que tienen los diferentes factores en el proceso de mantenimiento. Con esta herramienta se requiere atacar los focos vitales, es decir, solucionar el 20% de problemas significativos para que se resuelvan el 80% de problemas generales.

2.4.2.1.9 Diagrama Causa-Efecto

También conocido como el diagrama de Ishikawa o espina de Pescado, es una herramienta de gestión sistémica, que permite la evaluación de las causas que provocan los problemas (efectos), éste se puede utilizar en las áreas de mantenimiento, producción, calidad, etc. e involucra un proceso de mejora continua.

2.4.2.1.10 Las 9S para el Mantenimiento

Las 9S, es una filosofía japonesa de inducción del personal a obtener hábitos de buenas prácticas productivas; el involucramiento de los altos directivos para la ejecución de esta herramienta es por sobre todas las cosas imprescindible, sin el apoyo de ellos las bases jamás llegarán a la meta propuesta ya que el tiempo que demora la aplicación de este sistema, dependerá de la respuesta del personal al cambio de la forma de pensar y actuar.

Las 9S no implican documentación, tan sólo buscan el mejor comportamiento de las personas, en cuanto se refiere a limpieza del entorno del trabajo, mantención en orden de las cosas, tener solo lo necesario para trabajar, cuidar su salud física y mental, mantener la autodisciplina, preservar los buenos hábitos, ir hasta el final en las tareas designadas, trabajar en equipo, y, unificar la forma como se realizan las actividades.

2.4.2.1.11 Estrategia Seis Sigma para el Mantenimiento

Su enfoque metodológico, recoge lo mejor de cada una de las escuelas de mejora de la calidad. Resuelve los principales problemas encontrados por organizaciones en la implantación del Control Total de Calidad, aprovecha los principios Kaizen, emplea las herramientas estadísticas disponibles y se adapta adecuadamente en

la cultura occidental de fuerte liderazgo de la dirección superior, gestión de resultados y un enfoque intenso a los alcances económicos del negocio y a la calidad final que recibe el cliente.

2.4.2.1.12 Análisis Modal de Fallas y sus Efectos (AMFE)

El Análisis Modal de Fallos y sus Efectos, es una herramienta de gran aplicación en el control de mantenimiento que permite, de una forma sistemática, asegurar el análisis de todas las fallas funcionales concebibles en un activo productivo; es decir, el AMFE permite identificar las variables significativas, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección para determinar y establecer las acciones correctivas necesarias que eviten el fallo, o la detección del mismo; si éste se produce, evitando los paros innecesarios por causa de falta de funcionabilidad. El desarrollo de este tema se lo verá en el capítulo correspondiente a la elaboración del plan de mantenimiento preventivo.

2.5 COSTO DEL MANTENIMIENTO

Se puede considerar al mantenimiento como un componente del precio del producto (motocicleta). Los costos de mantenimiento según varios aspectos se pueden agrupar en cuatro conjuntos:

2.5.1 Distribución de los costos de mantenimiento

2.5.1.1 Costos Fijos

Los costos fijos se caracterizan principalmente por no depender de la producción, esto es, aparecen exentamente de la cantidad de productos elaborados en una entidad productiva. Dentro de estos costos se pueden destacar entre otros los siguientes:

- Personal Administrativo
- Personal de Limpieza
- Mano de Obra Directa
- Amortizaciones
- Alquileres
- El mantenimiento propiamente dicho

2.5.1.2 Costos Variables

Estos costos dependerán del volumen de la producción, manteniendo una relación de proporcionalidad directa. Estos costos dificultan el cálculo real del mantenimiento, puesto que aparecen por consecuencia de averías imprevistas o las reparaciones que se debe realizar en forma programada.

2.5.1.3 Costos de Capital

Llamados también financieros, son aquellos que se presentan a partir del valor de los repuestos, su bodegaje, así como las amortizaciones de las máquinas, que se encuentran como garantía de la cadena productiva.

2.5.1.4 Costos por Falla

El costo por falla, se refiere al rubro que implica la pérdida del beneficio que la entidad productiva posee debido a causas de mantenimiento. Estos costos se deben fundamentalmente a: pérdidas de materia prima; disminución de la productividad por mantenimiento; pérdidas de energías por baja calidad en reparaciones; productos rechazados; reparaciones no programadas; y, el lucro cesante por tiempo de importación de repuestos.

2.6.2.1 Costos Totales de Mantenimiento

Es la suma de los costos mencionados anteriormente, por lo que se constituye un costo global de mantenimiento. El mantenimiento no debe considerarse un costo únicamente, por el contrario es una inversión, pues se encuentra íntimamente relacionado con la producción, disponibilidad, calidad y eficiencia. El personal de mantenimiento debe estar perfectamente capacitado y motivado para realizar las tareas de mantenimiento; debe tener presente la construcción, diseño y modificaciones de la planta industrial como también debe tener a mano la información del equipo, herramienta e insumos necesarios para su trabajo.

Los diferentes tipos de mantenimientos utilizados, a lo largo de la historia dentro de una entidad productiva, han generado costos, es así que la evolución en cuanto a técnica, permitió a los departamentos financieros experimentar ciertos alivios económicos por mantenimiento. Un ejemplo de esta tendencia se muestra en la figura 2.18., que es una relación entre el costo por métodos de mantenimiento.

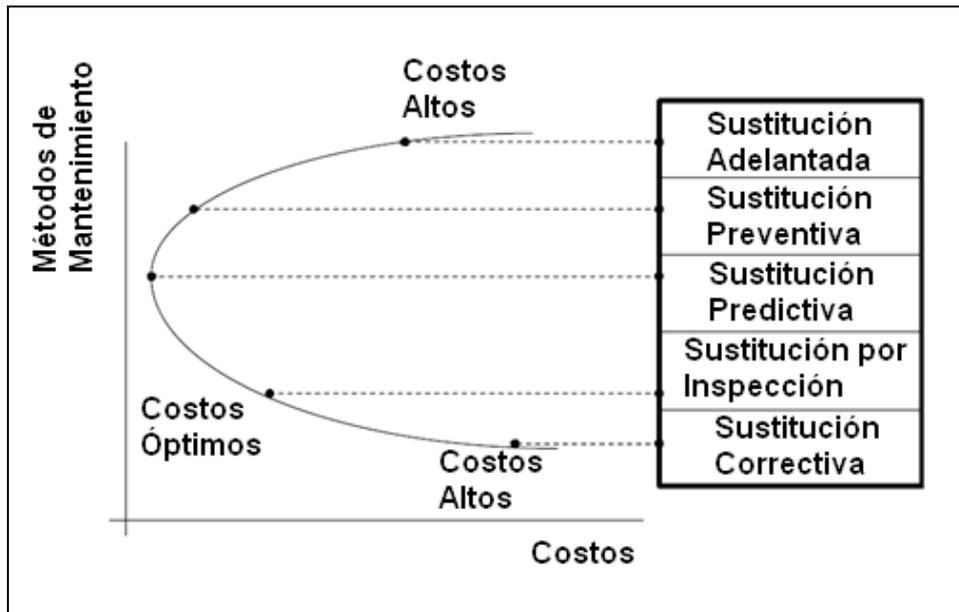


Figura 2.18. Métodos de Mantenimiento en función de Costos²⁹

²⁹ MARTÍNEZ José Alejandro , "Costo de Mantenimiento"; 2001

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE LA EMPRESA ALVAREZ BARBA S.A.

3.1 INTRODUCCIÓN

Todo proceso productivo consiste en transformar entradas (materia prima) en salidas, (bienes y/o servicios) por medio del uso de recursos humanos, tecnológicos, físicos, etc.

El proceso de mantenimiento en la industria automotriz ha cambiado significativamente a largo del tiempo, la filosofía de cambiar las partes y piezas de un vehículo, o motocicleta sólo cuando estas fallan, es decir la aplicación sólo del mantenimiento correctivo, no es viable, y es costoso.

Como todos sabemos es más económico prevenir, que reparar, es así que se han desarrollado programas de mantenimiento preventivo, y predictivo programado, los cuales al aplicarlos a las unidades automotores dan como resultado tener menos paros imprevistos, mejor rendimiento de las partes y componentes, seguridad y confiabilidad en el recorrido, mayor vida útil del automotor, y sobre todo un programa individual de mantenimiento preventivo por unidad, el cual disminuye el costo de mantenimiento.

3.2 PERFIL PRODUCTIVO

El constante afán de superación en todo lo que hace, ha hecho posible que en BMW siempre se esté innovando en materia de motocicletas. Y ahora, la empresa Alvarez Barba S.A. puede presumir de ser pioneros en ofrecer un servicio especializado y exclusivo. Un servicio que garantiza una total tranquilidad en todos los desplazamientos realizados por los usuarios. Para ello la empresa pone

a su disposición un experimentado equipo de profesionales, junto con los más exigentes controles de calidad, a los cuales fueron sometidas las motocicletas en su fabricación y prueba.

En definitiva, en BMW sólo se pretende una cosa y es que la calidad esté presente tanto en el diseño de las motos como en un servicio técnico especializado.

Pero en BMW se han marcado otras metas que poco a poco se van cumpliendo. Así, el alto rendimiento que ofrecen las motos las convierten en una herramienta de trabajo imprescindible para algunas profesiones. Por esta razón, BMW se alegra al saber que sus motos son las elegidas por el servicio público (policía, guardia civil, etc.). La tradición, el saber hacer, y los conocimientos son las claves con las que cuenta BMW para que sea una de las marcas en la que más personas confían en todo el mundo. A lo que hay que unir unos servicios exclusivos y únicos.

3.2.1 Distribución del Taller de Motocicletas

La empresa Alvarez Barba S.A. se encuentra distribuida en un área aproximada de 4100m², de los cuales 100m² se encuentran destinados para el área exclusiva de motocicletas, con 80m² para el taller de reparación, y 20m² que se utiliza para el estacionamiento de las motocicletas en espera de su respectiva orden de reparación. El taller de motocicletas se encuentra en la zona intermedia de la superficie total de la empresa. Es importante destacar que también se ocupan áreas para el mantenimiento de las motocicletas tales como: el área de recepción y atención al cliente en el departamento de postventa, el área de lavado, el taller de pintura, la zona de prueba de las motocicletas, la zona de exhibición y venta de las motocicletas, y el área de repuestos en bodega, pero cabe mencionar que estas áreas son comunes tanto para el mantenimiento de vehículos BMW, Porsche, y también de motocicletas BMW, pero las cuales también son áreas que son parte del mantenimiento de las motocicletas. Cabe mencionar que la empresa no posee un plano de distribución de taller, en el cual se permita

visualizar la distribución del espacio físico, y por ende la optimización del mismo, por lo cual en el presente proyecto de titulación se lo elaborará.

3.2.2 Descripción del Proceso de Mantenimiento de Motocicletas

Desde la adquisición de una motocicleta BMW, la persona crea un vínculo con la motocicleta, ya que cada motocicleta es de carácter único y especial, por lo cual el mejor técnico de mantenimiento es el propietario conductor de la motocicleta, el cual puede valorar la disminución del desempeño de la motocicleta, así como también programar los intervalos de tiempo adecuados, en los cuales la motocicleta debe ir a un taller especializado, para la aplicación del correspondiente mantenimiento preventivo.

Cuando el cliente y la motocicleta BMW llegan al taller de servicio Alvarez Barba S.A. el cliente es atendido por un asesor, el cual se encarga de anotar los inconvenientes o fallas que adolece la motocicleta, fallas indicadas por el propietario conductor de la misma, así como también elabora un inventario, en donde se detalla si existen partes abolladas, rayones en la pintura, aditamentos extras, estado mecánico general de la motocicleta, todo esto se lo hace con el objetivo de brindar un mejor servicio personalizado al cliente, y para obtener un respaldo del estado general de la motocicleta, para que al momento de la entrega de la motocicleta no existan inconvenientes en cuanto a abolladuras, y pérdida de partes de la motocicleta.

Posterior a la recepción de la motocicleta se elabora una orden de trabajo para el técnico de motos, en el cual se detallan fecha de ingreso, y trabajo a realizar. Cabe acotar que en la empresa no existe un flujograma de proceso de mantenimiento de motocicletas, por lo cual este será elaborado en el presente proyecto de titulación. Posterior al ingreso de la motocicleta al taller, ésta se la ubica en el área de parqueadero de motocicletas en espera, el siguiente paso es cuando el técnico de mantenimiento se encarga de revisar la orden de trabajo, en segundo lugar procede a la revisión de la hoja de vida de la motocicleta en donde

se verifican los mantenimientos realizados en Alvarez Barba S.A. y de esta forma se programan los mantenimientos preventivos futuros que debe realizarse (en función de los kilómetros recorridos), así como también se compara si la nueva falla es un problema relacionado con una anterior reparación, esto en el caso de un mantenimiento correctivo, y en el caso de un mantenimiento preventivo se procede a realizarlo siguiendo las instrucciones del manual de taller de la motocicleta.

Posterior a la primera inspección de la motocicleta por parte del técnico de mantenimiento, éste procede a ejecutar el mantenimiento preventivo o correctivo, de la mano de un estimado del tiempo de reparación, con el cual se comunica al cliente sobre la fecha estimada de entrega, en el caso de daños ocultos, o daños que no se encontraban detallados en la orden de trabajo, se comunica al cliente la existencia de los mismos, y se solicita su respectiva aprobación de una nueva orden de trabajo.

Finalmente cuando se ha realizado el mantenimiento de la motocicleta, ya sea este preventivo o correctivo, se procede a la prueba de la motocicleta, en el caso de que no existan problemas se procede al lavado de la misma, y se ubica a la motocicleta en el área de parqueo de motocicletas en espera, para su posterior entrega al cliente luego de la cancelación de la factura por el servicio realizado del taller.

3.2.3 Capacidad de la Empresa para la atención a Clientes

En Alvares Barba S.A. la atención al cliente es de carácter prioritario, por eso, ha centrado todos los esfuerzos en la formación del personal. Esta inversión tiene un único fin y es el de proporcionar a los clientes el servicio que se merecen como propietarios de una motocicleta BMW. Si las motocicletas han demostrado los exigentes controles de calidad a los que son sometidos sus componentes y accesorios, también es de hacer lo mismo con la formación del personal. Sobretudo son preparados para que sepan atender, informar o aconsejar a los

clientes ante cualquier duda, dado a su capacitación constante en cursos y seminarios de carácter técnico, a los cuales la empresa los envía periódicamente.

El servicio se basa en el compromiso hacia los clientes. Un compromiso especializado y exclusivo, que sólo una marca como BMW puede ofrecer.

Alvarez Barba S.A. dispone en primera instancia de un departamento de postventa, el cual se encarga del trato directo del cliente, en el mencionado departamento existen dos asesores, una secretaria, un subgerente y un gerente de posventa, los cuales manejan la atención al cliente. En el taller existen dos técnicos mecánicos para el mantenimiento de las motocicletas, uno que se encuentra con disponibilidad total en el taller, y otro que tiene una disponibilidad parcial debido a que también es el técnico de los vehículos Porsche, dado a que no existen muchos vehículos de esta prestigiosa marca en el país, este técnico dispone de alrededor de un 40% de su tiempo para el taller de motocicletas.

3.2.4 Proveedores Externos

Dentro de los proveedores externos con los cuales trabaja la empresa Alvarez Barba S.A. específicamente en el área de motocicletas son: proveedor de repuestos de motocicletas BMW el cual se encuentra en Berlín-Alemania, proveedor de servicios en trabajos de fibra de vidrio y plástico, proveedor de servicios en alineación, balanceo, y venta de neumáticos de motocicletas, proveedor de herramientas, accesorios y software para el mantenimiento de motocicletas BMW, el cual para herramientas especiales y software de las motocicletas, son adquiridas desde BMW en Berlin- Alemania, y otro tipo de herramientas no especiales, y accesorios son adquiridos en el mercado local.

Como se ha descrito anteriormente la empresa Alvarez Barba S.A. no es dependiente de muchos proveedores externos a la empresa, por lo cual esto reduce el tiempo de para de las motocicletas por mantenimiento, así como también aumenta la calidad del trato al cliente, es importante mencionar que el proveedor que genera mas inconvenientes, específicamente en el incumplimiento

de tiempos de entrega es el de repuestos, esto se debe principalmente a los tiempos de espera en la aduana, y a la distancia geográfica del proveedor.

3.3 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO ACTUAL

No es posible mejorar aquello que no se conoce, por lo tanto es indispensable evaluar el cumplimiento y resultados de las estrategias de mantenimiento; así como, los problemas que impiden la realización de las actividades por parte de los técnicos mecánicos.

La evaluación toma en cuenta diversos factores organizacionales, ya que Alvarez Barba S.A. posee actualmente un departamento de Postventa el cual sirve para la atención a los clientes, y otro departamento de Mantenimiento. Estos departamentos cuyas gestiones en el transcurso de los dos últimos años, han dado resultados satisfactorios, son un motor que ha permitido la tecnificación de la empresa. Sin embargo, se ha dejado de lado la evaluación continua del proceso, y el mejoramiento continuo de los empleados.

A continuación se evaluará el proceso de mantenimiento preventivo, el cual es de interés prioritario para la realización del presente proyecto de titulación.

3.3.1 Proceso de Mantenimiento Preventivo

El inicio de este proceso se da en el Departamento de Postventa, ya que los asesores de éste departamento, se encargan de la recepción para luego elaborar un documento donde se detallan las fallas de la motocicleta, o la tarea de mantenimiento a realizarse.

Posteriormente se elaboran cronogramas de adquisición de repuestos, y tiempos de ejecución del mantenimiento, los cuales son revisados y aprobados por la Gerencia de Postventa, luego de lo cual, el Jefe de Taller da la orden de trabajo al

técnico quien la ejecuta y recibe la aprobación del propietario conductor de la motocicleta.

Lamentablemente no existe en la empresa un flujograma de mantenimiento, el cual nos permita observar de manera sistemática el proceso de mantenimiento preventivo. Por lo cual en el presente proyecto de titulación se lo elaborará de manera específica en el capítulo 4.

3.3.2 Análisis mediante el método Ishikawa

El análisis del estado actual del mantenimiento de la empresa Alvarez Barba S.A. será desarrollado en el presente proyecto de titulación mediante el método de Ishikawa el cual se inicia con la lluvia de ideas, ejecutadas con la ayuda de los técnicos del Departamento de Mantenimiento, quienes fueron entrevistados para responder la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las causas que afectan la labor de mantenimiento? Obteniendo los siguientes datos:

- Falta de repuestos en bodega.
- Incumplimiento de los proveedores.
- Coordinación deficiente dentro de la empresa.
- Las órdenes superiores se contradicen.
- El mantenimiento preventivo es mínimo, para no parar la motocicleta, pero el cliente exige mantenimiento.
- En muchas ocasiones la falta de personal reduce la capacidad de atención al cliente.
- Los tiempos de mantenimiento determinados por BMW Alemania, son muy cortos para la realización del mantenimiento en nuestro medio.
- Falta de seguridad para efectuar ciertas labores de mantenimiento.
- Falta de ventilación en el taller.
- Utilización inadecuada del material disponible.

- Mal manejo de desechos residuales de las motocicletas.
- Se necesita capacitación en seguridad y salud ocupacional.
- Falta capacitación técnica de ciertos modelos de motocicletas.
- Concentración mermada por insistencia de reparación de motocicletas.
- Falta de personal para las labores de mantenimiento.
- Herramientas insuficientes para el mantenimiento.
- No se pueden arreglar las motocicletas a tiempo porque los repuestos no llegan.

El análisis de la mano de obra arrojó tres ejes fundamentales para el estudio de la problemática, estos son: capacitación, concentración e insuficiencia; esto viene dado por la versión emitida por los técnicos. A continuación se presenta la figura 3.1., con la valoración correspondiente.

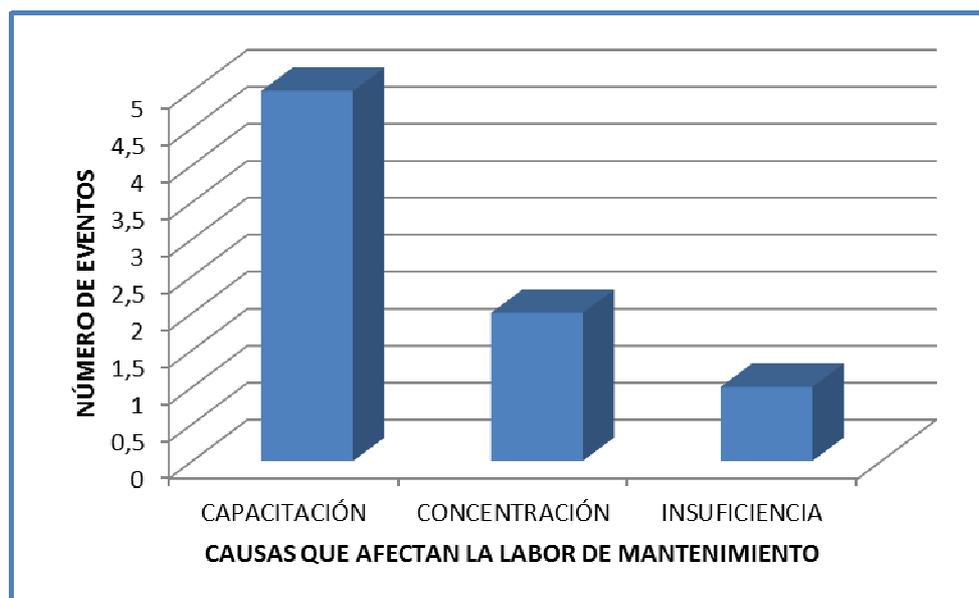


Figura 3. 1. Análisis de Mano de Obra³⁰

El análisis del método de ejecución de las tareas, arrojó cinco ejes que fueron tomados en cuenta para este estudio, estos son: repuestos en bodega, coordinación, programación, seguridad industrial y capacitación; como se puede observar en la figura 3.2.

³⁰ Fuente Propia

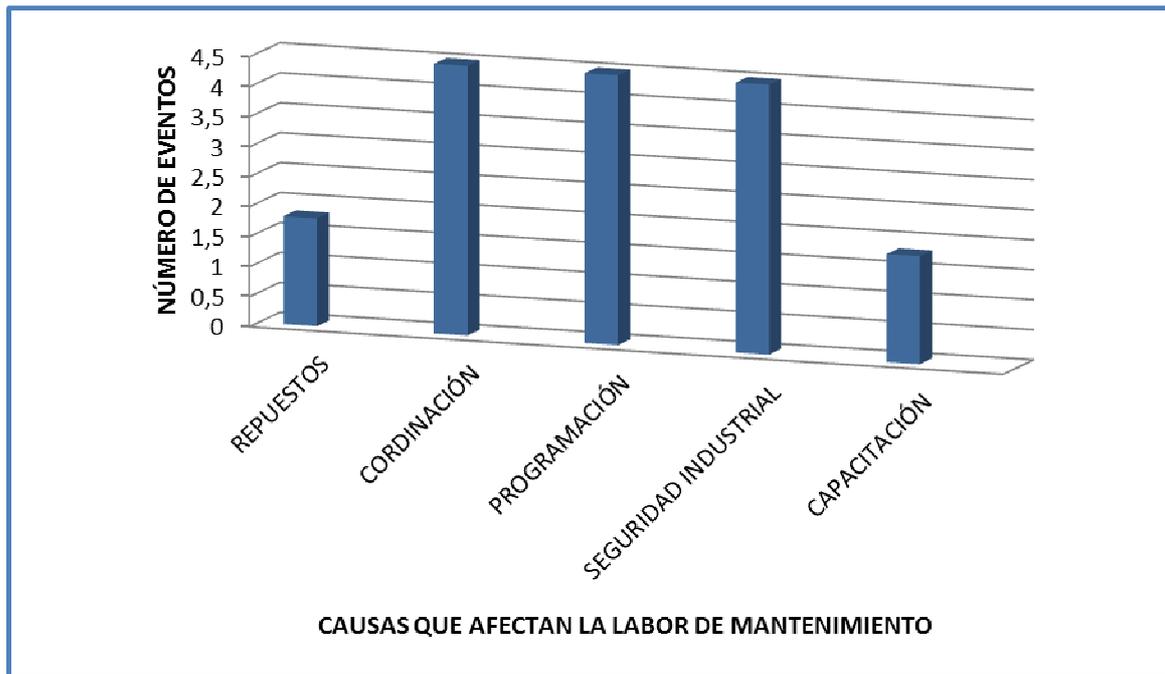


Figura 3.2. Análisis del Método³¹

3.4 DIASNÓSTICO DEL ESTADO DE MANTENIMIENTO ACTUAL EN ALVARES BARBA S.A.

Del análisis realizado al área de mantenimiento se determinó que:

- El programa de mantenimiento que actualmente maneja Alvares Barba S.A. utiliza el sistema denominado preventivo a tiempo fijo que viene en los manuales de reparación desde BMW Alemania, el cual determina la frecuencia de mantenimiento, sin embargo, este no es funcional, debido a que la metodología se fundamenta a condiciones de operación, y condiciones geográficas ideales en Berlín-Alemania. Es así que, en la mayoría de casos se obtiene una frecuencia de mantenimiento por debajo de lo normal, es decir un mantenimiento no ajustado a las condiciones de Quito-Ecuador.

³¹ Fuente Propia

- Del historial existente en Alvarez Barba S.A. se evidenció que la mayoría de paralizaciones continuas se dan en aquellas motocicletas de mayor uso es decir las motocicletas de entidades públicas como la Presidencia, y Policía Nacional, lo cual determina que la aplicación del sistema de mantenimiento basado en condiciones ideales de Alemania no cumple su función adecuadamente.
- El programa actual, contempla errores en la concepción correctiva y preventiva, la actividad catalogada como correctiva, se suscita con una paralización no programada de las motocicletas, por tanto, el tipo de mantenimiento aplicado es por paro.
- La programación preventiva, muestra tareas de limpieza y lubricación, olvidando la esencia de una inspección que llevará a una verdadera labor de mantenimiento preventivo, planificando un no funcionamiento de la motocicleta para cambio de componentes afectados por el uso.
- Los formatos de recopilación de datos, para obtener un historial de fallas de las máquinas, son insuficientes debido a que no se puede captar la información necesaria que ayude a realizar un manual de mantenimiento para cada tipo de motocicleta, debido a que éstos se centran únicamente en auditorias, es decir, para el control exigido de contabilidad.
- La falta de documentos técnicos como flujogramas, planos de taller, manuales de mantenimiento en función de las condiciones de la ciudad de Quito, revelan que no existen directrices para la gestión de mantenimiento.
- A todo lo descrito anteriormente surge la necesidad de contribuir al mejoramiento del estado actual del mantenimiento de motocicletas en Alvarez Barba S.A., lo cual se realizará en el capítulo 4 a continuación.

CAPÍTULO 4.

ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

4.1 INTRODUCCIÓN

El mantenimiento para las motocicletas BMW que brinda la empresa ALVAREZ BARBA S.A., específicamente aquellas motocicletas que pertenecen al estado ecuatoriano son las seleccionadas para la realización del plan de mantenimiento, debido a que estas son las que generan más datos de fallas, claro esta debido a su uso diario. El plan de mantenimiento mencionado se lo realizará siguiendo la metodología de planificación de mantenimiento, descrita en el capítulo 2 de este mismo proyecto.

La exposición que se brinda en este capítulo, es una guía para la consecución de los objetivos a gran escala, siendo menester de las partes interesadas ponerlo en ejecución a mediano y largo plazo, sin olvidar que esta planificación no será perdurable en el tiempo, por el contrario deberá ser sujeto a diversos cambios, es decir, cumpliendo con el círculo de la calidad y la mejora continua.

Cabe mencionar que el plan de mantenimiento preventivo que a continuación se desarrolla esta dado en función de las características geográficas de la ciudad de Quito, debido a que estas son condiciones diferentes a las de fabricación y prueba de las motocicletas BMW, siendo la condición determinante la presión atmosférica, así como el tipo de carreteras, y la cultura de conducción y mantenimiento. Es así como a continuación se determinará la pérdida de eficiencia de refrigeración en el motor de la motocicleta debido a menor densidad del aire, con lo cual se determinará el parámetro de tiempo de funcionamiento máximo en relantí de la motocicleta.

4.2 DETERMINACIÓN DE LA PÉRDIDA DE EFICIENCIA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR BMW DE 1150CC

A continuación se determinará la pérdida de eficiencia de refrigeración por medio de la transferencia de calor que se da en la motocicleta BMW R1150RT sujeta a las condiciones de presión atmosférica, y densidad del aire de la ciudad de Quito, con lo cual se busca determinar que en las mencionadas motocicletas se debe realizar un mantenimiento adecuado en función de las condiciones geográficas de Quito donde la presión atmosférica es de $P = 72,79$ kPa, las cuales son condiciones de presión atmosférica diferentes a las de fabricación y prueba de las motocicletas en Berlín - Alemania, en donde la presión atmosférica es de $P = 101,32$ kPa (Nivel del mar), por lo cual la densidad del aire es mayor en relación a Quito.

La motocicleta BMW R1150RT consta de dos cilindros opuestos (motor Boxer) en donde la refrigeración de este motor se da por la circulación del aire.

A continuación se realizará el análisis en un cilindro, ya que en el otro cilindro es el mismo análisis.

4.2.1 Análisis bajo las condiciones de la ciudad de Quito $P = 72,79$ kPa;

$T_{\text{ambiental}} = 19^{\circ}\text{C}$ y velocidad del aire $v = 60$ km/h

El cilindro de la motocicleta BMW R1150RT está fabricado de aleación de aluminio 2024-T6, y tiene una longitud de $H = 0,17$ m y un diámetro exterior de $\varnothing_{\text{ext}} = 0,15$ m. Bajo condiciones de operación típicas la superficie externa del cilindro se encuentra a una temperatura de $T_s = 210^{\circ}\text{C}$, y se expone al aire ambiental a $T_{\infty} = 19^{\circ}\text{C}$, y una velocidad de $v = 60$ km/h. Las aletas anulares están fundidas íntegramente con el cilindro para aumentar la transferencia de calor a los alrededores. En el cilindro se encuentran 16 aletas de espesor $e = 3$ mm, alto de aleta $J_{\text{aleta}} = 20$ mm, y largo de aleta de $L_{\text{aleta}} = 0,18$ m e igualmente espaciadas.

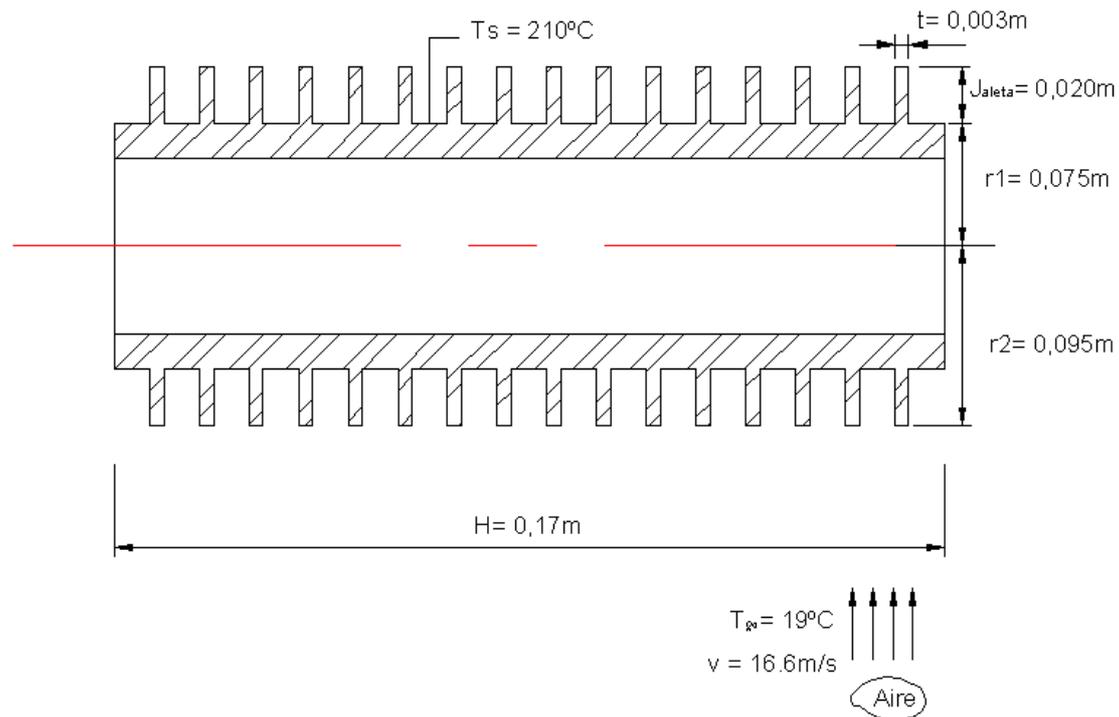


Figura 4.1 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT³²

Datos:

Aire

$P=72,79 \text{ kPa}$ (Quito)

$T_{\infty}=19^{\circ}\text{C} = 292,15 \text{ K}$

$v= 16,6 \text{ m/s}$

Solución:

Suposiciones:

- Condiciones de estado estable
- Conducción radial unidimensional en las aletas
- Propiedades constantes
- Intercambio de radiación insignificante con los alrededores

Análisis:

- Se debe mencionar que todas las fórmulas y valores de tablas son tomadas del libro: Fundamentos de Transferencia de Calor; Frank Incropera; 4ta edición; 1999

³² Fuente propia

- A las aletas se las considera como rectangulares y uniformes.
- Con las aletas, la transferencia de calor está dada por la ecuación:

$$q_t = hA_t \left[1 - \frac{NA_f}{A_t} (1 - n_f) \right] (T_s - T_\infty)$$

Donde:

h = Coeficiente de convección el cual depende de las características del fluido (Aire).

$$A_t = A_f + A_b$$

A_b = área de la parte expuesta al fluido del cilindro

A_f = área superficial de la aleta

N = número de aletas

n_f = eficiencia de la aleta

T_s = temperatura de la superficie del cilindro

T_∞ = temperatura del fluido

i) Determinación del coeficiente de convección (h)

$$T_f = \frac{210+19}{2} \text{ } ^\circ\text{C} = 114,5^\circ\text{C} = 388\text{K}$$

Propiedades del aire a $P=1\text{atm}$; tabla A4 de Incropera

T (K)	$u \cdot 10^{-6}$ (m^2/s)	$k \cdot 10^{-3}$ ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)	Pr
400	26,41	30	0.700
388	u	k	Pr
350	20,92	26,3	0.707

u = viscosidad cinemática; k = conductividad térmica, constante de Boltzmann;

Pr = número de Prandtl

Por medio de interpolación lineal se determina u ; k ; Pr

$$\frac{400 - 350}{388 - 350} = \frac{26,41 - 20,92}{u - 20,92}$$

$$u = 25,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; \mathbf{k = 29,11 \times 10^{-3} \text{ W}/\text{m} \cdot \text{K}; \text{Pr} = 0,702}$$

Propiedades como k y Pr se suponen independientes de la presión con una excelente aproximación. Sin embargo, para un gas, la viscosidad cinemática

variará con la presión a causa de su dependencia de la densidad, por lo tanto de la ley de gases ideales, se sigue que la razón de viscosidades cinemáticas para un gas a la misma temperatura pero a diferentes presiones p_1, p_2 es:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

De aquí la viscosidad cinemática del aire a 388K, y $P = 72,79 \text{ kPa}$ es:

$$u = 25,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \frac{101,32 \times 10^3 \text{ N/m}^2}{72,77 \times 10^3 \text{ N/m}^2}$$

$$u = 3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

cálculo del número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{v \cdot L}{u}$$

$L =$ largo de aleta = 0,18m

$$Re = \frac{16,6 \text{ m/s} \cdot 0,18 \text{ m}}{3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 85371$$

$Re > 10^4$ Flujo turbulento

Número de Nusselt para flujo turbulento:

$$Nu = 0,0296 Re^{4/5} Pr^{1/3} = 0,0296 (85371)^{4/5} (0,702)^{1/3} = 232,13$$

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k}$$

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} = \frac{232,13 (29,11 \times 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{K})}{0,18 \text{ m}}$$

$$h = 35,54 \text{ W/m}^2\text{K}$$

ii) Determinación de A_f

$$A_f = 2\pi(r_{2o}^2 - r_1^2); \text{ Donde } r_{2o} = r_2 + \frac{t}{2}$$

$$A_f = 2\pi(0,0965^2 - 0,075^2) = 0,023 \text{ m}^2$$

iii) Determinación de A_t

$$A_t = N \cdot A_f + 2\pi r_1 (H - N \cdot t)$$

$$A_c = 16 * 0,023m^2 + 2\pi * 0,075m(0,17m - 16 * 0,003m)$$

$$A_c = 0,43m^2$$

iii) Determinación de la eficiencia de la aleta n_f

Con:

$$\frac{r_{2c}}{r_1} = 1,28 ; J_{aleta_c} = 0,0215 ; A_p = J_{aleta_c} * t = 6,45 \times 10^{-5} m^2$$

$$\text{Se obtiene } J_{aleta_c}^{3/2} \left(\frac{h}{kA_p} \right)^{1/2} = 0,17$$

Donde k se obtiene de la tabla A1, Aluminio 2024-T6 (T= 388K); k = 183W/m.K

En consecuencia de la figura 3.19 del libro Incropera

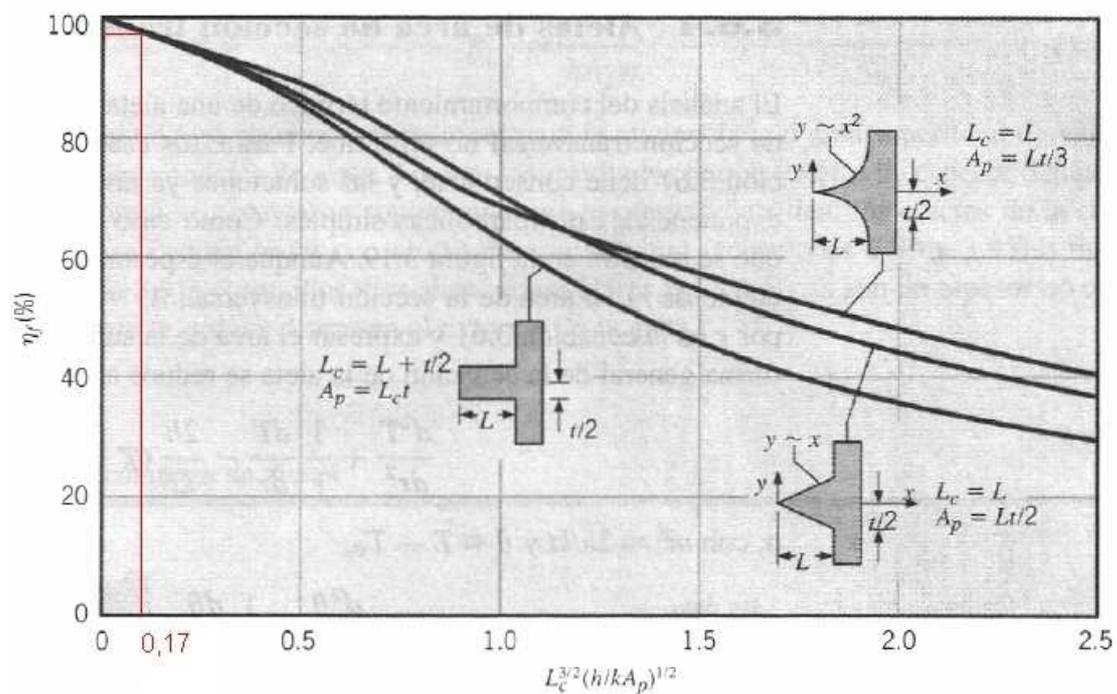


Figura 4.2 Eficiencia de aletas rectas (perfiles rectangular, triangular, y parabólico)³³

Se obtiene una eficiencia

$$n_f \approx 0,95$$

Con lo cual la transferencia de calor es:

³³ Fundamentos de Transferencia de calor; Frank Incropera; 4 edición; 1999

$$q_t = 35,54 \frac{W}{m^2K} * 0,43m^2 \left[1 - \frac{16 * 0,023m^2}{0,43m^2} (1 - 0,95) \right] (483 - 292)K$$

$$q_t = 2760,1 W //$$

4.2.2 Cálculo de la transferencia de calor para $P=72,79$ kPa (Quito), y velocidad del aire $v= 0,2$ m/s (Cuando la motocicleta se encuentra en relanti)

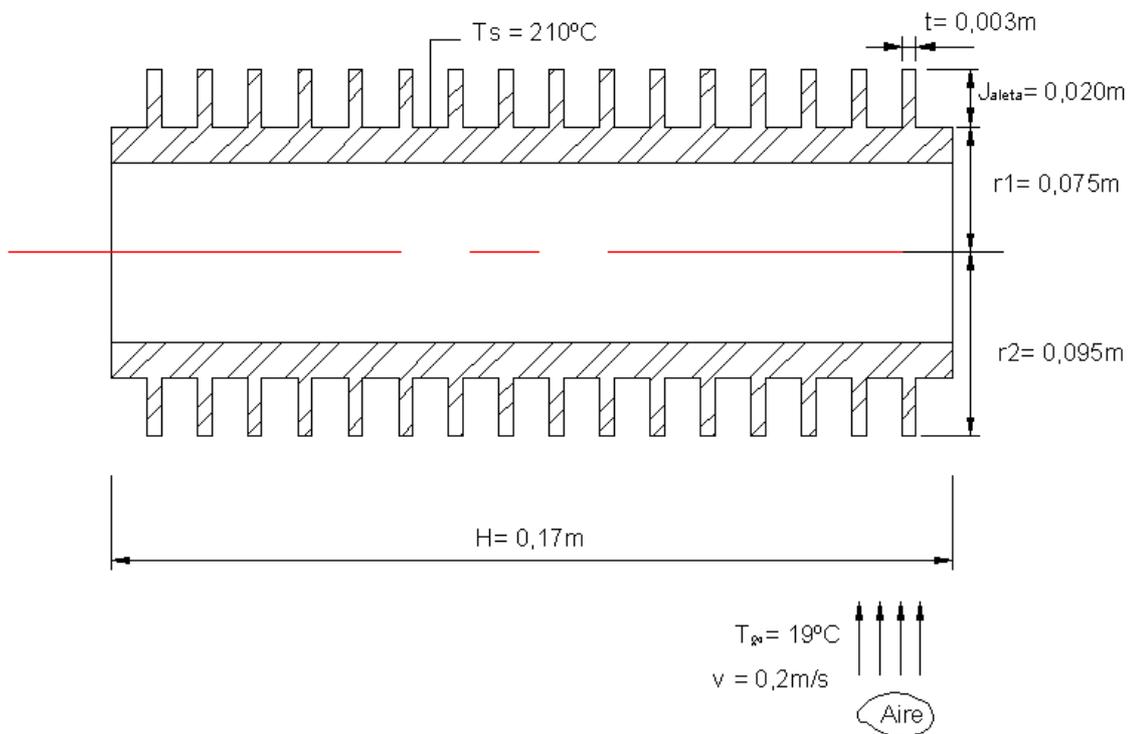


Figura 4.3 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT³⁴

Datos:

Aire

$P=72,79$ kPa (Quito)

$T_\infty = 19^\circ C = 292,15$ K

$v = 0,2$ m/s

La resolución es similar a cuando $v = 16,6$ m/s lo único que cambia es el valor del coeficiente de convección h , debido a la velocidad del aire $v = 0,2$ m/s

³⁴ Fuente propia

$$q_c = hA_c \left[1 - \frac{NA_f}{A_c} (1 - n_f) \right] (T_s - T_{\infty})$$

i) Determinación del coeficiente de convección (h)

$$T_f = \frac{210+19}{2} \text{ } ^\circ\text{C} = 114,5^\circ\text{C} = 388 \text{ K}$$

Propiedades del aire a P=1atm; tabla A4 de incropera

T (K)	$u \cdot 10^{-6}$ (m ² /s)	$k \cdot 10^{-3}$ (W/m*K)	Pr
400	26,41	30	0.700
388	u	k	Pr
350	20,92	26,3	0.707

u= viscosidad cinemática; k= conductividad térmica, constante de Boltzmann;

Pr= número de Prandtl

Por medio de interpolación lineal se determina u; k;Pr

$$\frac{400 - 350}{388 - 350} = \frac{26,41 - 20,92}{u - 20,92}$$

$$u = 25,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; \quad k = 29,11 \times 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{K}; \quad Pr = 0,702$$

Propiedades como k y Pr se suponen independientes de la presión con una excelente aproximación. Sin embargo, para un gas, la viscosidad cinemática variará con la presión a causa de su dependencia de la densidad, por lo tanto de la ley de gases ideales, se sigue que la razón de viscosidades cinemáticas para un gas a la misma temperatura pero a diferentes presiones p_1, p_2 es:

$$\frac{u_1}{u_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

De aquí la viscosidad cinemática del aire a 388K, y P= 72,79 kPa es:

$$u = 25,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot \frac{101,32 \times 10^3 \text{ N/m}^2}{72,77 \times 10^3 \text{ N/m}^2}$$

$$u = 3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

cálculo del número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{v \cdot L}{u}$$

$L =$ largo de aleta = 0,18m

$$Re = \frac{0,2 \text{ m/s} \cdot 0,18 \text{ m}}{3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}} = 1028$$

$Re < 10^4$ Flujo Laminar

Número de Nusselt para flujo Laminar:

$$Nu = 0,66 Re^{1/2} Pr^{1/3} = 0,66(1028)^{1/2}(0,702)^{1/3} = 18,8$$

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k}$$

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} = \frac{18,8(29,11 \times 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{K})}{0,18 \text{ m}}$$

$$h = 3,04 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Los valores de A_f , A_t , y n_f son los mismos del primer análisis por lo cual:

$$q_t = 3,04 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} * 0,43 \text{ m}^2 \left[1 - \frac{16 * 0,023 \text{ m}^2}{0,43 \text{ m}^2} (1 - 0,95) \right] (483 - 292) \text{ K}$$

$$q_t = 236 \text{ W} //$$

4.2.3 Cálculo de la transferencia de calor para $P=101,32 \text{ kPa}$ (Guayaquil), velocidad del aire $v= 16,6 \text{ m/s}$ (Cuando la motocicleta se encuentra en movimiento 60 km/h), y una temperatura ambiente de $T_\infty = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$

Las cuales son condiciones muy similares a las de fabricación y prueba de las motocicletas en Berlín- Alemania

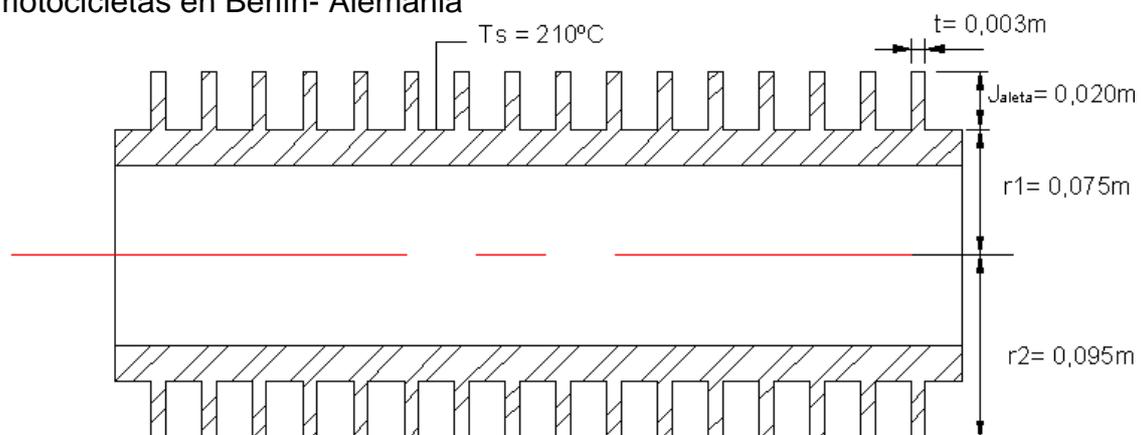


Figura 4.4 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT³⁵

Datos:

Aire

$P=101,32$ kPa (Guayaquil)

$T_{\infty}=27^{\circ}\text{C} = 300$ K

$v= 16,6$ m/s

$$q_t = hA_t \left[1 - \frac{NA_f}{A_t} (1 - \eta_f) \right] (T_s - T_{\infty})$$

i) Determinación del coeficiente de convección (h)

$$T_f = \frac{210+27}{2} ^{\circ}\text{C} = 118,5^{\circ}\text{C} = 391,65\text{K}$$

Propiedades del aire a $P=1\text{atm}=101,32\text{kPa}$; tabla A4 de incropera

T (K)	$u * 10^{-6}$ (m^2/s)	$k * 10^{-3}$ ($\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{K}$)	Pr
400	26,41	30	0.700
391,65	u	k	Pr
350	20,92	26,3	0.707

u = viscosidad cinemática; k = conductividad térmica, constante de Boltzmann;

Pr= número de Prandtl

³⁵ Fuente Propia

Por medio de interpolación lineal se determina u ; k ; Pr

$$\frac{400 - 350}{391,65 - 350} = \frac{26,41 - 20,92}{u - 20,92}$$

$$u = 25,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; k = 29,38 \times 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{K}; Pr = 0,701$$

En este caso la viscosidad cinemática no necesita corrección como en el primer análisis ya que las tablas nos brindan propiedades a la presión solicitada

$$P = 101,32 \text{ kPa}$$

cálculo del número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{v \cdot L}{u}$$

$$L = \text{largo de aleta} = 0,18 \text{ m}$$

$$Re = \frac{16,6 \text{ m/s} \cdot 0,18 \text{ m}}{25,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 117176$$

$$Re > 10^4 \text{ Flujo turbulento}$$

Número de Nusselt para flujo turbulento:

$$Nu = 0,0296 Re^{4/5} Pr^{1/3} = 0,0296 (117176)^{4/5} (0,701)^{1/3} = 298,5$$

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k}$$

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} = \frac{298,5 (29,38 \times 10^{-3} \text{ W/m} \cdot \text{K})}{0,18 \text{ m}}$$

$$h = 48,72 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Los valores de A_f , A_t , y n_f son los mismos del primer análisis por lo cual:

$$q_t = 48,72 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}} * 0,43 \text{ m}^2 \left[1 - \frac{16 * 0,023 \text{ m}^2}{0,43 \text{ m}^2} (1 - 0,95) \right] (483 - 300) \text{ K}$$

$$q_t = 3625,2 \text{ W} //$$

4.2.4 Cálculo de la transferencia de calor para P=101,32 kPa (Guayaquil), velocidad del aire v= 0,2 m/s (Cuando la motocicleta se encuentra en relanti), y una temperatura ambiente de $T_{\infty} = 27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$

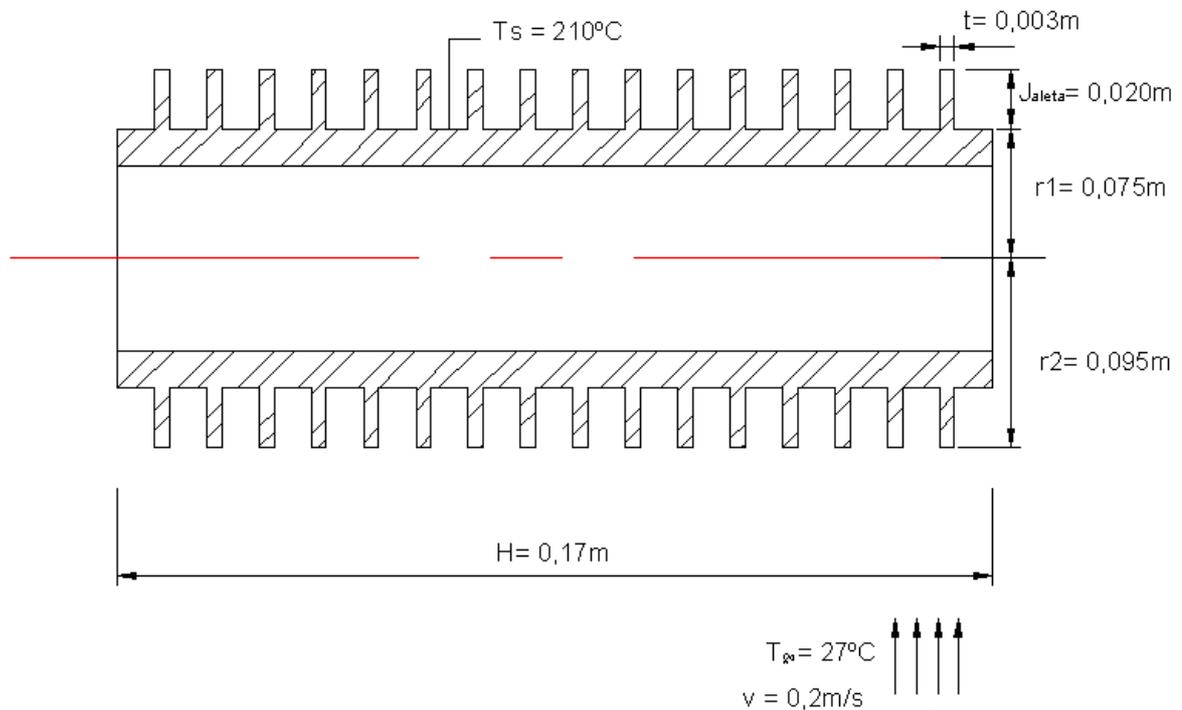


Figura 4.5 Diagrama en corte del cilindro de motocicleta BMW R1150RT³⁶

Datos:

Aire

P=101,32 kPa (Guayaquil)

$T_{\infty} = 27^{\circ}\text{C} = 300\text{K}$

v= 0,2m/s

$$q_c = hA_c \left[1 - \frac{NA_f}{A_c} (1 - \eta_f) \right] (T_s - T_{\infty})$$

i) Determinación del coeficiente de convección (h)

$$T_f = \frac{210+27}{2} ^{\circ}\text{C} = 118,5^{\circ}\text{C} = 391,65\text{K}$$

Propiedades del aire a P=1atm=101,32kPa; tabla A4 de incropera

T	$u * 10^{-6}$	$k * 10^{-3}$	Pr
---	---------------	---------------	----

³⁶ Fuente propia

(K)	(m ² /s)	(W/m*K)	
400	26,41	30	0.700
391,65	u	k	Pr
350	20,92	26,3	0.707

u= viscosidad cinemática; k= conductividad térmica, constante de Boltzmann;
Pr= número de Prandtl

Por medio de interpolación lineal se determina u; k;Pr

$$\frac{400 - 350}{391,65 - 350} = \frac{26,41 - 20,92}{u - 20,92}$$

$$u = 25,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}; k = 29,38 \times 10^{-3} \text{ W}/\text{m} * \text{K}; Pr = 0,701$$

En este caso la viscosidad cinemática no necesita corrección como en el primer análisis ya que las tablas nos brindan propiedades a la presión solicitada
P=101,32kPa

cálculo del número de Reynolds (Re):

$$Re = \frac{v \cdot L}{u}$$

L= largo de aleta= 0,18m

$$Re = \frac{0,2 \text{ m}/\text{s} \cdot 0,18 \text{ m}}{25,5 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 1412$$

Re < 10⁴ Flujo Laminar

Número de Nusselt para flujo laminar:

$$Nu = 0,66 Re^{1/2} Pr^{1/3} = 0,66(1412)^{1/2}(0,701)^{1/3} = 22,03$$

$$Nu = \frac{h \cdot L}{k}$$

$$h = \frac{Nu \cdot k}{L} = \frac{22,03(29,38 \times 10^{-3} \text{ W}/\text{m} * \text{K})}{0,18 \text{ m}}$$

$$h = 3,6 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ K}$$

Los valores de A_f, A_t, y n_f son los mismos del primer análisis por lo cual:

$$q_t = 3,6 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}} * 0,43 \text{ m}^2 \left[1 - \frac{16 * 0,023 \text{ m}^2}{0,43 \text{ m}^2} (1 - 0,95) \right] (483 - 300) \text{ K}$$

$$q_t = 268W //$$

4.2.5 Resumen:

Se concluye que existe una pérdida de transferencia de calor significativa comparando Guayaquil con Quito a pesar de que Guayaquil tiene una temperatura ambiental mayor a la de Quito:

Velocidad del aire $v=0,2m/s$ (0,72km/h)	
Ciudad msnm	Transferencia de Calor q_t [W]
Guayaquil (0m)	268
Quito (2850m)	236

Tabla 4.1 Pérdida de transferencia de calor a $v=0,2m/s$

Velocidad del aire $v=16,6m/s$ (60km/h)	
Ciudad msnm	Transferencia de Calor q_t [W]
Guayaquil (0msnm)	3625,2
Quito (2850msnm)	2760,1

Tabla 4.2 Pérdida de transferencia de calor a $v=16,6m/s$

En el análisis realizado lo relevante es la pérdida de transferencia de calor de Guayaquil vs Quito con una velocidad del aire de $v=0,2m/s$ tabla 4.1, debido a que la motocicleta BMW R1150RT posee un motor refrigerado por aire, al cual el fabricante recomienda mantener funcionando en relantí por máximo 15 minutos de lo contrario puede sufrir deformaciones y existe el peligro de incendio, pero cabe mencionar que esta advertencia esta bajo condiciones de fabricación y prueba en Berlín- Alemania (Nivel del mar), por lo cual hay que acondicionar esta advertencia a las condiciones de Quito- Ecuador en donde la pérdida de transferencia de calor en términos porcentuales respecto al nivel del mar es:

$$\begin{array}{r} 268 \text{ W} \\ 236 \text{ W} \end{array} \begin{array}{l} \diagup \quad \diagdown \\ \diagdown \quad \diagup \end{array} \begin{array}{l} 100\% \\ x \end{array}$$

$$x = 88\%$$

por lo cual $100\% - 88\%$ es igual a una **pérdida de transferencia de calor del 12%** en términos porcentuales, extrapolando esta pérdida, con el objetivo de determinar el tiempo que la motocicleta debe estar encendida en relanti en Quito, y asumiendo un incremento lineal de la temperatura en función del tiempo tenemos:

$$\begin{array}{r} 15 \text{ min} \\ x \end{array} \begin{array}{l} \diagup \quad \diagdown \\ \diagdown \quad \diagup \end{array} \begin{array}{l} 100\% \\ 88\% \end{array}$$

$$x = 13,2 \text{ minutos}$$

Con lo cual se justifica que el desarrollo del presente proyecto de titulación es en función de las condiciones geográficas de la ciudad de Quito, las cuales son condiciones diferentes a las de fabricación y prueba.

Cabe mencionar que en el análisis desarrollado se concluye que es más relevante en la refrigeración de un motor refrigerado por aire, la cantidad de aire, es decir la densidad de aire que refrigera el motor, que la temperatura ambiental del aire, es así como en la ciudad de Guayaquil la temperatura ambiental del aire es mayor que en la ciudad de Quito, pero el aire es más denso por lo cual se transfiere mayor cantidad de calor desde el motor hacia al ambiente.

4.3 DETERMINACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ADECUADA

Mediante la aplicación de la matriz de priorización, y la matriz de perfil competitivo se determinará la estrategia de mantenimiento que más se adecúe a las necesidades de la empresa, y a la complejidad de las motocicletas. Un primer paso es desarrollar una matriz de priorización en la cual se analizan los aspectos relevantes, que son ubicados en la primera columna y en la primera fila, dicho aspectos son evaluados entre sí para determinar su influencia de la columna sobre la fila, es así como si influye poco toma el valor de 0, si no influye 0,5, y si influye mucho 1, luego se toma estos valores y se los pondera, es decir dividiendo los subtotales para el total, y en base a estas ponderaciones generar la matriz de perfil competitivo.

Tabla 4. 3. Matriz de Priorización³⁷

	ASPECTOS RELEVANTES	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL	Pond.
1	Costo de mantenimiento	0.5	0.5	0	0	1	1	1	4	0.16
2	Inversión	0.5	0.5	0	0	1	0.5	1	3.5	0.14
3	Servicio al cliente	1	1	0.5	0	1	1	1	5.5	0.22
4	Tiempo de reparación	1	1	1	0.5	1	1	1	6.5	0.27
5	Facilidad de programación	0	0	0	0	0.5	1	0	1.5	0.06
6	Tecnificación del taller	0	0.5	0	0	0	0.5	0	1	0.04
7	Capacitación del personal	0	0	0	0	1	1	0.5	2.5	0.1
	TOTAL								24.5	1

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 4. Tabla de Criterio de Calificación

CALIFICACIÓN	CRITERIO
4	Fortaleza Mayor
3	Fortaleza Menor
2	Debilidad Menor
1	Debilidad Mayor

Fuente: César Narváez

³⁷ Harrington H.J.: "El proceso de mejoramiento"; 1998

Tabla 4. 5. Matriz de Perfil Competitivo para Mantenimiento³⁸

FACTOR CRÍTICO DE ÉXITO	PESO	CORRECTIVO		PREDICTIVO		RCM		TPM	
		C	P	C	P	C	P	C	P
Costo de mantenimiento	0.16	4	0.64	2	0.32	2	0.32	1	0.16
Inversión	0.14	4	0.56	3	0.42	2	0.28	1	0.14
Servicio al cliente	0.22	1	0.22	3	0.66	4	0.88	3	0.66
Tiempo de reparación	0.27	1	0.27	3	0.81	4	1.08	4	1.08
Facilidad de programación	0.06	1	0.06	2	0.12	3	0.18	3	0.18
Tecnificación del taller	0.04	2	0.08	3	0.12	4	0.16	4	0.16
Capacitación del personal	0.1	1	0.1	2	0.2	4	0.4	3	0.3
TOTAL	1		1,93		2.65		3.3		2.68

Fuente: César Narváez

C: Calificación = en función de criterios

P: Ponderación = C*P

Mediante el análisis antes desarrollado se concluye, que la técnica más adecuada es el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), la cual es una técnica que involucra al mantenimiento correctivo, así como también al mantenimiento preventivo, utilizando herramientas de calidad que generan resultados a mediano y largo plazo.

4.4 DESARROLLO DE LA ESTRAGIA DETERMINADA

En el desarrollo de la estrategia determinada se aplicará la norma SAE JA 1011, la cual es un criterio de evaluación del proceso de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM).

Una parte de la norma, se encuentra ubicada en el anexo 8, donde se especifica los pasos a seguir para realizar correctamente el RCM, sin embargo esta es una

³⁸ SERNA G., Humberto.; Gerencia estratégica. 5ta Edicion;2001

guía que puede ser adecuada a las necesidades de la empresa, y la complejidad de la motocicleta.

El RCM, es un proceso específico usado para identificar las políticas que se deberán implementar, para administrar los modos de falla que podrían causar la falla funcional de cualquier recurso físico en un contexto operacional dado del bien.

4.4.1 Reconocimiento del personal de mantenimiento

El área de mantenimiento de motocicletas dentro de ALVAREZ BARBA S.A. es determinada en el organigrama funcional como una jefatura, la cual se encuentra dirigida naturalmente por el Jefe de Mantenimiento general del taller, quien tiene a su cargo un técnico mecánico para el área de mantenimiento de motocicletas.

4.4.2 Inventario y codificación

El inventario realizado en el área de motocicletas, arrojó un número de 30 motocicletas pertenecientes al estado ecuatoriano. Cabe indicar que se va a realizar un plan específico de mantenimiento para todas las motocicletas de propiedad del estado ecuatoriano de la serie R1150RT, este procedimiento podría ser una guía de un plan de mantenimientos en el área de vehículos dentro de la empresa.

4.4.3 Recopilación de información prioritaria

Los documentos que en su mayoría, posee el área de mantenimiento son: manuales de usuario, partes y planos, dicha información deberá ser recopilada para la realización del presente proyecto. Esta información es de vital importancia para la realización del análisis.

4.4.4 Creación del libro de registro diario de mantenimiento

El libro de bitácora, se obtiene mediante la recopilación diaria de los formatos diseñados para el control de mantenimiento, el formato de recopilación de datos es mostrado en el anexo 2 (el cual recopila datos como: descripción del daño, procedimiento de detección, diagnóstico, proceso de reparación y el tipo de mantenimiento realizado), toda esta información servirá posteriormente para la elaboración de las hojas de vida de cada una de las motocicletas, y para obtener manuales de mantenimiento.

4.4.5 Flujograma de Proceso

Este diagrama permite representar el flujo de tareas y procedimientos de forma esquemática que se debe realizar cuando el propietario de la motocicleta acude al taller de servicio ALVAREZ BARBA S.A. para la ejecución del mantenimiento preventivo, correctivo. El flujograma se encuentra en el anexo 3.

4.4.6 Diagrama de Ishikawa (Causa - Efecto)

Las causas principales que afectan la labor del mantenimiento de las motocicletas BMW dentro de la empresa se encuentra detalladas en el anexo 4.

4.4.7 Plano de distribución de Taller

Este plano permite dimensionar el espacio en donde se realiza el mantenimiento de las motocicletas, y de esta forma ejecutar soluciones que permitan optimizar los recursos físicos del taller. El plano de distribución de planta se encuentra en el anexo 5.

4.4.8 Definición de las funciones y los parámetros de funcionamiento de las motocicletas.

Las motocicletas BMW R1150RT de la Presidencia de la república del Ecuador tienen como principal función escoltar a vehículos que transportan personas de relevancia social y política, para lograr la mencionada función de escolta las motocicletas son conducidas por una persona la cual debe ser certificada tanto en maniobras de conducción, así como calificación psicológica. Para la movilización del conductor las motocicletas deben ofrecer prestaciones de servicio altas, ya que la labor de escolta involucra exigencias elevadas, como respuesta de aceleración, frenado, estabilidad, así como también debe ser ergonómica, de bajo consumo de combustible, y de bajo impacto ambiental.

La motocicleta está compuesta de manera general de un motor bóxer de cuatro tiempos con dos cilindros y cuatro válvulas por cilindro, dispuesto en posición longitudinal, con un árbol de levas en cabeza en cada cilindro, refrigerado por aire, y aceite de motor igualmente refrigerado por aire, la mezcla de combustible se da por inyección electrónica, caja de cambios de 6 velocidades con cambio por garras , amortiguador integrado de torsión, y embrague monodisco en seco con resorte de disco superpuesto, sistema de escape de gases de combustión con catalizador de 3 vías y regulación por sonda lambda, sistema de frenos en rueda delantera de doble disco de accionamiento hidráulico con pinzas fijas de 4 émbolos y discos de freno con cojinetes flotantes, en la rueda posterior freno de disco de accionamiento hidráulico con pinza flotante de 2 émbolos y disco fijo, presión de fluido hidráulico controlado por sistema ABS, sistema de suspensión delantera con telelever BMW con conjunto telescópico en el exterior, y suspensión trasera parelever BMW.

Los parámetros generales de funcionamiento de las motocicletas son: velocidad promedio de 70km/h, aceleración de 0km/h a 50km/h en 2 segundos, frenada de 70km/h a 0km/h en 4 metros de distancia.

4.4.9 Análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE)

El Análisis de Modos de Falla y sus Efectos (AMFE) es una metodología de trabajo en grupo muy estricta que se utiliza para evaluar un sistema (en el presente proyecto será el sistema motocicleta y/o un servicio en cuanto a las formas en las que ocurren las fallas). Para cada fallo, se hace una estimación de sus efectos sobre todo el sistema y su severidad. Además, se hace una revisión de las medidas planificadas con el fin de minimizar la probabilidad de fallo, o minimizar su repercusión.

A continuación se indican los pasos necesarios para la aplicación del análisis de modos de falla y sus efectos (AMFE), de forma específica en el proceso de mantenimiento.

1. Nombre de la máquina
2. División en sistemas y subsistemas
3. Nombre de los componentes de la máquina y códigos
4. Modo de fallo
5. Causa de fallo
6. Efecto de fallo
7. Gravedad del fallo (G)
8. Frecuencia de fallo (F)
9. Detectabilidad de fallo (D)
10. Índice de prioridad de riesgo (IPR)
11. Consecuencias

Los mencionados pasos serán aplicados en las tablas de la 4.9 a 4.20

Una secuencia gráfica del análisis AMFE, se muestra a continuación en la figura 4.6.

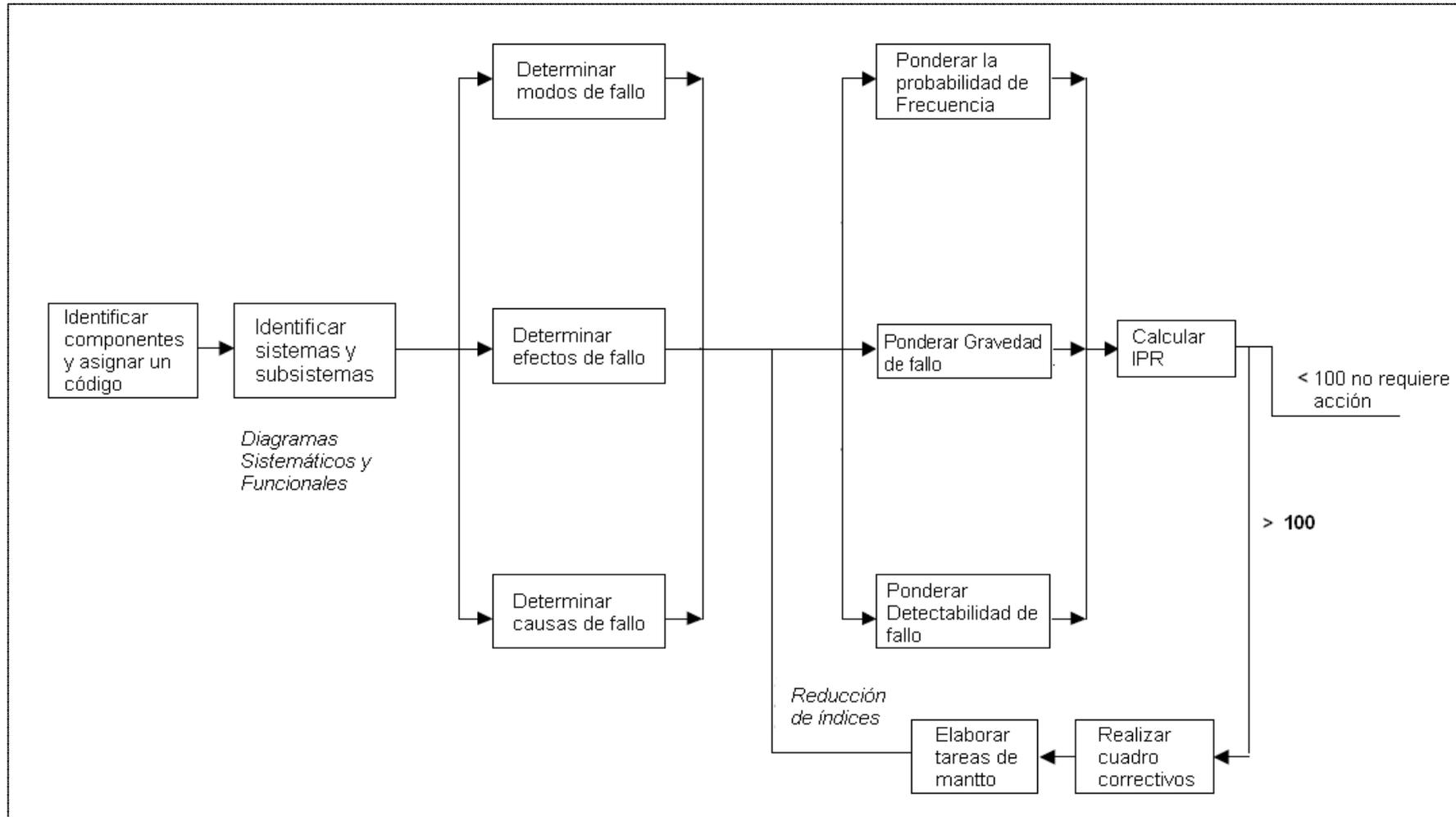


Figura 4.6 Secuencia Gráfica del Análisis AMFE³⁹

³⁹ Fuente propia

Los índices de gravedad, frecuencia y detectabilidad de fallos, se los valora de acuerdo a los criterios mostrados en las tablas 4.6, 4.7. y 4.8., que a continuación se detallan:

Tabla 4. 6. Valores de los índices de Gravedad (G)⁴⁰

ÍNDICE DE GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
	Gravedad mínima, el usuario no podrá percibir la falla.	1
	Gravedad escasa, el fallo podría provocar una molestia menor o un ligero desvío del desempeño del sistema.	2-3
	Gravedad baja, el fallo es totalmente perceptible y genera insatisfacción respecto al desempeño.	4-5
	Gravedad moderada, el desempeño del sistema decae de manera apreciable, disgustando al usuario.	6-7
	Gravedad elevada, fallo crítico, puede inutilizar al sistema, el usuario será altamente disgustado e insatisfecho y puede comprometer a la seguridad en la operación.	8-9
	Gravedad muy alta, el fallo afecta gravemente la seguridad y el desempeño del sistema, excede lo permitido en reglamentos y normas, el sistema puede ser inutilizado.	10

Tabla 4. 7. Valores de los índices de Frecuencia (F)⁴¹

ÍNDICE DE FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
	Improbable, nunca ha ocurrido en el pasado, pero existe una probabilidad teórica	1
	Poco probable, alguna vez ha ocurrido este fallo en el pasado en casos aislados. Es posible que durante la vida útil suceda un fallo de este tipo.	2-3
	Probabilidad moderada, podrá suceder de manera eventual en el transcurso de la vida útil, para casos de circunstancias repetibles o similares	4-5
	Estos fallos pueden ocurrir con frecuencia y han ocurrido de manera repetitiva para casos similares entre sí.	6-7
	Frecuencia elevada, el fallo sucede a intervalos menores y ha sido hasta una costumbre enfrentarlos	8-9
	Demasiado frecuente o prácticamente inevitable, se da por sentado que el fallo ocurrirá con mucha frecuencia.	10

⁴⁰ PAUL JAMES; Gestión de la Calidad Total; Prentice Hall, 1996

⁴¹ PAUL JAMES; Gestión de la Calidad Total; Prentice Hall, 1996

Tabla 4. 8. Valores de los índices de Detectabilidad (D)⁴²

ÍNDICE DE DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
	La falla es notable a simple vista, sin siquiera inspeccionar con detenimiento.	1
	Existe la pequeña posibilidad de que no sea detectado a simple vista o por una primera inspección.	2-3
	El problema es fácilmente detectable con los métodos previamente convenidos para este fin.	4-5
	El problema es de difícil detección y eventualmente podría ser observado sólo luego de que ha causado un perjuicio al usuario.	6-7
	La detección es muy difícil y requiere de métodos que no son comúnmente aplicados para un caso particular.	8-9
	Nunca o casi nunca será detectado el problema. Seguramente causará perjuicios antes de ser observado.	10

Para la realización del análisis AMFE, se inició por verificar que las motocicletas estén desarrollando la actividad correspondiente, es decir, que cumplan con las funciones bajo las condiciones de diseño.

Con la ayuda de la inspección y los documentos existentes de las máquinas motivo del análisis, se procedió a dividir cada una de ellas en sus diferentes sistemas y subsistemas para de esta manera obtener los modos y posibles modos de fallo que se producen en el normal desempeño de la máquina.

4.4.10 Diagramas sistemático y funcionales de la motocicleta BMW R1150RT

En los siguientes diagramas, expuestos desde la figura 4.7, hasta la figura 4.19, se muestra una clasificación de los sistemas y subsistemas que conforman la motocicleta BMW R1150RT, además de las funciones que cumplen los diferentes componentes de los sistemas.

⁴² PAUL JAMES; Gestión de la Calidad Total; Prentice Hall, 1996

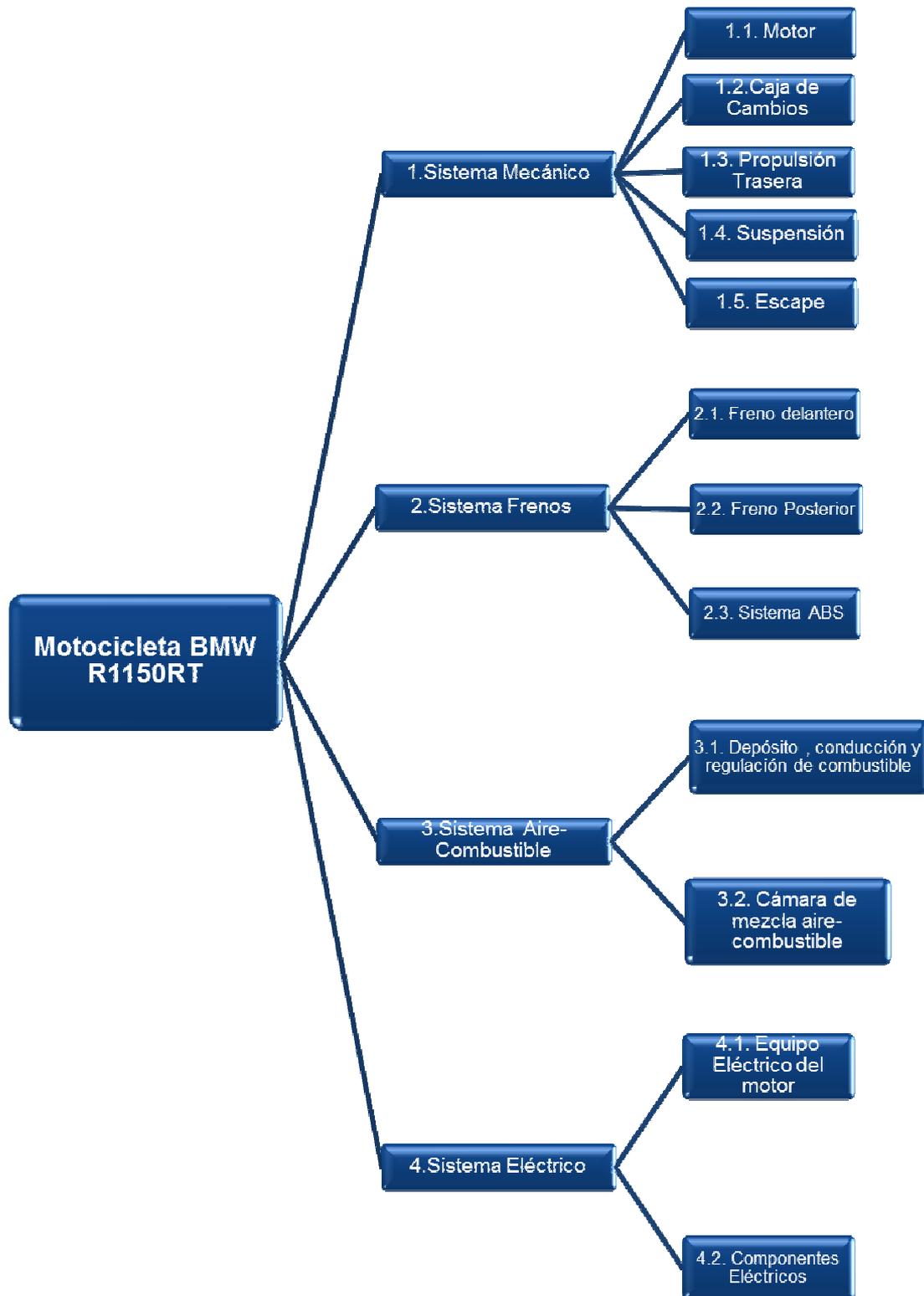


Figura 4. 7. Diagrama Sistemático de Motocicletas BMW R1150RT ⁴³

⁴³ Fuente Propia

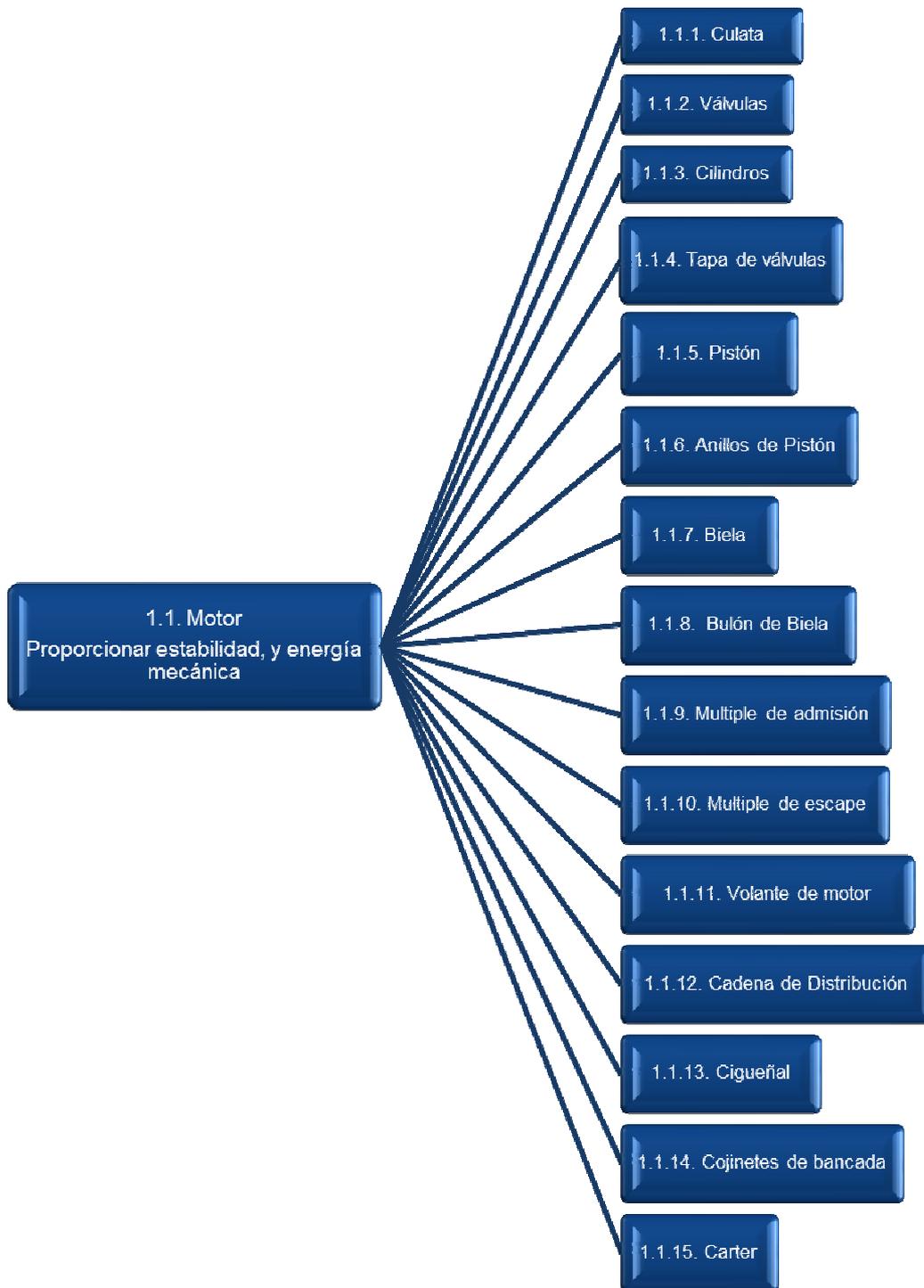


Figura 4. 8. Diagrama Funcional del Sistema Motor⁴⁴

⁴⁴ Fuente Propia

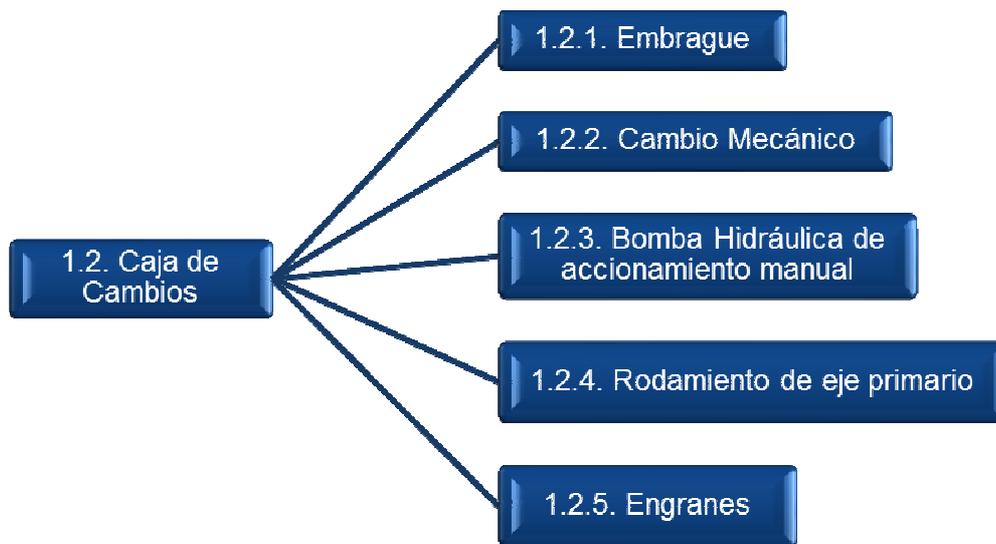


Figura 4. 9. Diagrama Funcional del Sistema Caja de Cambios⁴⁵

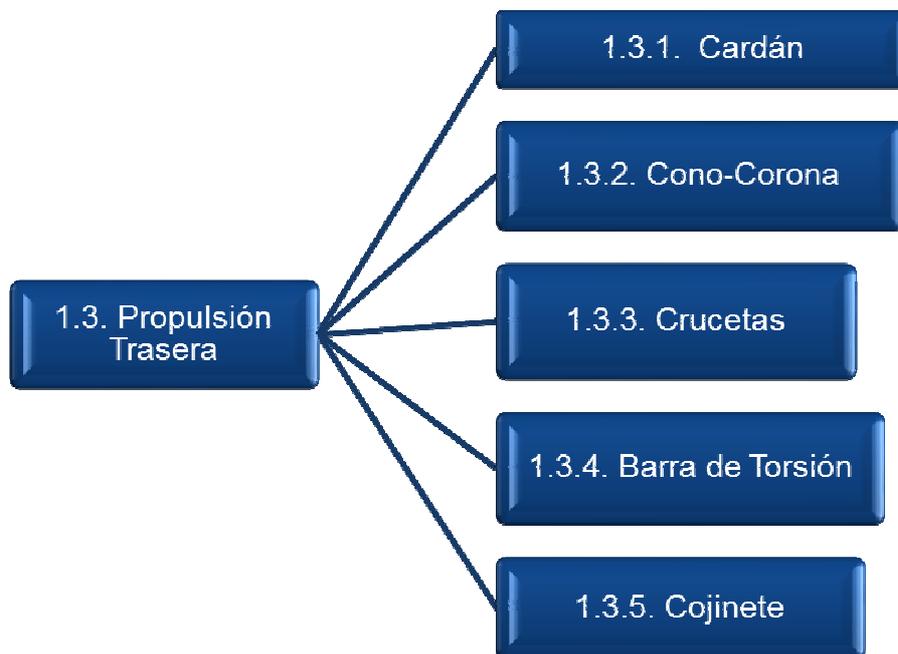


Figura 4. 10. Diagrama Funcional del Sistema Propulsión⁴⁶

⁴⁵ Fuente Propia

⁴⁶ Fuente Propia



Figura 4.11. Diagrama Funcional del Sistema Suspensión⁴⁷

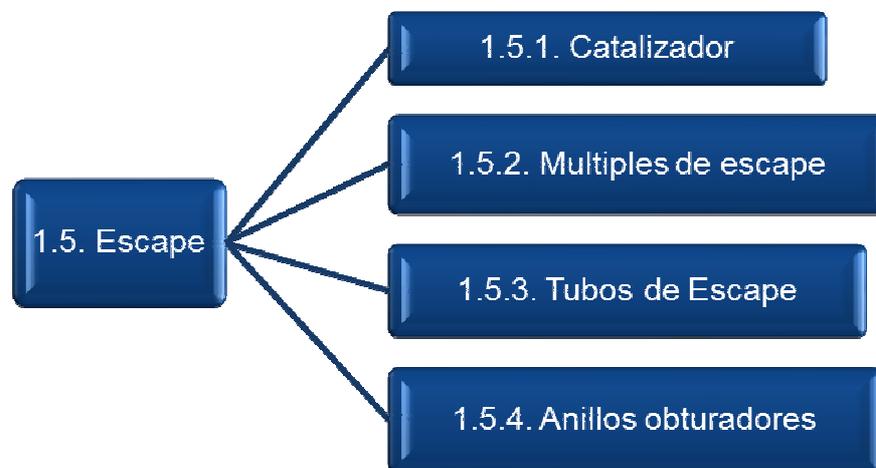


Figura 4.12. Diagrama Funcional del Sistema Escape⁴⁸

⁴⁷ Fuente Propia

⁴⁸ Fuente Propia



Figura 4.13. Diagrama Funcional del Sistema Freno Delantero⁴⁹

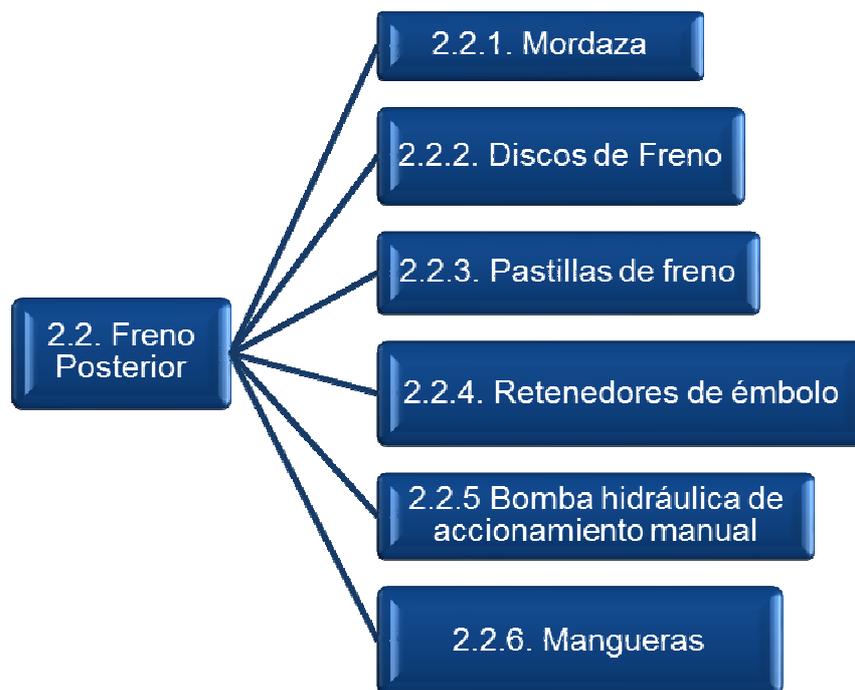


Figura 4.14. Diagrama Funcional del Sistema Freno Posterior⁵⁰

⁴⁹ Fuente Propia

⁵⁰ Fuente Propia



Figura 4.15. Diagrama Funcional del Sistema Módulo ABS⁵¹

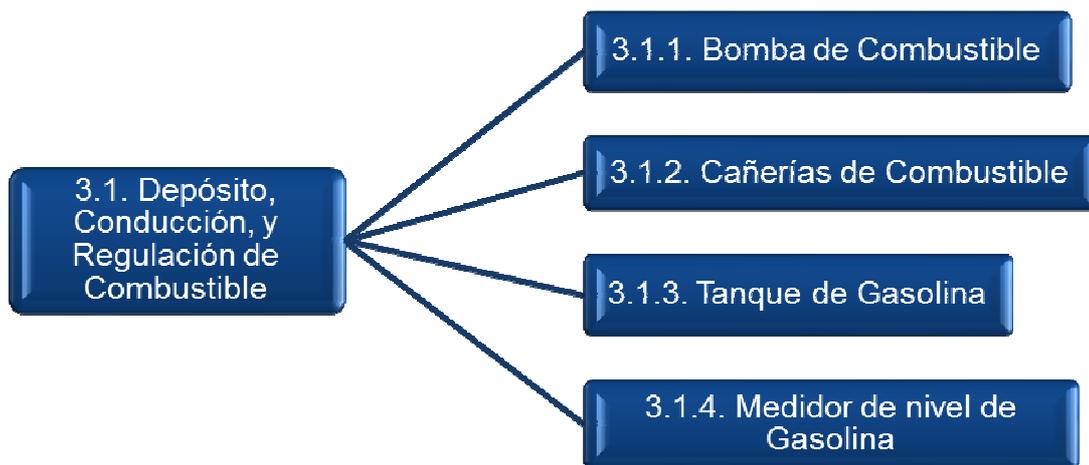


Figura 4.16. Diagrama Funcional del Sistema Depósito, Conducción y Regulación de Combustible⁵²

⁵¹ Fuente Propia

⁵² Fuente Propia



Figura 4.17. Diagrama Funcional del Sistema Cámara de mezcla Aire-Combustible⁵³

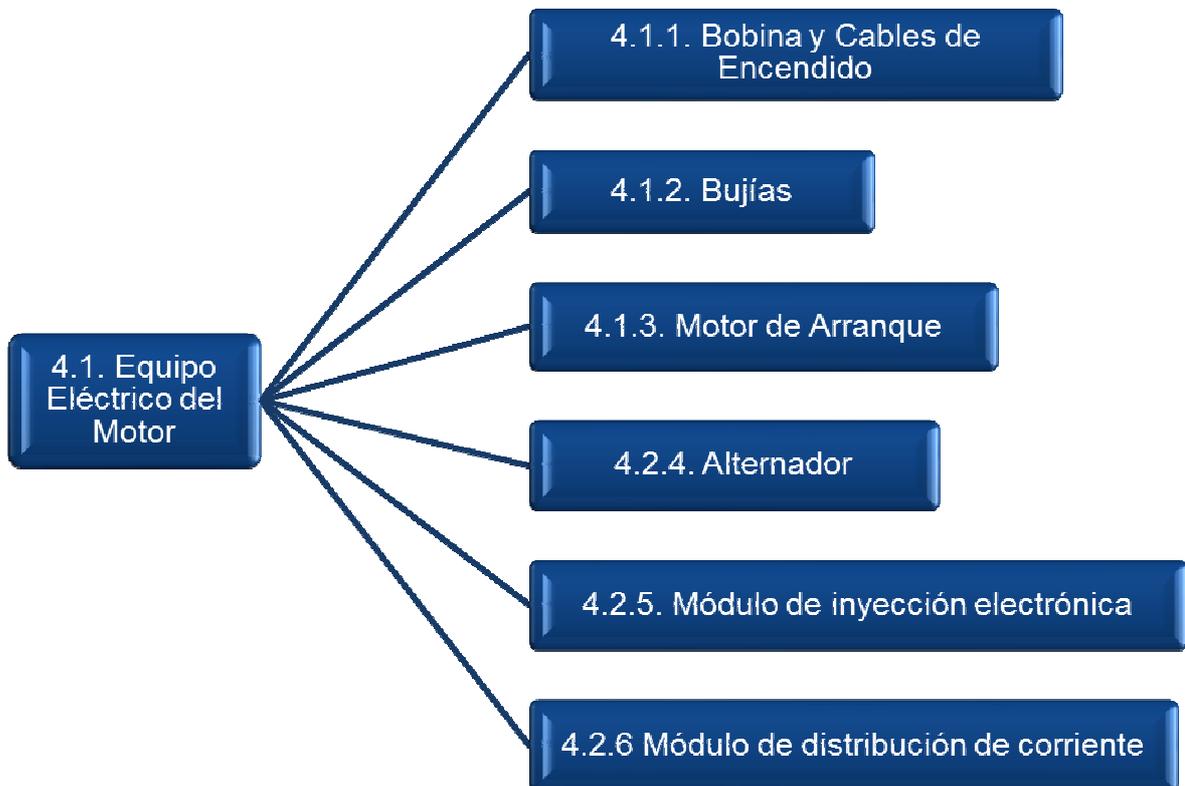


Figura 4.18. Diagrama Funcional del Sistema Equipo Eléctrico del Motor⁵⁴

⁵³ Fuente Propia

⁵⁴ Fuente Propia

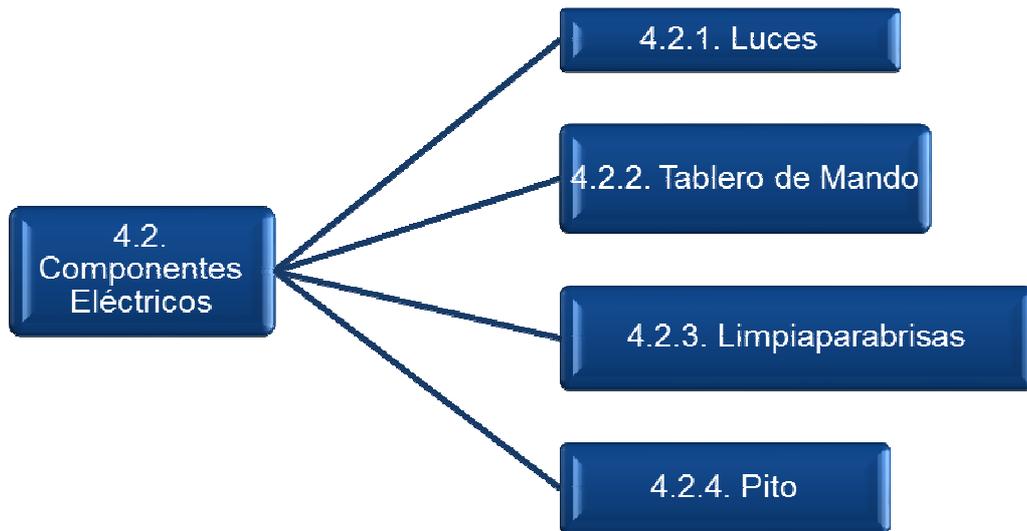


Figura 4.19. Diagrama Funcional del Sistema Componentes Eléctricos⁵⁵

4.4.11 Diagramas de Pareto⁵⁶ por cada diagrama funcional

A continuación se realiza los diagramas de Pareto para cada diagrama funcional con el objetivo de determinar cual es el 20% de las fallas más representativas, con el fin de solucionar el 80% de los problemas de mantenimiento de las motocicletas BMW. Mediante esta estrategia estadística se direcciona los problemas relevantes que se deben solucionar para poder mejorar el plan de mantenimiento preventivo. La lista de fallas relevantes fue tomada de la experiencia del técnico encargado del mantenimiento de las motocicletas, así como también de la experiencia propia, en lo que se refiere a una muestra de 39 motocicletas. En los cuadros a continuación se suma el número de fallas totales del sistema en la primera columna, en la segunda se valora el porcentaje total que es la cantidad de fallas de cada subsistema dividido para el número de fallas totales, y en la tercera columna se ubica el porcentaje acumulado que es el primer porcentaje total en la primera fila, y luego en la segunda fila se suma el segundo valor del porcentaje total mas el primer valor del porcentaje acumulado, y de la misma forma con los demás valores del porcentaje acumulado.

⁵⁵ Fuente Propia

⁵⁶ PAUL JAMES; Gestión de la Calidad Total; Prentice Hall, 1996

4.4.11.1 Diagrama de Pareto para el Sistema Motor

Tabla 4.9.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁵⁷

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Tapa de Válvulas	21	31,34	31,34
(2) Válvulas	12	17,91	49,25
(3) Culata	10	14,92	64,17
(4) Cilindros	9	13,43	77,6
(5) Anillos de Pistón	3	4,47	82,1
(6) Bulón de biela	3	4,47	86,54
(7) Biela	2	2,98	89,52
(8) Múltiple de escape	2	2,98	92,5
(9) Múltiple de admisión	1	1,49	93,4
(10) Carter	1	1,49	95,48
(11) Cojinetes de bancada	1	1,49	96,97
(12) Pistón	1	1,49	98,46
(13) Cigüeñal	1	1,49	100
(14) Volante de motor	0	0	
(15) Cadena de distribución	0	0	
Total	67	100%	

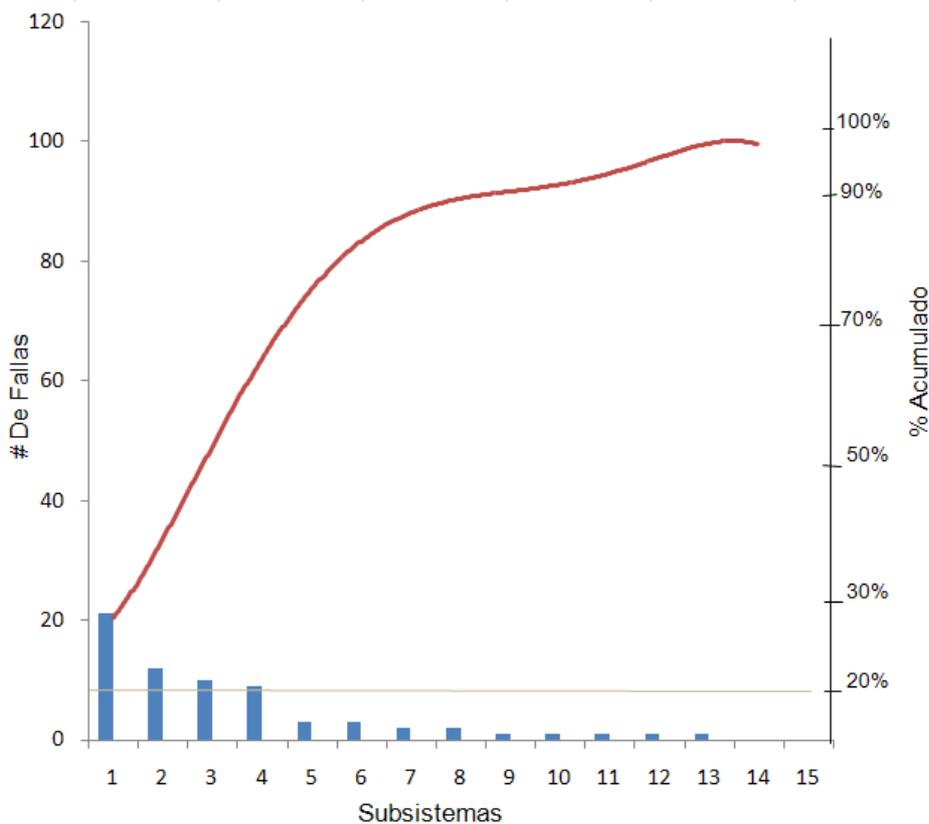


Figura 4.20.- Diagrama de Pareto para Sistema Motor⁵⁸

⁵⁷ Fuente Propia

⁵⁸ Fuente Propia

4.4.11.2 Diagrama de Pareto para el Sistema Caja de Cambios

Tabla 4.10.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁵⁹

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Embrague	17	44,73	44,73
(2) Cambio Mecánico	15	38,46	83,19
(3) Bomba Hidráulica de accionamiento manual	4	10,26	93,45
(4) Rodamiento de eje primario	2	5,13	98,58
(5) Engranajes	1	2,57	100
Total	39	100%	

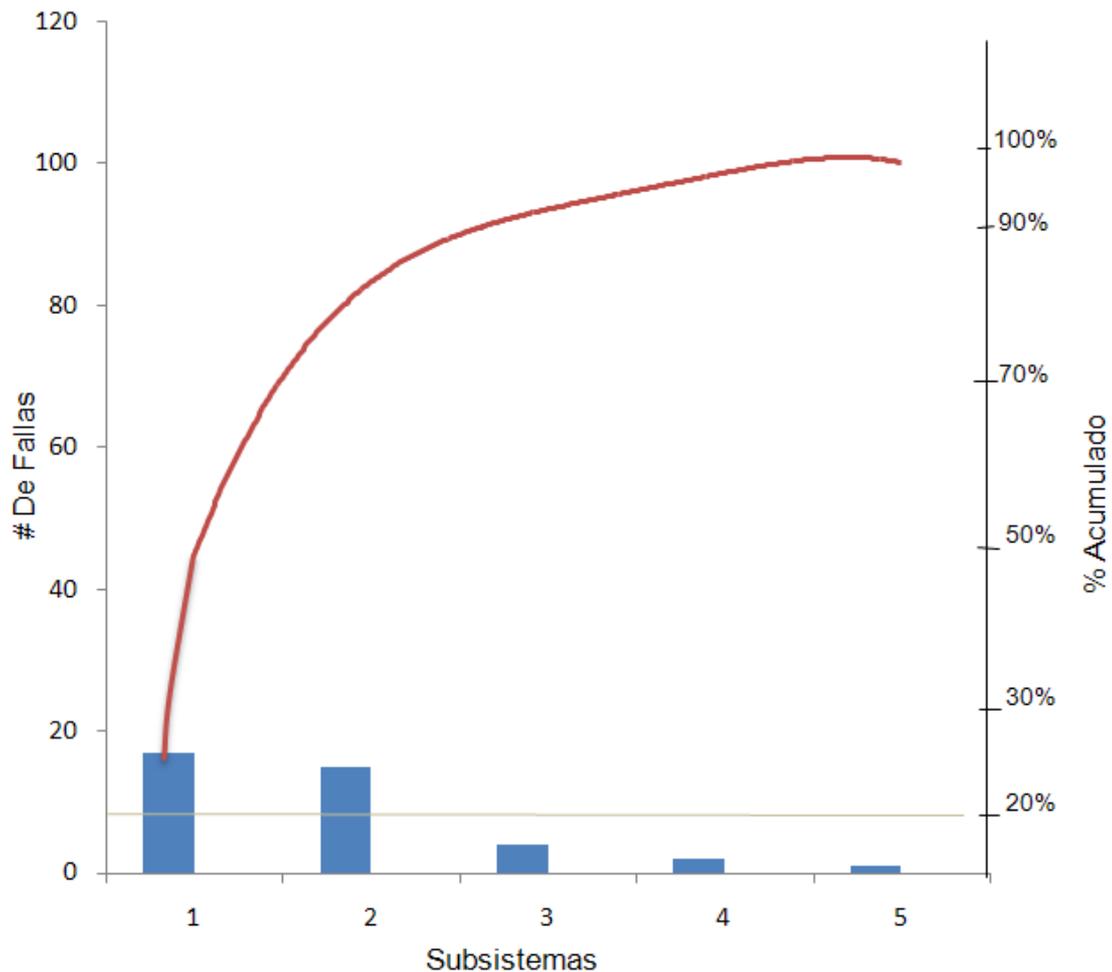


Figura 4.21.- Diagrama de Pareto para Sistema Caja de Cambios⁶⁰

⁵⁹ Fuente Propia

⁶⁰ Fuente Propia

4.4.11.3 Diagrama de Pareto para el Sistema Propulsión

Tabla 4.11.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁶¹

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Cardán	10	43,47	43,47
(2) Cono – Corona	9	39,13	82,6
(3) Crucetas	2	8,69	91,29
(4) Barra de torsión	1	4,34	95,63
(5) Cojinete	1	4,34	100
Total	23	100%	

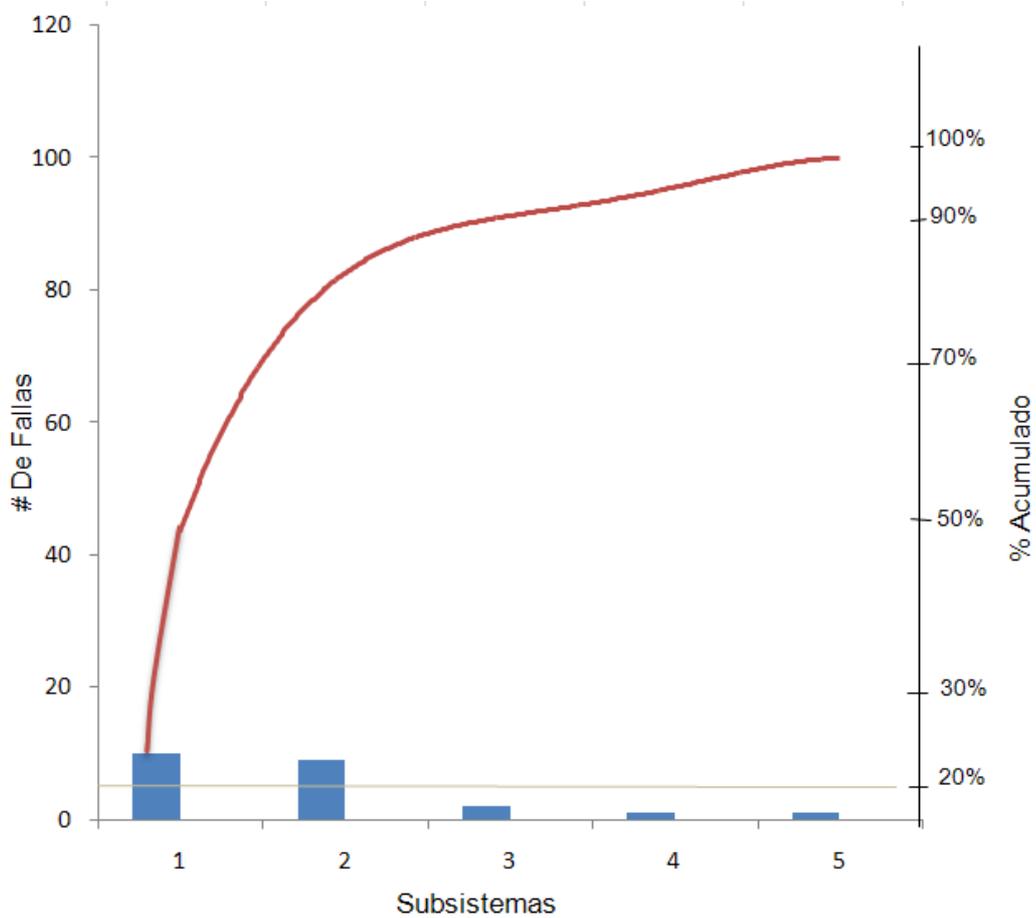


Figura 4.22.- Diagrama de Pareto para Sistema Propulsión⁶²

⁶¹ Fuente Propia

⁶² Fuente propia

4.4.11.4 Diagrama de Pareto para el Sistema Suspensión

Tabla 4.12.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁶³

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Horquilla rueda delantera	25	55,55	55,55
(2) Amortiguador Posterior	14	31,11	86,66
(3) Mesa de Suspensión	2	4,44	91,1
(4) Neumáticos	2	4,44	95,54
(5) Manillar	1	2,22	97,76
(6) Articulación Esférica	1	2,22	100
Total	45		

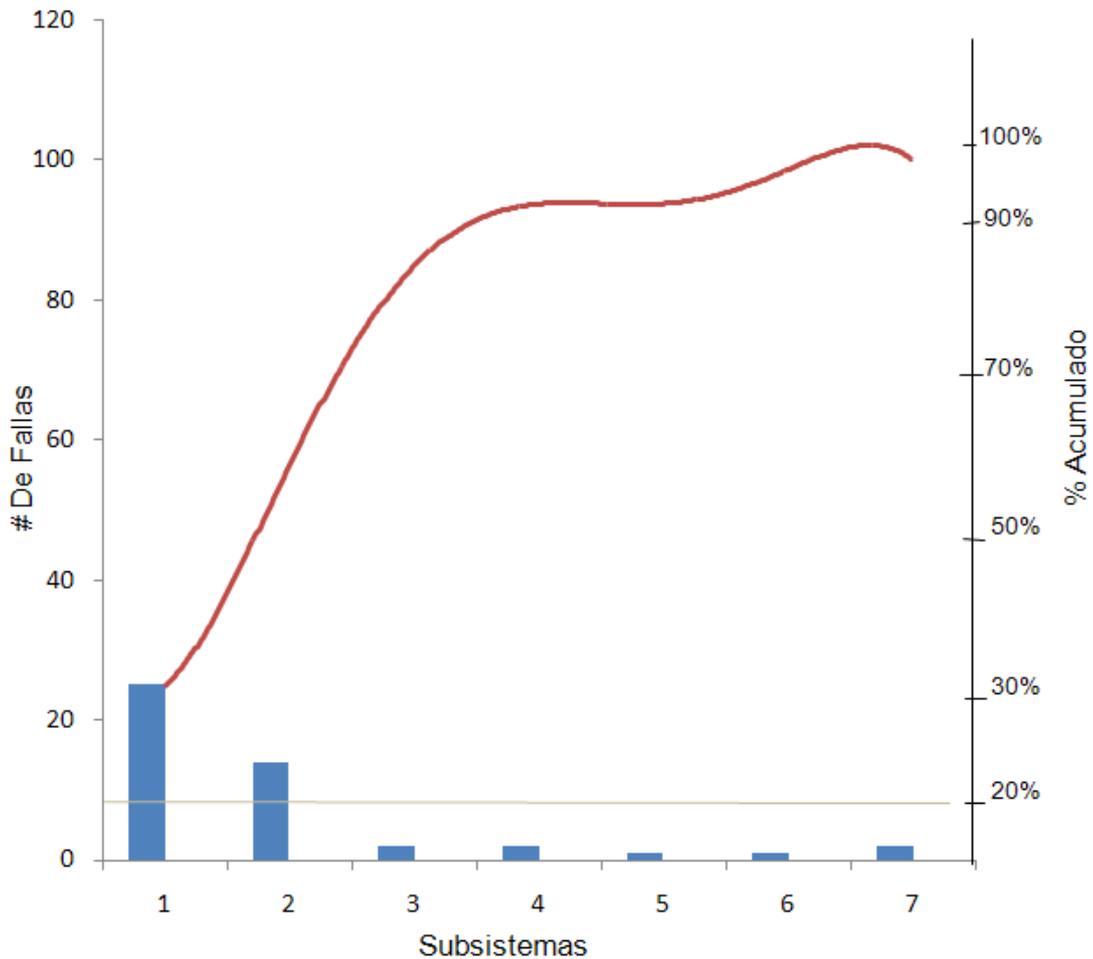


Figura 4.23.- Diagrama de Pareto para Sistema Suspensión⁶⁴

⁶³ Fuente Propia

⁶⁴ Fuente Propia

4.4.11.5 Diagrama de Pareto para el Sistema Escape

Tabla 4.13.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁶⁵

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Catalizador	10	43,47	43,47
(2) Tubos de Escape	10	43,47	86,94
(3) Múltiple de Escape	2	8,69	95,63
(4) Anillos Obturadores	1	4,35	100
Total	23		

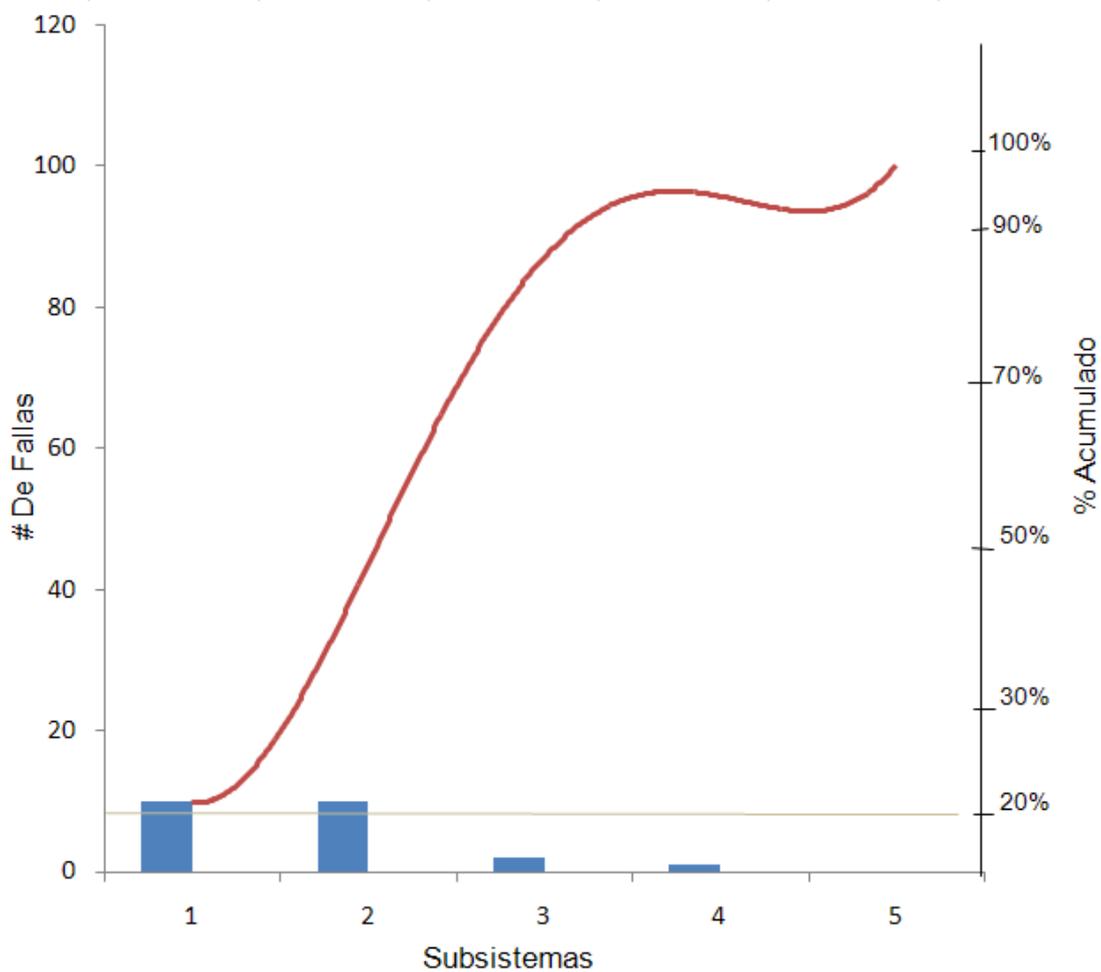


Figura 4.24.- Diagrama de Pareto para Sistema Escape⁶⁶

⁶⁵ Fuente Propia

⁶⁶ Fuente Propia

4.4.11.6 Diagrama de Pareto para el sistema Freno delantero

Tabla 4.14.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁶⁷

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Mordaza	30	55,55	55,55
(2) Discos de freno	14	25,92	81,47
(3) Pastillas de freno	4	7,4	88,87
(4) Retenedores de émbolos	4	7,4	96,27
(5) Bomba Hidráulica	2	3,7	100
(6) Mangueras	0	0	
Total	54		

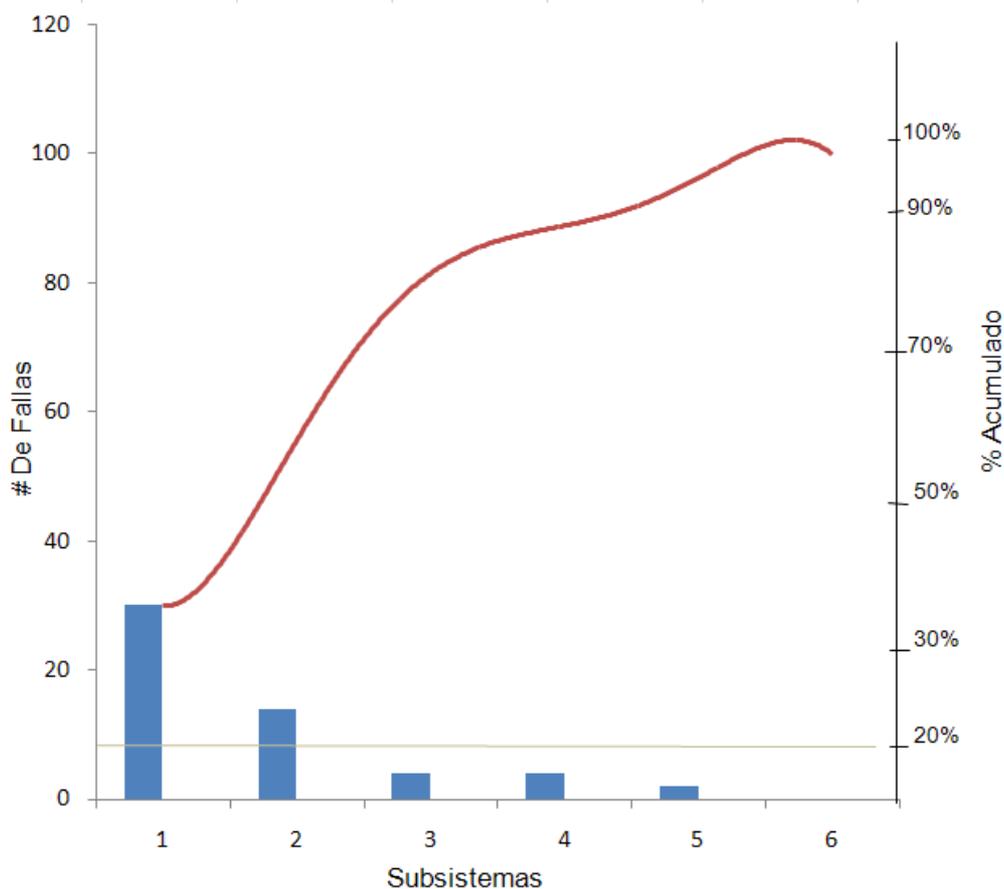


Figura 4.25.- Diagrama de Pareto para Sistema Freno Delantero⁶⁸

⁶⁷ Fuente Propia

⁶⁸ Fuente Propia

4.4.11.7 Diagrama de Pareto para el sistema Freno Posterior

Tabla 4.15.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁶⁹

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Mordaza	22	55	55
(2) Discos de freno	11	27,5	82,5
(3) Pastillas de freno	3	7,5	90
(4) Retenedores de émbolos	2	5	95
(5) Bomba Hidráulica	2	5	100
(6) Mangueras	0	0	
Total	40		

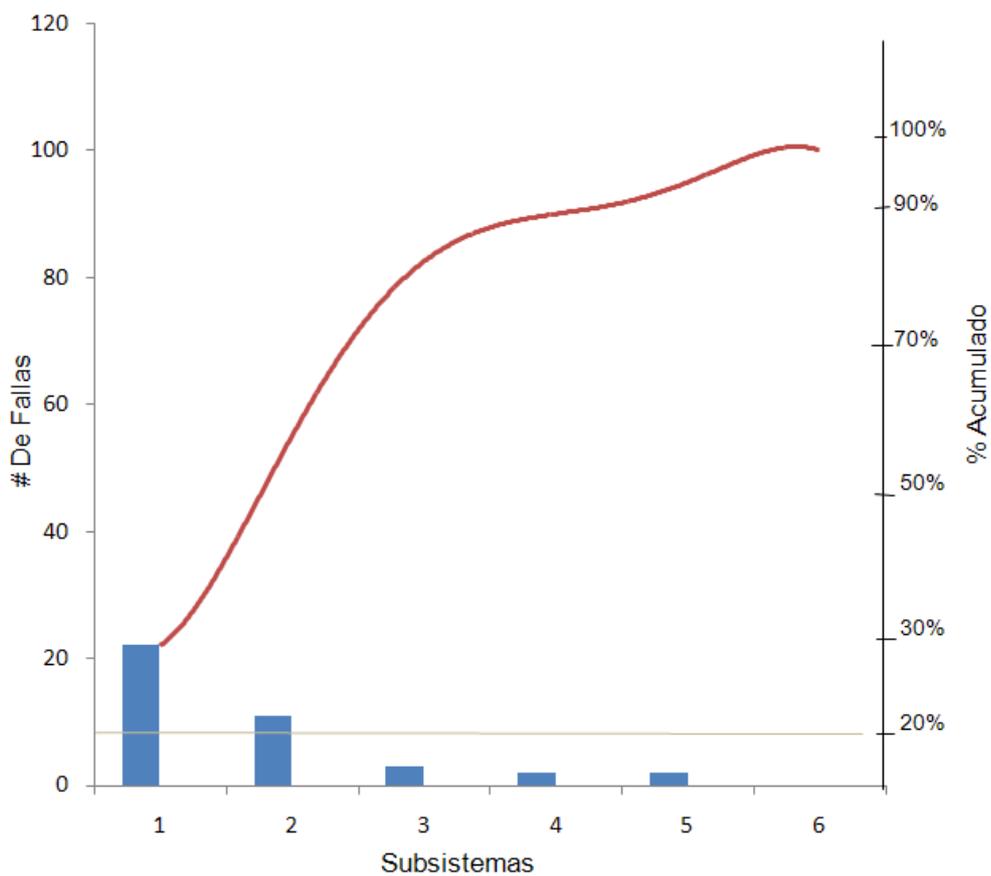


Figura 4.26.- Diagrama de Pareto para Sistema Freno Posterior⁷⁰

⁶⁹ Fuente Propia

⁷⁰ Fuente Propia

4.4.11.8 Diagrama de Parteo para el sistema ABS

Tabla 4.16.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁷¹

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Módulo integral ABS	8	80	80
(2) Anillos retenedores de sección cuadrangular	1	10	90
(3) Capuchones protectores de conectores	1	10	100
(4) Cilindro dosificador	0	0	
Total	10		

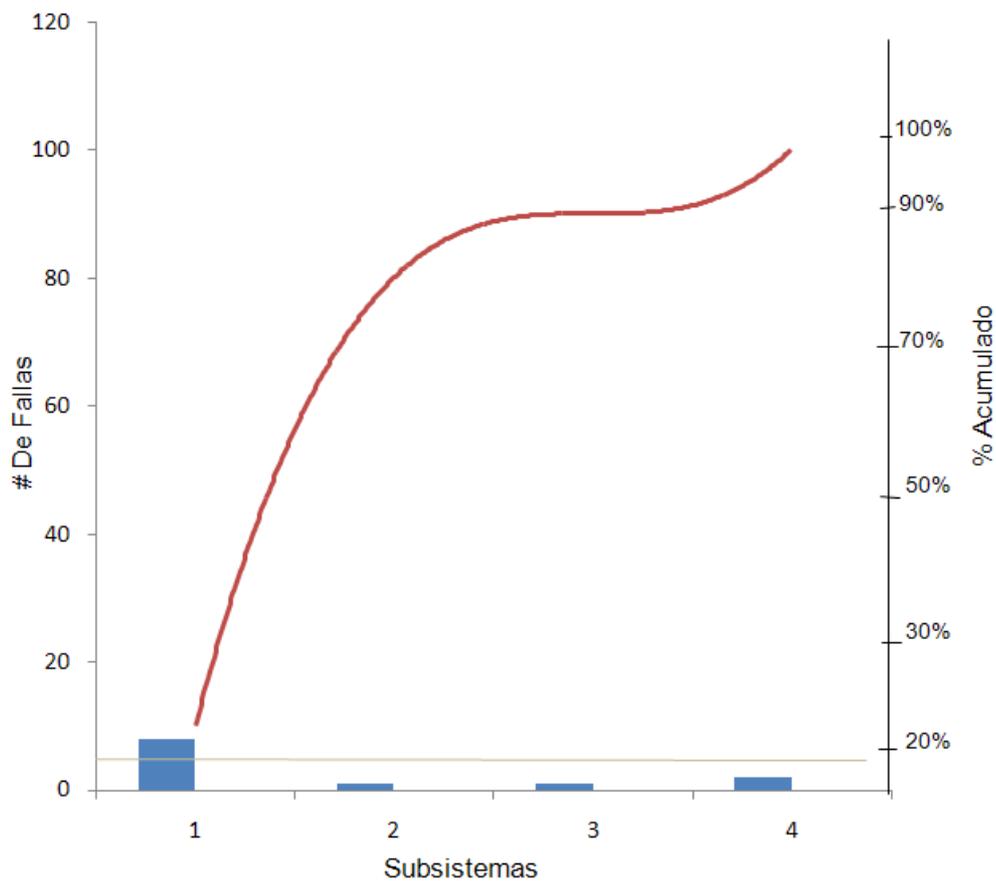


Figura 4.27.- Diagrama de Pareto de Sistema ABS⁷²

⁷¹ Fuente Propia

⁷² Fuente Propia

4.4.11.9 Diagrama de Pareto para sistema Depósito, Conducción y Regulación de combustible

Tabla 4.17.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁷³

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Bomba de combustible	9	50	50
(2) Cañerías de combustible	7	38,8	88,8
(3) Tanque de gasolina	1	5,55	94,35
(4) Medidor de nivel	1	5,55	100
Total	18		

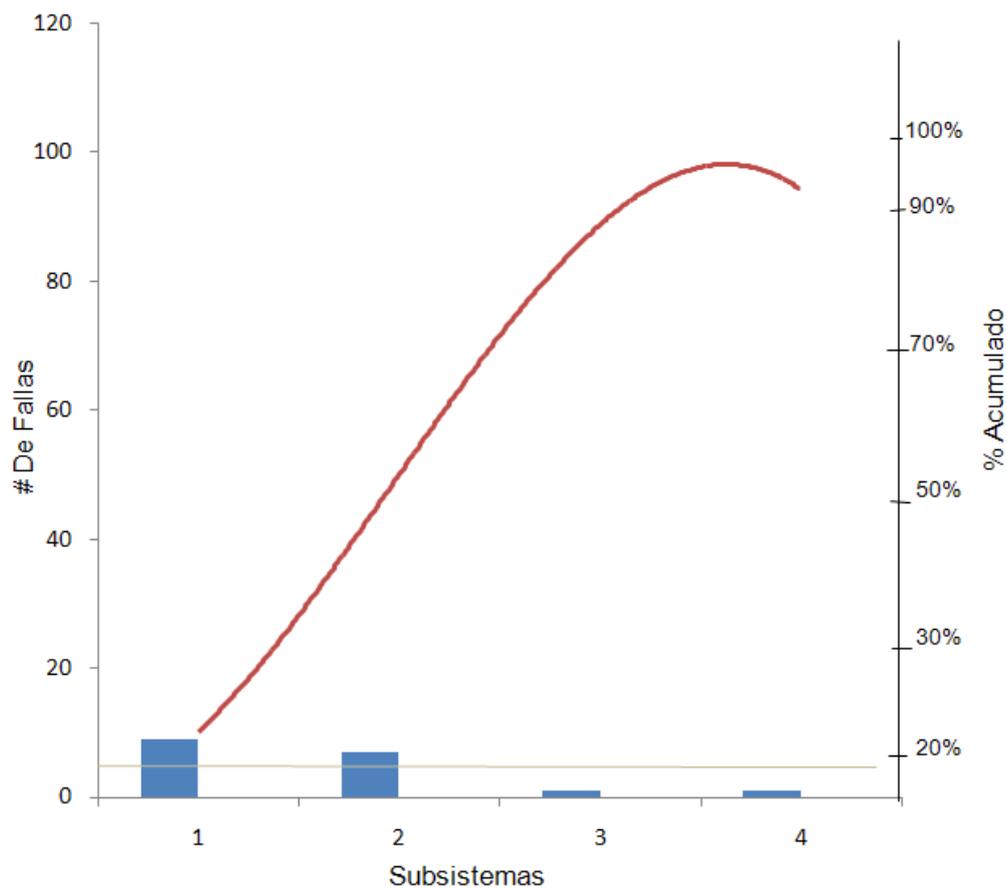


Figura 4.28.- Diagrama de Pareto de Sistema Depósito, Conducción, y Regulación de Combustible⁷⁴

⁷³ Fuente Propia

⁷⁴ Fuente Propia

4.4.11.10. Diagrama de Pareto para el sistema cámara de mezcla Aire - Combustible

Tabla 4.18.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁷⁵

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Cámara de mezcla aire-Combustible	9	100	100
Total	9		

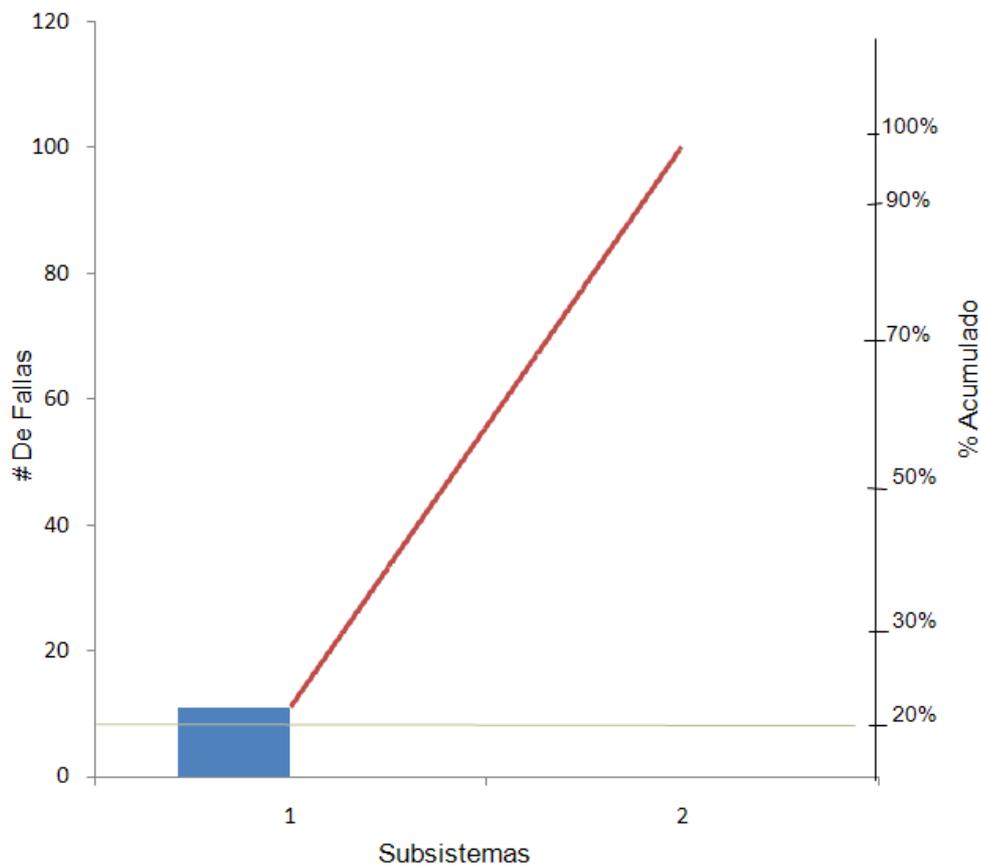


Figura 4.29.- Diagrama de Pareto de Sistema Cámara de mezcla Aire-Combustible⁷⁶

⁷⁵ Fuente Propia

⁷⁶ Fuente Propia

4.4.11.11 Diagrama de Pareto para el sistema Equipo eléctrico del motor

Tabla 4.19.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁷⁷

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Bobina y cables de Encendido	15	40,5	40,5
(2) Bujías	14	37,83	78,33
(3) Motor de arranque	3	8,1	86,43
(4) Alternador	2	5,4	91,83
(5) Módulo de inyección electrónica	2	5,4	97,23
(6) Módulo de distribución de corriente	1	2,7	100
Total	37		

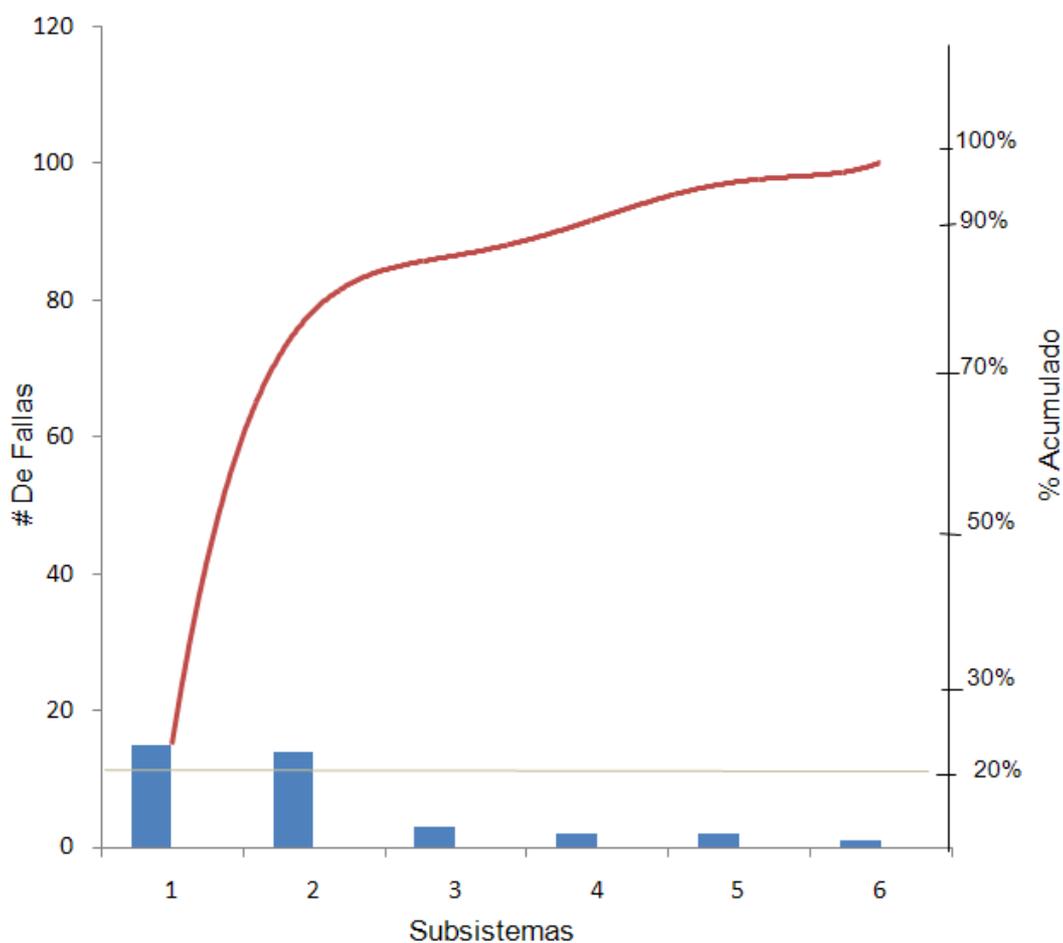


Figura 4.30.- Diagrama de Pareto de Sistema Equipo Eléctrico del motor⁷⁸

⁷⁷ Fuente Propia

⁷⁸ Fuente Propia

4.4.11.12 Diagrama de Pareto para el sistema Componentes eléctricos

Tabla 4.20.- Valoración del porcentaje acumulado de fallas⁷⁹

Subsistema	# de Fallas	%Total	%Acumulado
(1) Luces	8	47,05	47,05
(2) Tablero de mando	6	35,29	82,34
(3) Calefactor de manos	2	11,76	94,1
(4) Toma externa de energía	1	5,88	100
Total	17		

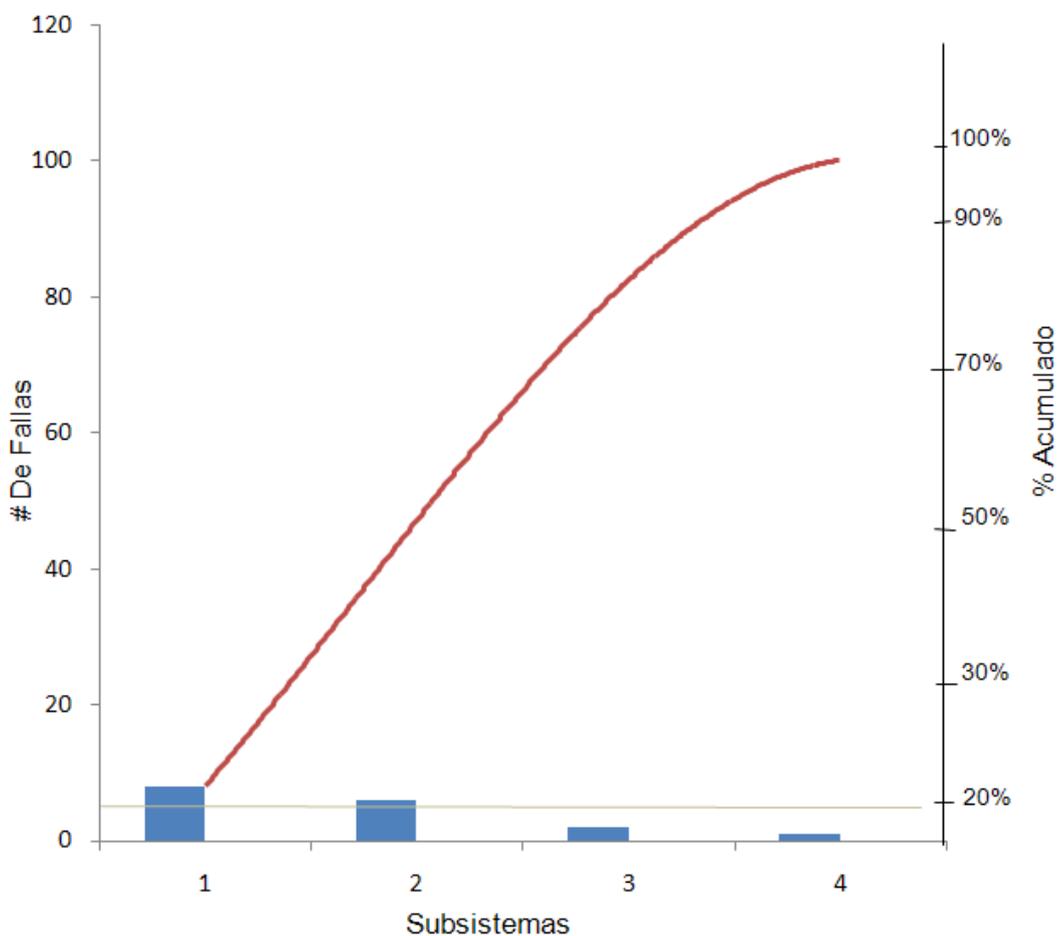


Figura 4.31.- Diagrama de Pareto de Sistema Componentes Eléctricos⁸⁰

⁷⁹ Fuente Propia

⁸⁰ Fuente Propia

4.4.12 Cuadros AMFE para la motocicleta BMW R1150RT

El análisis de los diagramas funcionales, y los diagramas de Pareto por cada diagrama funcional permitió obtener las fallas más representativas (el 20% de las fallas más representativas solucionan el 80% de fallas en el sistema), para poder analizar a continuación mediante los cuadros AMFE los efectos de cada falla funcional, y de esta forma generar correctivos cuando el índice de prioridad de riesgo es mayor a 100 por cada falla funcional como indica la figura 4,6, dichos cuadros se los detalla a continuación desde la tabla 4.20., hasta la tabla 4.31.

Tabla 4. 21. Cuadro AMFE del Subsistema 1.1 Motor

1 CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT								
SISTEMA:		SISTEMA MECÁNICO						
SUBSISTEMA:		1.1 MOTOR						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFFECTOS	G	F	D	IPR
1.1.1	CULATA (Sellar, y refrigerar la Cámara de compresión)	Incapaz de sellar y refrigerar la cámara de compresión	Ajuste de espárragos incorrecto	Pérdida de potencia, elevación de la temperatura llegando a deformar el motor, o incendiar la motocicleta, incomodidad para el conductor por el calentamiento del motor.	8	2	6	96
			Obstrucción de canales de refrigeración		2	6	1	12
			Deterioro del empaque de culata		10	2	4	80
			Flujo de aire refrigerante insuficiente		9	6	4	216
1.1.2	VÁLVULAS (Permitir el ingreso de aire, y salida de gases del cilindro)	Regulación inadecuada de gases de ingreso y salida	Las válvulas tienen un juego no apropiado	Combustión inadecuada la cual reduce la potencia, erosión de la válvula pudiendo llegar a fracturarse, desgaste acelerado de guías de válvula, ruido en el motor.	4	6	5	120
			Asiento de válvula deformado		8	2	6	96
			Deformación de válvula por fatiga calórica		9	2	4	72
1.1.3	CILINDROS (Permitir la lubricación, guiar el desplazamiento del pistón, y funciona como cámara de expansión de gases)	Lubricación, expansión de gases inadecuada	Corrosión en la pared del cilindro por uso ocasional de la moto	Desgaste prematuro del cilindro, pérdida de potencia, el motor sufre sobrecalentamiento ruido, y una disminución de la compresión.	9	3	7	189
			Ralladuras en el cilindro, generado por arranques en frío		8	2	7	112
			Aceite deteriorado, filtro deteriorado		6	7	4	168
			Autoencendido del combustible debido a bajo octanaje		7	8	2	112
1.1.4	TAPA DE VÁLVULAS (Sellar, refrigerar la	Incapaz de sellar, y refrigerar	Empaque deteriorado	Se generan fugas de aceite, generando contaminación ambiental	8	8	2	112

	cámara donde se lubrica el árbol de levas, resortes, guías de válvulas, etc)		Ajuste inadecuado de pernos de sujeción		9	6	2	108
--	--	--	---	--	---	---	---	-----

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 22. Cuadro AMFE del Subsistema 1.2 Caja de Cambios

1 CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT								
SISTEMA:		SISTEMA MECÁNICO						
SUBSISTEMA:		1.2 CAJA DE CAMBIOS						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFFECTOS	G	F	D	IPR
1.2.1	EMBRAGUE (Acoplar y desacoplar motor y caja de cambios)	Acople inadecuado entre motor y caja de cambios	Retorno incorrecto de horquilla debido a obstrucción	Desgaste acelerado del embrague, ruido al accionar la palanca de mando, generación de tirones al soltar la palanca de mando los cuales producen inestabilidad en la maniobra de la motocicleta.	4	4	2	32
			Líquido hidráulico insuficiente o deteriorado		5	4	1	4
			Manejo inadecuado del conductor al soltar abruptamente, y al mantener accionada la palanca de mando del embrague durante la conducción.		6	8	6	288
1.2.2	CAMBIO MECÁNICO (acoplar los diferentes engranajes para generar diferentes relaciones de transmisión)	Acople inadecuado de engranajes	Engranajes, cojinetes, y anillos sincronizadores desgastados	Desgaste acelerado de componentes, así como ruido y dificultad en el cambio de marchas.	5	2	5	50
			Desengranaje espontáneo de marchas por incorrecta maniobra de acoplamiento		8	6	6	288
			Desembrague incompleto		6	8	9	432

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 23. Cuadro AMFE del Subsistema 1.3 Propulsión Trasera

1 CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT								
SISTEMA:		SISTEMA MECÁNICO						
SUBSISTEMA:		1.3 PROPULSIÓN TRASERA						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFFECTOS	G	F	D	IPR
1.3.1	CONJUNTO CARDÁN (Transmitir la energía mecánica de la caja de cambios al conjunto cono-corona)	Inadecuada transmisión de energía mecánica	Juego axial y radial de las crucetas	Desgaste acelerado del conjunto cono-corona, golpes al realizar el cambio de marchas.	4	2	2	16
1.3.2	CONJUNTO CONO-CORONA (Permitir el cambio de dirección de la energía mecánica, proveer relación de transmisión adecuada entre cono-corona, y transmitir la energía mecánica a la rueda)	Transmisión de energía mecánica hacia la rueda inadecuada.	Rodamientos del conjunto cono-corona desgastados	Desgaste acelerado, pudiendo llegar a la rotura de engranaje cónico y corona, ruido durante la conducción	4	2	3	24
			Desgaste de la arandela separadora que regula la distancia entre piñón de ataque(cono) y corona		7	2	3	42

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 24. Cuadro AMFE del Subsistema 1.4 Suspensión

1								CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT							
SISTEMA:				SISTEMA MECÁNICO											
SUBSISTEMA:				1.4 SUSPENSIÓN											
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA (Causa de Falla)		EFECTOS				G	F	D	IPR		
1.4.1	SUSPENSIÓN DELANTERA (Permitir la sujeción y amortiguación de la rueda delantera)	Sujeción y Amortiguación inadecuada	Deformaciones en el aro, debido a golpes.		Vibraciones en el manillar, pérdida de suavidad en la amortiguación, contaminación ambiental por fugas de aceite, pérdida de estabilidad en la conducción.	5	9	1	45						
			Fugas de aceite hidráulico en amortiguadores telescópicos, debido a desgaste de sellos hidráulicos.			1	4	1	4						
			Deterioro del amortiguador hidráulico de doble efecto, y del resorte helicoidal en la mesa de suspensión.			1	1	5	5						
1.4.2	SUSPENSIÓN TRASERA (Sujeción y amortiguación del sistema de propulsión trasera)	Sujeción y Amortiguación inadecuada	Deterioro del amortiguador hidráulico de doble efecto, y del resorte helicoidal		Pérdida de suavidad en la amortiguación,	4	2	2	16						
			Inestabilidad por regulación inadecuada de suspensión trasera			2	6	1	12						

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 25. Cuadro AMFE del Subsistema 1.5 Escape

1 CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT								
SISTEMA:		SISTEMA MECÁNICO						
SUBSISTEMA:		1.5 ESCAPE						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFFECTOS	G	F	D	IPR
1.5.1	CATALIZADOR (Convertir por medio de una reacción química los gases dañinos como por ejemplo los NO _x en inofensivos N ₂)	Conversión inadecuada de gases	Fugas de gases de escape, debido a fisuras en la carcasa del catalizador	Contaminación ambiental, riesgo de incendio, ruido en la conducción.	4	6	1	24
			Deterioro del catalizador		4	2	2	16
1.5.2	TUBOS DE ESCAPE DE GASES (Direccionar los gases de escape de la combustión hacia la parte posterior de la motocicleta)	Direccionamiento inadecuado de los gases de escape	Disminución del área de sección transversal del tubo de escape debido a golpes	Pérdida de potencia debido a contrapresión.	3	6	1	18

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 26. Cuadro AMFE del Subsistema 2.1 Freno Delantero

2 CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT								
SISTEMA:		SISTEMA FRENOS						
SUBSISTEMA:		2.1 FRENO DELANTERO						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFFECTOS	G	F	D	IPR
2.1.1	MORDAZA (Transmitir presión hidráulica para que las pastillas aumenten el coeficiente de fricción con el disco de freno)	Disminución de la transmisión de presión	Líquido hidráulico insuficiente, inadecuado o deteriorado	Disminución de la frenada, ruido en la frenada, calentamiento de líquido hidráulico pudiendo llegar a punto de ebullición. riesgo de accidente.	8	4	2	64
			Pastillas no adecuadas o desgastadas		5	7	1	35
			Aire en los cañerías debido a inadecuada purgación		8	2	5	80
2.1.2	DISCO DE FRENO (Friccionar con las pastillas para poder disminuir la velocidad angular de la rueda)	Fricción inadecuada	Suciedad en disco de freno	Disminución de la frenada, calentamiento del disco así como del líquido hidráulico, riesgo de accidente.	5	2	1	5
			Cristalización de disco de freno por trabajo a altas temperaturas					
			Rayones en el disco de freno		6	2	1	12
			Taponamiento de canales de refrigeración		3	1	1	3

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 27. Cuadro AMFE del Subsistema 2.2 Freno Posterior

2		CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT						
SISTEMA:		SISTEMA FRENOS						
SUBSISTEMA:		2.2 FRENO POSTERIOR						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFFECTOS	G	F	D	IPR
2.2.1	MORDAZA (Transmitir presión hidráulica hacia las pastillas para que éstas aumenten el coeficiente de fricción con el disco de freno)	Disminución de la transmisión de presión	Líquido hidráulico insuficiente, inadecuado o deteriorado	Disminución de la presión de frenada, ruido en la frenada, calentamiento de líquido hidráulico pudiendo llegar a punto de ebullición, riesgo de accidente.	8	4	2	64
			Pastillas no adecuadas o desgastadas		5	7	1	35
			Aire en las cañerías debido a inadecuada purgación		8	2	5	80
2.2.2	DISCO DE FRENO (Friccionar con las pastillas para poder disminuir la velocidad angular de la rueda)	Fricción inadecuada	Suciedad en disco de freno	Disminución de la presión de frenada, calentamiento del disco así como del líquido hidráulico, riesgo de accidente.	5	2	1	5
			Rayones en el disco de freno		6	2	1	12
			Taponamiento de canales de refrigeración		3	1	1	3

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 28. Cuadro AMFE del Subsistema 2.3 Freno Posterior

2								CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT							
SISTEMA:				SISTEMA FRENOS											
SUBSISTEMA:				2.3 SISTEMA ABS											
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFECTOS				G	F	D	IPR				
2.3.1	MÓDULO INTEGRAL ABS (Controlar, y regular la presión de frenado con la finalidad de que las ruedas no se bloqueen)	Control y regulación inadecuada.	Líquido hidráulico insuficiente, inadecuado o deteriorado	Disminución de la presión de frenada, calentamiento de líquido hidráulico, riesgo de accidente.				8	4	2	64				
			Aire en el sistema debido a inadecuada purgación					8	3	5	80				

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 29. Cuadro AMFE del Subsistema 3.1 Depósito, conducción y regulación de Combustible

3								CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT							
SISTEMA:				SISTEMA AIRE-COMBUSTIBLE											
SUBSISTEMA:				3.1 DEPÓSITO, CONDUCCIÓN Y REGULACIÓN DE COMBUSTIBLE											
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFECTOS				G	F	D	IPR				
3.1.1	BOMBA DE COMBUSTIBLE (Suministrar combustible a una presión de 3bar a las cañerías de conducción de combustible)	Suministro inadecuado de combustible	Pérdida de presión debido a filtro de combustible obstruido, saturado	Encendido de motocicleta defectuoso, pérdida de potencia, taponamiento de inyectores de combustible				8	5	3	120				
			Pérdida de presión debido a tamiz de bomba obstruido, saturado					8	4	4	128				
3.1.2	CAÑERÍAS DE CONDUCCIÓN DE COMBUSTIBLE (Permitir el traslado de combustible desde el depósito hacia los inyectores)	Traslado inadecuado	Rotura de cañerías debido a golpes por mal montaje de piezas	Pérdida de presión en líneas de trasmisión de combustible, riesgo de incendio, elevación en el consumo de combustible				2	1	2	4				
			Pérdidas de combustible en uniones de cañerías debido a aflojamiento					2	2	1	4				

Fuente: César Narváez

Tabla 4.30. Cuadro AMFE del Subsistema 3.2 Cámara de mezcla Aire-Combustible

3 CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT								
SISTEMA:		SISTEMA AIRE-COMBUSTIBLE						
SUBSISTEMA:		3.2 CÁMARA DE MEZCLA AIRE-COMBUSTIBLE						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFFECTOS	G	F	D	IPR
3.2.1	CÁMARA DE MEZCLA AIRE – COMBUSTIBLE (Permitir la mezcla en su debida relación de aire-combustible)	Mezcla inadecuada aire-combustible	Inyección de combustible defectuosa debido a taponamiento de inyectores	Encendido de motocicleta defectuoso, pérdida de potencia, aumento del consumo de combustible, riesgo de accidente por pérdida de estabilidad debido a desbalance de motor	8	5	5	200
			Cantidad de aire en la cámara de mezcla insuficiente debido a saturación de filtro de aire		6	6	3	108
			Desbalance del motor debido a tensión inadecuada de los cables de aceleración		8	8	3	192

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 31. Cuadro AMFE del Subsistema 4.1 Equipo eléctrico del motor

4								CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT							
SISTEMA:				SISTEMA ELÉCTRICO MOTOR											
SUBSISTEMA:				4.1 EQUIPO ELÉCTRICO DEL MOTOR											
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA (Causa de Falla)	EFECTOS	G	F	D	IPR							
4.1.1	BOBINA Y CABLES DE ENCENDIDO (La bobina eleva el voltaje y los cables envían el voltaje a las bujías)	Elevación y transmisión de voltaje inadecuado	Bobina deteriorada debido a baja vida útil de la misma.	Pérdida de potencia debido a corrientes de fuga, peligro de corto circuito, desgaste prematuro de los cilindros	6	2	3	36							
			Cables de encendido cortados debido a utilización de herramienta inadecuada para el desmontaje de los capuchones de las bujías		9	7	2	126							
4.1.2	BUJÍAS (Generación de la chispa para el encendido de la mezcla aire-combustible)	Generación inadecuada de la chispa de encendido	Rotura del aislante de electrodo de bujía	No se alcanza la temperatura de autolimpieza de la bujía, encendidos incontrolados por incandescencia, formación de depósitos de carbón en electrodo principal, conducción inestable	8	7	4	224							
			Valor térmico de la bujía bajo, debido a mala elección												
			Valor térmico de la bujía alto, debido a mala elección		7	7	4	196							

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 32. Cuadro AMFE del Subsistema 4.2 Componentes Eléctricos

4								CUADRO AMFE PARA MOTOCICLETA BMW R1150RT							
SISTEMA:				SISTEMA ELÉCTRICO MOTOR											
SUBSISTEMA:				4.2 COMPONENTES ELÉCTRICOS											
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA (Causa de Falla)		EFECTOS				G	F	D	IPR		
4.2.1	LUCES (Iluminar la vía de circulación, y también funciona como elemento de seguridad)	Iluminación inadecuada	Ángulo de iluminación del faro delantero incorrecto		Visualización de la vía por parte del conductor incorrecta, riesgo de accidente				3	2	1	6			
			No existe iluminación debido a focos, o fusibles quemados						6	2	2	24			
4.2.2	TABLERO DE MANDO (Permitir la visualización de los códigos de falla y de funcionamiento de la motocicleta)	Visualización errónea de fallos y funcionamiento de la motocicleta	No se observan señales en el tablero debido a fusibles quemados		Visualización de señales errónea.				5	1	1	5			
			No se visualiza las señales debido a focos del tablero quemados.						5	1	2	10			

Fuente: César Narváez

4.4.13 Cuadro de correctivos

El análisis RCM continúa con la realización del cuadro de correctivos, para los índices de prioridad de riesgo (IPR) mayores a 100. El objetivo de este cuadro es disminuir los índices obtenidos, de tal manera que el IPR sea menor que 100. El proceso se detalla a continuación de manera sistemática, donde se encuentran los siguientes parámetros:

Componentes y sus códigos
 Causa crítica de funcionamiento
 Acciones correctivas
 Definir responsables
 Nuevo valor de gravedad del fallo
 Nuevo valor de frecuencia de fallo
 Nuevo valor de detectabilidad de fallo
 Nuevo índice de prioridad de riesgo

Cada correctivo, consta de un código el cual facilitará la elaboración del programa, una opción es la que se presenta a continuación:

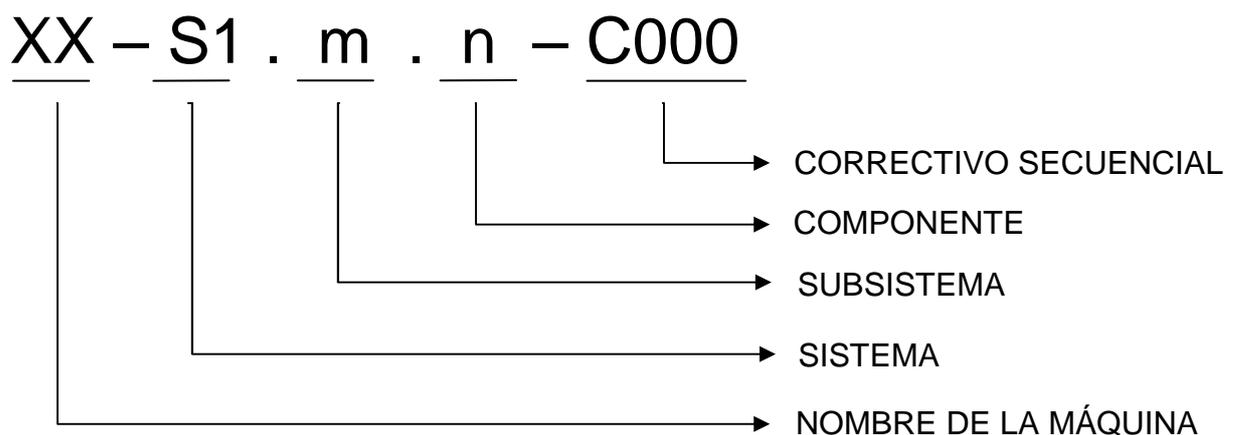


Tabla 4.32. Cuadro de Correctivos

COMPONENTE	CÓDIGO CORRECTIVO	CAUSA CRÍTICA	CORRECTIVO	RESPONSABLES	G	F	D	IPR
CULATA	BMW-S1.1.1-C001	Flujo de aire refrigerante insuficiente	No mantener a la motocicleta más de 13 min encendida en relantí	Conductor	9	2	4	72
VÁLVULAS	BMW-S1.1.2-C002	Las válvulas tienen un juego no apropiado	Ajustar el juego de válvulas cada 5000km	Propietario de motocicleta, taller de servicio	4	2	2	16
CILINDROS	BMW-S1.1.3-C003	Corrosión en la pared del cilindro por uso ocasional de la moto	En lo posible encender la motocicleta 2 veces por semana	Propietario de motocicleta	9	2	2	36
	BMW-S1.1.3-C004	Ralladuras en el cilindro, generado por arranques en frío	Utilizar aceite de motor sin aditivos, y el recomendado por el fabricante (aceite mineral multigrado Castrol 20W50)	Propietario, Taller de servicio	8	1	2	16
	BMW-S1.1.3-C005	Aceite deteriorado, filtro deteriorado o sucio	Cambiar el aceite cada 3000km o cada 3 meses, debido a uso ocasional	Propietario, Taller de servicio	6	2	2	24
	BMW-S1.1.3-C006	Autoencendido del combustible debido a bajo octanaje	Utilizar gasolina de alto octanaje, gasolina súper (92octanos) debido a relación de compresión de 11,3:1	Propietario, Conductor	7	1	4	28
TAPA DE VÁLVULAS	BMW-S1.1.4-C007	Empaque deteriorado	Revisión y cambio de empaque	Taller de servicio	8	2	2	32
	BMW-S1.1.4-C008	Ajuste inadecuado de pernos de sujeción	Apretar pernos con par de apriete de 8Nm	Propietario, Taller de servicio	8	2	2	32
EMBRAGUE	BMW-S1.2.1-C009	Manejo inadecuado del conductor al soltar abruptamente, y al mantener accionada la palanca de mando del embrague durante la conducción.	No soltar abruptamente ni mantener accionada la palanca de mando del embrague durante la conducción, regular adecuadamente el embrague	Conductor	6	3	2	36
CAMBIO MECÁNICO	BMW-S1.2.2-C010	Desengranaje espontáneo de marchas por incorrecta maniobra de acoplamiento	Accionar la palanca de mando del embrague el tiempo necesario para el acoplamiento de engranes	Conductor	8	2	2	32
	BMW-S1.2.2-C011	Desembrague incompleto	Desembragar correctamente	Conductor	6	1	3	18

Tabla 4.33. Cuadro de Correctivos (Continuación)

COMPONENTE	CÓDIGO CORRECTIVO	CAUSA CRÍTICA	CORRECTIVO	RESPONSABLES	G	F	D	IPR
DEPÓSITO, CONDUCCIÓN, Y REGULACIÓN DE COMBUSTIBLE	BMW-S3.1.1-C012	Pérdida de presión debido a filtro de combustible obstruido, saturado	Cambiar filtro de combustible cada 10000km debido a condiciones desfavorables del combustible	Propietario, Taller de servicio	8	2	3	48
	BMW-S3.1.1-C013	Pérdida de presión debido a tamiz de bomba obstruido, saturado	Debido a condiciones desfavorables del combustible lavar el tanque cada 10000km	Propietario, Taller de servicio	8	1	2	16
CÁMARA DE MEZCLA AIRE – COMBUSTIBLE	BMW-S3.2.1C014	Inyección de combustible defectuosa debido a taponamiento de inyectores	Debido a condiciones desfavorables del combustible, realizar limpieza de inyectores cada 10000km	Propietario, Taller de servicio	8	2	2	32
	BMW-S3.2.1C015	Cantidad de aire en la cámara de mezcla insuficiente debido a saturación de filtro de aire	Cambio de filtro de aire cada 8000km debido a gran presencia de polvo y suciedad	Propietario, Taller de servicio	6	1	2	12
	BMW-S3.2.1C016	Desbalance del motor debido a tensión inadecuada de los cables de aceleración	Realizar el balance del motor cada 10000km	Propietario, Taller de servicio	8	2	1	16
BOBINA Y CABLES DE ENCENDIDO	BMW-S4.1.1-C017	Cables de encendido cortados debido a utilización de herramienta inadecuada para el desmontaje de los capuchones de las bujías	Utilizar herramienta adecuada para el desmontaje de los capuchones de las bujías (extractor BMW 123520)	Taller de servicio	9	2	2	36
BUJÍAS	BMW-S4.1.2-C018	Valor térmico de la bujía bajo, debido a mala elección	Utilizar bujías con valor térmico adecuado en las cuales se alcance temperatura de autolimpieza (400°C-500°C)	Taller de servicio	8	2	1	16
	BMW-S4.1.2-C019	Valor térmico de la bujía alto, debido a mala elección	Utilizar bujías con valor térmico adecuado en las cuales se alcance temperatura de autolimpieza (400°C-500°C)	Taller de servicio	7	2	1	14

4.4.14 Actividades de mantenimiento

El análisis de mantenimiento preventivo RCM, finaliza con la realización de las actividades de mantenimiento, las cuales sirven como programación del mantenimiento. Las tareas se indican desde la tabla 4.34 hasta la 4.52, de esta misma sección.

El proceso sistemático se detalla a continuación:

- Código de fallo
- Nombre del fallo
- Estrategia de mantenimiento
- Descripción de proceso de mantenimiento
- Período de frecuencia de mantenimiento
- Duración Estimada de la tarea de mantenimiento
- Perfil Personal del ejecutor de la actividad de mantenimiento
- Material/Instrumentos/Herramientas necesarios para la tarea
- Comentarios

Al igual los correctivos, las actividades de mantenimiento constan de un código el cual facilitará la elaboración del programa, una opción es la que se presenta a continuación:

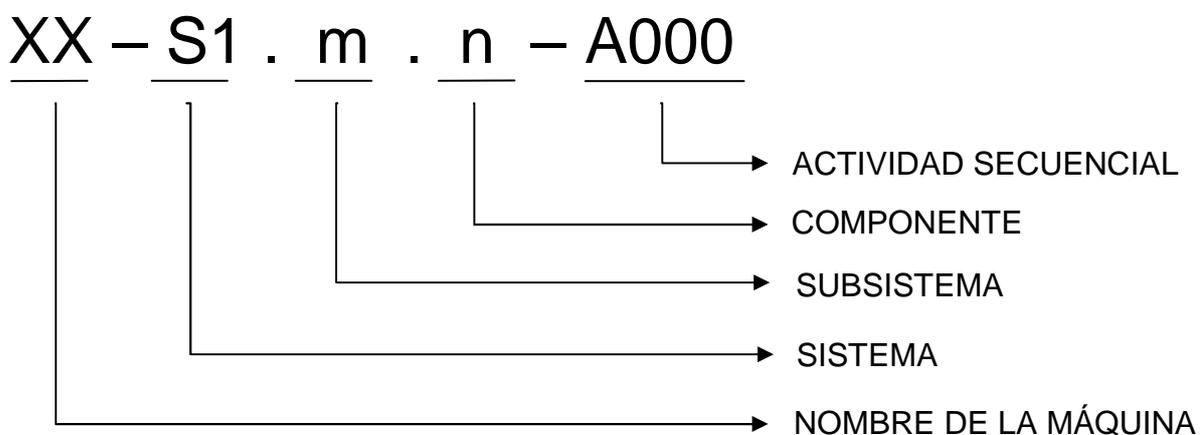


Tabla 4.34. Actividad de Mantenimiento Nro. 1

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO										
MANTENER MÁXIMO 13MIN ENCENDIDA LA MOTOCICLETA					CÓDIGO: BMW-S1.1.1-C001					
ESTRATEGIA					Correctivo					
PERIODO					Cada vez que la motocicleta se quede encendida en relantí					
PERFIL PERSONAL RESPONSABLE					Conductor					
MATERIALES/HERRAMIENTAS										
TAREAS DE MANTENIMIENTO			○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	La motocicleta se encuentra en relantí a temperatura de servicio (210°C)		○							Evitar dejar la moto encendida
2	Apagar la motocicleta luego de 13 minutos		○					0,1		
TIEMPO EMPLEADO							0,1			

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 35. Actividad de Mantenimiento Nro. 2

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
AJUSTAR EL JUEGO DE VÁLVULAS				CÓDIGO: BMW-S1.1.2-C002					
ESTRATEGIA		Preventivo a tiempo fijo							
PERIODO		Cada 5000km							
PERFIL PERSONAL		Técnico de Mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Galgas, Set de herramientas							
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Detener el funcionamiento de la motocicleta	○					0,1		Tomar en cuenta las especificaciones de seguridad indicadas en el anexo 6 y en el manual de reparación
2	Transportar set de herramientas		⇒				5	4	
3	Esperar estabilización de la temperatura del motor hasta que la temperatura sea de 35°C				◐		20		Considerar dicha temperatura para evitar quemaduras
4	Colocar el pistón en el PMS de encendido	○					5		Considerar acciones necesarias para evitar accidentes
5	Medir el juego de la válvula utilizando la galga	○					3		Tomar en cuenta las especificaciones del manual de reparación (admisión 0,15mm-escape 0,30mm)
6	Corregir el juego de la válvula mediante el tornillo de ajuste con la contratuerca	○					10		
10	Guardar herramientas utilizadas					▽	6	4	Limpiar herramientas con solventes
TIEMPO EMPLEADO							49,1		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.36. Actividad de Mantenimiento Nro. 3

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
ENCENDER LA MOTOCICLETA 2 VECES POR SEMANA					CÓDIGO: BMW-S1.1.3-C003				
ESTRATEGIA			Preventivo a tiempo fijo						
PERIODO			Dos veces por semana						
PERFIL PERSONAL			Propietario, Persona a cargo de la motocicleta						
MATERIALES/HERRAMIENTAS									
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Verificar el nivel de aceite del motor			□			1		Tomar en cuenta las especificaciones de seguridad indicadas en el manual de usuario de la motocicleta
2	Verificar códigos de fallas en tablero de mando			□			1		
3	Encender la motocicleta	○					0,1		
4	Esperar que el motor llegue a temperatura de servicio				◐		15		Observar el tablero de instrumentos
5	Apagar la motocicleta	○					0,1		
TIEMPO EMPLEADO							17,2		

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 37. Actividad de Mantenimiento Nro. 4

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO										
UTILIZACIÓN DE ACEITE DE MOTOR ADECUADO				CÓDIGO: BMW-S1.1.3-C004						
ESTRATEGIA		Preventivo a tiempo fijo								
PERIODO		Cada 3 meses, o 3000km								
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento								
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Aceite, filtro, set de herramientas, depósito para el aceite quemado								
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	▭	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES	
1	Apagar la motocicleta	○					0,1		Tomar en cuenta las especificaciones del manual de reparación.	
2	Transportar set de herramientas y materiales		⇒				5	4		
3	Destornillar tapón roscado de vaciado de aceite, y desenroscar tapón de cierre en tapa válvulas	○					2		Trabajar en temperatura de trabajo de motocicleta	
4	Esperar vaciado total de aceite en depósito				▭		5		Minimizar la contaminación ambiental	
5	Atornillar el tapón roscado de vaciado	○					1		Tomar en cuenta las especificaciones de seguridad indicadas en el anexo 6 y en el manual de reparación de la motocicleta	
6	Destornillar el filtro de aceite	○					3			
7	Colocar filtro nuevo	○					3			
8	Atornillar filtro de aceite	○					1		Llenar con 3,75l = 1 Gal, aceite mineral Castrol 20W50	
9	Llenar con aceite hasta nivel indicado	○					5			
10	Llevar aceite quemado a depósito de aceites					▽	5	20	Transportar aceite quemado evitando impacto ambiental	
11	Guardar herramientas utilizadas					▽	7	4	Limpiar herramientas	
TIEMPO EMPLEADO							37,1			

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 38. Actividad de Mantenimiento Nro. 5

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
CAMBIO DE ACEITE				CÓDIGO: BMW-S1.1.3-C005					
ESTRATEGIA		Preventivo a tiempo fijo							
PERIODO		Cada 3 meses, o 3000km							
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Aceite, filtro, set de herramientas, depósito para el aceite quemado							
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	▭	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Apagar la motocicleta	○					0,1		Tomar en cuenta las especificaciones del manual de reparación.
2	Transportar set de herramientas y materiales		⇒				5	4	
3	Destornillar tapón roscado de vaciado de aceite, y desenroscar tapón de cierre en tapa válvulas	○					2		Trabajar en temperatura de trabajo de motocicleta
4	Esperar vaciado total de aceite en depósito				▭		5		Minimizar la contaminación ambiental
5	Atornillar el tapón roscado de vaciado	○					1		Tomar en cuenta las especificaciones de seguridad indicadas en el anexo 6 y en el manual de reparación de la motocicleta
6	Destornillar el filtro de aceite	○					3		
7	Colocar filtro nuevo	○					3		
8	Atornillar filtro de aceite	○					1		Llenar con 3,75l = 1 Gal, aceite mineral Castrol 20W50
9	Llenar con aceite hasta nivel indicado	○					5		
10	Llevar aceite quemado a depósito de aceites					▽	5	20	Transportar aceite quemado evitando derrame y por ende impacto ambiental
11	Guardar herramientas utilizadas					▽	7	4	Limpiar herramientas
TIEMPO EMPLEADO							37.2		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.39. Actividad de Mantenimiento Nro. 6

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
UTILIZAR GASOLINA DE ALTO OCTANAJE				CÓDIGO: BMW-S1.1.3-C006					
ESTRATEGIA		Preventivo a tiempo aleatorio							
PERIODO		Cada vez que la motocicleta se abastezca de combustible							
PERFIL PERSONAL		Conductor de la motocicleta							
MATERIALES/HERRAMIENTAS									
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Detener el funcionamiento de la motocicleta en una estación de servicio	○					0,2		Para evitar accidentes se detiene el suministro de la motocicleta
2	Abrir la tapa del depósito de combustible	○					0,2		
3	Abastecer de combustible a la motocicleta				◐		5		El abastecimiento se debe realizar con gasolina super.
4	Retirar la pistola de abastecimiento	○					0,2		Considerar acciones necesarias para evitar accidentes
5	Cerrar la tapa del depósito de combustible	○					0,2		
6	Encender la motocicleta	○					0,1		
TIEMPO EMPLEADO							5,9		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.40. Actividad de Mantenimiento Nro. 7

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO										
EMPAQUE DE TAPA VÁLVULAS DETERIORADO				CÓDIGO: BMW-S1.1.4-C007						
ESTRATEGIA		Correctivo								
PERIODO		Cada vez que se deteriore el empaque								
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento								
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Set de herramientas, empaque nuevo								
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES	
1	Detener el funcionamiento de la motocicleta	○					0,1			
2	Transportar herramientas y empaque nuevo		⇒				5	4		
3	Esperar enfriamiento de motor				◐		15		Considerar una temperatura adecuada para evitar quemaduras	
4	Desconectar cables de bujías y extraer bujías	○					10		Considerar acciones necesarias para evitar accidentes, tomar en cuenta las especificaciones de seguridad, y de reparación indicadas en el manual de taller de la motocicleta	
5	Colocar un recipiente en el piso para recolección de aceite	○					1			
6	Destornillar, y retirar la tapa válvulas	○					2			
7	Cambiar el empaque	○					2			
8	Atornillar la tapa válvulas y colocar bujías y cable	○					15			
9	Encender la motocicleta	○					0,1		Comprobar si existen fugas de aceite	
10	Guardar herramientas utilizadas					▽	6	4	Limpiar las herramientas	
11	Llevar aceite quemado al depósito de aceites					▽	5	20	Transportar aceite quemado evitando derrame y por ende impacto ambiental	
TIEMPO EMPLEADO							61,2			

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 41. Actividad de Mantenimiento Nro. 8

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
AJUSTE INADECUADO DE PERNOS DE SUJECIÓN				CÓDIGO: BMW-S1.1.4-C008					
ESTRATEGIA		Correctivo							
PERIODO		Cada vez que empaque no realice un buen sellado							
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Set de herramientas							
TAREAS DE MANTENIMIENTO					TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES		
1	Detener el funcionamiento de la motocicleta	○	⇒	□	▷	▽	0,1		
2	Transportar herramientas	○	⇒				5	4	
3	Esperar enfriamiento de motor				▷		15		Considerar una temperatura adecuada para evitar quemaduras
4	Colocar un recipiente en el piso para recolección de aceite	○					2		
5	Destornillar la tapa válvulas	○					2		Considerar recomendaciones del manual de taller
6	Atornillar la tapa válvulas con torque de 8Nm	○					3		
7	Llevar aceite quemado al depósito de aceites					▽	5	20	Transportar aceite quemado evitando derrame y por ende impacto ambiental
8	Encender la motocicleta	○					0,1		Comprobar si existen fugas de aceite
9	Guardar herramientas utilizadas					▽	6	4	Limpiar las herramientas
TIEMPO EMPLEADO						38,2			

Fuente: César Narváez

Tabla 4.42. Actividad de Mantenimiento Nro. 9

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
SOLTAR ABRUPTAMENTE, Y MANTENER ACCIONADA LA PALANCA DE MANDO DEL EMBRAGUE					CÓDIGO: BMW-S1.2.1-C009				
ESTRATEGIA		Correctivo							
PERIODO		Cada vez que se suelte abruptamente, y se mantenga accionada la palanca de embrague							
PERFIL PERSONAL		Conductor							
MATERIALES/HERRAMIENTAS									
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Accionamiento de la palanca de mando de embrague	○					0,03		
2	Acelerar un poco para que la velocidad angular del motor se iguale a la de las ruedas	○					0,01		
3	Accionar el pedal de cambio de marchas	○					0,02		
4	Soltar suavemente la palanca de mando de embrague	○					0,02		No mantener accionada la palanca durante la conducción
TIEMPO EMPLEADO							0,08		

Fuente: César Narváez

Tabla 4. 43. Actividad de Mantenimiento Nro. 10

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
DESENGRAJAJE ESPONTÁNEO DE MARCHAS				CÓDIGO: BMW-S1.2.2-C010					
ESTRATEGIA		Correctivo							
PERIODO		Cada vez que se desengrane espontáneamente las marchas							
PERFIL PERSONAL		Conductor							
MATERIALES/HERRAMIENTAS									
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Accionar la palanca de mando del embrague	○					0,03		Accionar el tiempo necesario para que se accione completamente el pedal de cambio
2	Acelerar un poco para que la velocidad angular del motor se iguale a la de las ruedas	○					0,01		La aceleración permite que se igualen las velocidades angulares del motor y las ruedas para que no derrape la motocicleta al embragar
3	Accionar el pedal de cambio de marchas	○					0,01		Accionar el pedal de embrague hasta que se realice el cambio mecánico
4	Soltar suavemente la palanca de mando del embrague	○					0,03		
TIEMPO EMPLEADO							0,08		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.44. Actividad de Mantenimiento Nro. 11

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO						
DESEMBRAGUE INCOMPLETO				CÓDIGO: BMW-S1.2.2-C011		
ESTRATEGIA		Correctivo				
PERIODO		Cada vez que el desembrague sea incompleto				
PERFIL PERSONAL		Conductor				
MATERIALES/HERRAMIENTAS						
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○ → □ ▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES	
1	Accionar la palanca de mando del embrague	○	0,03		Accionar el tiempo necesario para realizar el cambio mecánico	
2	Soltar suavemente la palanca de mando del embrague	○	0,03		Soltar la palanca de embrague, en cuanto se encuentre realizado el cambio mecánico por medio del pedal	
TIEMPO EMPLEADO			0,06			

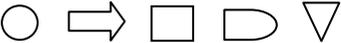
Fuente: César Narváez

Tabla 4.45. Actividad de Mantenimiento Nro. 12

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO										
PÉRDIDA DE PRESIÓN DEBIDO A FILTRO DE COMBUSTIBLE OBSTRUIDO, SATURADO				CÓDIGO: BMW-S3.1.1-C012						
ESTRATEGIA		Preventivo a plazo fijo								
PERIODO		Cada 10.000km								
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento								
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Set de herramientas, manómetro								
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES	
1	Transportar herramientas y materiales necesarios	○	⇒				4	4		
2	Desmontar el acople rápido de alimentación de combustible	○					3			
3	Conectar y medir con manómetro de comprobación (3 ⁺ . 0,2bar)			□			3			
4	Desmontar depósito de combustible	○					7		Considerar recomendaciones de seguridad y datos técnicos del manual de taller	
5	Desmontar unidad de bomba de combustible	○					10			
6	Desmontar y cambiar filtro de combustible	○					5			
7	Montaje de unidad bomba, depósito, y alimentación de combustible	○					22	20		
8	Encender la motocicleta, y comprobar fallas	○					0,1			
9	Guardar herramientas utilizadas					▽	6	4	Limpiar las herramientas	
TIEMPO EMPLEADO							60,1			

Fuente: César Narváez

Tabla 4.46. Actividad de Mantenimiento Nro. 13

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO							
PÉRDIDA DE PRESIÓN DEBIDO A TAMIZ DE BOMBA OBSTRUIDO, SATURADO				CÓDIGO: BMW-S3.1.1-C013			
ESTRATEGIA		Preventivo a tiempo fijo					
PERIODO		Cada 10.000km					
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento					
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Set de herramientas, aire presurizado					
TAREAS DE MANTENIMIENTO				TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES	
1	Seguir los mismos pasos que en la tabla #12				60,1		Aprovechar el lavado del tamiz cuando se cambia el filtro de combustible
2	Lavar el tamiz de la bomba de combustible				2		Lavar con aire a presión y gasolina
TIEMPO EMPLEADO				62,1			

Fuente: César Narváez

Tabla 4.47. Actividad de Mantenimiento Nro. 14

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
TAPONAMIENTO DE INYECTORES				CÓDIGO: BMW-S3.2.1C014					
ESTRATEGIA		Preventivo a plazo fijo							
PERIODO		Cada 10.000km							
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Set de herramientas, Limpiador de inyectores							
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	▷	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Transportar herramientas y materiales necesarios		⇒				5	4	
2	Desenchufar los inyectores	○					1		Seguir el procedimiento del manual de reparación
3	Desmontar los inyectores de la cámara de mezcla	○					10		
4	Colocar los inyectores en la máquina ultrasónica limpiadora				▷		20		
5	Montar los inyectores en la cámara de mezcla	○					5		Considerar recomendaciones del manual de taller
6	Enchufar los inyectores	○					1		
7	Encender la motocicleta	○					0,1		Verificar si hay códigos de falla
9	Guardar herramientas utilizadas					▽	6	4	Limpiar las herramientas
TIEMPO EMPLEADO							38,2		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.48. Actividad de Mantenimiento Nro. 15

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
SATURACIÓN DE FILTRO DE AIRE				CÓDIGO: BMW-S3.2.1C015					
ESTRATEGIA		Preventivo a plazo fijo							
PERIODO		Cada 8.000km							
PERFIL PERSONAL		Técnico de mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS		Set de herramientas, filtro de aire nuevo							
TAREAS DE MANTENIMIENTO		○	⇒	□	▭	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Transportar herramientas y materiales necesarios	○	⇒				5	4	
2	Desmontar el asiento del conductor	○					2		
3	Desmontar sensor de temperatura de aire	○					1		Considerar recomendaciones del manual de taller
4	Desmontar tapa de filtro de aire, y extraer filtro de aire	○					1		
5	Montar filtro de aire nuevo	○					0,5		
6	Montar la tapa de filtro de aire, sensor, y asiento	○					3,5		
7	Encender motocicleta	○					0,1		Verificar códigos de falla
9	Guardar herramientas utilizadas					▽	6	4	Limpiar las herramientas
TIEMPO EMPLEADO							19,1		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.49. Actividad de Mantenimiento Nro. 16

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO										
BALANCE DEL MOTOR					CÓDIGO: BMW-S3.2.1C016					
ESTRATEGIA			Preventivo a plazo fijo							
PERIODO			Cada 10.000km							
PERFIL PERSONAL			Técnico de mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS			Set de herramientas, materiales necesarios							
TAREAS DE MANTENIMIENTO			○	⇒	□	▭	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Transportar herramientas y materiales necesarios			⇒				5	4	
2	Conectar las mangueritas del barómetro para medir el nivel de vacío		○					1		
3	Encender la motocicleta		○					0,1		
4	Regular la tensión de los cables del acelerador hasta que las lecturas del barómetro de los dos cilindros sean iguales		○					3		La lectura en el barómetro debe ser la misma para los dos cilindros
5	Apagar la motocicleta		○					0,1		
6	Ajustar la contra tuerca de los cables de aceleración		○					1		
9	Guardar herramientas utilizadas						▽	6	4	Limpiar las herramientas
TIEMPO EMPLEADO								16,2		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.50. Actividad de Mantenimiento Nro. 17

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO									
REEMPLAZO DE CABLES DE ENCENDIDO DE BUJÍAS					CÓDIGO: BMW-S4.1.1-C017				
ESTRATEGIA			Correctivo						
PERIODO			Cada vez que los cables de bujías estén cortados						
PERFIL PERSONAL			Técnico de mantenimiento, Propietario						
MATERIALES/HERRAMIENTAS			Set de herramientas, herramienta BMW # 123520						
TAREAS DE MANTENIMIENTO	○	⇒	□	◐	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES	
1 Llevar la motocicleta a un taller con la herramienta necesaria	○	⇒						El propietario es el encargado de llevar la moto a un taller con la herramienta adecuada	
2 Transportar herramienta necesaria		⇒				5	4		
3 Desmontar el depósito de combustible	○					7			
4 Desenchufar el conector de la bobina de encendido	○					1			
5 Desmontar la cubierta de las bujías y los capuchones	○					5		Desmontar los capuchones con herramienta BMW #123520	
6 Desmontar el cable de encendido	○					3			
7 Sustituir el cable nuevo de encendido	○					2			
8 Para el montaje repetir las operaciones en orden inverso	○					16			
9 Colocar en contacto la llave de encendido, y abrir completamente el puño del acelerador	○					0,02		De esta forma el motronic detecta la posición de la mariposa, y se configura	
10 Guardar herramientas utilizadas					▽	6	4	Limpiar las herramientas	
TIEMPO EMPLEADO						45,02			

Fuente: César Narváez

Tabla 4.51. Actividad de Mantenimiento Nro. 18

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO										
CAMBIO DE BUJÍAS POR UNAS CON VALOR TÉRMICO ADECUADO					CÓDIGO: BMW-S4.1.2-C018					
ESTRATEGIA			Preventivo a tiempo fijo							
PERIODO			Cada 30.000							
PERFIL PERSONAL			Técnico de mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS			Juego de herramientas, Extractor de capuchón de bujía BMW # 123520							
TAREAS DE MANTENIMIENTO			○	⇒	□	⬮	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Transportar herramienta necesaria		○	⇒				5	4	
2	Desmontar la cubierta de las bujías y los capuchones		○					5		Utilizar herramienta BMW # 123520
3	Extraer bujía		○					2		Extraer la bujía con precaución de no aislar la rosca
4	Reemplazar bujía por una con número característico alto (8)		○					2		Enroscar la bujía primero con la mano y el aumento y luego con par de apriete
5	Montar la cubierta de las bujías y los capuchones		○					5		Considerar recomendaciones en el manual de taller
6	Encender motocicleta		○					0.1		Verificación de fallas en tablero de mando
7	Guardar herramientas utilizadas							6	4	Limpiar las herramientas
9	Luego de 500km realizar pasos 1,2,3,6,7 para verificar si el valor calórico de la bujía es el adecuado				□			23,1		Verificar si hay recalentamiento o depósitos de carbón, lo cual indica valor térmico inadecuado
TIEMPO EMPLEADO								48,2		

Fuente: César Narváez

Tabla 4.52. Actividad de Mantenimiento Nro. 19

ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO										
CAMBIO DE BUJÍAS POR UNAS CON VALOR TÉRMICO ADECUADO					CÓDIGO: BMW-S4.1.2-C019					
ESTRATEGIA			Preventivo a tiempo fijo							
PERIODO			Cada 30.000							
PERFIL PERSONAL			Técnico de mantenimiento							
MATERIALES/HERRAMIENTAS			Juego de herramientas, Extractor de capuchón de bujía BMW # 123520							
TAREAS DE MANTENIMIENTO			○	⇒	□	⬮	▽	TIEMPO (min.)	DIST. (m.)	OBSERVACIONES
1	Transportar herramienta necesaria		○	⇒				5	4	
2	Desmontar la cubierta de las bujías y los capuchones		○					5		Utilizar herramienta BMW # 123520
3	Extraer bujía		○					2		Extraer la bujía con precaución de no aislar la rosca
4	Reemplazar bujía por una con número característico alto (8)		○					2		Enroscar la bujía primero con la mano y el aumento y luego con par de apriete
5	Montar la cubierta de las bujías y los capuchones		○					5		Considerar recomendaciones en el manual de taller
6	Encender motocicleta		○					0.1		Verificación de fallas en tablero de mando
7	Guardar herramientas utilizadas							6	4	Limpiar las herramientas
9	Luego de 500km realizar pasos 1,2,3,6,7 para verificar si el valor calórico de la bujía es el adecuado				□			23,1		Verificar si hay recalentamiento o depósitos de carbón, lo cual indica valor térmico inadecuado
TIEMPO EMPLEADO								48,2		

Fuente: César Narváez

Para los correctivos de la tabla 4.21, que pertenecen a fallas funcionales debido a errores de conducción, existe la necesidad de la creación de un manual de operación y conducción de la motocicleta con la finalidad de reducir las fallas funcionales de las motocicletas, el mencionado manual se encuentra en el anexo 1.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La incidencia de la presión atmosférica en la ciudad de Quito, determina la generación de un plan de mantenimiento adecuado a las condiciones de la mencionada ciudad.
- Es más relevante la cantidad de aire (densidad), que la temperatura del aire que circula para refrigerar un motor de combustión interna, y más aún en un motor que es refrigerado por aire.
- Se recopiló toda la información prioritaria de los activos productivos (técnica, operativa, mantenimiento, etc.), para tener un mejor control de las actividades de mantenimiento a lo largo del nuevo programa.
- La utilización de las herramientas de análisis (estadísticas y gestión) ayudaron a mostrar un diagnóstico de la empresa Alvarez Barba S.A. demostrando fallos evidentes en el proceso actual, además de la aceptación de mejorar el programa existente.
- La nueva programación de mantenimiento desarrollada en este proyecto para la empresa Alvarez Barba S.A, propone mejoras a la ya existente, dicho programa expone otra filosofía en la planificación de tareas de mantenimiento, enfocando su gestión a preservar las funciones de las motocicletas, enfocada al aumento de la eficiencia en el proceso de trabajo.
- La finalidad del historial de cada motocicleta, es esencialmente para prevenir los fallos, no solo para tener una contabilización de estos y llevar estadísticas. Por tanto, en muchas ocasiones será el criterio y la experiencia las que predominen sobre los datos.

- El mantenimiento afecta todos los aspectos de efectividad de las motocicletas; riesgo, seguridad, integridad del medio ambiente, uso eficiente de la energía, calidad y servicio al cliente; no solamente la disponibilidad de taller y costo.
- Casi siempre el costo-beneficio es mayor, cuando se trata de mejorar el comportamiento de un activo no confiable, cambiando la forma en que es operado, mantenido y revisando el diseño solo si tal solución no logra el comportamiento deseado.
- Las políticas implantadas en forma general, deben aplicarse en activos similares, cuyo contexto operacional, funciones y prestaciones deseadas, también sean similares, es así como el presente proyecto se lo puede extrapolar al mantenimiento de las motocicletas de prácticamente toda la serie R (motores Boxer refrigerados por aire)
- Las actividades de mantenimiento generaran un manual que, mediante la recopilación de datos en el transcurso del tiempo, será específico de cada motocicleta y resolverá los problemas que se presenten en caso de la ausencia de un experto.
- Los fabricantes y proveedores de equipos, desempeñan un papel limitado en el desarrollo de programas de mantenimiento, debido a que se deben adecuar a las condiciones particulares a las cuales están sometidas las motocicletas; sin embargo, no se debe olvidar su importancia a la hora de enfrentar un problema que no tenga solución evidente.
- Las tareas generadas en este proyecto, son recomendaciones generales de las motocicletas; por tanto, no se garantiza la completa funcionalidad de estas, es por esto que, es necesario aplicar el concepto de mejora continua.
- El programa de mantenimiento preventivo para la empresa Alvarez Barba S.A., permitirá anticiparse a la necesidad de repuestos en

bodega, disminuyendo el tiempo de paralización de la máquina; así como, la disminución del lucro cesante por almacenamiento.

- Se desarrolló un programa de mantenimiento preventivo, para una muestra de las motocicletas utilizadas por la Presidencia de la República del Ecuador, con el fin de incrementar la disponibilidad de los activos productivos de mayor criticidad en el proceso de mantenimiento de la empresa Alvarez Barba S.A.

5.2 Recomendaciones

- El mantenimiento representa un arma importante en seguridad laboral, ya que un gran porcentaje de accidentes son causados por desperfectos en las máquinas que pueden ser prevenidos. Por consiguiente el mantener las áreas y ambientes de trabajo con adecuado orden, limpieza, iluminación, (ergonómicamente), es parte importante de un programa de mantenimiento dentro de cualquier organización.
- Se debe considerar de vital importancia la experiencia del propietario conductor de las motocicletas, ya que este proveerá información prioritaria de fallas funcionales, la cual permitirá la consecución del mantenimiento de manera específica.
- El mantenimiento no solo debe ser realizado por el departamento encargado de esto. El trabajador debe ser concientizado a mantener en buenas condiciones los equipos, herramienta, maquinarias, esto permitirá mayor responsabilidad del trabajador y prevención de accidentes.
- Para evitar daños mayores en las motocicletas y no tener pérdidas por paro de las mismas, se debe realizar el mantenimiento en el tiempo

establecido. Planificar paros anuales, semestrales e inspecciones continuas acorde con el plan de mantenimiento.

- La capacitación continua de los involucrados en el mantenimiento, es vital al momento de resolver problemas que generalmente se suscitan a lo largo del proceso de trabajo de las motocicletas.
- Es necesario integrar los sistemas de información de todas las áreas de la empresa, de tal manera que permitan una comunicación transparente, para que el trabajo en equipo sea puntal en la consecución de mejoras sustanciales integrando a grupos de individuos de diferentes áreas y conocimientos.
- Una correcta inspección, es la base de cualquier estrategia preventiva, ésta permite una planificación de las paralizaciones de las motocicletas a lo largo de periodos de actividades de tal manera que no interfiera con el proceso de trabajo de las motocicletas.
- La implementación de un programa de mantenimiento, exige el compromiso por parte del personal administrativo y operativo, es decir: disciplina, proactividad, control de las actividades, seguimiento y análisis de costos, gestión de la información y perseverancia; a demás de, promover adaptaciones culturales de la organización, programas de capacitación y entrenamiento al personal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGUINAGA Álvaro, , *"Ingeniería del Mantenimiento"*, Escuela Politécnica Nacional, Ecuador, 2005.
2. AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, *"Tribology Handbook"*, 2nd Edition, USA. 2002
3. ARMAND, ALFONSO, *"Elementos de Mantenimiento Industrial"*, 2ed Centro Nacional de Productividad, México, 2000
4. ARIAS PAZ ; Manual del automóvil; 32^a edición; 2000
5. BECERRA Fabiana, *"Gestión del Mantenimiento"*, Disponible en: [www.predic.com/archivo/documento/gestion/Gestion_del_mantenimiento .pdf](http://www.predic.com/archivo/documento/gestion/Gestion_del_mantenimiento.pdf)
6. BMW MOTORRAD, Revista, (Septiembre 1994), *"Movilidad sobre dos ruedas: La moto vive"*.
7. Harrington H.J.: "El proceso de mejoramiento"; 1998
8. KEITH Denton, *"Seguridad Industrial"*, Ed. Mc Graw-Hill, México, 1984.
9. KNEZEVIC Jezdimir, *"Mantenimiento"*, Ed. Isdefe, 4^a Edición, España. 1996.
10. *"Manual de Inventario Técnico"*, Disponible en: <http://www.gruposaludgtz.org/proyecto/mspas-gtz/Downloads/Manual-de-Inventario-Tecnico.pdf>
11. MANTENIMIENTO SU IMPLEMENTACIÓN Y GESTIÓN; Leandro Daniel Torres; Argentina; 2005
12. MARKS, (1984), *"Manual del Ingeniero Mecánico"*, Volumen 1, Ed. Mc Graw-Hill, México.

13. MARTÍNEZ José Alejandro, *“Costo de Mantenimiento”*, 2001.
14. MONCHY Francois, (1990), *“Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial”*, Ed. Masson.
15. MORROW L.C., (1986), *“Manual de Mantenimiento Industrial”*, Ed. Mc Graw-Hill, México.
16. MOUBRAY John, *“Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reliability-Centered Maintenance)”*, Ed. Latinoamericana, 1ª Edición en Español, España, 2004
17. PAUL JAMES; *Gestión de la Calidad Total*; Prentice Hall, 1996
18. SAE, *“A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard”*, SAE JA 1012, 2002
19. SERNA G., Humberto.; *Gerencia estratégica. 5ta Edicion*;2001
20. Society Of Automotive Engineers; JA 1011; EVALUATION CRITERIA FOR RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (MCC) PROCESSES; Pennsylvania; USA; SAE Publications; 1999.
21. TAVARES L., *“Administración Moderna de Mantenimiento”*, Ed. Herrero Hermanos, México.
22. www.bmw-motorrad.com
23. www.jupesa.com.ec/web/ensayos-no-destructivos.php
24. ZABISKI Erol, (2007), *“El Proceso de Planificación y Programación del Mantenimiento”*.

ANEXO 1.

Manual de Conducción y Operación de Motocicletas BMW

La motocicleta es un vehículo cuya estabilidad depende de la velocidad adquirida. Al contrario que la mayoría de los automóviles, las motos no disponen de un apoyo estable cuando se encuentran paradas. Sus dos ruedas las confieren una posición definida, únicamente cuando se encuentran girando. Esta peculiaridad, junto a otras que intervienen en la conducción, como la gran intervención del piloto en el dominio de la máquina, o la necesidad de realizar ciertos esfuerzos para abordar las curvas, las convierten en máquinas de dominio ligeramente complejo. Además, el piloto está sometido a la fuerza centrífuga y a las inercias de las aceleraciones y frenadas, al estar situado sobre el vehículo.

Por todo ello, las motocicletas son más complicadas de manejar que otros tipos de vehículos, y es necesaria una mínima adaptación a sus características. Es importante adquirir experiencia paulatinamente, algo que ayuda a mejorar poco a poco el nivel de conducción del motociclista. Sin embargo, hay ciertos conceptos que se pueden conocer de manera previa, y que pueden servir de guía de referencia para cualquier tipo de conducción.

Las motocicletas BMW, al contrario de otros vehículos, disponen en la práctica de bastantes elementos ajustables. Desde la mayoría de los mandos, tanto en el manillar como en los pedales, hasta las suspensiones. Incluso características tan importantes como la geometría, son fácilmente variables, lo que proporciona una gran variedad de comportamientos en un único vehículo, que se puede adaptar a las necesidades y los gustos de cada propietario. Evidentemente no se requieren las mismas condiciones del vehículo para una conducción sobre tierra que sobre asfalto, en seco o en mojado, con pesos diferentes, o en una conducción relajada o una deportiva.

1.- Como primera regla general, todo lo que se ha de hacer para conducir una motocicleta es contraintuitivo. Es decir, no se debe actuar según la primera intuición, y para no hacerlo, en primer lugar se debe conocer las reacciones correctas y después practicarlas para convertirlas en hábitos. El placer de la conducción y la seguridad dependen de ello.

2.- Como segunda regla, se debe leer e interpretar de manera adecuada el manual de usuario de la motocicleta en donde se indica normas de seguridad, y limitaciones de operación, como por ejemplo presión de neumáticos, tipo de combustible a usar, cargas máximas admisibles, tiempo de funcionamiento en ralentí, etc.

1.- Los instintos naturales sirven en situaciones ordinarias de la vida, pero las leyes físicas que implican la conducción de motocicletas, son cualquier cosa menos ordinarias.

- El instinto natural, casi siempre es erróneo.
- Si se hace lo que a uno se le ocurre por naturaleza o intuición, probablemente se empeorará la situación.

Esto obedece a que cuando se sufre una reacción de pánico, aunque sea sólo un poco, automáticamente se reacciona por instinto, sin pensar. Por ejemplo, trazando una curva se encuentra un bache inesperado o una pequeña deslizada de la rueda, y automáticamente se corta la aceleración y la persona se pone tensa, rigidizando el cuerpo. Ha ocurrido en una fracción de segundo, pero lo que se ha hecho es sólo empeorar la situación.

Por lo tanto, lo mejor que se puede hacer para impedir que se reaccione mal instintivamente es no llegar a una situación de pánico. Para lo cual surge la pregunta

¿Como prevenir el pánico? ¿Acaso es una reacción debida a lo no previsto?

Y como respuesta a la segunda interrogante se puede decir que de hecho, NO. El pánico es lo que ocurre cuando la mente esta completamente ocupada, y no puede dedicar una atención extra a una nueva situación. Si se conduce cerca (o por encima) de las habilidades, entonces la capacidad de atención está completamente utilizada, y así cualquier evento nuevo hará padecer, aunque sea sólo un poco de pánico. Por ejemplo:

Si se conduce más rápido de lo que se puede ver (la velocidad es tal que no se puede reaccionar a tiempo a eventos no esperados de la carretera cuando se las ve), entonces la atención está completamente usada para cosas que ocurren más rápido de lo que se puede reaccionar sobre ellas.



Figura A1. Conducción indebida⁸¹

La solución es no conducir nunca por encima del **75% de la habilidad de conducción**. Cuanta menos capacidad se utilice mejor, de esta manera, cuando hay una situación sorpresiva, se tiene el suficiente nivel de atención sobrante para la nueva situación, y se reaccionará adecuadamente y al instante.

Cuando las condiciones de repente requieren una habilidad extra – como cuando un vehículo corta una curva e interfiere en el carril de circulación nuestro, o cuando una curva se cierra súbitamente, se tendrá disponible esa

⁸¹ Arias Paz ; Manual del automóvil; 32ª edición; 2000

habilidad extra, y no se sufrirá una reacción de pánico. Cuando se conduce con más gente, tampoco debe excederse los límites.

Conducir más rápido de lo que se es capaz de hacer confortablemente es excitante, ¿verdad?, pero también es estúpido. Se abandona y se supera los límites de seguridad para conducir cerca o por encima de los límites.

Una de las maneras de aprender es siguiendo a otro conductor o piloto, pero claro esta asegurándose de que se esta siguiendo a alguien del que se pueda aprender algo.

¡No se debe seguir a alguien si no se lo puede hacer confortablemente, simplemente se lo debe dejar ir!

Probablemente no se quiere perder el prestigio, probablemente no se quiera perder el rumbo, pero hay una gran tentación en seguir a los que van más rápido de lo que se puede ir confortablemente. La recomendación es que **NO se debe ceder a la tentación.**

Ahora que ya se es capaz de superar los instintos naturales, se necesita saber cuales son las actuaciones correctas.

La visión

El pánico, provoca una visión tipo túnel, y no se puede prestar atención a las periferias. Como resultado no se tiene tiempo suficiente para tomar decisiones cuando las dificultades aparecen de repente en el campo de visión, y esto provoca que aún se sufra más pánico.

Como regla general, se debe mirar hacia donde se quiere ir, NUNCA al obstáculo que se quiere evitar. “la moto siempre irá a donde la persona mire”. Y si se está fijando en algo, probablemente será en la dificultad u obstáculo que está provocando el pánico, por tanto se acabará directo contra aquello.

Sólo se puede reaccionar a aquello que se es capaz de ver, más concretamente, sólo se puede reaccionar ante algo si se lo ve a tiempo. Esto

es por lo que se supone que no se debe “conducir más rápido de lo que se puede mirar”, que significa “tan rápido que cuando puedes ver la dificultad, no hay tiempo suficiente para reaccionar antes de llegar sobre ella”.

Se debe mantener el campo de visión bien abierto, esto requiere práctica, no ocurre por sí sólo, con un amplio campo de visión, se puede cambiar rápidamente el foco de atención, sin ni siquiera mover los ojos, esto previene que no exista la fijación en una sola cosa y que se entre en visión tipo túnel.

Hay que procurar espacio visual a uno mismo, se debes divisar las dificultades con tiempo para reaccionar. Si no se lo hace, se sufrirá una reacción de pánico. Por ejemplo, se debe identificar donde se va a empezar a girar mucho antes de llegar a ese punto, y mirar hacia dónde se quiere dirigir antes de empezar a girar.

La Frenada

Sin duda, uno de los puntos más importantes a la hora de conducir, es controlar perfectamente el momento en el que se quiere reducir la velocidad, o detener la motocicleta.

El freno principal de una motocicleta es el delantero. Con él será con el que se tiene que detener la motocicleta, pero lógicamente se lo debe hacer con correcciones, lo que requiere una cierta técnica

Circulando por zonas asfaltadas, siempre se da prioridad al freno delantero, pero no se debe olvidar nunca el trasero.

Cuando se frena, el reparto de pesos cambia, aumentando de manera considerable el peso sobre la rueda anterior, lo que por una parte proporciona un aumento de la adherencia disponible, pero también provocará una descarga sobre la trasera. En una frenada contundente, se puede llegar en la rueda posterior a la pérdida de adherencia del neumático con el suelo, bien por bloqueo el frenar, o simplemente por elevarse la rueda y perder el contacto completamente, Para evitar este efecto, **es aconsejable frenar levemente primero con el trasero, unas décimas de segundo antes de accionar la maneta del delantero.** Con ello, se consigue que la parte trasera de la moto baje

ligeramente, por efecto de la compresión de la suspensión trasera, que reacciona frente a los anclajes del freno, evitando que el peso se desplace totalmente a la rueda delantera.

En ocasiones, el trazado de la carretera puede obligar a frenar con la moto algo inclinada hacia la dirección del viraje. En ese caso, la frenada tendrá que ser anticipada lo suficiente como para poder hacerla suavemente en este momento, ya que de lo contrario, existe la posibilidad de perder la adherencia de la rueda delantera. Por eso, siempre que se pueda, es interesante frenar en línea recta, con la moto totalmente derecha, y, antes de iniciar el viraje haber finalizado toda la maniobra de la frenada.

Bloqueo en la rueda trasera

Normalmente las frenadas van acompañadas de una o más reducciones de las marchas. Es importante que exista una buena coordinación entre estos dos actos simultáneos. Un motor de 4 tiempos, retiene considerablemente más que uno de 2 tiempos, y eso ayuda a detener la moto, pero esa misma retención puede causar algún problema, si a la hora de reducir no se hace correctamente. En motores de cuatro tiempos es casi imprescindible acostumbrarse a dar "un golpe de aceleración" mientras se está frenando y reduciendo de marcha a la vez. En el caso que sólo se necesite reducir sin frenar, también es conveniente utilizar esta técnica pues, de lo contrario, y especialmente al introducir marchas cortas, la diferencia de velocidad del motor con la rueda trasera pueden provocar un bloqueo de ésta al soltar el embrague [Figura A2].

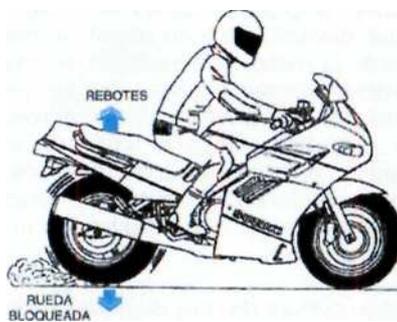


Figura A2. Bloqueo de la rueda⁸²

⁸² Arias Paz ; Manual del automóvil; 32ª edición; 2000

El aumento del régimen del motor que obliga la reducción, provoca una reacción en contra del propulsor, que se traduce en una desaceleración violenta en el instante inicial. Por este motivo, es conveniente que el motor esté lo más cerca posible del régimen al que va a llegar tras la reducción, de manera que la reacción del motor sea la mínima posible. Acelerando mientras se aprieta el embrague, se puede conseguir este efecto, de manera que se lleve el motor hasta las revoluciones necesarias para que se igualen las velocidades de ambos.

Trazada de las curvas

Para poder lograr una anticipación adecuada en el trazo de una curva se puede utilizar tres puntos imaginarios, que siempre tiene una curva. Antes de llegar al viraje, y suponiendo que lo preceda una recta, hay que situarse en el extremo opuesto al de la dirección de la curva (siempre utilizando exclusivamente el espacio útil del carril por el que se circula), Inicialmente se elige el punto donde comenzar a frenar y a reducir para, después, iniciar la trayectoria hacia el interior del viraje. El punto donde se comienza a inclinar se puede denominar "punto de giro". Es una maniobra que se debe considerar importante, porque será la que decidirá como se realizará todo el resto de la curva. Una vez sobrepasado el punto de giro, y ya apoyándose en la aceleración del motor, se debe ir a buscar el interior del viraje, hasta llegar a lo que se puede llamar "la cuerda", que será el punto más cercano al interior de la curva por el que pasará la motocicleta. Es importante conseguir llegar hasta este punto con facilidad, y precisión, porque será el que dará el espacio para la salida. Al punto crítico en esta maniobra se le puede llamar "punto de contacto". Es un error bastante común anticipar este punto, que suele encontrarse en una posición más cercana a la salida de las curvas en aquellas de mayor complicación.

A partir de este momento, sólo hay que preocuparse de aprovechar al máximo el espacio que quede en el carril, para poder acelerar con decisión hasta llegar de nuevo al punto de giro del próximo viraje. Esta maniobra final se le puede llamar "salida" [Figura A3.]. Hay que tener en cuenta que la correcta ejecución de estas maniobras proporcionará una mayor seguridad.

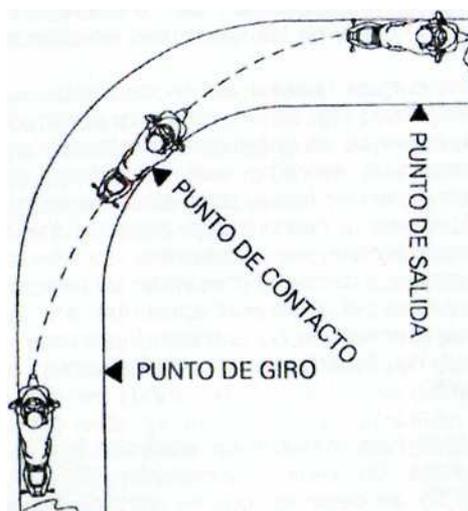


Figura A3. Puntos característicos de una curva⁸³

Correcciones en medio de la curva

Las correcciones de trayectoria en medio de una curva son una de las reacciones de pánico más comunes. Ocurren cuando se piensa o se siente que se está yendo demasiado deprisa, o demasiado por fuera, o cualquier otra cosa. Por tanto, se cambia un poco la dirección mientras se esta en medio de la curva.

Nota: Pequeños ajustes son normales, y son por supuesto necesarios. Pero si la corrección que se hace es lo suficientemente grande como para notarse, es errónea, a no ser que el radio de la curva este cambiando. Entonces si se necesita hacer mayores ajustes a lo largo de la curva.

Las correcciones en medio de la curva pueden iniciar una reacción en cadena que provoque más errores y que el conductor se caiga.

Se debe mantener el concepto de un solo movimiento por curva.

Si se quiere conseguir realzar las curvas con un solo movimiento, se tiene que conseguir el ángulo de inclinación adecuado al principio de la curva, además se requiere que este ángulo de inclinación sea el mínimo posible "lo justo para hacer la curva".

⁸³ Arias Paz ; Manual del automóvil; 32ª edición; 2000

Cuanto menos ángulo de inclinación, más estabilidad, más tracción.

Por el contrario más ángulo de inclinación hace que cada bache, ondulación o mancha deslizante cause una deslizada o derrapada.

Para perder velocidad en una curva, NO se debe desacelerar bruscamente, de lo contrario simplemente se sufrirá una caída, para lo cual se debe mantener la aceleración tal y como esta, ya que los neumáticos en su movimiento de rodadura ya restarán velocidad por su propia fricción y coeficiente de fricción.

ANEXO 2.

Formato Bitácora

ANEXO 3.

Flujograma de Proceso

ANEXO 4.

Diagrama de Ishikawa

ANEXO 5.

Plano de Distribución de Taller

ANEXO 6.

Recomendaciones de Seguridad Industrial

Medidas preventivas a adoptar en la labor de mantenimiento

Antes de la realización de cualquier tarea, se deben analizar los riesgos que se pueden presentar durante su ejecución. Es conveniente que la empresa cuente con una hoja de seguridad, al menos para aquellos trabajos que entrañan más riesgos.

Recomendaciones más frecuentes

Las máquinas se fabrican bajo diferentes parámetros de seguridad exigidos a los fabricantes, los cuales buscan totalitariamente que se proteja la integridad de los operarios en la mejor forma posible, por lo tanto, el deterioro de las máquinas, la mala costumbre de quitar las guardas, y peor aún, de eliminar las protecciones eléctricas y electrónicas, ponen en serio riesgo la integridad e incluso la vida del operario y de quienes lo rodean en su sitio de trabajo; es así que, se presentan las recomendaciones más frecuentes a continuación.

Herramientas Manuales

Como norma general, se debe utilizar la herramienta adecuada para cada trabajo; nunca se utilizará utensilios, herramientas o máquinas que hayan sido diseñadas para ejecutar la acción. Por ejemplo: utilizar un cuchillo como destornillador; alicates como martillo; etc., las herramientas se deben inspeccionar antes de cada trabajo, verificando que estén provistas de mangos aislantes (cuando sea necesario), estén limpias, no resbaladizas, etc. Las herramientas defectuosas deben ser retiradas de uso.

Es indispensable en herramientas cortantes y punzantes, mantenerlas debidamente afiladas; nunca se llevarán en bolsillos o sueltas en la caja de herramientas; deben mantenerse en sus fundas o en alojamientos especiales y manteniendo siempre un determinado orden.

Al finalizar el trabajo, todos los utensilios utilizados se guardarán en el lugar destinado a tal efecto: cajones, cajas o maletas de compartimientos, armarios, paneles de pared o cuarto de herramientas. En cada caso, las herramientas deben almacenarse debidamente ordenadas y con la punta o el filo protegidos.

Para el uso de matillos, se debe verificar que el mango sea de madera dura, resistente y elástica; nunca será pintado ni barnizado; su ergonomía debe permitir una buena adaptación a la mano. Cuanto más grande sea el tamaño de la cabeza del martillo, el grosor del mango debe ser mayor. Antes de utilizar un martillo se debe comprobar que está en perfectas condiciones, es decir, que la cabeza y el mango están sólidamente encajados.

Para la selección adecuada del tamaño y tipo de martillo se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- De bola: apropiado para trabajo en metales
- De peña: apropiado para trabajo de carpintería
- Macetas: especiales para diferentes trabajos de albañilería
- De goma: apropiados para aflojar piezas en apretadas.

Los riesgos inherentes a la utilización de matillos son: escape de la cabeza al golpear; producir lesiones en las manos por golpes; salto de fragmentos al ojo o a otra parte del cuerpo.

Para el uso de destornilladores, se recomienda escoger un tamaño adecuado, con la punta apropiada para la cabeza del tornillo (de ranura, en cruz, de estrella, etc.).

Trabajos en Altura

Un trabajo en altura implica un riesgo obvio de caída a diferente nivel (por ejemplo trabajos efectuados sobre plataformas, andamios, tejados, etc.), para lo cual se recomienda:

Utilizar cinturón de seguridad, sujeto a una línea de vida; todos los materiales que se depositen en la plataforma de trabajo, se deben colocar dentro de cajones o similares, minimizando el riesgo de su caída.

Las plataformas de trabajo, deben ser construidas de materiales sólidos, y su estructura, así como su resistencia, será proporcional a la carga que deban soportar. Los pisos y pasillos de las plataformas serán antideslizantes, se mantendrán libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos.

En cuanto a las escaleras portátiles de mano, estas ofrecerán siempre las garantías necesarias de solidez, estabilidad y seguridad. No se pintarán ni barnizarán, salvo con barniz transparente. Los largueros serán de una sola pieza. Al subir o bajar, se debe dar siempre la cara a la escalera.

Mayor información y disposiciones acerca de trabajos en altura, se puede encontrar en el capítulo IV del Reglamento de Seguridad e Higiene del Trabajo.

Mantenimiento de Maquinaria

Las operaciones de reparación de máquinas se efectuarán siempre con los motores apagados; para evitar la involuntaria puesta en marcha de la máquina averiada, se bloqueará el dispositivo de encendido. El trabajo de mantenimiento o reparación no se concluirá hasta que las defensas y protecciones hayan quedado correctamente colocadas.

Protección contra riesgos eléctricos

Es de vital importancia mantener un adecuado cuidado con los diferentes elementos relacionados con la electricidad, de esta manera, antes de utilizar un aparato o instalación eléctrica, hay que asegurarse de su estado, sin alterar ni modificar los dispositivos de seguridad. En ambientes húmedos, se debe extremar las precauciones, evitando su utilización, cuando los cables o cualquier otro material de conducción eléctrica atraviesan zonas mojadas; y, cuando se tienen contacto directo con agua, por ejemplo manos mojadas.

En caso de una vería, lo primero que debemos hacer es cortar la fuente de energía. Seguidamente actuaremos tomando las medidas de precaución adecuadas, evitando la reparación provisional de cables dañados, mediante cintas aislantes o similares, que posteriormente terminan por no repararse.

Ventilación

En el momento de realizar todas las operaciones de mantenimiento y operaciones relacionadas se hace necesaria existencia de ventilación, la cual debe ser suficiente para garantizar que las concentraciones de contaminación en el aire permanezcan debajo de los niveles permitidos por la autoridad competente. Si no se obtiene suficiente ventilación por medios naturales, se debe proveer ventilación a través de medios mecánicos.

Se deben tomar precauciones para que los niveles excesivos de contaminantes no sean dispersados a otras áreas de trabajo. Todas las personas en las cercanías del área de trabajo contaminadas deben ser protegidas de igual manera. Se debe aclarar que los contaminaste esenciales del aire en TECNISTAMP C.E.M., son el polvo y pelusas (por mantenimiento de motores de máquinas de coser)

Ropa de trabajo y equipos de protección individual

El uniforme, si es requerimiento de la actividad productiva, debe ser cómodo y adecuado a las condiciones climáticas de trabajo. El equipo de protección

individual (EPI), debe ser entregado al trabajador, quien se encuentra obligado a utilizarlo, cuando no ha sido posible adoptar alguna otra medida colectiva.

El empleador debe proporcionar a los trabajadores el equipo de protección necesario, así como, velar por el uso específico de los mismos.

El equipo de protección para la función de mantenimiento, está fundamentalmente dirigido a prevenir caídas en altura, cortes, inhalaciones, radiaciones ionizantes y riesgos eléctricos, es así que, el equipo básico que cualquier técnico de mantenimiento debe poseer es el siguiente:

- Guantes
- Arnés de seguridad, cuerdas de amarre y amortiguador de caídas (trabajos en altura)
- Calzado antideslizante
- Alfombrillas, banquetas y plataformas aislantes
- Herramientas aislantes
- Máscaras de protección (material particulado)
- Protectores auriculares (ruido excesivo)
- Protectores visuales (proyección de partículas)
- Delantales de cuero

Todo equipo de protección individual, debe tener las instrucciones para su uso correcto, en el idioma que corresponda, así como mantenerse en buenas condiciones y comprobando periódicamente su eficacia.

El mantenimiento como fundamento de la seguridad

El mantenimiento es mucho más que un asunto de *cambiar focos* dentro de la industria, éste va ligado a un proceso productivo efectivo, es decir, el capital para la vida de la empresa, con el fin de desarrollar una política seria de competitividad, cumplimiento, seguimiento riguroso de las normas de seguridad

industrial y a un cambio de mentalidad empresarial, orientado a lograr la calidad total en sus procesos para obtener excelentes resultados que signifiquen mayores beneficios.

Entendido así, *el Mantenimiento Industrial ofrece un bien real: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.*

Está comprobado que el mantenimiento industrial incide básicamente en seis puntos:

- Los costos de producción
- La calidad del producto o servicio
- La capacidad operacional (importante para los plazos de entrega)
- La seguridad e higiene industrial
- La calidad de vida de los colaboradores de la empresa, y
- La imagen y seguridad ambiental de la compañía.

A esto se suma el marco de la legislación en seguridad industrial que contempla en ella el mantenimiento industrial, como un punto primordial a cumplir para garantizar seguridad, no sólo a los operarios, sino implícitamente para aumentar la vida útil de la maquinaria, y que obligan de paso a las empresas a tecnificares y evolucionar para ajustarse internacionalmente a las exigencias del mercado.

Las relaciones con la Seguridad Industrial, garantizan procedimientos documentados de seguridad relativos a las operaciones dentro del mantenimiento, determinan y suministran los recursos necesarios para garantizarla; programan las acciones de control sobre las acciones establecidas, poseen planes de emergencia ante incidentes y accidentes ambientales y realizan estudios relativos a la seguridad para introducir métodos de trabajos más seguros y eficaces.

Formatos de información y control

Información de Riesgos

Las tarjetas de información, son medios escritos donde se expone el riesgo característico de una máquina, medios de protección y consignas de seguridad para el operario o técnico de mantenimiento.

Las tarjetas informativas de riesgos de la máquina, estarán a disposición de los trabajadores (preferentemente colocada en la propia máquina o en las inmediaciones de esta), de forma que se garantice un acceso fácil y permanente. Antes de la utilización de una nueva máquina, o ante la incorporación de un trabajador al puesto, la empresa garantizará la capacitación a los trabajadores sobre los riesgos y medidas preventivas de la máquina, utilizando para ello los contenidos de la tarjeta o el manual del fabricante.

Se asegurará que, cada máquina y en especial las partes de ella, sean esenciales para mantener sus condiciones de seguridad, reciban el mantenimiento que haya indicado el fabricante, utilizando un programa periódico de mantenimiento preventivo. De no disponer de información sobre este mantenimiento por parte del fabricante, y no poder tampoco contactar con él para que la aporte, se utilizará el programa de mantenimiento que se encuentra detallado en el capítulo anterior.

Reporte de incidentes y/o accidentes por mantenimiento

Este reporte es un formato, el cual se llenará al ocurrir el accidente; su utilización es con la finalidad de utilizar métodos estadísticos que ayudarán a la realización de un programa eficiente de Seguridad Industrial.

Plan de capacitación en salud y seguridad para el área de mantenimiento

La capacitación, proveerá información al personal sobre el desempeño de sus actividades de manera segura, tal que sus acciones no representen un peligro

para sus vidas ni para sus compañeros de trabajo y no perjudiquen el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

Durante la capacitación inicial se deberán tratar los tópicos siguientes:

- Condiciones ambientales del trabajo
- Condiciones seguras de trabajo
- Higiene personal
- Limpieza de las áreas de trabajo
- Equipos de protección personal
- Uso adecuado de herramientas manuales y su disposición
- Manipulación y riesgos en el uso de explosivos (de ser necesario)
- Manejo de implementos para carga
- Equipos y movilización de máquinas (distribución de planta)
- Señalización preventiva en lugares de mayor riesgo
- Maquinaria pesada
- Manejo de materiales peligrosos
- Manejo de combustibles
- Reportes de accidentes y/o incidentes.

Para el campo de la Prevención en Salud, los riesgos básicamente estarán asociados a los trabajos de reparación como la generación de emisiones gaseosas, polvo, ruido, riesgo de accidentes de trabajo, entre otros, lo que nos lleva a emitir las siguientes recomendaciones de capacitación

- Evaluación médica general
- Vacunación preventiva
- Polvo y ruido
- Intoxicaciones
- Estrés.

La capacitación específica, para respuesta a emergencias, se iniciará con la formación de equipos humanos de respuesta en los frentes de trabajo. La

capacitación de los equipos se realizará con el apoyo de cartillas de instrucción, equipo audiovisual, equipos y dispositivos para contingencias.

ANEXO 7.

Indicadores de Mantenimiento

UNIDAD DE TIEMPO: Hora

PERÍODO DE TIEMPO: Mes

TOE: Tiempo de Operación Efectiva

IP: Incidente de Proceso

IM: Incidente Mecánico

IE: Incidente Eléctrico

PP: Parada Programada

C: Circunstancial

FIABILIDAD

RF: REABILITY FACTOR (%)

Representa la probabilidad de que un equipo funcione adecuadamente durante un período de tiempo dado.

$$RF = \frac{TOE}{TOE + IP + IM + IE}$$

UTILIZACIÓN

UF: UTILIZATION FACTOR (%)

Representa el porcentaje de tiempo que el equipo trabaja durante todo el tiempo disponible en el período dado.

$$UF = \frac{TOE}{TOE + IP + IM + IE + PP + C}$$

PORCENTAJE DE FALLAS DE EQUIPOS

EFR: EQUIPMENT FAILURE RATE BURNING LINE (%)

Representa el porcentaje de incidentes de mantenimiento ocurridos durante un período de tiempo, indica si acciones de mantenimiento son necesarias para mejorar la fiabilidad.

$$EFR = \frac{IM + IE}{TOE + IP + IM + IE}$$

PORCENTAJE DE FALLAS DE PROCESO

PFR: PROCESS FAILURE RATE BURNING LINE (%)

Representa el porcentaje de incidentes de proceso ocurridos durante un período de tiempo, indica si acciones del proceso son necesarias para mejorar la fiabilidad.

$$PFR = \frac{IP}{TOE + IP + IM + IE}$$

NÚMERO DE PARADAS POR INCIDENTES

NSFI: INCIDENT STOPPAGES (n)

Es el total del número de paradas por incidentes durante el período de tiempo, sean estos de tipo IP, IM e IE.

TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS

MTBF: MEAN TIME BETWEEN FAILURES (h)

Representa cuantos “equipos” se necesitan para que ocurra una falla en el intervalo de tiempo determinado.

$$MTBF = \frac{TOE}{NSFI}$$

ANEXO 8

Norma SAE JA 1011

- Alcance. Esta Norma SAE para Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) está destinada para el uso de cualquier organización que tenga o haga uso de un activo físico o sistemas que deseen administrarlos responsablemente.

Propósito. RCM es un proceso específico usado para identificar las políticas que se deberán implementar para administrar los modos de falla que podrían causar la falla funcional de cualquier recurso físico en un contexto operacional dado. Este documento está destinado para ser usado en la valoración del cualquier proceso que quiera ser un proceso RCM, con el fin de determinar si es un verdadero proceso RCM. Este documento soporta este tipo de evaluación especificado el criterio mínimo que un proceso debe tener con el fin de ser un proceso RCM.

- Referencias
- Definiciones.
 1. Edad. Una medida de la exposición a un esfuerzo medido a partir del momento en que un elemento o componente entra en servicio cuando es nuevo o reingresa al servicio después de una tarea programada para restablecer sus capacidades iniciales, y puede ser medido en términos del tiempo calendario, tiempo recorrido, distancia recorrida, ciclos de trabajo, unidades producidas o rendimiento.
 2. Tarea apropiada. Una tarea que es técnicamente viable y justificada de realizarse (aplicable y efectiva).

3. Probabilidad de falla en potencia. La probabilidad de que una falla ocurra en un periodo específico siempre que el elemento concerniente haya sobrevivido al inicio de este periodo.
4. Rendimiento esperado. El nivel de rendimiento esperado por el propietario o el usuario del recurso físico o sistema.
5. Consecuencia al medio ambiente. Un modo de falla múltiple tiene consecuencias si es que viola cualquier norma o regulación medio ambiental de orden empresarial, municipal, regional, nacional o internacional que se aplique al activo físico o sistema en consideración.
6. Falla evidente. Modo de fallo cuyos efectos se manifiestan al grupo de operación en circunstancias normales si el modo de falla ocurre por sí sólo.
7. Función evidente. Una función cuya falla por si sola se manifiesta al grupo de operación en circunstancias normales.
8. Consecuencias de Falla. Son la parte importante de los efectos de un modo de falla o de una falla múltiple. (Evidencia de falla, impacto en seguridad, medio ambiente capacidad operacional, costos directos e indirectos de reparación).
9. Efecto de falla. El resultado de un modo de falla.
10. Tarea de búsqueda de fallas. Una tarea programada utilizada para determinar si una falla específica oculta ha ocurrido.
11. Política de gestión de fallas. Término genérico que abarca las *tareas a condición*, restitución programada, descarte programado, búsqueda de fallas, *mantenimiento a rotura* y *cambios de una sola vez*.
12. Modo de falla (Estado de falla). Evento único, el cual causa una falla funcional.
13. Función. Lo que el propietario o el usuario de un activo físico o sistema quiere que realice.
14. Falla funcional. Un estado en el cual un activo físico o sistema está imposibilitado de realizar una función específica a un nivel de rendimiento deseado.
15. Falla oculta. Modo de falla cuyos efectos no se manifiestan al grupo de mantenimiento bajo circunstancias normales si el modo de falla ocurre por sí sólo.

16. Función oculta. Una función cuyo fallo en sí mismo no se convierte en aparente al grupo de operación en circunstancias normales.
17. Capacidad inicial. Nivel de rendimiento que un activo físico o sistema es capaz de lograr de momento de entrar en servicio.
18. Falla múltiple. Un evento que ocurre si una función protegida falla cuando su dispositivo de protección o sistema de protección está en estado de falla.
19. Consecuencias no operacionales. Una categoría de las consecuencias de falla que no afectan negativamente la seguridad, el medio ambiente u operaciones, pero sólo requiere reparación o reemplazo de cualquier elemento(s) que podrían ser afectados por la falla.
20. *Tareas a condición*. Una tarea programada usada para detectar una falla potencial.
21. *Cambios de una sola vez*. Cualquier acción realizada para cambiar la configuración física de un activo o sistema (rediseño o modificación) para cambiar el método usado por el operador o personal de mantenimiento en el desarrollo de una tarea específica, para cambiar el contexto operativo de un sistema o para cambiar la capacidad de un operador o personal de mantenimiento (entrenamiento).
22. Contexto operacional. Circunstancias en la cuales se tiene la expectativa de que opere un activo físico o sistema.
23. Consecuencias operacionales. Una categoría de las consecuencias de fallas que afectan negativamente la capacidad operacional de un activo físico o sistema (producción, calidad del producto, servicio al cliente, capacidad militar o los costos de operación sumados a los costos de reparación).
24. Propietario. Una persona u organización que podría sufrir o es responsable de las consecuencias de un modo de fallo en virtud de ser el propietario del activo físico o sistema.
25. Intervalo P-F. El intervalo entre el punto en el cual una falla potencial se vuelve detectable y el punto en el cual esta decae en una falla funcional (también conocida como “periodo de desarrollo de fallas” o “tiempo de evolución de falla”).

26. Falla potencial. Una condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está ocurriendo.
27. Dispositivo de protección o sistema de protección. Un dispositivo o sistema el cual está destinado a evitar, eliminar o minimizar las consecuencias de una falla de otro sistema.
28. Función(es) Primaria(s). La(s) función(s) que constituye la(s) razón(es) más importante por la cual un activo o sistema es adquirido por el propietario o usuario.
29. Mantenimiento a rotura. Una política de manejo de fallas que permite que un modo de falla específico ocurra sin ningún intento de prever o impedir ello.
30. Consecuencias a la seguridad. Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias sobre la seguridad si puede lesionar o matar a una persona.
31. Programación. “Desarrollo determinado”, intervalos determinados, incluyendo “monitoreo continuo” (donde el intervalo tiende a cero).
32. Sustitución cíclica. Una tarea programada que vincula el descarte de un elemento antes o en el tiempo límite específico sin consideración alguna de su condición en ese momento.
33. Reacondicionamiento cíclico. Una tarea programada que restituye la capacidad de un elemento antes o durante un intervalo específico (edad límite), sin considerar su condición en ese momento a un nivel que garantiza una probabilidad tolerable de supervivencia hasta el final de otro intervalo específico.
34. Funciones secundarias. Función que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de sus funciones primarias como aquellas necesitadas para cumplir con requerimientos regulatorios los cuales puede constituir aspectos como de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia energética e integridad estructural.
35. Usuario. Una persona u organización que opera con recursos o sistemas que podrían sufrir o ser responsables por las consecuencias de un modo de fallo de un sistema.

- Siglas

- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Cualquier proceso RCM (MCC) que debe asegurar que todas las siete preguntas sean contestadas satisfactoriamente y en la secuencia mostrada a continuación.
- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer aquellas funciones? (Modo de falla)
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla? (Consecuencias de la falla)
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada? (Acciones predefinidas)

Para contestar cada una de las preguntas anteriores “satisfactoriamente”, la siguiente información debe ser recogida, y las decisiones deberán tomarse. Toda información y decisión deberá ser documentada de tal forma que la información y las decisiones estén totalmente disponibles y sean aceptadas por el propietario o el usuario del activo.

6. Funciones.

- El contexto operacional del activo deberá ser definido
- Todas las funciones del activo/sistema deberán ser identificadas (todas las funciones primarias y secundarias, incluyendo las funciones de todos los dispositivos de protección).
- Todas las funciones enunciadas deben contener un verbo, un objeto y un estándar de funcionamiento (cuantificado encada caso donde pueda ser realizado).
- El desempeño estandarizado declarado en las funciones enunciadas debe ser el nivel de desempeño deseado por el propietario o usuario del activo físico o sistema en su contexto operacional.

7. Fallas funcionales. Todos los estados de falla asociados con cada una de las funciones deben ser identificadas.

8. Modos de falla.
 - Todos los modos de falla razonablemente probables de causar cada falla funcional deben ser identificados.
 - El método usado para decidir que constituye un modo de falla “razonablemente probable” debe ser aceptado por el propietario o usuario del activo.
 - Los modos de falla deben ser identificados hasta un nivel de causalidad que haga posible identificar una apropiada política de manejo de fallas.
 - Una lista de modos de fallos debe incluir modos de falla que han ocurrido antes, modos de falla que están siendo actualmente prevenidos por programas de mantenimiento existentes y modos de falla que no han ocurrido pero que son altamente probables de que sucedan en el contexto operacional.
 - Una lista de modos de falla debería incluir cualquier evento o proceso que sea probable que cause una falla funcional incluyendo deterioro, defectos de diseño y error humano si son causados por operadores o personal de mantenimiento (a menos que los errores humanos sean activamente señalados por procesos analíticos separados del MCC (RCM)).

9. Efectos de falla.
 - Los efectos de falla deben describir que podría pasar si no realiza una tarea específica para anticipar, prevenir, detectar la falla.
 - Los efectos de falla deben incluir toda la información necesaria que garantice la evaluación de las consecuencias de falla, tal como:
 - Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas que podría pasar si ocurre una falla múltiple).
 - De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa).
 - De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta).
 - Qué daños físicos (si los hay) han sido causados por la falla.

- Qué debe hacerse para rehabilitar la función del sistema después de producida la falla.

10. Categorías De Consecuencias De Falla.

- Las consecuencias de todo modo de falla deben ser clasificadas formalmente como sigue:
- El proceso de calificación de las consecuencias debe separar los modos de fallas ocultos de los modos de falla evidentes.
- El proceso de calificación de las consecuencias debe distinguir claramente los eventos (modos de falla y fallas múltiples) que tengan consecuencias sobre la seguridad y/o medio ambiente que aquellos que tengan solamente consecuencias económicas (consecuencias operacionales y no operacionales).
- La evaluación de las consecuencias de falla deben ser llevadas a cabo como si ninguna tarea específica estuviera realizándose actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla.

11. Selección De La Política Del Manejo De Fallas.

- El proceso de selección del manejo de fallas debe tomar en cuenta el hecho de que la probabilidad condicional de algunos modos de falla aumentará con la edad (exposición al esfuerzo), que la probabilidad condicional de otros no cambiará con la edad y que la probabilidad condicional sin embargo en otros decrece con la edad.
- Todas las tareas programadas deben ser técnicamente viables y justificadas de realizarse (aplicables y efectivas), y los medios a través de los cuales este requerimiento será satisfecho están enunciados en el numeral 5.7.
- Si dos o más políticas de manejo de fallas propuestas son técnicamente viables y justificadas de realizarse (aplicables y efectivas) la política que sea más rentable será seleccionada.
- La selección de la política del manejo de fallas deberá llevarse a cabo como si ninguna tarea específica estuviera siendo realizada actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla.

12. Políticas Del Manejo De Fallas-Tareas Programadas.

13. Todas las tareas programadas deberán cumplir con el siguiente criterio.
 - En el caso de un modo de falla evidente que tengan consecuencias a la seguridad o medio ambiente, la tarea deberá reducir la probabilidad del modo de fallo a un nivel que sea tolerable para el propietario o usuario del activo.
 - En el caso de un modo de falla oculto donde la falla múltiple asociada tiene consecuencias a la seguridad o medio ambiente, la tarea deberá reducir la probabilidad del modo de falla a un grado que reduzca la probabilidad de la falla múltiple asociada aunque sea tolerable para el propietario o usuario del activo.
 - En el caso de un modo de falla evidente que no tenga consecuencias a la seguridad o medio ambiente, los costos directos e indirectos de realizar la tarea deberán ser menores que los costos directos e indirectos del modo de falla medido sobre períodos de tiempos comparables.
 - En el caso de un modo de falla oculto donde la falla múltiple asociada no tenga consecuencias a la seguridad o medio ambiente los costos directos o indirectos de realizar la tarea deberán ser menores a los costos directos e indirectos de la falla múltiple más el costo de reparación del modo de falla oculto medido en períodos de tiempo comparables.

14. Tareas A Condición. Cualquier tarea a condición (o predictiva o basada en condición o tarea de monitoreo de condición) que sea seleccionada debe satisfacer el siguiente criterio adicional.
 - Deberá existir una falla potencial claramente definida.
 - Deberá existir un intervalo P-F identificable (o período de desarrollo de la falla).
 - El intervalo de la tarea A Condición deberá ser menor que el intervalo P-F más corto probable.
 - Deberá ser físicamente posible realizar la tarea a intervalos menores que el intervalo P-F.
 - El tiempo más corto entre el descubrimiento de la falla potencial y la incidencia de la falla funcional (intervalo P-F menos el intervalo de la tarea) deberá ser suficientemente extenso para poder determinar la

acción a realizarse para evitar, eliminar o minimizar las consecuencias del modo de falla.

15. Sustitución Cíclica. Cualquier tarea programada de sustitución que sea seleccionada debe satisfacer el siguiente criterio adicional.

- Debe estar claramente definida (preferiblemente demostrada) la edad en la que existe un incremento en la probabilidad condicional bajo consideración.
- Un porcentaje suficientemente grande de incidencias de este modo de fallo debe ocurrir después de esta edad para reducir la probabilidad de fallas prematuras a un nivel tolerable para el propietario o usuario del activo.

16. Tareas de Reacondicionamiento Cíclico.

Cualquier tarea de reacondicionamiento cíclico que sea seleccionada debe satisfacer el siguiente criterio adicional.

- Debe estar claramente definida (preferiblemente demostrada) la edad a la que existe un incremento en la probabilidad condicional del modo de falla bajo consideración.
- Un porcentaje suficientemente grande de incidencias de este modo de fallo debe ocurrir después de esta edad para reducir la probabilidad de fallas prematuras a un nivel tolerable para el propietario o usuario del activo.
- La tarea debe restaurar la resistencia a la falla (condición) del componente a un nivel que sea tolerable para el propietario o usuario del activo.

Tareas de Búsqueda de Fallas.

Cualquier tarea de búsqueda de fallas debe satisfacer el siguiente criterio adicional. (La búsqueda de falla no se aplica para modos de falla evidentes).

- La base sobre la cual el intervalo de tarea seleccionado debe tomar en cuenta la necesidad de reducir la probabilidad de la falla múltiple del sistema de protección asociada a un nivel que sea tolerable para el propietario o usuario del activo.

- La tarea debe confirmar que todos los componentes cubiertos por la descripción del modo de falla son funcionales.
- La tarea de búsqueda de fallas y el proceso de selección de intervalo asociado debería tomar en cuenta cualquier probabilidad de que la tarea en si misma pueda dejar a la función oculta en un estado de fallo.
- Debe ser físicamente posible realizar la tarea a los intervalos clasificados.

17. Políticas de manejo de Fallas-Cambios de una sola vez y *Mantenimiento a rotura*.

- *Cambio De Una Sola Vez.*
- El proceso MCC (RCM) debe lograr extraer el desempeño deseado del sistema como está actualmente configurado y operado mediante la aplicación apropiada de las tareas programadas.
- En casos donde dichas tareas no se pueden encontrar, *Cambios de una sola vez* al activo o sistema pueden ser necesarios, sujetos al siguiente criterio.
- En casos donde la falla es oculta y la falla múltiple asociada tiene consecuencias a la seguridad y medio ambiente un *Cambio de una sola vez* que reduce la probabilidad de la falla múltiple a un nivel tolerable al criterio el propietario o usuario del activo es obligatorio.
- En los casos en los que el modo de falla es evidente y tiene consecuencias a la seguridad y al medio ambiente un *Cambio de una sola vez* que reduce la probabilidad del modo de falla a un nivel tolerable al criterio del propietario o usuario del activo es obligatoria.
- En los casos en los que el modo de fallo es oculto y la falla múltiple asociada no tiene consecuencias a la seguridad o medio ambiente cualquier cambio de una sola vez debe ser más rentable al criterio del propietario o usuario del activo.
- En casos donde el modo de falla es evidente y no tiene consecuencias a la seguridad o medio ambiente cualquier *Cambio de una sola vez* debe ser más rentable al criterio del propietario o usuario del activo.
- *Mantenimiento a la Rotura.*

Cualquier política de *Mantenimiento a la Rotura* que sea seleccionada debe satisfacer el siguiente apropiado criterio.

- En casos donde la falla es oculta y no existe una tarea apropiada, la falla múltiple asociada no debe tener consecuencias a la seguridad o medio ambiente.
- En casos donde la falla es evidente y no existe una tarea apropiada, modo de falla asociada no debe tener consecuencias a la seguridad o medio ambiente.

18. *Un Programa Existente.*

- Este documento reconoce que (a) mucha de la información usada en el análisis inicial inherente es imprecisa, y que la información más precisa será más accesible con el tiempo. (b) La manera en que el activo es utilizado, junto con la aspiración asociada de desempeño también cambiarán con el tiempo y (c) La tecnología de mantenimiento continua evolucionando. Así una revisión periódica es necesaria si el Programa de manejo de activos derivado del MCC (RCM) es para asegurar que los activos continuarán cumpliendo con las aspiraciones actuales de funcionamiento de sus propietarios y usuarios.
- Por lo tanto, cualquier proceso MCC (RCM) debe proveer una revisión periódica de información tanto la usada para apoyar las decisiones y de las decisiones en sí mismas. El proceso usado para conducir tal revisión debe asegurar que todas las siete preguntas de la sección 5 continúen siendo respondidas satisfactoriamente y de una manera consistente con el criterio enunciado en los numerales 5.1 hasta 5.8.

19. *Formulación Matemática y Estadística.*

Cualquier fórmula matemática y estadística que sean usada en la aplicación del proceso (especialmente aquellas utilizadas para calcular los intervalos de cualquier tarea) deberán ser lógicamente sólidas y deberán ser dispuestas y aprobadas por el propietario o usuario del activo.

- Notas.

Palabras Claves. Mantenimiento Basado en Condición, Mantenimiento Predictivo, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Proactivo, MCC (RCM) Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, Mantenimiento Programado.