

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO DENTRO DEL CONTEXTO DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) Y LA APLICACIÓN EN UNA EMPRESA LOCAL

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

JÁCOME GUERRA ANABEL CAROLINA

OÑA PAUCAR TERESA MARIELA

DIRECTOR: ING IVÁN ZAMBRANO

Quito, Diciembre 2007

DECLARACIÓN

Nosotras, Anabel Carolina Jácome Guerra y Teresa Mariela Oña Paucar, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros 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.

ANABEL JÁCOME GUERRA

TERESA OÑA PAUCAR

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Anabel Carolina Jácome Guerra y Teresa Mariela Oña Paucar, bajo mi supervisión.

Ing. Iván Zambrano
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el pilar fundamental en mi vida.

A mis padres por ser el reflejo más claro del amor de Dios.

Al Ing. Iván Zambrano por la dirección de la tesis y amistad que nos brindo.

A ti Daniel por tu apoyo y amor constante e incondicional, te amo.

A Anita por su amistad y apoyo a mis amigos que con su sonrisa motivaron en este reto: Liseth, Cristian, Miguel, Darwin Marco.

Mariela

AGRADECIMIENTO

A mis abuelitos Delia y Jesús por sus oraciones y por su apoyo.

A mis padres Carlos e Irene por su amor, dedicación y apoyo.

A mis hermanos Carlos, Juan, Francisco y Andrés por su sinceridad y alegría.

Al Ing. Iván Zambrano por su amistad y acertada dirección en esta tesis.

A Mariela por su amistad y su entrega durante la elaboración de esta tesis.

Anabel

DEDICATORIA

A Dios por la vida, por estar siempre a mi lado y sostenerme en los momentos duros de mi vida.

A mis padres por su apoyo y amor total, a mi madre por ser el pilar esencial a lo largo de mi vida, a mi padre por su confianza y alegría.

A mis hermanos Alex, Paty y Dávide por ser ejemplo de tenacidad, superación y amor.

Mariela

A mi madre Irene, gracias mamita por tu apoyo incondicional.

A mi hijo Sebastián por que su inocencia y su amor me han dado fuerzas para seguir adelante.

A mi esposo Ismael porque me ha brindado su amor y comprensión cada día desde que estamos juntos y me ha apoyado en los momentos más difíciles de mi vida.

Anabel

DEDICATORIA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I 1

FUNDAMENTOS Y EVALUACIÓN DEL AVANCE DEL TPM 1

1.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.....	1
1.1.1 DEFINICIÓN DEL TPM	1
1.1.2 OBJETIVOS DEL TPM.....	2
1.1.3 PILARES DEL TPM.....	2
1.1.3.1 Pilar 1: Mejoras Enfocadas.....	3
1.1.3.2 Pilar 2: Mantenimiento Autónomo.....	4
1.1.3.3 Pilar 3: Mantenimiento Planificado.....	5
1.1.3.4 Pilar 4: Mantenimiento de Calidad	6
1.1.3.5 Pilar 5: Prevención del Mantenimiento.....	6
1.1.3.6 Pilar 6: Liderazgo y Educación	7
1.1.3.7 Pilar 7: Seguridad, Higiene y Medio Ambiente.....	8
1.1.3.8 Pilar 8: Mantenimiento Administrativo.....	8
1.2 METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL TPM.....	9
1.3 ANÁLISIS INDIVIDUAL DE LAS TESIS REALIZADAS EN LA EPN RELACIONADAS CON EL TPM.	11
1.3.1 APLICACIONES Y CAPACITACIÓN DEL TPM EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS INDUSTRIAS	11
1.3.2 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) DENTRO DEL CONTEXTO DE LAS HERRAMIENTAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.	12
1.3.3 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN RECTIFICADORA DEL VALLE	13
1.3.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LA EMPRESA ECUAGOLOSINAS CIA. LTDA.	15
1.4 ANÁLISIS GENERAL	16

CAPÍTULO II 20

METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO

CON AYUDA DE UN SOFTWARE DE MANTENIMIENTO (PROTOTIPO) 20

2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA IMPLEMENTAR EL MANTENIMIENTO PLANIFICADO	20
2.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO ..	21
2.1.1 IDENTIFICAR EL PUNTO DE PARTIDA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS...	22
2.1.1.1 Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento	22
2.1.1.2 Recopilar información de los equipos	22
2.1.1.3 Codificar los equipos	23
2.1.1.4 Reunir históricos de averías e intervenciones.....	23
2.1.1.5 Registros MTBF	24
2.1.1.6 Sistema de costos de mantenimiento	25
2.1.1.7 Historial del equipo	26
2.1.1.8 Clasificación de los equipos	26
2.1.2 ELIMINAR EL DETERIORO DE LOS EQUIPOS Y MEJORAR SU ESTADO. .	27
2.1.2.1 Selección de los equipos.....	28
2.1.2.2 Identificar el problema y conocer su situación actual.....	28
2.1.2.3 Diagnóstico del problema	29
2.1.2.4 Formular el plan de acción	30
2.1.2.5 Implantar mejoras.....	30
2.1.2.6 Evaluar los resultados	30
2.1.2.7 Estandarizar para evitar repetición de averías.....	30
2.1.3 MEJORAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	30
2.1.3.1 Diagnóstico del programa de mantenimiento.....	31
2.1.3.2 Crear un software de mantenimiento.....	31
2.1.3.2.1 Preparar y reunir información.....	31
2.1.3.2.2 Clasificar la información.....	31
2.1.3.2.3 Establecer Requerimientos del diseño del Software (SRS).....	33
2.1.3.2.4 Desarrollo del software	34
2.1.3.3 Mejorar el software de mantenimiento existente	35
2.1.3.3.1 Analizar los SRS del software existente.....	35
2.1.3.3.2 Determinar los SRS necesarios del software	35
2.1.3.3.3 Comparar y determinar elementos faltantes	36
2.1.3.3.4 Completar el software existente.....	36
2.1.3.4 Software existente adecuado	36
2.1.3.5 Ingresar información.....	36

2.1.3.6 Obtención de servicios del software	36
2.1.3.6 Asignar actividades de mantenimiento	37
2.1.4 MEJORAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	37
2.1.4.1 Seleccionar equipos	37
2.1.4.2 Identificar partes y/o elementos	38
2.1.4.3 Programa inicial de frecuencias.....	38
2.1.4.4 Preparar estándares de mantenimiento.....	40
2.1.4.5 Gestionar la información de Mantenimiento Contratado	40
2.1.4.5.1 Generar la orden de trabajo.....	40
2.1.4.5.2 Informe de reparación.....	40
2.1.4.5.3 Control del mantenimiento contratado	40
2.1.4.5.4 Ingresar los datos del mantenimiento contratado al software.....	41
2.1.4.6 Gestión de repuestos, insumos y materiales	41
2.1.4.6.1 Gestión de repuestos adecuada	41
2.1.4.6.2 Gestión de repuestos inadecuada o no existe	41
2.1.4.7 Asegurar la calidad del mantenimiento.....	42
2.1.5 DESARROLLAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	44
2.1.5.1 Introducir tecnología para el diagnóstico de equipos.	45
2.1.5.2 Formar al personal, sobre tecnología para el diagnóstico de equipos.....	46
2.1.5.3 Preparar diagramas de flujo de procesos del Mantenimiento Predictivo. ...	46
2.1.5.4 Aplicar la tecnología de Mantenimiento Predictivo.....	46
2.1.5.5 Mejorar la tecnología de diagnóstico: automatizar la toma de información, tele-transmisión y procesos vía Internet.	46
2.1.6 DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	47
2.1.6.1 Evaluar el progreso del MTBF y otros índices.	47
2.1.6.2 Evaluar económicamente los beneficios del sistema de mantenimiento periódico.....	48
2.1.6.3 Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico.....	48
2.1.6.4 Explorar tecnología emergente.....	48

CAPÍTULO III 49

APLICACIÓN DE LA METOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL PILAR

MANTENIMIENTO PLANIFICADO DEL TPM EN TREFILEC CÍA. LTDA. 49

3.1 ESTUDIO INICIAL DE TREFILEC CÍA. LTDA.....	49
--	----

3.1.1 CARACTERISTICAS DE LA EMPRESA	49
3.1.1.1 Misión y Visión y Objetivos de la empresa.....	50
3.1.1.2 Antecedentes	51
3.1.1.3 Ubicación	51
3.1.1.4 Productos que ofrece la empresa	52
3.1.2 ESTUDIO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	52
3.1.2.1 Maquinaria de la empresa	53
3.1.2.2 Procesos de producción	54
3.1.2.3 Descripción de las secciones productivas de la empresa	55
3.1.2.4 Diagramas de procesos.....	57
3.1.3 SECCIÓN PILOTO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL TPM	59
3.1.3.1 Elección de la sección piloto.....	59
3.1.3.2 Elección del equipo piloto.....	59
3.1.3.3 Evaluación inicial de la sección piloto.....	61
3.2 IMPLANTACION DEL TPM EN TREFILEC CIA. LTDA.	63
3.2.1 DECLARACIÓN POR PARTE DE LA GERENCIA DE LA INTRODUCCIÓN DEL TPM	63
3.2.2 CAMPAÑA DE EDUCACIÓN INTRODUCTORIA.....	63
3.2.3 ESTABLECIMIENTO DE GRUPOS DE TRABAJO	64
3.2.4 ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS.....	65
3.2.5 PREPARACION DEL PLAN MAESTRO DE IMPLANTACION DEL TPM.....	65
3.2.6 LANZAMIENTO DEL TPM	65
3.2.7 ESTABLECIMEINTO DE SISTEMAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION.....	65
3.2.7.1 Implementación de las 5S	66
3.2.7.1.1 Implantación de Seiri (Clasificar)	66
3.2.7.1.2 Implementación de Seiton (Ordenar)	69
3.2.7.2 Implantación del Mantenimiento Autónomo	72
3.2.7.2.1 Limpieza inicial e inspección.....	72
3.2.7.2.2 Reducción de las causas de las fuentes de contaminación	75
3.2.7.2.3 Preparación de estándares de limpieza, lubricación e inspección.....	76
3.2.7.2.4 Inspección general.....	76
3.2.7.2.5 Inspección autónoma.....	77
3.2.7.2.6 Estandarización	77
3.2.7.2.7 Control autónomo total	77
3.2.7.3 Implantación del pilar de Seguridad Higiene y Medio ambiente.....	78

3.2.7.3.1 Evaluación inicial de Seguridad Higiene y Medio ambiente de las secciones de la empresa	78
3.2.7.3.2 Metodología de implantación	80
3.3 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO	83
3.3.1 IDENTIFICAR EL PUNTO DE PARTIDA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS...83	
3.3.1.1 Analizar y diagnosticar el área de mantenimiento.....	83
3.3.1.2 Recopilar información de los equipos	84
3.3.1.3 Codificar los equipos	86
3.3.1.4 Reunir históricos de averías e intervenciones.....	88
3.3.1.5 Registros MTBF	88
3.3.1.5.1 Calcular el índice Tiempo Medio entre Fallas	88
3.3.1.5.2 Realizar el formato de la tabla MTBF.....	88
3.3.1.6 Sistema de costos de mantenimiento	92
3.3.1.7 Historial del equipo	93
3.3.1.8 Clasificación de los equipos	93
3.3.2 ELIMINAR EL DETERIORO DE LOS EQUIPOS DE TREFILEC CIA. LTDA. Y MEJORAR SU ESTADO.....	94
3.3.2.1 Seleccionar los equipos.....	94
3.3.2.2 Identificar el problema y conocer su situación actual	94
3.3.2.3 Diagnóstico del problema	96
3.3.2.3.1 Aplicación de análisis Por qué – Por qué.....	96
3.3.2.3.2 Aplicación del análisis PM (Physical Method)	98
3.3.2.4 Formular el plan de acción	104
3.3.2.5 Implantar mejoras.....	106
3.3.2.6 Evaluar los resultados	106
3.3.2.7 Estandarizar para evitar repetición de averías.....	106
3.3.3 MEJORAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN TREFILEC CIA. LTDA.	109
3.3.3.1 Diagnóstico del programa de mantenimiento.....	109
3.3.3.2 Crear un software de mantenimiento.....	109
3.3.3.2.1 Preparar y reunir información.....	109
3.3.3.2.2 Clasificar la información.....	110
3.3.3.2.3 Establecer requerimientos del diseño del software (SRS).....	110
3.3.4 PASO CUATRO MEJORAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	118
3.3.4.1 Seleccionar equipos	118

3.3.4.2	Identificar partes y/o elementos	119
3.3.4.3	Programa inicial de frecuencias.....	121
3.3.4.4	Preparar estándares de mantenimiento.....	121
3.3.4.5	Gestión de repuestos, materiales e insumos	121
3.3.4.5.1	Realizar un inventario de repuestos, materiales e insumos	121
3.3.4.5.2	Clasificación del inventario según el sistema ABC.....	121
3.3.4.5.3	Adquisición de repuestos, insumos y materiales.....	122
3.3.4.5.4	Control de repuestos	122
3.3.4.6	Asegurar la calidad del mantenimiento.....	123
3.3.4.6.1	Cumplimiento de los requisitos de calidad en la empresa.....	123
3.3.4.6.2	Control de la calidad del mantenimiento	124
3.3.4.7	Gestión de información del Mantenimiento Contratado	125
3.3.5	DESARROLLAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN TREFILEC CIA. LTDA.....	128
3.3.5.1	Introducir tecnología para el diagnóstico de equipos.	128
3.3.5.1.1	Identificar los equipos	128
3.3.5.1.2	Utilizar y analizar los datos históricos de los equipos.....	129
3.3.5.1.3	Plantear tecnologías tentativas adecuadas.....	129
3.3.5.1.4	Seleccionar la tecnología que se va aplicar	129
3.3.5.1.5	Proveerse del equipamiento para la tecnología	129
3.3.5.2	Formar al personal sobre tecnología para el diagnóstico de equipos.....	130
3.3.5.3	Preparar diagramas de flujo de procesos del Mantenimiento Predictivo.	130
3.3.5.4	Aplicar la tecnología de Mantenimiento Predictivo.....	130
3.3.5.5	Mejorar la tecnología de diagnóstico: automatizar la toma de información, tele-transmisión y procesos vía Internet.	130
3.3.6	DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	132
3.3.6.1	Evaluar el progreso del MTBF y otros índices.	132
3.3.6.2	Evaluar económicamente los beneficios del sistema de mantenimiento.	132
3.3.6.3	Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico.....	133
3.3.6.4	Explorar tecnología emergente.....	133

CAPÍTULO IV 134

ANÁLISIS FINAL DE TREFILEC CIA. LTDA. 134

4.1	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FINAL DE LA EMPRESA.....	134
-----	--	-----

4.1.1 EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN FINAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD EN LA EMPRESA	134
4.1.2 EVALUACIÓN FINAL DE SEGURIDAD E HIGIENE.	134
4.1.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FINAL DE LA EMPRESA.	136
4.1.3.1 Análisis de la situación final de mantenimiento y calidad en la empresa	136
4.1.3.2 Análisis final de seguridad e higiene.....	136
4.1.3.2.1 Análisis de Seguridad e Higiene del operario.....	138
4.1.3.2.2 Análisis de Seguridad e Higiene del medio ambiente	138
4.1.3.2.3 Análisis de Seguridad del equipo.....	139
4.2 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS FINAL DE LA SECCIÓN PILOTO DE LA EMPRESA	139
4.2.1 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS Y DE LOS OPERARIOS.....	139
4.2.2 ANÁLISIS FINAL DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS Y OPERARIOS.....	140
4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS 5S, MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, SEGURIDAD E HIGIENE.	142
4.3.1 IMPLANTACIÓN DE LAS 5S	142
4.3.2 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO	142
4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO	144
4.4.1 IDENTIFICAR EL PUNTO DE PARTIDA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS.	144
4.4.2 ELIMINAR EL DETERIORO DE LOS EQUIPOS Y MEJORAR SU ESTADO	144
4.4.3 MEJORAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO	144
4.4.4 MEJORAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	145
4.4.5 DESARROLLAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO	145
4.4.6 DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO	145
CAPÍTULO V	146
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
5.1 CONCLUSIONES	146
5.2 RECOMENDACIONES	148

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 PILARES DEL TPM	3
FIGURA 1.2 CAUSAS DE INTERRUPCIONES Y TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	5
FIGURA 1.3 METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL TPM.	13
FIGURA 1.4 METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL TPM	14
FIGURA 1.5 METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL TPM	16

FIGURA 1.6 EVOLUCIÓN DEL AVANCE DEL TPM EN LAS TESIS DE LA EPN	17
FIGURA 2.1 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO. 21	21
FIGURA 2.2 TABLA MTBF	25
FIGURA 2.3 PASOS PARA ELIMINAR EL DETERIORO DE LOS EQUIPOS Y MEJORAR SU ESTADO	27
FIGURA 2.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN	32
FIGURA 2.5 REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO DEL SOFTWARE (SRS).....	33
FIGURA 2.6 MEJORA DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.....	37
FIGURA 2.7 REQUISITOS PARA ASEGURAR LA CALIDAD DEL MANTENIMIENTO	43
FIGURA 2.8 DESARROLLO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	45
FIGURA 2.9 FASES PARA INTRODUCIR TECNOLOGÍA PARA DIAGNÓSTICO DE EQUIPOS.....	45
FIGURA 2.10 PASOS PARA CONSTRUIR UN DIAGRAMA DE FLUJO.....	46
FIGURA 2.11 FASES PARA EL DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	47
FIGURA 3.1 PARÁMETROS BÁSICOS PARA CONOCER UNA EMPRESA	49
FIGURA 3.2 DIRECCIÓN DE LA NUEVA PLANTA DE TREFILEC.....	51
FIGURA 3.3 SECCIÓN BODEGA DE MATERIA PRIMA.....	55
FIGURA 3.4 SECCIÓN DE PESAJE.....	55
FIGURA 3.5 SECCIÓN DE TREFILACIÓN.....	56
FIGURA 3.6 SECCIÓN DE ENDEREZADA.....	56
FIGURA 3.7 SECCIÓN DE MALLAS.....	57
FIGURA 3.8 SECCIÓN TALLER MECÁNICO	57
FIGURA 3.9 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE VARILLA CONFORMADO EN FRÍO	58
FIGURA 3.10 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE MALLAS.....	59
FIGURA 3.11 CAMPAÑA DE EDUCACIÓN INTRODUCTORIA	63
FIGURA 3.12 GRUPO DE LÍDERES PARA EL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	65
FIGURA 3.13 DISPOSICIÓN FINAL DE LOS HERRAMIENTAS NECESARIOS.....	70
FIGURA 3.14 FORMATOS DE LAS TARJETAS DE DEFECTOS BLANCAS Y ROJAS.....	74
FIGURA 3.15 UBICACIÓN DE LAS TARJETAS DE DEFECTOS EN LOS EQUIPOS DE TREFILEC	74
FIGURA 3.16 ETIQUETA PARA LOS EQUIPOS	86
FIGURA 3.17 EQUIPOS CON NÚMERO DE SERIES.....	86
FIGURA 3.18 DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DE LOS RODILLOS	102
FIGURA 3.19 FORMULARIO PRINCIPAL	112
FIGURA 3.20 FORMULARIO CATÁLOGO DE EQUIPOS.....	113
FIGURA 3.21 FORMULARIO CATÁLOGO DE RECURSOS	113
FIGURA 3.22 INGRESO DE PARTES Y SUB-PARTES	114
FIGURA 3.23 INGRESO PLANES DE MANTENIMIENTO	115
FIGURA 3.24 FORMULARIO CATÁLOGO	115
FIGURA 3.25 FORMULARIO GENERAR ORDEN DE TRABAJO.....	116

FIGURA 3.26 FORMULARIO ORDEN DE TRABAJO	116
FIGURA 3.27 FORMATO ORDEN DE TRABAJO.....	117
FIGURA 3.28 FORMULARIO RECURSOS ORDEN DE TRABAJO.....	117
FIGURA 3.29 FORMULARIO MANTENIMIENTO CORRECTIVO	118
FIGURA 3.31 PARTES Y SUB-PARTES DE LA TREFILADORA 1 PARA EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO	120
FIGURA 3.30 PARTES Y SUB-PARTES DE LA ENDEREZADORA 2 PARA EL MANTENIMIENTO PERIÓDICO	120
FIGURA 3.32 DIAGRAMA DE FLUJOS DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	131

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1 OBJETIVOS DEL TPM	2
TABLA 1.2 PASOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS ENFOCADAS	4
TABLA 1.3 NUMERACIÓN DE TESIS	17
TABLA 1.4 EVALUACIÓN DEL AVANCE DEL TPM.....	18
TABLA 2.1 COSTOS DE MANTENIMIENTO	26
TABLA 2.2 COMPARACIÓN ENTRE DOS ALTERNATIVAS.....	35
TABLA 2.3 CÓDIGOS DE LAS FRECUENCIAS.....	38
TABLA 2.4 FRECUENCIAS INICIALES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO PARA COMPONENTES ESTRUCTURALES.....	39
TABLA 2.5 FRECUENCIAS INICIALES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO PARA COMPONENTES MECÁNICOS.....	39
TABLA 2.6 FRECUENCIAS INICIALES DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO PARA COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	39
TABLA 3.1 PRODUCTOS FABRICADOS EN TREFILEC	52
TABLA 3.2 REGISTRO DE EQUIPOS DE TREFILEC	53
TABLA 3.3 SELECCIÓN DE LA SECCIÓN PILOTO	60
TABLA 3.4 SELECCIÓN DEL EQUIPO PILOTO.....	60
TABLA 3.5 PROMEDIOS DEL OEE Y LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS TRABAJADORES. .	61
TABLA 3.6 ANÁLISIS INICIAL DEL OEE Y DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS OPRERARIOS	62
TABLA 3.7 INVENTARIO DE ELEMENTOS INNECESARIOS DE LA SECCIÓN DE ENDEREZADA	66
TABLA 3.8 INVENTARIO DE ELEMENTOS INNECESARIOS DE LA SECCIÓN DE TREFILACIÓN.....	67
TABLA 3.9 GESTIÓN DE ELEMENTOS INNECESARIOS DE LA SECCIÓN DE TREFILACIÓN	68
TABLA 3.10 GESTIÓN DE ELEMENTOS INNECESARIOS DE LA SECCIÓN DE ENDEREZADA	68
TABLA 3.11 AUDITORIA SEIRI PARA LAS SECCIONES DE TREFILACIÓN Y ENDEREZADA	69
TABLA 3.12 LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS NECESARIOS	71
TABLA 3.13 ELEMENTOS NECESARIOS PARA LA LIMPIEZA.....	72
TABLA 3.14 DETALLE DE DEFECTOS PRESENTES	73
TABLA 3.15 FUENTES DE CONTAMINACIÓN EN LAS SECCIONES.....	75
TABLA 3.16 AUDITORIA DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	78
TABLA 3.17 ZONAS ACEPTABLES Y NO ACEPTABLES.....	79
TABLA 3.18 RESUMEN DE RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INICIAL DE SEGURIDAD E HIGIENE	79
TABLA 3.19 VALORES MÁXIMOS DE REFLECTANCIA.....	81
TABLA 3.20 ÍNDICE DE REFLECTANCIA.....	81

TABLA 3.21 ALTERNATIVAS PARA EL COLOR DE LAS SUPERFICIES.	82
TABLA 3.22 EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CALIDAD DE LA EMPRESA	86
TABLA 3.23 REGISTRO DE CODIFICACIÓN	88
TABLA 3.24 TABLA DE ANÁLISIS MTBF.....	89
TABLA 3.25 DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDOTE LAS TABLAS MTBF	90
TABLA 3.26 DEFINICIONES PARA CUADRO DE REGISTROS.....	90
TABLA 3.27 CLAVES PARA CUADRO DE REGISTRO MTBF.....	91
TABLA 3.28 TIPO DE COSTOS DE MANTENIMIENTO.....	92
TABLA 3.29 ESTRATIFICACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA TREFILADORA 1	94
TABLA 3.30 ESTRATIFICACIÓN DE INFORMACIÓN DE LA ENDEREZADORA 2.....	95
TABLA 3.31 ANÁLISIS POR QUÉ – POR QUÉ DE LA ENDEREZADORA 2.....	97
TABLA 3.32 CLARIFICACIÓN DEL FENÓMENO.....	98
TABLA 3.33 PRINCIPIOS OPERATIVOS DE LA ENDEREZADORA 2.....	99
TABLA 3.34 IDENTIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES QUE PRODUCEN EL FENÓMENO..	100
TABLA 3.35 RELACIONES EXISTENTES ENTRE LOS FACTORES CAUSALES Y LAS 4M DE PRODUCCIÓN	101
TABLA 3.36 NIVELES PERMISIBLES DE ALINEAMIENTO PARA LA ENDEREZADORA 2...	103
TABLA 3.37 PLAN DE ACCIÓN PARA LA ENDEREZADORA 2.....	105
TABLA 3.38 EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	107
TABLA 3.39 INFORME “APRENDER DE LAS AVERÍAS”	108
TABLA 3.40 TIPO DE USUARIOS Y CARACTERÍSTICAS	111
TABLA 3.41 TABLA DE POISSON.....	125
TABLA 3.42 ORDEN DE TRABAJO EXTERNO.....	126
TABLA 3.43 INFORME DE REPARACIÓN.....	127
TABLA 3.44 TABLA DE DETECTABILIDAD DE MODO DE FALLA.....	128
TABLA 4.1 EVALUACIÓN FINAL DEL MANTENIMIENTO Y CALIDAD DE LA EMPRESA ...	135
TABLA 4.2 RESUMEN DE EVALUACIÓN FINAL DE SEGURIDAD E HIGIENE	136
TABLA 4.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FINAL DEL MANTENIMIENTO Y CALIDAD EN LA EMPRESA	137
TABLA 4.4 ANÁLISIS DE EVALUACIÓN DEL PILAR DE SEGURIDAD E HIGIENE.....	138
TABLA 4.5 PROMEDIO DEL OEE Y DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS OPERARIOS.....	139
TABLA 4.6 ANÁLISIS FINAL DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS Y OPERARIOS	141

ÍNDICE DE GRÁFICOS

ÍNDICE DE ECUACIONES

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

En el primer capítulo se desarrolla con claridad los conceptos, principios básicos, desarrollo de los pilares y las actividades concretas a realizarse para la implantación del TPM, además se realiza un análisis individual de las tesis sobre el Mantenimiento Productivo Total desarrolladas en la Escuela Politécnica Nacional con el fin de visualizar las áreas desconocidas a ser tratadas, investigadas y aplicadas.

En el segundo capítulo se desarrolla paso a paso las técnicas de implantación, del Mantenimiento Planificado, uno de los pilares fundamentales del TPM con el fin de establecer una metodología modelo aplicable a cualquier industria que adopte la filosofía del TPM.

El tercer capítulo presenta la manera de implantar la metodología del Mantenimiento Planificado en una empresa local y se desarrolla un software (prototipo) de mantenimiento como herramienta de apoyo para esta metodología. Previo a esta implantación se realiza un estudio de la empresa mediante cálculo de indicadores, posteriormente se implanta las 5S y los pilares Mantenimiento Autónomo y Seguridad e Higiene.

En el cuarto capítulo se expone el análisis y resultados de la implantación del Mantenimiento Productivo Total. Este análisis se refiere a la implantación de las actividades preliminares como Cálculo de la Eficiencia Global de los Operarios, OEE, 5 S y de los pilares del Mantenimiento Productivo Total.

En el quinto capítulo se presenta las Conclusiones y Recomendaciones que permitan orientar a decisiones a fin de obtener los mejores resultados en la implantación del TPM.

PRESENTACIÓN

Actualmente la Industria Ecuatoriana afronta el gran reto de la globalización, por tal razón en su sistema de producción es necesario incluir sistemas de Gestión de Mantenimiento.

Las industrias que desarrollan planes de mejoras y diagnostican la necesidad de incrementar la eficiencia y productividad en sus empresas no escapan a considerar la filosofía del TPM como la mejor opción.

La finalidad del presente proyecto es avanzar en el desarrollo del Mantenimiento Productivo Total con la realización de una metodología genérica de implantación del Mantenimiento Planificado pilar fundamental del TPM.

El presente trabajo propone una alternativa para que las industrias puedan mantenerse competitivas dentro del mercado mediante actividades como: eliminación de pérdidas en el sistema productivo, aumento en la eficiencia global de los equipos y operarios, aumento de la productividad, reducción de productos con defectos entre otras.

Este proyecto presenta además de la metodología del Mantenimiento Planificado un ejemplo real de implantación del TPM en una empresa local perteneciente a las PYMES, venciendo a la realidad y limitaciones que presentan las industrias ecuatorianas y sobre todo a la cultura y paradigmas existentes en el personal, además se desarrolla un software de Mantenimiento como herramienta de apoyo para la metodología propuesta.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS Y EVALUACIÓN DEL AVANCE DEL TPM

En la actualidad, los mercados globalizados exigen niveles competitivos en productividad y calidad, que no se logra en corto plazo sino mediante estrategias de orientación sistemática, que hagan énfasis en el factor humano como motor de sus resultados.

Aquellas industrias que diagnostican la necesidad de aumentar su productividad y rentabilidad, tienden a considerar la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM) como la mejor opción.

En este capítulo se desarrolla con claridad los conceptos y principios básicos del TPM y se enfoca fundamentalmente en el desarrollo de sus pilares y en las actividades concretas a realizar para su implantación. Posteriormente se efectúa un análisis individual de cada una de las tesis sobre el TPM desarrolladas en la Escuela Politécnica Nacional, con el fin de tener un enfoque claro del avance de este tema, el análisis individual permite la obtención de un análisis global del camino que se ha recorrido en el campo del Mantenimiento Productivo Total, dando la visión de las áreas desconocidas a ser tratadas, investigadas y aplicadas.

1.1 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

1.1.1 DEFINICIÓN DEL TPM

TPM es un sistema compuesto de actividades que se desarrollan en una empresa con el fin de mejorar la capacidad competitiva dentro del mercado, mediante la eliminación de todo tipo de “derroche” o pérdidas que se presentan en los sistemas productivos, esto se logra con la contribución de los integrantes comprometidos en la búsqueda de la perfección en las operaciones de la empresa.

El TPM contribuye al logro de los objetivos estratégicos de las operaciones de un negocio como son: alta productividad, mejores costos, desarrollo e innovación del

talento de las personas, mejora tecnológica, excelente calidad, alta disciplina en el trabajo y seguridad.

1.1.2 OBJETIVOS DEL TPM

Los objetivos que se muestran en la Tabla 1.1, son alcanzados mediante la realización de mejoras dentro de la empresa, optimizando los recursos físicos y humanos.

Objetivo	Medida	Meta
Reducir fallas en los equipos	xx/mes	menos de 10 fallas al mes
Relacionar fallos en los equipos	xxx cada hora	menos de 0,1% cada hora
Reducir frecuencia de fallos en equipos	0,x %	menos de 0,2%
Reducir tiempos de parada	Xx horas por mes	menos de 1/5
Aumentar la Eficiencia Global de los equipos y de los trabajadores	OEE	más del 85%
Aumentar la productividad	xx%	más del 50%
Reducir productos con defectos	0,x %	menos de 0,1%
Economizar la energía	Valor de referencia	menos de 70%
Reducir accidentes de trabajo	X al año	0 al año

Tabla 1.1 Objetivos del TPM¹

1.1.3 PILARES DEL TPM

Pilar o proceso fundamental es un conjunto de acciones, que tiene un propósito específico en el progreso de una empresa, cada uno de los pilares tiene una función determinada, liderados por responsables de las diferentes áreas e involucrando a todos los empleados, además existe una conexión de realización entre los pilares que tienen los siguientes efectos escalonados:

- Eliminar las pérdidas
- Prevenir que vuelvan aparecer
- Transformar radicalmente el sistema productivo
- Lograr el desarrollo de las personas
- Conseguir la transformación de la empresa.²

¹ www.ceroaverias.com

² www.manufacturaesbelta.com

Los pilares del TPM son mostrados en la Figura 1.1

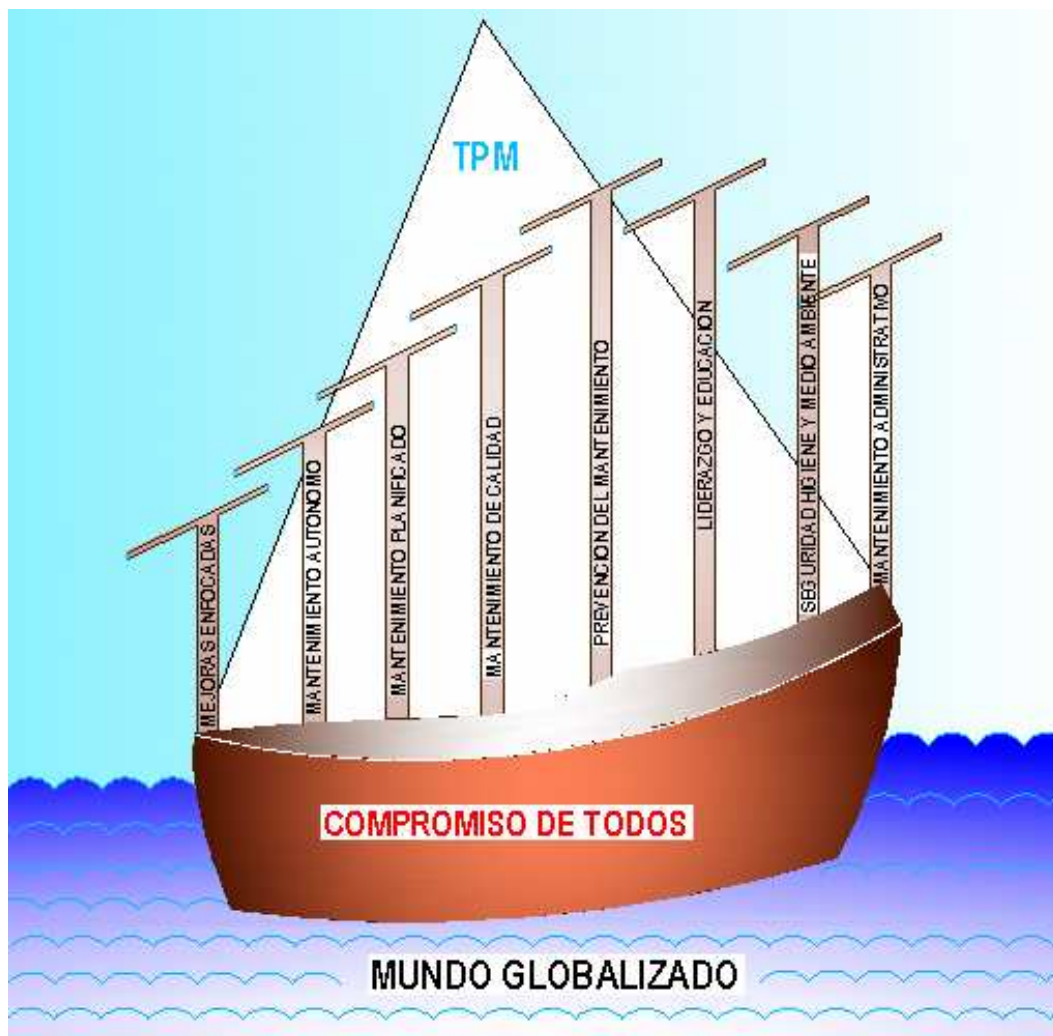


Figura 1.1 Pilares del TPM

1.1.3.1 Pilar 1: Mejoras Enfocadas

En este pilar se maximiza la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) y de los Recursos Humanos en los procesos de producción dentro de la planta, todo esto se realiza mediante un trabajo organizado en grupos, empleando técnicas específicas y centrandó la atención en la eliminación de los desperdicios que se presentan en las plantas industriales. Si ya existe un desarrollo de actividades de mejora en la empresa, se debe incorporar dentro de este proceso las herramientas desarrolladas en base al TPM. Los pasos a seguir para la implementación de mejoras enfocadas se detallan en la Tabla 1.2:

PASOS	CARACTERISTICAS
Selección del tema de estudio	Se elige el tema de acuerdo con las necesidades de la gerencia, problemas de calidad, de entregas y factores innovadores.
Crear una estructura	Se crea grupos de trabajo con el personal de las diferentes áreas.
Identificar la situación actual y establecer los objetivos	Reconocer las pérdidas asociadas con el problema, así como las averías y fallos para representarlos gráficamente.
Hacer un diagnóstico del problema en estudio	Se usan técnicas como: método Por qué-Por qué, método PM, técnicas de mejora de la calidad y análisis modal de fallos y efectos.
Formular un plan de acción	Desarrollar las actividades y tareas para lograr los objetivos.
Implantar mejoras	Implantar el plan de acción.
Evaluar los resultados	Publicar las mejoras obtenidas.

Tabla 1.2 Pasos para la implementación de mejoras enfocadas

1.1.3.2 Pilar 2: Mantenimiento Autónomo

El Mantenimiento Autónomo es básicamente la prevención del deterioro en los equipos y componentes, consta de un conjunto de actividades que son realizadas diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan. Estas actividades se rigen a estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser capacitados de manera que tengan los conocimientos necesarios para operar correctamente los equipos.

El Mantenimiento Autónomo Incluye:

- Limpieza diaria, que se considera como un proceso de inspección.
- Inspección de los puntos claves del equipo, en busca de fugas, fuentes de contaminación, exceso o defecto de lubricación, etc.
- Lubricación básica periódica de los puntos claves del equipo.
- Pequeños ajustes
- Formación-Capacitación técnica para todos los operarios
- Reporte de fallas que no puedan repararse cuando se detecten³

Las causas de interrupciones y sus técnicas de mantenimiento respectivas se muestran en la Figura 1. 2.

³ www.ceroaverías.com

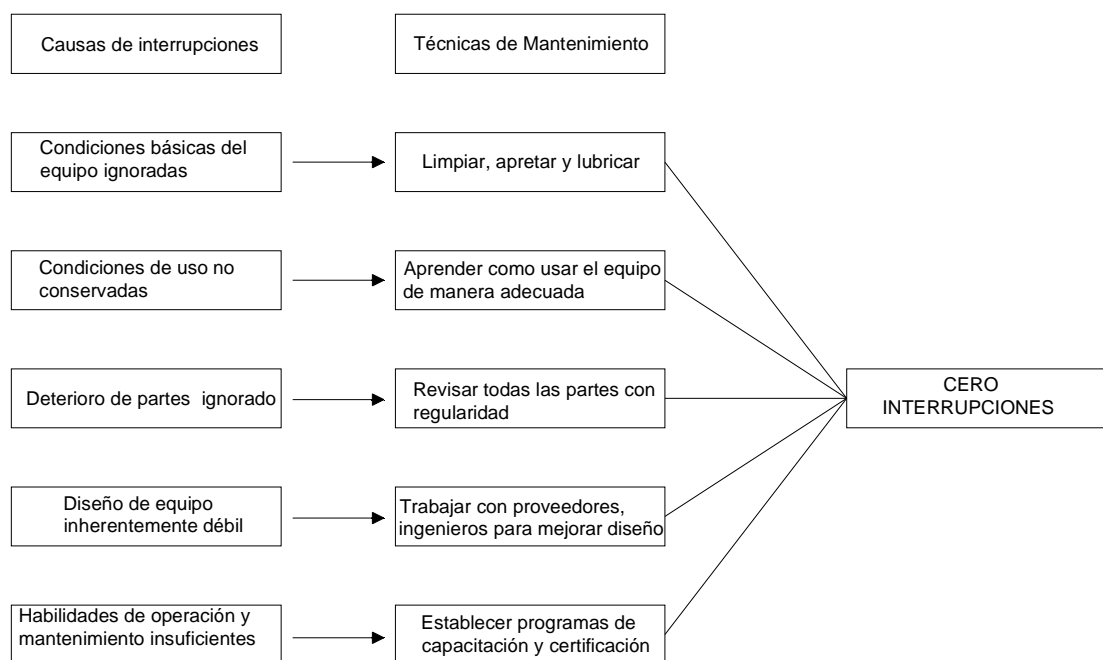


Figura 1.2 Causas de interrupciones y técnicas de mantenimiento

1.1.3.3 Pilar 3: Mantenimiento Planificado

El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial. El pilar Mantenimiento Planificado sugerido por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) se implanta en seis pasos.

1.- Identificar el punto de partida del estado de los equipos

Se perfecciona la información disponible sobre los equipos, para crear la base de datos histórica que posteriormente será utilizada para diagnosticar los problemas de estos.

2.- Eliminar el deterioro de los equipos y mejorarlo

Se eliminan los problemas en los equipos y se implementan acciones para evitar fallas similares en otros equipos.

3.- Mejorar el sistema de gestión para la información

Se realiza una base de datos para la gestión de la información, si ya se tiene se determina si esta es la adecuada, de lo contrario se mejora. Antes de implantar la gestión de información es fundamental crear modelos de sistemas de información de fallas y averías para su eliminación.

4.- Mejorar el sistema de Mantenimiento Periódico

Se establecen estándares de mantenimiento como: realizar un trabajo de preparación para el mantenimiento periódico, crear flujos de trabajo, identificar equipos, piezas, elementos, definir estrategias de mantenimiento y desarrollar un sistema de gestión para el mantenimiento contratado.

5.- Desarrollar un sistema de Mantenimiento Predictivo

Se introduce un sistema de Mantenimiento Predictivo, para el cual se debe: diseñar flujos de trabajo, seleccionar tecnología para el diagnóstico de equipos, realizar formación de personal, identificar los equipos para la aplicación de la tecnología predictiva y mejorar la toma de información.

6.- Desarrollo superior del sistema de Mantenimiento Periódico

Se mejora el sistema de Mantenimiento Periódico utilizando los puntos de vista técnicos, organizativos y humanos.⁴

1.1.3.4 Pilar 4: Mantenimiento de Calidad

El Mantenimiento de Calidad es una clase de Mantenimiento Preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante, es así que este pilar tiene como objetivo, facilitar la operación de los equipos donde se generen defectos de calidad mediante la prevención, lo que certifica que la máquina cumpla las condiciones para lograr cero defectos en el producto.

1.1.3.5 Pilar 5: Prevención del Mantenimiento

El pilar Prevención del Mantenimiento es exclusivo ya que es aplicable en las empresas innovadoras donde la actualización de equipos es continua, esta restricción es debido a que las actividades de mejora de este pilar, se dan en la fase de diseño y construcción inclusive en la puesta a punto de los equipos, focalizándose en la reducción de costos durante la producción.

En las actividades de mejora es recomendable la utilización de los historiales correspondientes a las máquinas, que provienen de documentos o bases de

⁴ [www. Monografias-Xpertia.htm](http://www.Monografias-Xpertia.htm)

datos, para prevenir errores pasados y utilizar esta información para posteriores actualizaciones de los equipos.

1.1.3.6 Pilar 6: Liderazgo y Educación

Para evaluar este pilar se inicia con una medición de las pérdidas del sistema productivo, consecuentemente el auto desarrollo y la práctica son factores importantes para lograr una transformación de la cultura de trabajo existente en la empresa, con lo cual se adquiere un compromiso y resultados efectivos tanto en la productividad como en el comportamiento humano.

Los principios fundamentales de este pilar son:

- Eliminar pérdidas producidas por la falta de habilidades del personal operativo y mantenimiento.
- Eliminar las pérdidas del sistema de liderazgo y educación utilizado en la empresa para el desarrollo de capacidades.

El modelo de educación sugerido por el JIMP se fundamenta en:

Auto estudio

El auto estudio genera responsabilidad y compromiso del personal para su propio crecimiento. Es el autocontrol aplicado en la motivación, confianza y formación, que es la base de los principios de revitalización de las áreas de trabajo. Para iniciar la práctica de un sistema de auto estudio, es necesario contar con los documentos de cada uno de los temas en los que se proyecta formar, estos temas no son programas indiscriminados sobre técnicas, sino más bien se debe orientar a las necesidades concretas de los equipos existentes en la empresa. Esta formación debe ser desarrollada por los líderes de cada área con el apoyo de los técnicos de la empresa y el responsable de la implantación del TPM, además son de mucha utilidad las listas elaboradas en el mantenimiento autónomo.

Práctica.

La utilización de este modelo es necesario aplicar en situaciones concretas de la empresa, el aprendizaje adquirido por cada operario es sobre los temas

que se han concretado anteriormente, estos deben estudiar cada lección a través de la gestión diaria del TPM.

El supervisor evalúa a los operarios si han estudiado el tema, resuelve dudas y asigna un trabajo concreto en donde el operario debe practicar el conocimiento adquirido. La validez de la formación tradicional para el TPM, se concreta con una reunión con los operarios y se realiza una conferencia sobre los temas.

Entrenamiento en el puesto de trabajo.

Después de la adquisición del conocimiento teórico por parte de los trabajadores, se procede a la aplicación en situaciones concretas de la empresa. El conocimiento de las operaciones y el desarrollo de habilidades debe ser el propósito de un sistema de educación para el TPM. El líder o supervisor es la imagen más importante para mantener el entusiasmo y dinámica de este modelo de educación.

1.1.3.7 Pilar 7: Seguridad, Higiene y Medio Ambiente

Todas las actividades asociadas a proyectos de ingeniería e intervenciones de montaje y mantenimiento, están permanentemente expuestas a grandes y pequeños riesgos de accidentes, lamentablemente la mayoría de los accidentes se debe a una gestión deficiente en relación a la prevención.

Este pilar desarrolla una gestión segura de los riesgos que evita la pérdida de vidas y de otros daños económicos, el adoptar una conducta de prevención es la nueva cultura del TPM.

1.1.3.8 Pilar 8: Mantenimiento Administrativo

Este pilar está dirigido directamente a las áreas administrativas, ya que estas influyen directamente en el costo del producto en las etapas del diseño y desarrollo del sistema de producción, evitando así pérdidas de información, coordinación en las actividades respectivas, orden y entrega de materia prima

entre otros factores importantes. Para lograr estos objetivos se utilizan técnicas o estrategias utilizadas en el mantenimiento autónomo por ejemplo las 5 S.⁵

1.2 METODOLOGIA DE IMPLANTACION DEL TPM

Existen doce pasos para la implantar el TPM.

1.- COMUNICAR LA DECISIÓN DE LA ALTA GERENCIA PARA IMPLEMENTAR EL TPM.

Manifiestar la decisión tomada por parte de la Alta Gerencia de implantar el TPM en la empresa, dando constante apoyo y firme liderazgo aunque el programa dependa de los responsables de la implementación del Mantenimiento Productivo Total.

2: CAMPAÑA EDUCACIONAL INTRODUCTORIA PARA EL TPM

Impartir varios cursos de TPM en los diversos niveles de la empresa. Se recomienda organizar jornadas de entrenamiento por jerarquías, ya que esto ayudará a seleccionar los temas necesarios para las diferentes áreas de trabajo, cubriendo las necesidades en cada nivel.

3.- ORGANIZACIÓN DE GRUPOS DE TRABAJO

Establecer una organización promocional y un modelo de mantenimiento de máquinas, mediante una organización formal en donde participan: Gerentes, Supervisores y Personal.

4.- FIJACIÓN DE POLÍTICAS BÁSICAS Y OBJETIVOS

Realizar las políticas y objetivos por escrito en documentos, que mencionen que el TPM es implantado como un medio para alcanzar las metas, las mismas que deben ser claras, cuantitativas y precisas. Además en este documento se debe adjuntar un análisis de las condiciones iniciales existentes.

⁵ www.ceroaverias.com

5.- DISEÑAR EL PLAN MAESTRO DEL TPM

Incluir un programa diario de promoción del TPM, se debe empezar por la fase anterior a la implementación y la capacitación. La mejor forma es de una manera lenta y permanente.

6.- LANZAMIENTO INTRODUCTORIO DEL TPM

Participan las personas de nivel alto y medio, quienes establecen los ajustes para el lanzamiento, todo el personal de la empresa es comunicado acerca del plan maestro y desde el día del lanzamiento, las rutinas de trabajo tradicionales deben cambiar y empezar a practicar el TPM.

7.- MEJORAMIENTO DE LA EFECTIVIDAD DEL EQUIPO.

Eliminar las pérdidas, determinar la Eficiencia Global de los equipos y analizar su incremento, para lo cual los ingenieros de producción y mantenimiento forman pequeños grupos y proponen tácticas de mejoramiento.

8.- ESTABLECER EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Los operarios deben realizar el mantenimiento de sus equipos y ser responsables por los mismos con la confianza y apoyo del personal de la empresa.

9.- ESTABLECER UN PROGRAMA DE AUTO MANTENIMIENTO

El paso anterior permite disminuir el volumen de trabajo de mantenimiento, es así que este departamento puede centrarse en su propia organización y establecer un programa de automantenimiento.

10.- CONDUCIR EL ENTRENAMIENTO PARA MEJORAR LAS HABILIDADES

El entrenamiento para la formación de habilidades de operación y mantenimiento son de acuerdo a las necesidades de la planta. La empresa debe invertir en capacitar a los operarios para la formación de estas habilidades.

11.- DESARROLLO TEMPRANO DE UN PROGRAMA DE GESTIÓN DE EQUIPOS

Se realizan inspecciones y revisiones en el período inicial para evitar el deterioro de los equipos. La gestión temprana es realizada por el personal de mantenimiento y producción, como parte de un enfoque de prevención de mantenimiento.

12.- IMPLANTACIÓN PLENA DEL TPM

El último paso es perfeccionar la implantación y fijar metas futuras.

1.3 ANALISIS INDIVIDUAL DE LAS TESIS REALIZADAS EN LA EPN RELACIONADAS CON EL TPM.

1.3.1 APLICACIONES Y CAPACITACIÓN DEL TPM EN PEQUEÑAS Y MEDIANAS INDUSTRIAS⁶

Generalidades

Esta tesis tiene como objetivo principal capacitar al personal de las empresas que desean ser altamente competitivas frente a un mundo cada vez mas globalizado, consta de cinco capítulos, de los cuales únicamente se describen tres ya que los otros dos no están vinculados al tema de estudio que es el TPM.

En el segundo capítulo se definen conceptos básicos de las metodologías previas a la implementación del TPM y las definiciones que engloban el Mantenimiento Productivo Total.

En el tercer capítulo se realiza un análisis de las empresas ecuatorianas que adoptaron la filosofía del TPM, para determinar la situación actual y los cambios que se produjeron como proyección de esta filosofía.

En el cuarto capítulo se realiza la planificación de un curso de Mantenimiento Productivo Total, el cual contienen un resumen del capítulo dos con una terminología adaptable a las personas de la Alta Gerencia, mantenimiento y operarios.

⁶ Tesis: Jácome, Cortés: Generalidades de la tesis Aplicaciones y Capacitación del TPM en Pequeñas y Medianas Industrias

Análisis del avance que se ha dado en el TPM

Esta tesis da a conocer conceptos básicos para las personas en general, ya que el contenido está enfocado a la información del TPM y no a la aplicación de este.

Por lo tanto esta tesis puede ser utilizada como fuente de información en términos generales y para tener una perspectiva general del efecto del TPM en una empresa, además contribuye al avance del TPM con una motivación para que las empresas ecuatorianas adopten esta metodología de mejoramiento continuo.

1.3.2 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS (OEE) DENTRO DEL CONTEXTO DE LAS HERRAMIENTAS DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL.⁷

Generalidades

El objetivo de esta tesis es elaborar una metodología para el cálculo de la Eficiencia Global de los equipos y de los trabajadores, esta consta de seis capítulos:

En el primer capítulo se detallan las generalidades del TPM.

En el segundo capítulo se hace un estudio de las pérdidas y de los indicadores que hacen posible el cálculo de la Eficiencia Global de los equipos y de los trabajadores.

El tercer capítulo hace referencia a la implantación del TPM, con un ajuste claro a la realidad de las empresas, en el cual se detallan los pasos necesarios para la aplicación y los formatos de control de pérdidas durante la producción.

En el cuarto capítulo se aplica la metodología desarrollada en una empresa local.

⁷ Tesis: Reinoso M; Cálculo de la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) dentro del contexto de las herramientas del Mantenimiento Productivo Total.

En el quinto capítulo se evalúan los resultados de la implantación de la metodología propuesta.

Metodología de implantación del TPM

En la Figura 1.3 se muestra la metodología de implantación del TPM en esta tesis.

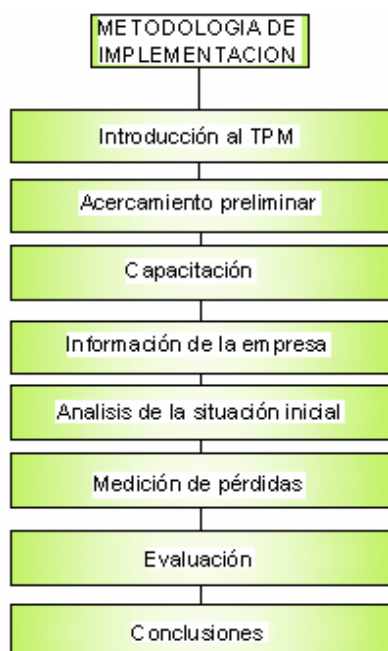


Figura 1.3 Metodología de Implantación del TPM.

Análisis del avance que se ha dado en el TPM

Esta tesis contribuye al avance con la elaboración de una metodología de fácil manejo, para el cálculo de la Eficiencia Global de los equipos y de los trabajadores, también enumera los pasos para la implantación del TPM.

1.3.3 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN RECTIFICADORA DEL VALLE⁸

Generalidades

Esta tesis busca aplicar los conceptos de Mantenimiento Productivo Total en la Rectificadora del Valle S.A. Ltda., con el fin de mejorar las actividades de mantenimiento reduciendo las pérdidas en el proceso productivo, su contenido consta de cinco capítulos.

⁸ Tesis: Roldan .S; Implantación del Mantenimiento Productivo Total en Rectificadora del Valle.

El primer capítulo se enfoca directamente a la descripción de objetivos y metodologías y da un inicio claro de la Eficiencia Global de los equipos y de los recursos humanos.

En el segundo capítulo se realiza un estudio de la Rectificadora con el fin de determinar los puntos críticos que requieren de acciones de mejora.

En el tercer capítulo se realiza el cálculo de los indicadores, además se implantan dos de los pilares que son el Mantenimiento Autónomo y la Seguridad Higiene y Medio Ambiente.

En el cuarto capítulo se calculan los valores de la Eficiencia Global de los equipos mediante los cuales se puede realizar un análisis de la situación después de la implantación.

Metodología de implantación del TPM

La metodología que se aplicó se muestra en la Figura 1.4

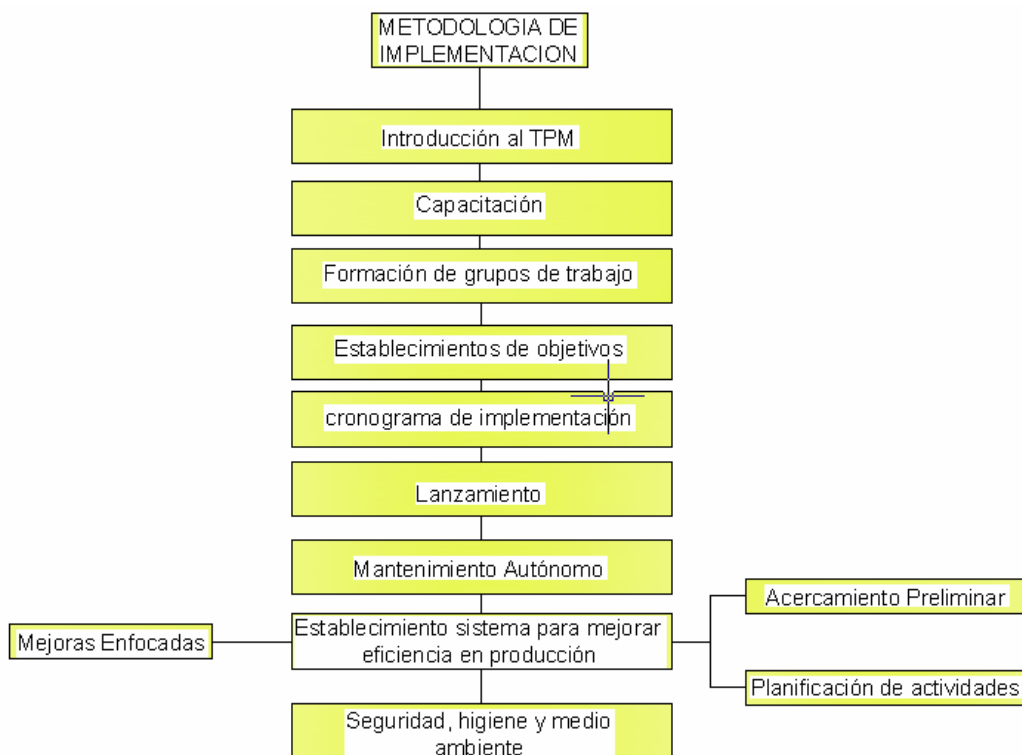


Figura 1.4 Metodología de Implantación del TPM

Análisis del avance que se ha dado en el TPM

El alcance de esta tesis es significativo ya que se realiza el análisis y la implantación de dos pilares del Mantenimiento Productivo Total; Mantenimiento Autónomo y Seguridad Higiene y Medio Ambiente, proporcionando de esta manera la guía para tesis posteriores.

Además realiza un cálculo de los indicadores para identificar el estado inicial de la empresa, posteriormente se vuelve a recalcular para diagnosticar el estado de la empresa después de la aplicación de los pilares.

1.3.4 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LA EMPRESA ECUAGOLOSINAS CIA. LTDA.⁹

Generalidades

Esta tesis tiene por objetivo aplicar los conceptos de Mantenimiento Productivo Total en la empresa ECUAGOLOSINAS CIA LTDA, con el fin de mejorar las actividades de mantenimiento y reducir las pérdidas en el proceso productivo, consta de cinco capítulos:

En el primer capítulo se desarrolla las generalidades de las metodologías previas a la implantación de estrategias de mejora continua, además se detallan los conceptos y parámetros para la implantación del TPM.

En el segundo capítulo se realiza un análisis para determinar el estado inicial de la empresa con el fin de elegir la sección piloto, además se realizan formatos que sirven posteriormente para el cálculo de indicadores.

En el tercer capítulo se implanta las metodologías previas al TPM y dos pilares de este que son: Mantenimiento Autónomo y Seguridad Higiene y Medio Ambiente.

En el cuarto capítulo se realiza un análisis de la situación final de la empresa basado en el cálculo de los indicadores y mediante un estudio visual.

En el quinto capítulo se presentan conclusiones y recomendaciones.

⁹ Tesis: Segovia, Guerra; Programa de Mantenimiento Productivo Total en la empresa ECUAGOLOSINAS CIA LTDA

Metodología de implantación del TPM

Después de la evaluación y del análisis de la situación inicial de la empresa se elige una sección piloto para la implantación del TPM, lo cual se realiza mediante una evaluación, donde se decide realizar la implantación en la Sección de Envoltura de caramelo duro, debido a que la cantidad de problemas presentados es mayor en esta sección, la meta principal es mantener el orden y el mantenimiento de las máquinas y de la planta, así como mejorar la seguridad y el ambiente de trabajo. Por esta razón se decidió implantar los pilares de Mantenimiento Autónomo, Seguridad Higiene y Medio Ambiente. En la Figura 1.5 se describe la metodología de implantación:

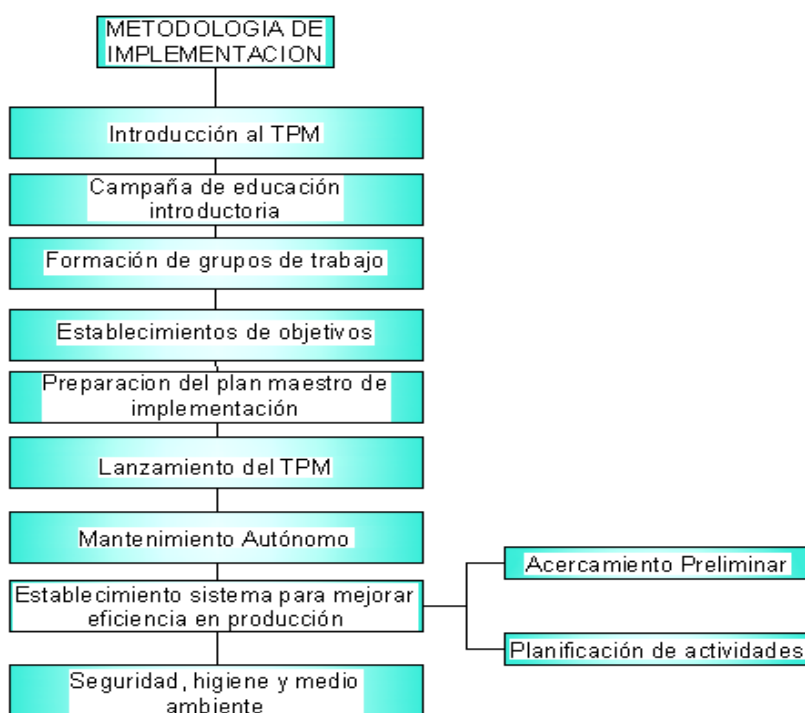


Figura 1.5 Metodología de implantación del TPM

Análisis del avance que se ha dado en el TPM

Esta tesis contribuye al TPM con la mejora en el diseño de los formatos, que permiten llevar la información de una forma más clara y ordenada.

1.4 ANÁLISIS GENERAL

Los temas fundamentales desarrollados en las tesis de la Escuela Politécnica Nacional que marcaron el avance del Mantenimiento Productivo Total se

muestran en forma ascendente en la Figura 6 y el aporte en porcentaje que ha proporcionado cada una de ellas se muestra en el Gráfico 1.

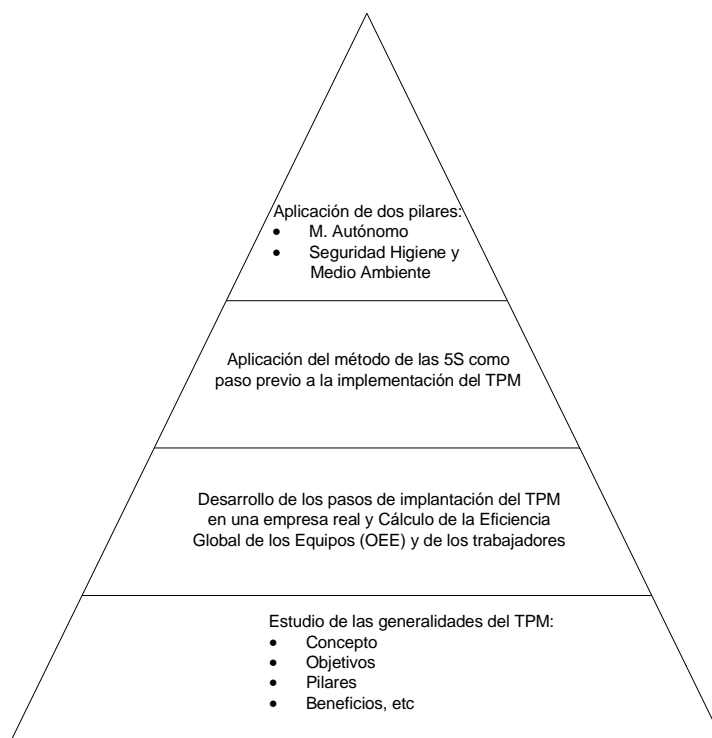


Figura 1.6 Evolución del avance del TPM en las tesis de la EPN

Los temas de tesis desarrollados y su análisis porcentual se muestran en las Tablas 1.3 y 1.4 respectivamente.

Tesis	Tema
1	Aplicaciones y Capacitación del TPM en Pequeñas y Medianas Industrias
2	Cálculo de la Eficiencia Global de los equipos (OEE) dentro del contexto de las herramientas del Mantenimiento Total Productivo.
3	Implantación del Mantenimiento Productivo Total en Rectificadora del Valle
4	Programa de Mantenimiento Productivo Total en la Empresa ECUAGOLOSINAS CIA. LTDA.

Tabla 1.3 Numeración de Tesis

Avance del TPM	Tesis 1	Tesis 2	Tesis 3	Tesis 4
Introducción y conceptos de las metodologías previas al TPM	5	5	5	5
Aplicación de las metodologías previas al TPM	0	2	5	5
Aplicación de la metodología de Implantación del TPM	0	2	3	3
Calculo de Indicadores y análisis del estado inicial de la empresa	0	5	5	5
Mejoras Enfocadas	0	0	0	0
Mantenimiento Autónomo	0	0	5	5
Seguridad Higiene y Medio Ambiente	0	0	5	5
Mantenimiento Planificado	0	0	0	0
Mantenimiento de Calidad	0	0	0	0
Prevención del Mantenimiento	0	0	0	0
Liderazgo y Educación	0	0	0	0
Mantenimiento Administrativo	0	0	0	0
Control y evaluación del TPM	0	0	0	0
Total	5	14	28	28
% de avance del TPM	7.7%	21.5%	43%	43%

Tabla 1.4 Evaluación del Avance del TPM

La cuantificación de los valores que se da a los parámetros que determinan el avance del TPM en cada una de las tesis, están en función de criterios tales como: disponibilidad de información, complejidad de desarrollo y/o aplicación, tiempo especulado de ejecución, dificultad de obtención de datos o información requeridos, número y nivel del personal involucrado. Estos valores van desde un valor mínimo de 0 al que no da avance al TPM y un valor máximo de 5 al que concluye el parámetro en su totalidad.

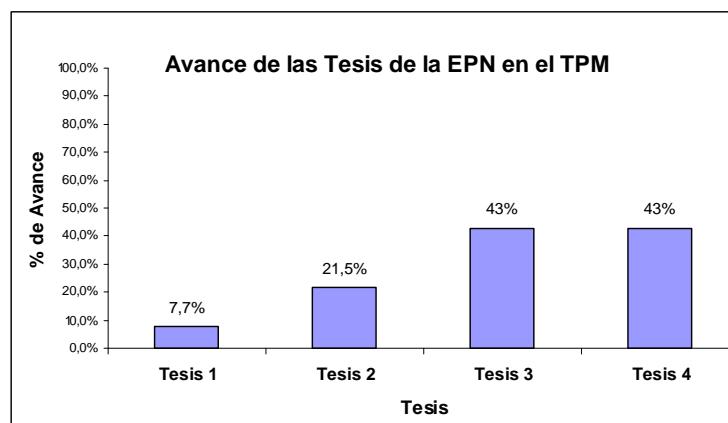


Gráfico 1.1 Avances de las tesis de la EPN en el TPM

Estos avances se realizaron siguiendo estrictamente los pasos de implantación del TPM en tres Industrias Ecuatorianas, marcando diferencia con respecto a las demás que aun no adoptan esta filosofía, esto se ha logrado con la colaboración de todos los miembros de cada empresa.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO CON AYUDA DE UN SOFTWARE DE MANTENIMIENTO (Prototipo)

El Mantenimiento Planificado es uno de los pilares fundamentales del Mantenimiento Productivo Total por su influencia directa en el Departamento de Mantenimiento y Producción, por tal razón en este capítulo se desarrolla paso a paso las técnicas de implantación, con el fin de establecer una metodología modelo, aplicable a cualquier industria que adopte la filosofía del TPM.

2.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES PARA IMPLEMENTAR EL MANTENIMIENTO PLANIFICADO

Para que las actividades de Mantenimiento Planificado tengan éxito y se obtengan los beneficios económicos esperados, se debe dar planes de mantenimiento a equipos que posean un comportamiento regular estadísticamente, es decir que posean fallos predecibles que se sometan a causas de deterioro natural sin existencia de negligencia en su operación, sobrecarga, condiciones de funcionamiento deficiente, poca o ninguna limpieza.

El JIPM sugiere previo a la implantación del Mantenimiento Planificado realizar las dos actividades siguientes:

Hacer predecible el MTBF - Mean Time Between Failures (Tiempo Medio entre Fallas)

Para hacer predecible el MTBF es necesario:

- Desarrollar los pasos uno y dos del Mantenimiento Autónomo.
- Eliminar errores de operación, negligencias y limitaciones del personal.
- Mantener condiciones básicas de operación.

Incrementar el MTBF

Para incrementar el MTBF se debe:

- Eliminar los fallos debidos a debilidades de diseño del equipo como: mejora de materiales, construcción, puesta en marcha, eliminación de sobrecarga y mejora del equipo para nuevas exigencias.
- Eliminar fallos por accidentes con estandarización de métodos de operación e instalación de dispositivos a prueba de errores que eviten accidentes.
- Restaurar el deterioro con: inspección del estado general del equipo e inspección visual de deterioros.¹⁰

Para las empresas que no llevan MTBF se crean registros que determinen este indicador y posteriormente se realiza las actividades preliminares.

2.2 DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO

La metodología modelo propuesta en este capítulo consta de 6 pasos fundamentales como se muestra en la Figura 2.1.

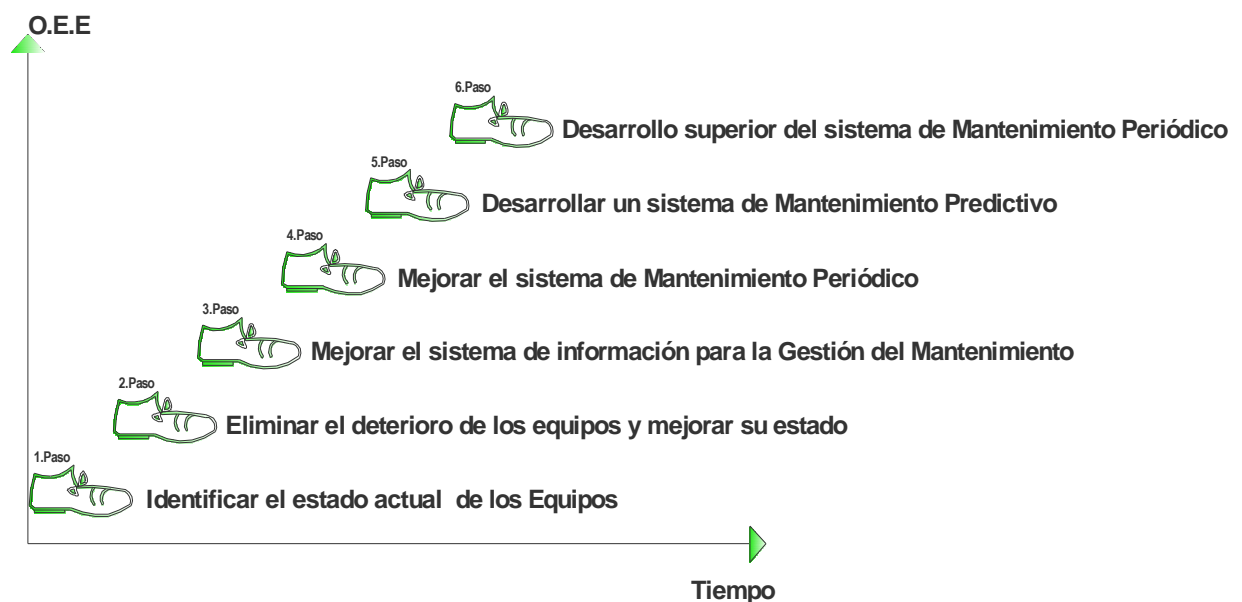


Figura 2.1 Pasos para la implementación del Mantenimiento Planificado

¹⁰ Monografías-Xpertia.htm

2.1.1 IDENTIFICAR EL PUNTO DE PARTIDA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS

Recopilar y mejorar la información existente de los equipos, con cuyos resultados se realiza el historial necesario para diagnosticar fallas y averías.

2.1.1.1 Análisis y diagnóstico del área de mantenimiento

El análisis y diagnóstico se desarrolla con la participación de especialistas en el área de planificación, organización y principalmente los usuarios de los equipos. Para evaluar la situación de los distintos aspectos de la gestión de mantenimiento se utiliza las siguientes etapas.

- Visitar las instalaciones, talleres y oficinas de las áreas de actuación de mantenimiento para conocimiento de las actividades desarrolladas por cada una.
- Elaborar el formato para el desarrollo de los trabajos de análisis.
- Reunir a los responsables del mantenimiento para discutir el informe de diagnóstico.

2.1.1.2 Recopilar información de los equipos

Empresas con información

Para obtener la información necesaria se sugiere lo siguiente:

- Solicitar información existente de los equipos
- Leer el manual de operación para conocer los datos de los equipos.

Empresas sin información

Para aquellas empresas que no poseen ningún tipo de información, se recomienda realizar las siguientes acciones:

- Conseguir manuales, con el proveedor o con otras empresas que tengan equipos similares.
- Consultar con el personal técnico de la empresa de mayor conocimiento y experiencia técnica.
- Leer los datos de placa de los equipos.

2.1.1.3 Codificar los equipos

Un sistema de codificación consiste en asignar un número de serie a todos los equipos con los que cuenta una empresa, con el fin de sistematizar y organizar los procesos de mantenimiento, cada empresa puede escoger el sistema que mejor se adapte a sus necesidades.

Empresas que manejan codificación de equipos

Cuando una empresa ya tiene un sistema propio de codificación de equipos, se recomienda trabajar con esa misma codificación.

Empresas que no manejan codificación de equipos

En este tipo de empresas es necesario codificar los equipos, este sistema de codificación debe ser jerárquico, expresado en una combinación de números y letras para facilitar el manejo de información.

2.1.1.4 Reunir históricos de averías e intervenciones

Empresas que poseen registros de averías e intervenciones

Toda la información de averías e intervenciones que se lleve en una empresa ya sean estos en registros llenados manualmente o en paquetes informáticos, deben ser debidamente reunidos y ordenados de tal manera que se obtenga un histórico de averías para cada equipo.

En caso de no poseer ninguna información histórica de averías e intervenciones

En muchas empresas no se poseen registros de órdenes de mantenimiento, hojas de vida de los equipos o no se realiza mantenimiento de ninguna clase, cuando no se posee ninguna información sobre el equipo se debe acudir a las siguientes opciones:

- Consultar con el personal técnico acerca de las fallas que se han producido en el equipo durante su estancia en la empresa.
- Con la información obtenida del personal técnico y de los operarios, realizar una inspección visual para conocer cambios o alteraciones del equipo e identificar las posibles averías.

2.1.1.5 Registros MTBF

El MTBF es el indicador principal de la gestión del mantenimiento que expresa el Tiempo Medio entre Fallas de un elemento.

Para calcular el MTBF se requiere de la información real y segura de reportes de mantenimiento, intervenciones, partes utilizadas, tiempos empleados, etc.

Es recomendable plasmar esta información en tableros visuales de control como se muestra en la Figura 2.2, donde se registran las actividades de mantenimiento planificado, paradas no programadas, lubricación, limpieza y actividades relacionadas con el cuidado del equipo, estos tableros deben ubicarse en lugares estratégicos para que todo el personal pueda observarlos.

Empresas con registros MTBF

Para las empresas que llevan registros MTBF, se utiliza los formatos existentes para evitar alteraciones o confusiones en la empresa, sin embargo es necesario estandarizar y precisar los formatos.

Empresas sin registros MTBF

Los registros MTBF son necesarios para la implantación del Mantenimiento Planificado, por lo tanto es indispensable:

- Calcular el índice Tiempo Medio entre Fallas según la Ecuación 2.1

$$MTBF = \frac{\text{PeriodoOperacional}}{\text{FrecuenciadeFallas}} = \frac{PO}{FF} \text{ }^{11}$$

Ecuación 2.1 Cálculo del índice MTBF

Donde :

PO = Tiempo de operación del equipo

FF = Número de fallas producidas en el período operacional

- Realizar el formato de la tabla MTBF mostrada, con variaciones que permitan que el nuevo formato se adapte a la naturaleza de la empresa.

¹¹ www.ceroaverias.com

- Registrar toda la información requerida en la tabla y publicarla.

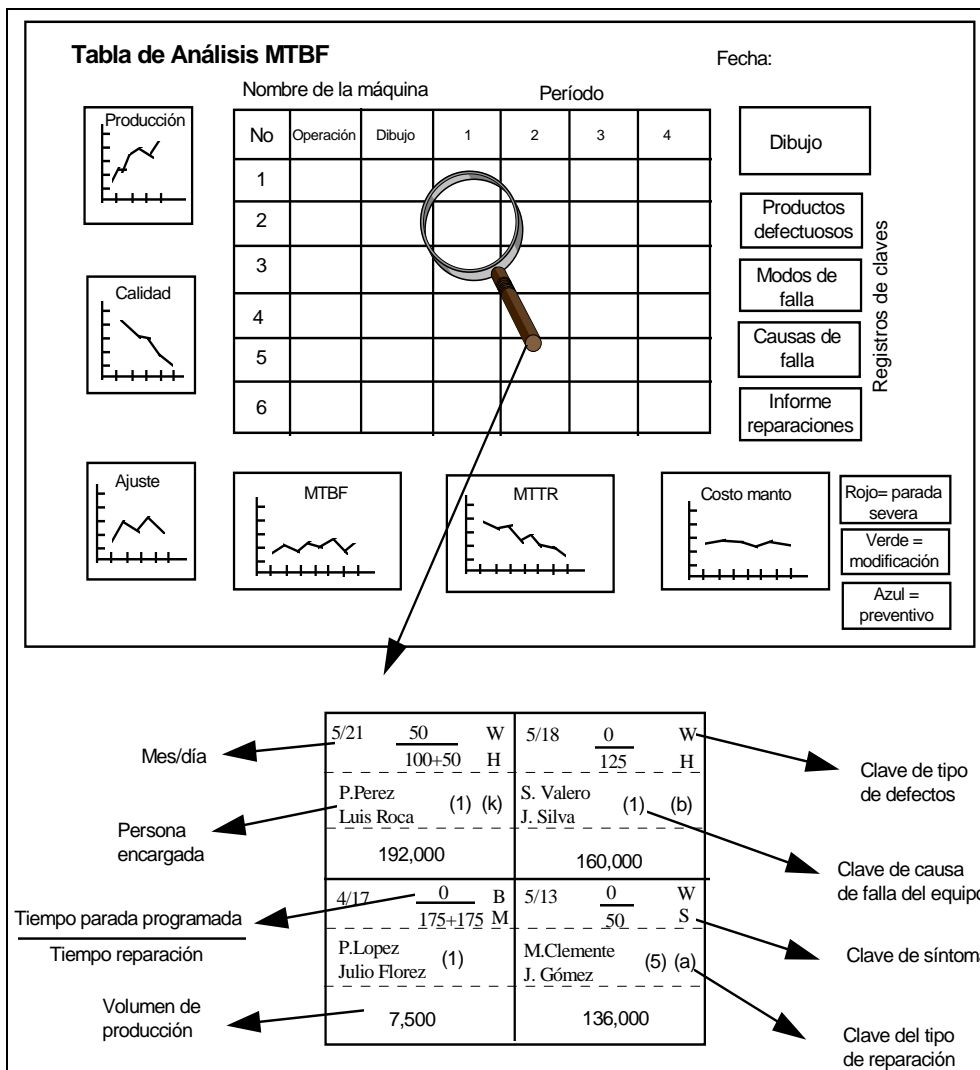


Figura 2.2 Tabla MTBF¹²

2.1.1.6 Sistema de costos de mantenimiento

El cálculo de costos de mantenimiento en un período de tiempo sirve para establecer metas y objetivos que lleven a optimizar el uso de mano de obra, repuestos, contratos de terceros y sobre todo disminuir tiempos de parada.

Para este cálculo se utilizan los costos mostrados en la Tabla 2.1

¹² www.ceroaverías.com

Costo	Tipo	Definición
Personal	Directos	Salarios y comisiones.
	Indirectos	Recargos sociales, beneficios, viáticos y capacitación.
	Administrativos	Gastos de RRHH en función de la cantidad de empleados en mantenimiento.
Repuestos y/o material	Directos	Costo de reposición de material.
	Indirectos	Capital inmovilizado, costo de energía eléctrica, agua y almacenaje.
	Administrativos	Gastos de administración de material en función del tiempo ocupado por el personal de mantenimiento.
Contratación	Directos	Costos de contratos.
	Indirectos	Costos de terceros.
	Administrativos	Gastos del área administrativa en función de la implicación de contratos del área de mantenimiento.
Depreciación	Directos	Costo de reposición.
	Indirectos	Capital inmovilizado.
	Administrativos	Adquisición de equipos y herramientas para el área de mantenimiento.
Pérdida de facturación	Directos	Pérdida de producción.
	Indirectos	Pérdida de materia prima, pérdida de calidad, devolución y re-procesos.
	Administrativos	Gastos del área de control de calidad.

Tabla 2.1 Costos de mantenimiento¹³

2.1.1.7 Historial del equipo

Todos los historiales tienen un formato similar con pequeñas variaciones en los ítems que dependen de la naturaleza de los equipos o de la empresa y permiten la recopilación de datos del equipo y de la información básica y específica de cada acción de mantenimiento y/o reparación efectuados.

2.1.1.8 Clasificación de los equipos

Se realiza una clasificación de los equipos de acuerdo al tipo de mantenimiento que le conviene a cada uno, de la siguiente manera:

¹³ Mechanical Engineering; Second Edition.

- Mantenimiento Correctivo.- Se aplica en equipos que no influyen directamente en la producción.
- Mantenimiento Preventivo.- Se aplica en equipos que tienen consecuencias en la producción.
- Mantenimiento Predictivo.- Se aplica en equipos con alto índice de detectabilidad.

2.1.2 ELIMINAR EL DETERIORO DE LOS EQUIPOS Y MEJORAR SU ESTADO.

Se elimina el deterioro de los equipos en forma radical y se desarrolla acciones que eviten la presencia de fallos similares en otros equipos idénticos.

Se dice que un elemento, componente, sistema o equipo se encuentra averiado, cuando este ha perdido la función para la que fue diseñado, las averías son causadas por el descuido de los pequeños cambios en las condiciones tales como: corrosión, rayaduras, abrasión, grietas y métodos de ensamblado. Para eliminar el deterioro de los equipos se recomienda seguir los pasos que se muestran en la Figura 2.3:

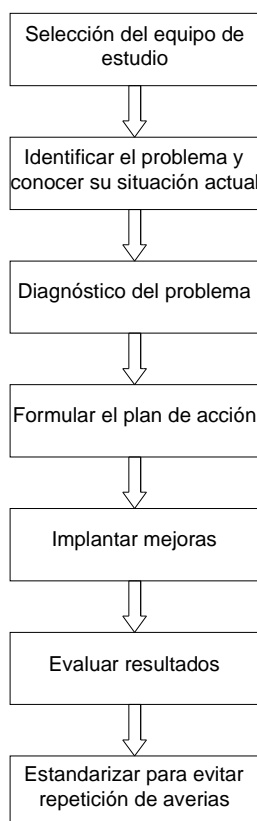


Figura 2.3 Pasos para eliminar el deterioro de los equipos y mejorar su estado

2.1.2.1 Selección de los equipos

Los equipos de estudio son seleccionados de acuerdo a los siguientes criterios:

Según la decisión de la dirección

En muchos casos es la dirección de la planta quien selecciona los equipos en los que se requiere mejorar la disponibilidad o tiempo de producción. Los equipos son estudiados para identificar sus problemas críticos e iniciar los estudios de averías específicas.

Problemas de calidad y entregas en el mercado

El equipo seleccionado puede ser aquel que presente disminución en la calidad de sus productos y retrasos en las entregas al cliente.

Responsabilidad ambiental

Los problemas ambientales como fugas de materiales contaminantes producidos en un equipo con problemas de averías, determinan la prioridad de estudio.

Seguridad

Todos los aspectos relacionados con la seguridad del trabajador, sistemas de protección, sistemas de incendio, controles y otros dispositivos son prioritarios para la selección de un equipo.¹⁴

2.1.2.2 Identificar el problema y conocer su situación actual

El objetivo es conocer la situación actual del equipo que se ha seleccionado e identificar el problema a estudiar, a partir de la recolección y procesamiento de información del equipo acerca de:

- Averías
- Reparaciones previas
- Estadísticos de problemas de calidad
- Consumos de energía
- Análisis de capacidad
- Tiempos de operación

¹⁴ www.ceroaverias.com

- Paradas programadas

Para identificar el problema se sugieren las siguientes estrategias:

Estratificación de información y diagramas de Pareto

La aplicación de estas técnicas en forma secuencial, permite la identificación del problema a estudiar.

La estratificación se realiza a través de las estadísticas de paradas, las cuales según el tipo de parada puede ser: por falta de material, operario, tipo de avería y otros motivos. Después de la estratificación se realiza los diagramas de Pareto, que pueden ser tantos como criterios de estratificación se utilicen.

Análisis de fallas de equipos críticos

Es recomendable realizar este análisis cuando la Alta Gerencia propone el equipo de estudio, una vez identificado se utiliza la tabla AMFE (Análisis de Modos de Fallas y Efectos) que permite identificar los modos de fallas potenciales con sus causas y efectos.

Combinar la estratificación y análisis AMFE

Las dos estrategias anteriores se las puede aplicar en forma secuencial cuando el equipo a estudiar resulta ser complejo, la forma de utilizar estas técnicas es la siguiente:

Realizar el estudio de estratificación para definir el sistema o subsistema del equipo que presenta más problemas de averías.

Realizar un análisis AMFE para identificar las averías críticas del sistema o subsistema identificado anteriormente.

2.1.2.3 Diagnóstico del problema

El diagnóstico y solución del problema se realiza a través de técnicas analíticas y de observación directa, previo a la aplicación de estas técnicas es necesario el establecimiento del Mantenimiento Autónomo, para asegurar el correcto funcionamiento del equipo y la eliminación del deterioro acelerado.

Cuando las averías se encuentran presentes en partes de un equipo el TPM recomienda utilizar la técnica Por qué-Por qué y el método PM (Physical Method).

2.1.2.4 Formular el plan de acción

Consta de varias alternativas para la eliminación de las causas críticas diagnosticadas en el paso anterior, luego se establecen las actividades necesarias con el fin de lograr dichos objetivos. Dentro del plan de acción se incluyen puntos de evaluación del progreso, metas que se propone alcanzar y frecuencias de control de estas metas.

2.1.2.5 Implantar mejoras

La implantación del plan de acción debe contar con la colaboración del equipo encargado del proyecto y el personal de producción, luego de verificar los resultados se debe extender la mejora al resto de equipos similares en caso de que existan. El plan de mejora debe ser flexible para el caso en que no se cumplan los objetivos propuestos.

2.1.2.6 Evaluar los resultados

La evaluación de las mejoras debe ser publicada en una cartelera o en tableros de gestión visual en toda la empresa, con el objetivo de que cada área tenga conocimiento del progreso alcanzado.

2.1.2.7 Estandarizar para evitar repetición de averías

Para mantener las acciones correctivas y posteriormente aplicarlas en equipos similares, es necesario la realización de un informe conocido como "Aprender de las averías", este informe permite la transferencia de conocimiento a todas las personas que se encuentran involucradas con el equipo.

2.1.3 MEJORAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Se diseña un software que controle la información del departamento de mantenimiento de manera organizada y actualizada y en el caso de que ya exista este software se lo mejora.

El software de mantenimiento es una aplicación informática que facilita ejecutar los planes de mantenimiento de equipos o conjuntos de activos de una empresa, mediante la creación, control y seguimiento de las distintas tareas técnicas previstas a través de un computador.¹⁵

Para mejorar el sistema de información se recomienda seguir los ítems mostrados en la Figura 2.4

2.1.3.1 Diagnóstico del programa de mantenimiento

Para diagnosticar si el programa de mantenimiento de equipos es el adecuado, es necesario que las personas que realizan la implantación del TPM trabajen conjuntamente con el Jefe de Mantenimiento, con el fin de llegar a determinar una de las tres opciones: si existe o no el software y si este es el adecuado.

2.1.3.2 Crear un software de mantenimiento

2.1.3.2.1 Preparar y reunir información.

Es necesario conocer como se ha manejado la información del departamento de mantenimiento dentro de la empresa, para seleccionar la información útil, que aporte al grupo de trabajo con una idea clara de lo que se tiene y de lo que se necesita en función de la realidad y necesidades de este departamento.

2.1.3.2.2 Clasificar la información.

Con la información obtenida se clasifica y se realiza un bosquejo de todas las exigencias que implica la implantación del Mantenimiento Planificado, las mismas que se encuentran distribuidas en los siguientes módulos:

- Datos técnicos
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Predictivo
- Control de repuestos y costos

¹⁵ Software's Maintenance; Second Edition

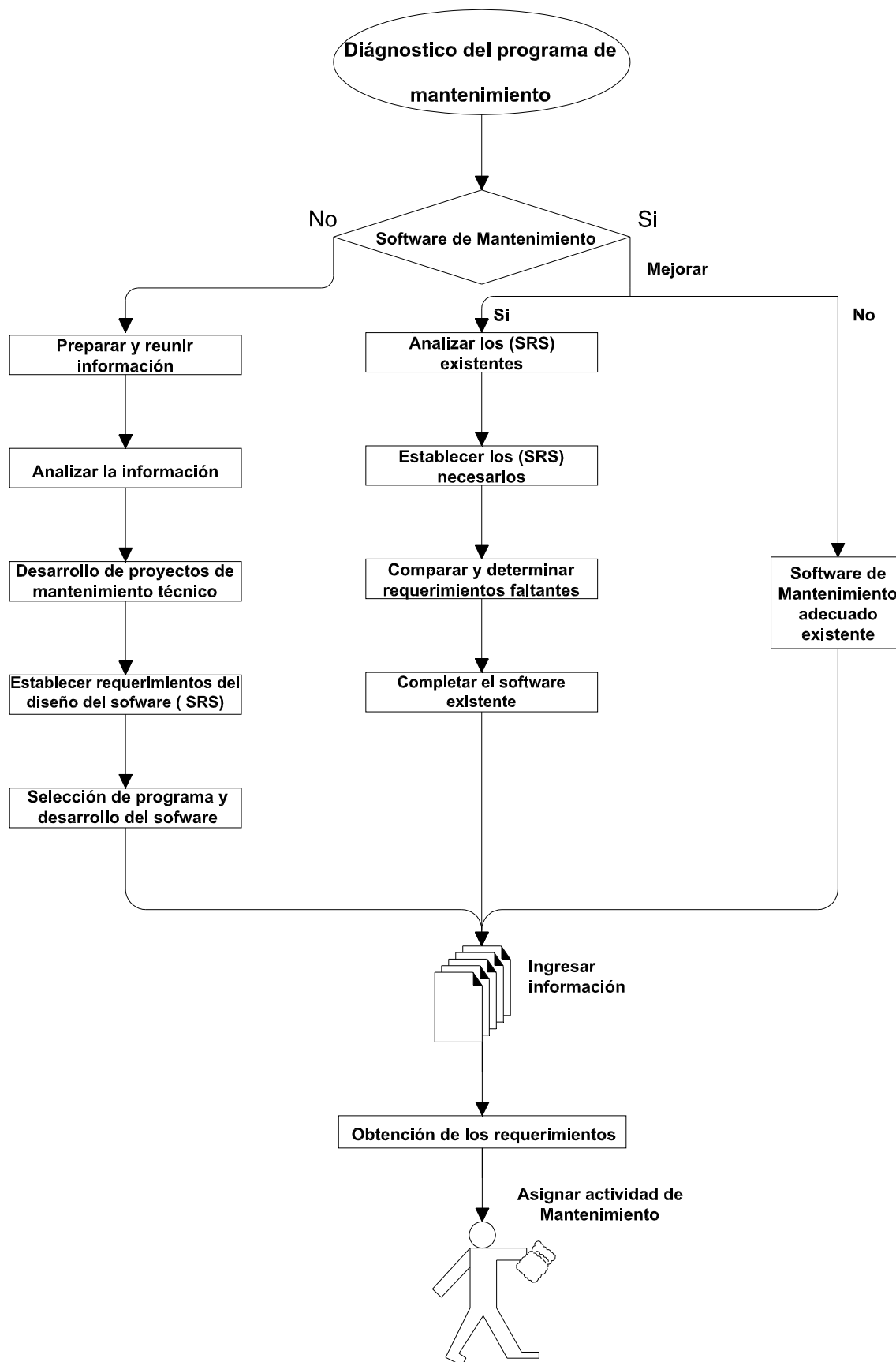


Figura 2.4 Sistema de información para la gestión

2.1.3.2.3 Establecer Requerimientos del diseño del Software (SRS)

Para la creación del software se debe cumplir con los requerimientos mostrados en la Figura 2.5.

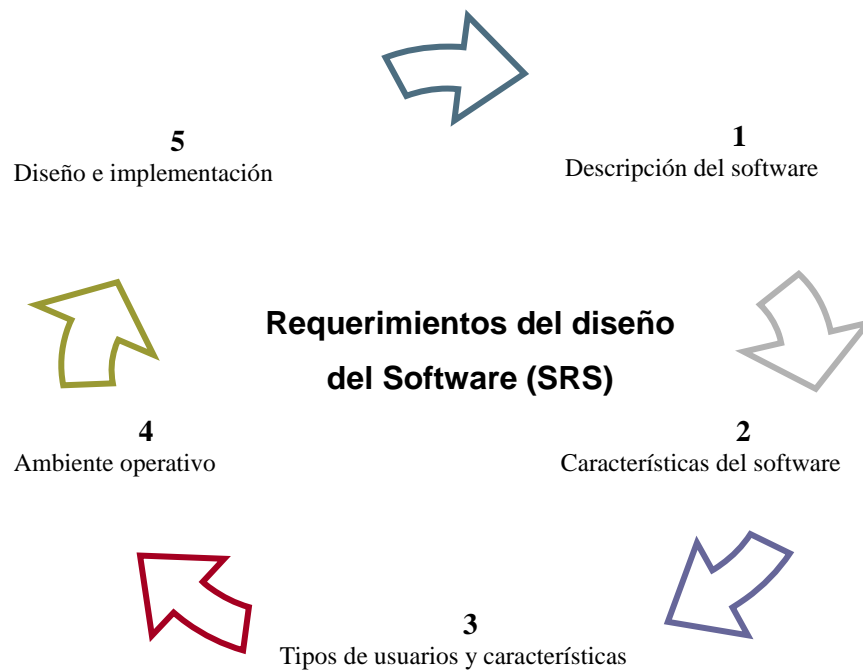


Figura 2.5 Requerimientos del diseño del Software (SRS)

a. Descripción del software

Describe el contexto y origen del software a realizar, es decir como apoya este a la metodología del Mantenimiento Planificado en el TPM.

b. Características del producto

Resume las características principales y los servicios que provee el software o funciones principales que permite ejecutar al usuario.

c. Tipos de usuario y características

Identifica los posibles usuarios del software, los tipos de usuario son diferenciados por medio de la frecuencia de uso, funciones utilizadas del producto, conocimiento técnico, nivel de seguridad, nivel de educación o experiencia.

d. Ambiente operativo

Describe el ambiente en el cuál el software va a operar e incluye la plataforma de hardware, sistema operativo y versión.

e. Diseño e implantación

Describe las características que se debe tener en cuenta para el diseño del software requerimientos de espacio, memoria, interfases a otras aplicaciones, especificaciones tecnológicas, herramientas y bases de datos a utilizar, requerimientos de lenguaje y protocolos de comunicación.

2.1.3.2.4 Desarrollo del software

Se plantea alternativas como plataforma para el desarrollo del software de mantenimiento (Prototipo), estas alternativas son seleccionadas tomando en cuenta parámetros como: versatilidad, factibilidad, acceso, diversidad, costo, etc.

Para la selección de la mejor alternativa es necesaria la utilización de un análisis adimensional basado en una ponderación simple según la Ecuación 2.2, esta consiste en la comparación entre dos alternativas utilizando los parámetros que intervienen en estas como se muestra en la Tabla 2.2, a cada parámetro mencionado anteriormente se da un valor que va de 1 a 10, siendo 1 la mejor calificación y 10 la peor calificación.

La resultante de comparar dos alternativas es nuevamente sometida a una segunda o tercera comparación en caso de que existan más alternativas, la resultante de la última comparación será la plataforma del software de mantenimiento.

$$\prod_{j=1}^n \left(\frac{A_j}{B_j} \right)^{P_j} \quad 16$$

Ecuación 2.2 Ponderación simple

¹⁶ Tarquin. F; Ingeniería de Costos; 8va Edición

Donde:

n = número de factores

A_j = valor de la primera alternativa

B_j = valor de la segunda alternativa

P = valor de la ponderización

Tal que si:

$\Pi > 1 \Rightarrow$ La mejor alternativa es 2

$\Pi < 1 \Rightarrow$ La mejor alternativa es 1

$\Pi = 1 \Rightarrow$ Las alternativas son indiferentes

Factores	Alternativa 1	Alternativa 2	Importancia del factor	Ponderización
Costo de diseño e implementación				
Seguridad				
Interfase con el usuario				
Interfase de Hardware				
Requerimientos de desempeño				
Atributos de calidad del Software				
Ambiente Operativo				
Tendencia adquirir mejoras de mejoras				

Tabla 2.2 Comparación entre dos alternativas.

2.1.3.3 Mejorar el software de mantenimiento existente

2.1.3.3.1 Analizar los SRS del software existente

Conocer los SRS que posee el software existente en la empresa, con el fin de establecer los servicios que presta y como estos pueden ayudar al control del Mantenimiento Planificado.

2.1.3.3.2 Determinar los SRS necesarios del software.

Establecer los SRS convenientes para cumplir con los módulos requeridos por el Mantenimiento Planificado descritos anteriormente, para lograr un control total y eficiente de la información.

2.1.3.3.3 Comparar y determinar elementos faltantes

Una vez identificado el software existente y el que requiere el área de mantenimiento de la empresa, es necesario realizar una comparación de los servicios que presta y los que se necesitan del software para determinar los servicios faltantes y así ejecutarlos.

2.1.3.3.4 Completar el software existente

El grupo líder del TPM debe gestionar para que una persona que conozca y domine el programa computacional utilizado como plataforma para el software de mantenimiento existente, complete los servicios que se identificaron como necesidad para el departamento.

2.1.3.4 Software existente adecuado

Si el software existente en la industria es el adecuado se lo utiliza como la herramienta de apoyo para la implantación de la metodología.

2.1.3.5 Ingresar información

En cualquiera de las tres opciones se tiene como producto final el software de mantenimiento adecuado, en esta etapa se ingresa los datos establecidos en los formularios para permitir que el software procese esta información y encadene los campos.

2.1.3.6 Obtención de servicios del software

Se visualiza los resultados del proceso de la información ingresada en el software tales como:

- Catálogo de equipos
- Anexo de planos y fotografías
- Catálogo de actividades
- Próximos mantenimientos
- Calendarios de mantenimiento por periodos
- Ordenes de trabajo
- Historial de equipos
- Cálculo de costos de mantenimiento.

2.1.3.6 Asignar actividades de mantenimiento

Llevar toda la información obtenida del software a la práctica con la ayuda del personal de mantenimiento.

2.1.4 MEJORAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.

El Mantenimiento Periódico, Preventivo Directo o FTM (Fixed Time Maintenance) cubre una parte del Mantenimiento Preventivo, cuyo objetivo es prevenir las fallas mediante la realización de actividades controladas por el tiempo, asumiendo que los equipos tienen un comportamiento estadístico. Las actividades que se realizan en el Mantenimiento Periódico son: lubricación, limpieza, cambios programados e inspección.

Los pasos que se recomiendan para el desarrollo del Mantenimiento Periódico se detallan en la Figura 2.6.

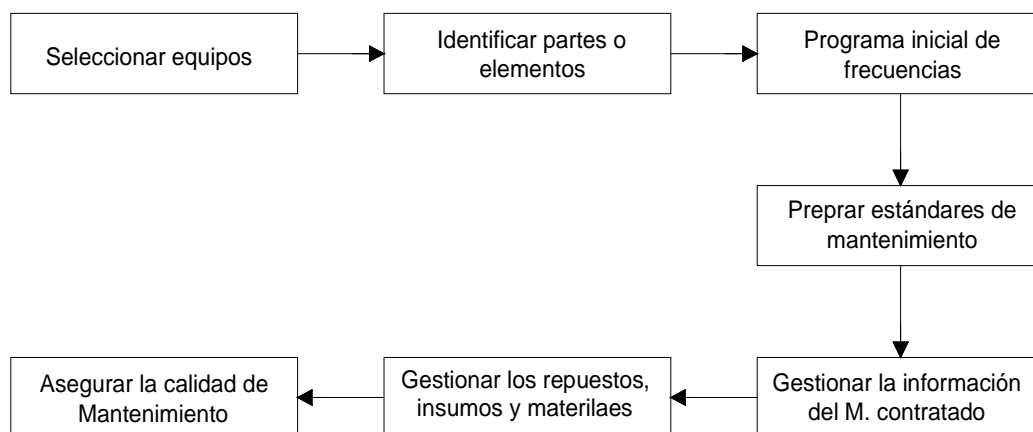


Figura 2.6 Mejora del sistema de Mantenimiento Periódico

2.1.4.1 Seleccionar equipos

Para seleccionar los equipos que inicialmente se incluyen dentro del programa de Mantenimiento Periódico, se recomienda utilizar las siguientes estrategias de priorización.

Análisis de Criticidad.

Selecciona los equipos más críticos del proceso y que presenten la mayor cantidad de fallas, cuyo paro provoque consecuencias graves como daños en la materia prima o en el producto procesado.

Análisis de Modos y Efectos de Falla (A.M.E.F).

Determina los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan, para de esta forma clasificarlos por orden de importancia y establecer tareas de mantenimiento para los equipos.

2.1.4.2 Identificar partes y/o elementos

Para determinar las partes o elementos de los equipos a los que se debe realizar Mantenimiento Periódico, se utiliza la información proveniente de manuales, historiales de los equipos y las experiencias del operario.

2.1.4.3 Programa inicial de frecuencias

Para establecer la frecuencia de las actividades de Mantenimiento Periódico se recomienda tomar en cuenta los siguientes ítems:

- El MTBF estable, permite determinar una frecuencia confiable para las intervenciones ya que el comportamiento de los fallos es más predecible y el tiempo asumido para la intervención del equipo es el más próximo al comportamiento real.
- Algunas frecuencias ya se encuentran definidas en los manuales de operación y mantenimiento de cada equipo.
- Otras resultan obvias como limpieza, lubricación, etc.
- Se recomienda también acudir a otras fuentes como el proveedor y los planes de mantenimiento de empresas similares.
- Frecuencias iniciales recomendadas

En la Tabla 2.3 se muestran los códigos de las frecuencias que se recomiendan para instalaciones, unidades y elementos eléctricos, mecánicos y estructurales que se muestran en las Tablas 2.4., 2.5 y 2.6, respectivamente.

Frecuencia	Código de frecuencia
Mensual	M
Trimestral	Q
Semestral	SA
Anual	A

Tabla 2.3 Códigos de las frecuencias

Instalación, Unidad o Componente	Frecuencia
Edificios (excepto el tejado y bragueros)	A
Tejados	SA
Bragueros	A
Medios de combustible, entrada & salida	SA
Medios de combustible, almacenamiento,	SA

Tabla 2.4 Frecuencias iniciales de Mantenimiento Periódico para componentes estructurales.

Instalación, Unidad o Componente	Frecuencia
Ventilación y descarga de sistemas aéreos	Q
Cubierta de ventiladores, motor en operación	Q
Cubierta de ventiladores, operación natural o con viento	A
Levantamiento con grúas y por medio de poleas	Q
Calentadores de agua	Q
Medios de combustible, distribución,	Q
Equipo del alimento químico para el suministro de agua	M
Suministro de agua y sistemas de la distribución	M
Mecanismos de prevención de fluidos	M
Sistemas de distribución de gas	Q
Bombas de sumidero	Q
Bombas, alcantarillado	Q
Trampas de vapor	Q
Equipos de aire acondicionado	Q

Tabla 2.5 Frecuencias iniciales de Mantenimiento Periódico para componentes mecánicos.

Instalación, Unidad o Componente	Frecuencia
Conexión de interruptores	SA
Sistemas conectados a tierra	SA
Instrumentos eléctricos	SA
Circuitos	Q
Paradas eléctricas	Q
Transformadores de Potencia	M
Sistemas de protección catódica	SA
Motores eléctricos	Q
Sistemas eléctricos de construcciones	SA
Conexión de interruptores, edificios	SA
Transformadores de distribución	SA

Tabla 2.6 Frecuencias iniciales de Mantenimiento Periódico para componentes eléctricos.¹⁷

Todos los ítems mencionados anteriormente son válidos para determinar las frecuencias de Mantenimiento Periódico, pero si las circunstancias no se ajustan a los mismos la mejor fuente es la experiencia de los operarios.

Finalmente se recomienda estudiar la frecuencia de las actividades de Mantenimiento Periódico cada tres meses para ajustarla según las necesidades o el comportamiento de los equipos.

¹⁷ Mechanical Engineering; Second Edition.

2.1.4.4 Preparar estándares de mantenimiento

Estos estándares de mantenimiento para las partes y/o elementos deben contener principalmente la siguiente información:

- Actividad a realizar
- Frecuencia
- Mano de obra necesaria
- Herramientas y repuestos a emplear
- Tiempos estimados para cada actividad
- Reglas de seguridad que el operario debe tener en cada tarea
- Autorización respectiva para realizar las actividades
- Descripción de cada actividad.

2.1.4.5 Gestionar la información de Mantenimiento Contratado

Se denomina Mantenimiento Contratado, a todo trabajo externo que se realice con el fin de suplir alguna necesidad del mantenimiento de partes y/o elementos de los equipos existentes, que no puede realizarse dentro de la empresa.

La gestión de información de este mantenimiento es importante ya que permite tener un control de los trabajos realizados externamente. Los pasos a seguir para la gestión del Mantenimiento Contratado son:

2.1.4.5.1 Generar la orden de trabajo

La orden de trabajo externo consiste es una descripción de la tarea específica a realizar y es estructurada de manera que se explique perfectamente lo que la empresa requiere del trabajo externo.

2.1.4.5.2 Informe de reparación

La empresa que realiza el mantenimiento externo debe llenar un informe de reparación con los detalles y resultados de la actividad realizada.

2.1.4.5.3 Control del mantenimiento contratado

El líder del TPM a través del informe de reparación es quien debe controlar el cumplimiento en cuanto a la correcta realización del trabajo.

2.1.4.5.4 Ingresar los datos del mantenimiento contratado al software.

En el software se registra todas las actividades de mantenimiento exterior realizadas con el fin de mantener un historial completo de cada equipo.

2.1.4.6 Gestión de repuestos, insumos y materiales

Los repuestos, insumos y materiales que se requieren para la rutina de mantenimiento deben estar disponibles inmediatamente, por lo que es necesario mantener un cierto stock en la bodega, tomando en cuenta que el exceso hace que el mantenimiento del almacén sea costoso para la empresa.

La gestión de repuestos, insumos y materiales es importante por que ayuda a la determinación de la cantidad de inventario que debe mantenerse, la fecha en que se debe realizar los pedidos y las cantidades de unidades a ordenar, con el objetivo de que el dinero invertido en ellos sea el mínimo para afrontar adecuadamente la demanda.

La técnica que se recomienda utilizar para la gestión del inventario es el sistema ABC que divide el inventario en tres grupos: A, B, C. En el grupo "A" se ha concentrado al menos el 70% de la inversión total en repuestos y materiales por lo que su control debe ser mas cuidadoso, el grupo "B" está formado por aproximadamente el 20% de la inversión, el grupo "C" lo componen el 10% de la inversión. El control de los grupos "B" y "C" pueden ser menos estrictos.

2.1.4.6.1 Gestión de repuestos adecuada

Si la gestión es la adecuada se procede a realizar mejoras en cuanto a los repuestos, insumos y materiales faltantes según las necesidades para el cumplimiento de las actividades de mantenimiento.

2.1.4.6.2 Gestión de repuestos inadecuada o no existe

Si el sistema de gestión de repuestos es inadecuado o no existe en la empresa se opta por crear un sistema, para su realización se recomienda los siguientes pasos:

Realizar un inventario de repuestos, insumos y materiales

Realizar el inventario de todos los repuestos y materiales necesarios para el mantenimiento con su respectivo precio, este inventario incluye:

1. Materias primas secundarias.- Se refiere a ciertos productos que son necesarios en el proceso de producción, estos varían dependiendo de la empresa.
2. Insumos.- Son usados en la operación de los equipos como lubricantes, combustibles, etc.
3. Repuestos y materiales.- Son utilizados en la reparación y mantenimiento de los equipos.

Clasificación del inventario según el sistema ABC

Realizar la clasificación de los repuestos y materiales del inventario, según el porcentaje de uso anual en dólares de cada repuesto o material, con el criterio del sistema ABC explicado anteriormente.

Adquisición de repuestos y materiales

Gestionar la compra de todos los repuestos y materiales faltantes en la cantidad necesaria para la bodega.

Control de inventarios

Para realizar un control eficiente del inventario son necesarias las siguientes recomendaciones:

- Controlar eficiente las compras, recepción, almacenaje y distribución de los repuestos y materiales
- Realizar un conteo físico de las existencias anualmente

2.1.4.7 Asegurar la calidad del mantenimiento

Calidad del mantenimiento es el cumplimiento de requisitos para que todos los procesos que se realicen satisfagan las necesidades y expectativas del cliente interno, los requisitos para la calidad de mantenimiento se muestra en la Figura

2.7

Una buena calidad en el mantenimiento proporciona resultados como: reducción o eliminación de paros imprevistos, costos más bajos, mayor seguridad y mayor confianza en el mantenimiento realizado.

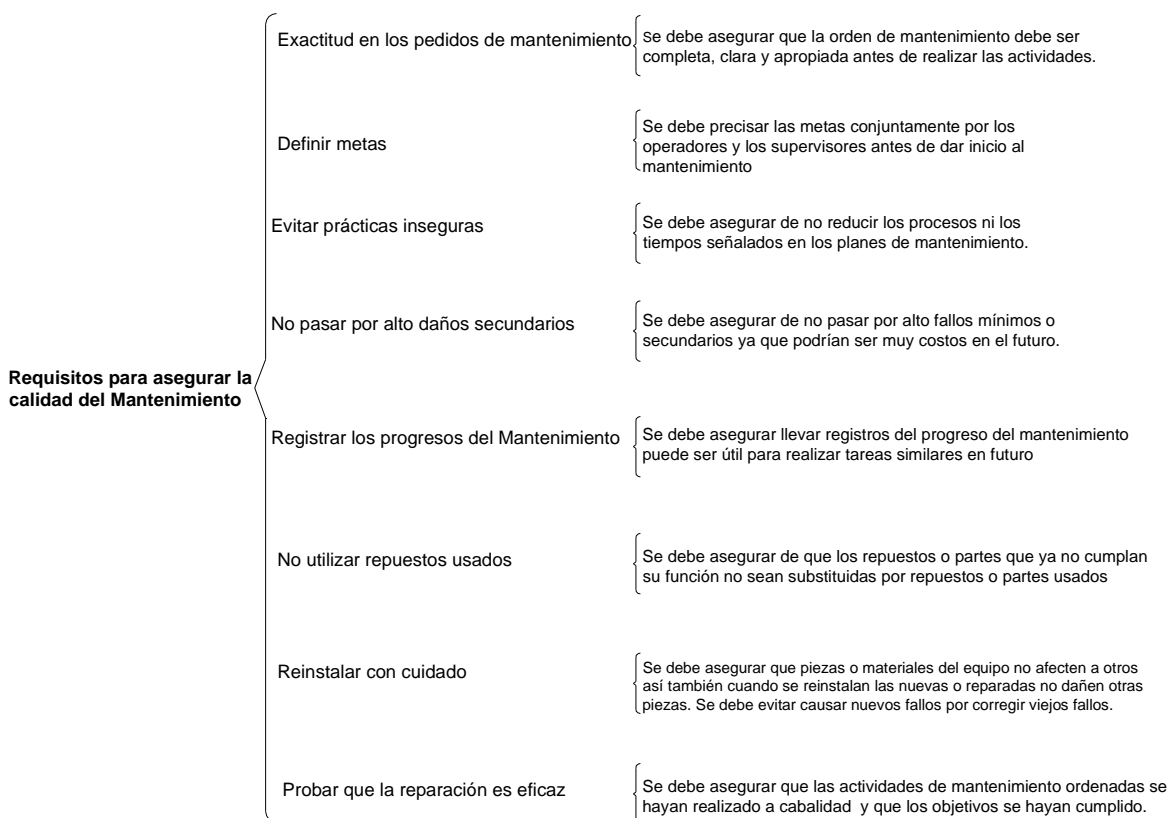


Figura 2.7 Requisitos para asegurar la calidad del mantenimiento¹⁸

Walter A. Shewhart desarrolló tablas para controlar la calidad del mantenimiento, estas tablas de control son métodos gráficos usados para evaluar el control estadístico del estado del mantenimiento, si este valor se encuentra entre los límites de control superior e inferior, el mantenimiento está bajo control, caso contrario está fuera de control e inmediatamente se realiza una investigación para determinar la causa y dar medidas correctivas.

Para realizar este control se utiliza la distribución de Poisson Ecuación 2.3, que permite obtener expresiones para los límites de control superior e inferior según las Ecuaciones 2.4, 2.5, 2.6.¹⁸

¹⁸ Maintenance Engineering

$$\bar{C} = \frac{MD}{N}$$

Ecuación 2.3 Distribución de Poisson

Donde :

MD = Número total de mantenimientos no realizados

N = Número total de equipos

La desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\bar{C}}$$

Ecuación 2.4 Desviación estándar

Los límites de control superior e inferior son:

$$UCL = \bar{C} + 3\sigma$$

Ecuación 2.5 Límite superior

$$LCL = \bar{C} - 3\sigma$$

Ecuación 2.6 Límite inferior

donde :

UCL = Límite de control máximo

LCL = Límite de control mínimo

Con los datos obtenidos se puede realizar el gráfico MD vs. N en el cual se determina si la calidad del mantenimiento está o no bajo control.

2.1.5 DESARROLLAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

El Mantenimiento Predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente o de un equipo, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle. Así, el tiempo muerto del equipo se minimiza y el tiempo de vida del componente se maximiza.¹⁹

Este mantenimiento permite que la Gerencia de la empresa tenga el control de los equipos y de los programas de mantenimiento de manera que la planificación sea más precisa.

¹⁹ Rosaler, Robert C. (2002); Manual del Ingeniero de Planta; 5ta Edición

El objetivo del paso cinco, es introducir tecnologías de Mantenimiento Predictivo, para esto es necesario seguir las etapas que se indica en la Figura 2.8

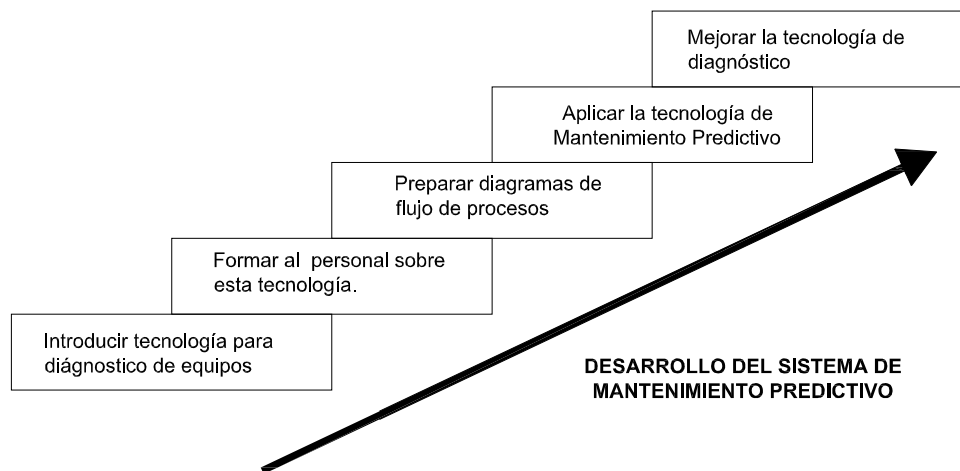


Figura 2.8 Desarrollo del sistema de Mantenimiento Predictivo.

2.1.5.1 Introducir tecnología para el diagnóstico de equipos.

Consiste en introducir una técnica predictiva a largo plazo, con el fin de monitorear los equipos, la Figura 2.9 muestra las fases a seguir:

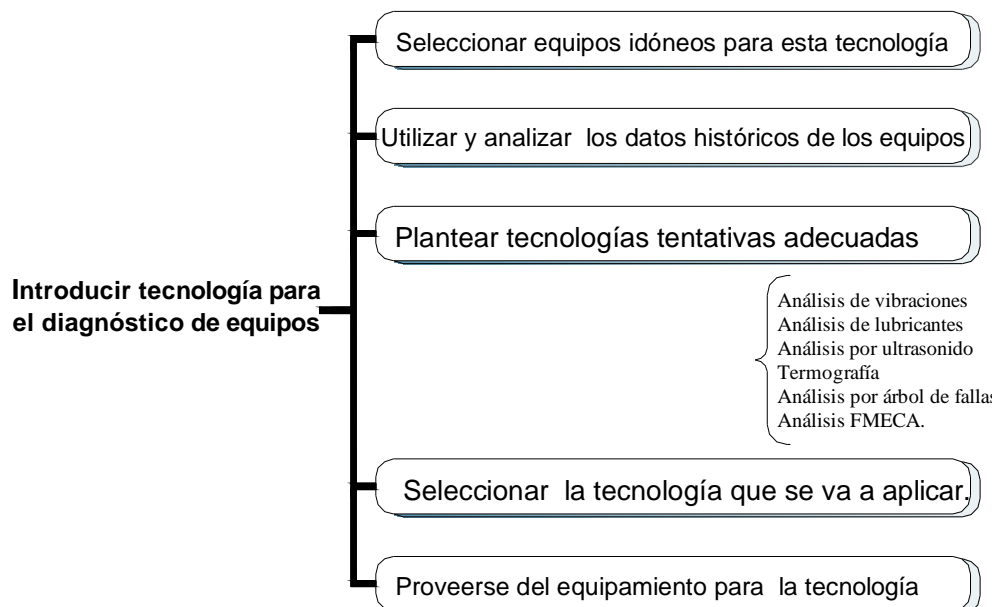


Figura 2.9 Fases para introducir tecnología para diagnóstico de equipos

2.1.5.2 Formar al personal, sobre tecnología para el diagnóstico de equipos.

Se realiza un programa de formación continua para actualizar y mejorar el conocimiento del personal de mantenimiento, este programa de formación comprende básicamente la tecnología para el diagnóstico de equipos.

2.1.5.3 Preparar diagramas de flujo de procesos del Mantenimiento Predictivo.

En esta etapa se realiza el diagrama de flujo de procesos de la nueva tecnología adquirida, se debe seguir una serie de pasos que se indica en la Figura 2.10

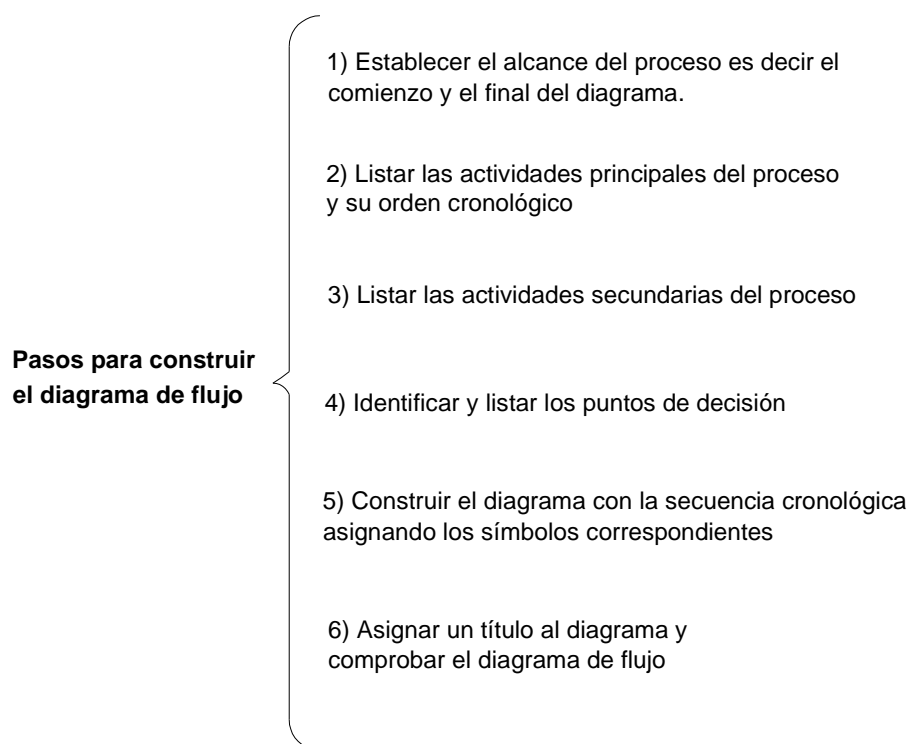


Figura 2.10 Pasos para construir un diagrama de flujo.

2.1.5.4 Aplicar la tecnología de Mantenimiento Predictivo

Se aplica la nueva tecnología en los equipos seleccionados con la utilización de los diagramas de flujo realizados anteriormente.

2.1.5.5 Mejorar la tecnología de diagnóstico: automatizar la toma de información, tele-transmisión y procesos vía Internet.

El mejoramiento de la tecnología de diagnóstico, consiste en la automatización parcial o total de una industria, con el fin de llevar un control de los parámetros

que determinan el estado de los equipos para obtener valores exactos que permitan llevar a cabo con mayor exactitud los planes de mantenimiento.

Para diagnosticar si una industria está o no apta para la ejecución de esta etapa del Mantenimiento Planificado, es necesario tener en cuenta los siguientes criterios:

- Tecnología existente
- Solvencia económica
- Prioridades y necesidades

2.1.6 DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.

Se desarrollan acciones para mejorar el sistema de Mantenimiento Periódico, que involucran los aspectos técnico, humano y organizativo, para su ejecución se debe seguir las fases mostradas en la Figura 2.11

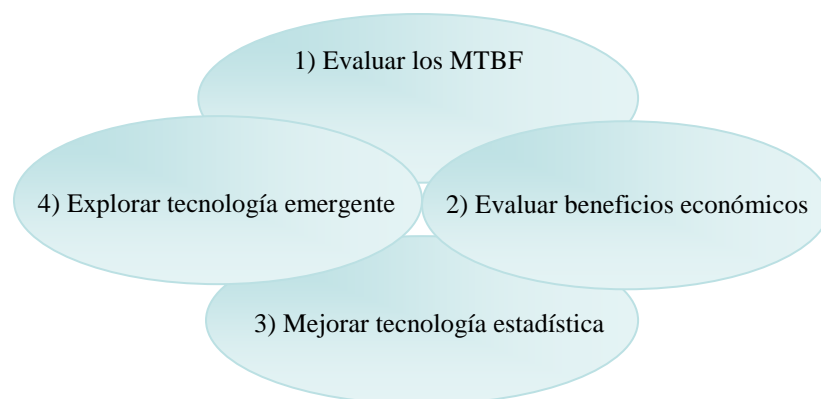


Figura 2.11 Fases para el desarrollo superior del sistema de mantenimiento

2.1.6.1 Evaluar el progreso del MTBF y otros índices.

Se conoce que las actividades del Mantenimiento Periódico son controladas por el tiempo, es decir se basa en la confiabilidad sin considerar las propiedades del equipo, por esta razón es necesario evaluar el progreso del MTBF utilizando su tabla de análisis correspondiente.

2.1.6.2 Evaluar económicamente los beneficios del sistema de mantenimiento periódico.

Se recalcula los costos de mantenimiento y se realiza una comparación entre el costo de mantenimiento antes y después de la implantación, evaluando de esta manera los beneficios económicos que se han dado en la industria.

2.1.6.3 Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico

Para realizar actividades de mantenimiento en los equipos se toma decisiones considerando la incertidumbre es decir en base a información proporcionada por métodos estadísticos, estos presentan datos dispersos por lo tanto se obtendrá información útil dependiendo de la aplicación práctica que se de a estos métodos.

Para mejorar la tecnología estadística se realiza un estudio en la empresa y se determina si es conveniente, considerando que involucra costos adicionales de inversión de material, instrumentos de medición y mano de obra.

2.1.6.4 Explorar tecnología emergente

Explorar tecnología emergente involucra un avance del mantenimiento de la industria en función del desarrollo del mantenimiento mundial, es decir ir adoptando nuevas tecnologías a medida que se va desarrollando el mantenimiento, es aplicable a industrias que están en la capacidad económica y tecnológica para explorar esta tecnología.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN DEL PILAR MANTENIMIENTO PLANIFICADO DEL TPM EN TREFILEC CÍA. LTDA.

En este capítulo se realiza la aplicación de la metodología del Mantenimiento Planificado en TREFILEC CIA. LTDA. siguiendo los pasos descritos en el capítulo anterior.

Como parte de la aplicación del TPM en una empresa local y con el fin de incrementar el interés del departamento de producción por el mantenimiento de los equipos y mejorar las medidas de seguridad, se decide implantar los pilares de Mantenimiento Autónomo y Seguridad e Higiene.

Inicialmente se realiza un estudio de la empresa que consta de: características de la empresa, estudio de los procesos de producción y evaluación del estado inicial de la empresa.

3.1 ESTUDIO INICIAL DE TREFILEC CÍA. LTDA.

3.1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA EMPRESA

Todas las características de la empresa quedan incluidas en cuatro parámetros básicos descritos en la Figura 3.1.

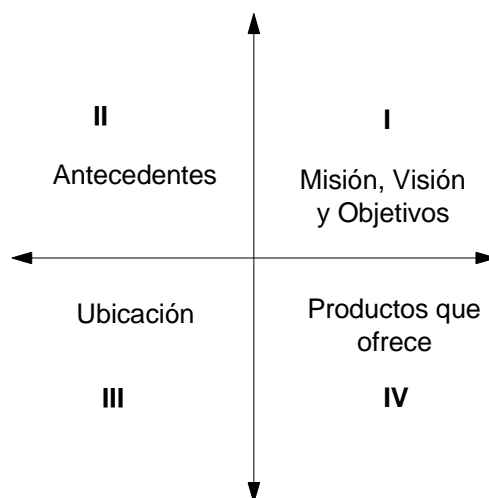


Figura 3.1 Parámetros básicos para conocer una empresa

3.1.1.1 Misión y Visión y Objetivos de la empresa

Misión

TREFILEC CIA. LTDA. es una empresa fabricante y comercializadora de una amplia variedad de productos para la construcción. Nuestro propósito es mejorar la posición que ostentamos en el mercado, satisfaciendo las necesidades del cliente, brindando servicios de alto nivel y calidad absoluta de nuestros productos a un precio justo mientras conservamos un margen de utilidad adecuado para satisfacción de nuestros accionistas.

Visión

En TREFILEC CIA. LTDA. Vislumbramos un incremento productivo apropiado y acorde con nuestra capacidad y las necesidades del mercado. Aspiramos diversificar aún más nuestra línea de productos, para brindar a nuestros clientes el mejor servicio.

Objetivo general

Elaborar productos con alta calidad a precio justo, generando el mínimo impacto ambiental, respetando nuestras obligaciones y comprometiéndonos con el desarrollo de nuestros empleados, accionistas, proveedores, distribuidores, compradores y socios en general.

Objetivos específicos

- Inspeccionar que nuestras instalaciones y equipos cumplan con nuestros requerimientos para la obtención de una optima calidad y provean los servicios necesarios que brinden al trabajador un lugar seguro de trabajo.
- Ampliar el nivel comunicacional entre la gerencia y los trabajadores, es decir generar una cultura de comunicación en todos los niveles.
- Desarrollar y mantener un sistema de evaluación y preparación continua de los trabajadores.
- Generar las facilidades para que los trabajadores se mantengan informados del manejo administrativo y de procesos de la empresa.
- Mantener o mejorar los niveles y estándares de calidad y servicio ofrecido, mediante el uso continuo de indicadores.

3.1.1.2 Antecedentes

TREFILADOS DEL ECUADOR TREFILEC CÍA. LTDA tiene como objeto social la importación, exportación, representación, producción, comercialización y venta de: alambres trefilados lisos y corrugados; alambres de púas y toda clase de alambres de alineación de metales comunes; acero en bruto y semielaborados y sus aleaciones; chapas de acero; tubos metálicos y en general; pernos, clavos, toda clase de varillas, mallas, planchas metálicas y perfiles, tuercas metálicas, cables metálicos no eléctricos, artículos para la construcción en general y todo tipo de material para ferretería. Se encuentra ubicada en una zona mixta urbana, las instalaciones son un galpón de paredes de bloque con dimensiones aproximadas de 58m*21m, una estructura de acero que sostiene el techo de asbesto cemento y una superficie aproximada de 80m² para el área administrativa. Las condiciones de estas instalaciones no cumplen con las exigencias del crecimiento en la demanda ni brinda el ambiente óptimo de trabajo.²⁰

3.1.1.3 Ubicación

La unidad productiva y oficina principal se encuentran ubicadas actualmente en: La Pradera y Panamericana Sur N 555 Km. 8, sector Guajalo, parroquia Chillogallo, cantón Quito, provincia Pichincha, en una zona urbana mixta. Actualmente se construye el establecimiento propio ubicado en la Panamericana Sur sector de Guamaní frente al parque Industrial, esta dirección se muestra en la Figura 3.2.

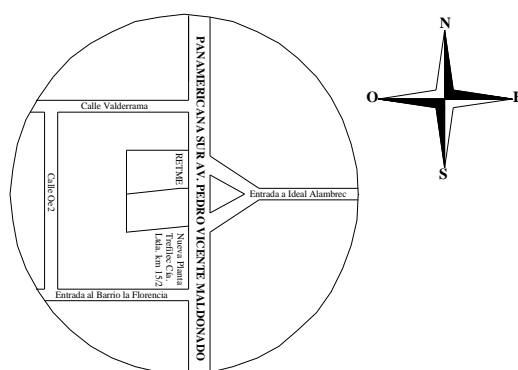


Figura 3.2 Dirección de la nueva planta de Trefilec

²⁰ Facilitado por TREFILEC CIA. LTDA.

3.1.1.4 Productos que ofrece la empresa

La empresa tiene la capacidad técnica y cuenta con los equipos necesarios para producir una gran variedad de productos, sin embargo por la falta de espacio en la infraestructura para el montaje de otras secciones, únicamente se ofrece al mercado los productos mostrados en la Tabla 3.1.


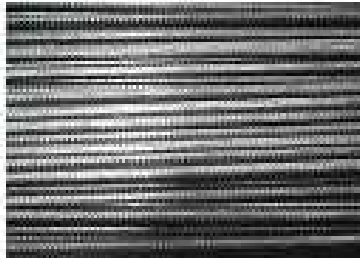


Producto	Dimensiones	Foto
Varilla lisa	3,5 mm hasta 11,5 mm	
Varilla Corrugada	3,5 mm hasta 11,5 mm	
Mallas electro Soldadas	3.5 mm y 6.5 mm	
Bobinas de alambre trefilado	3,5 mm hasta 11,5 mm	

Tabla 3.1 Productos fabricados en Trefilec

3.1.2 ESTUDIO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Se debe considerar los siguientes aspectos:

- Maquinaria de la empresa
- Procesos de producción

- Secciones de producción de la empresa
- Diagramas de procesos

3.1.2.1 Maquinaria de la empresa

Los equipos existentes en TREFILEC CIA. LTDA. se muestran en la Tabla 3.2.


 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		
REGISTRO DE EQUIPOS		
Sección	Equipo	Marca
Recepción de MP	Montacargas	Komatsu
	Montacargas	Toyota
Pesaje	Montacargas	Nissan
	Báscula	Toledo
	Balanza	Sisbal
Trefilación	Trefiladora 1	Roth
	Trefiladora 2	Malmedie
	Trefiladora 3	Mordraw
	Trefiladora 4	Albert
	Soldadora a tope	Ideal
Enderezada	Puente grúa	Demag
	Enderezadora 1	Wafios
	Enderezadora 2	Zafios
	Enderezadora 3	Zafios
	Desbobinadora 1	Sin marca
	Desbobinadora 2	Sin marca
	Desbobinadora 3	Sin marca
	Compresor	Westinhouse
Taller Mecánico	Cepillo mecánico	Klopp
	Fresadora	Van Norman
	Torno	Meuser
	Sierra	Captain
	Taladro	Morgon
	Compresor	Rong Long
	Esmeril	Rong Long
	Rectificadora	Eberle
	Prensa hidráulica	Sin marca
Soldadora	Bambozzi	
Mallas	Electro soldadora	Sin marca
Clavos	Forjadora N 4	Wafios
	Forjadora N 5	Wafios
	Trefiladora	Morgan
	Rectificadora	Morgan
	Tambor de pulido	Sin marca
	Alimentador oscilante	Sin marca
	Bandas electromagnéticas	Sin marca

Tabla 3.2 Registro de equipos de Trefilec

3.1.2.2 Procesos de producción

TREFILEC CIA. LTDA. tiene un proceso adecuado de producción, inicia con un control de calidad de la materia prima mediante una verificación de ciertos requerimientos, que se establecieron en base a pruebas técnicas realizadas, además el Gerente inspecciona y supervisa este control. La materia prima es transportada desde la bodega hasta la sección de pesaje con el fin de registrar el peso inicial.

Existen dos posibles actividades posteriores a la transportación de la materia prima, cuando no existe materia prima en proceso, con un saca punta se da forma cónica a un extremo del alambión, para que se pueda guiar en la hilera y realizar un decalaminado que permite la eliminación del óxido de hierro haciéndolo pasar por medio de un arreglo de poleas y cuando existe materia prima en proceso se unen los dos extremos de las bobinas a través de la soldadura a tope.

Proceso de Trefilación

Es un proceso en el cual una fuerza de tracción hace que el alambión pase por medio de dados, que generan un esfuerzo de compresión disminuyendo así el área transversal del material deformándole plásticamente. Si se requiere de varilla lisa pasa al proceso de bobinado o si se requiere de varilla corrugada pasa al proceso de laminado.

Proceso de Laminado

En este proceso, con ayuda de 6 rodillos dispuestos axialmente y regulados manualmente se crea indentaciones y resaltes en la varilla lisa proporcionada por el anterior proceso.

Proceso de Bobinado

Después de los procesos anteriores la varilla se enrolla en cestos cónicos que giran en el bobinador, estos cestos son transportados con ayuda del puente grúa y el montacargas para ser pesados y pasar a la siguiente sección.

Proceso de Enderezado y Corte de la varilla

La enderezadora posee buzolas que por medio del desbalanceo endereza la varilla, además posee un sistema de corte con un accionador a tope que permite regular el largo de la varilla.

3.1.2.3 Descripción de las secciones productivas de la empresa

TREFILEC CIA. LTDA. tiene actualmente cinco secciones productivas que son:

Bodega de Materia Prima

En esta sección se almacena los rollos del alambón de diferente diámetro como se muestra en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Sección Bodega de Materia Prima

Pesaje

En la sección que se muestra en la Figura 3.4 se pesa cada rollo de alambón antes de ingresar a la siguiente sección, este dato sirve para llevar el control de producción y de desperdicio.



Figura 3.4 Sección de pesaje

Trefilación

En la sección que se muestra en la Figura 3.5 el alambroón es trefilado, entra por el anillo guía y pasa a través de 4 poleas ubicadas en distintas partes de la torre, luego a la estructura de decalaminado que consta de un arreglo de poleas, entra al portadados donde se reduce al diámetro requerido, posteriormente se sigue una de dos alternativas, procesos para varillas corrugadas o lisas, finalmente se enrolla la varilla en un cesto cónico para llevarlo a pesar y determinar la pérdida en peso de material por el decalaminado y esta listo para pasar a otra sección.



Figura 3.5 Sección de Trefilación

Enderezada

En la sección que se muestra en la Figura 3.6 el material es enderezado y cortado con las medidas requeridas, después de verificar la calidad y la cantidad se procede a empaquetar y ubicar en forma ordenada según los diámetros.



Figura 3.6 Sección de Enderezada

Mallas

En la sección mostrada en la Figura 3.7 se sueldan varillas de distintos diámetros en forma longitudinal y transversal formando mallas mediante la electro – soldadora.



Figura 3.7 Sección de Mallas

Taller Mecánico

En la sección mostrada en la Figura 3.8 se fabrican algunas piezas para el mantenimiento de los equipos.



Figura 3.8 Sección Taller Mecánico

3.1.2.4 Diagramas de procesos

Los diagramas de procesos de conformado en frío y mallas se muestran en las Figuras 3.9 y 3.10 respectivamente.

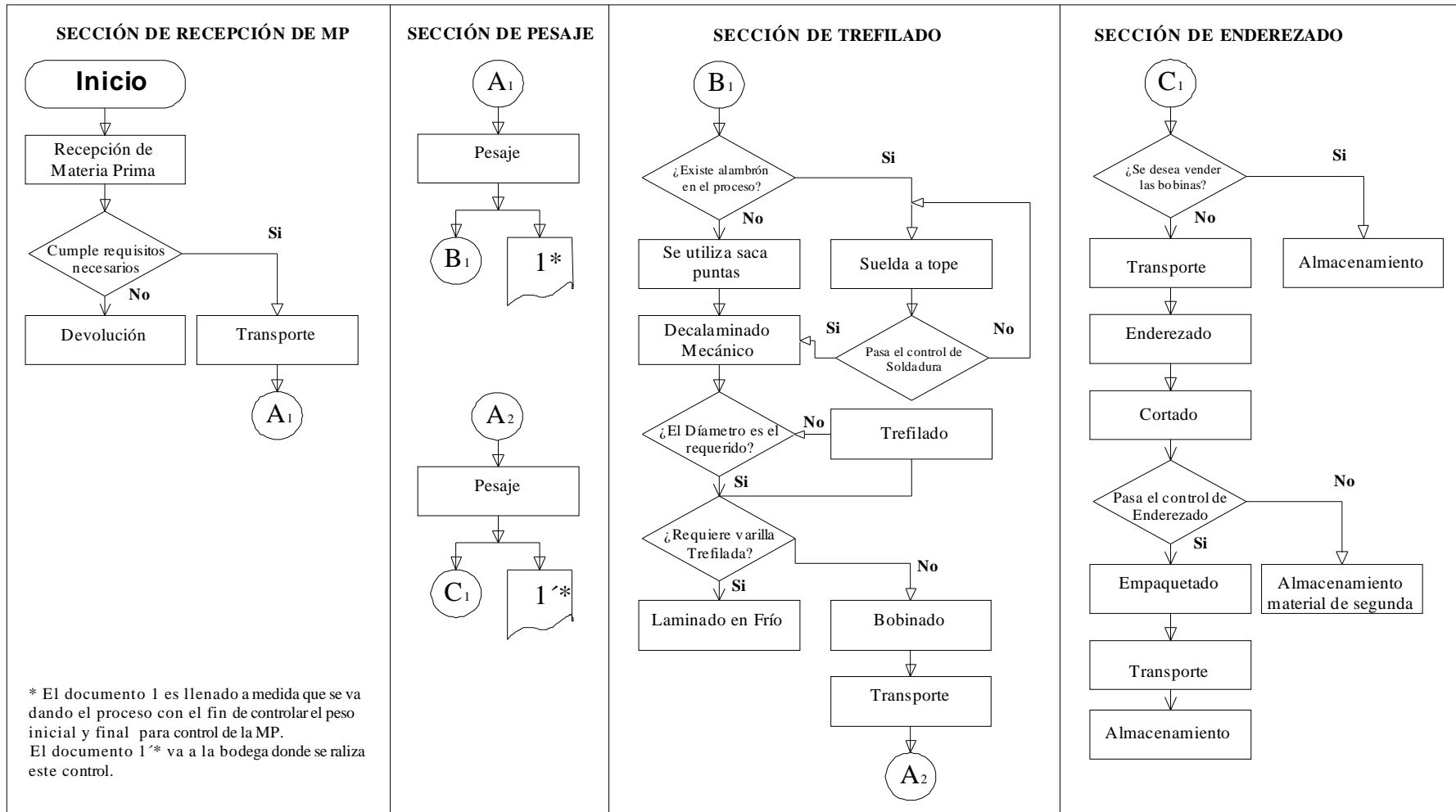


Figura 3.9 Proceso de producción de varilla conformado en frío

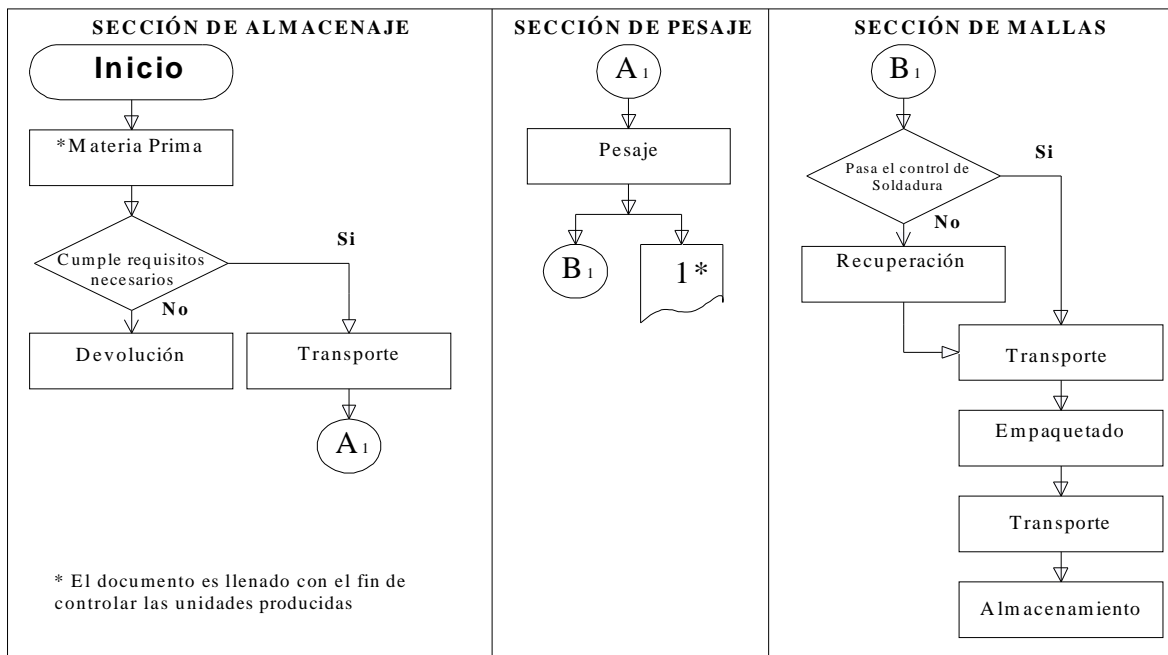


Figura 3.10 Proceso de producción de mallas

3.1.3 SECCIÓN PILOTO PARA LA IMPLANTACIÓN DEL TPM

Implementar el TPM implica muchos cambios, requiere de tiempo e inversión económica y sus beneficios son a largo plazo, para tener una visión clara de la metodología de implantación se decide realizar la aplicación en una sección piloto.

3.1.3.1 Elección de la sección piloto

Para elegir la o las secciones piloto se evalúa los parámetros mostrados en la Tabla 3.3, donde se determina que los mayores valores se dan en las secciones de Trefilación y Enderezada quedando estas como secciones piloto.

3.1.3.2 Elección del equipo piloto

Se elige un equipo piloto por cada una de las secciones seleccionadas anteriormente, utilizando el criterio anterior con diferentes parámetros del equipo que influyen en la producción, medio ambiente y operarios como se muestra en la Tabla 3.4

Los equipos seleccionados que mayor valor tienen son: Trefiladora 1 y Enderezadora 2, a estos equipos se les aplica el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento Planificado, posteriormente se debe aplicar al resto de equipos.


 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.							
Parámetro / Sección	Recepción MP	Pesaje	Trefilación	Enderezada	Taller Mecánico	Mallas	Ideal
	Importancia en el proceso	15	6	15	15	8	15
Punto de vista de la gerencia	10	10	15	15	10	15	15
Predisposición del operario para ser controlado	10	10	10	10	10	10	10
Registro de tiempos de parada	0	0	10	10	0	5	10
Cantidad de problemas presentados	0	0	6	12	0	5	12
Estado de mantenimiento	5	5	5	5	5	5	10
Cantidad de utilidades que produce	0	0	15	15	0	10	15
Valor	40	31	76	82	33	65	87

Tabla 3.3 Selección de la sección piloto²¹


 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.							
Parámetro / Equipo	Trefiladora 1	Trefiladora 2	Trefiladora 3	Enderezadora 1	Enderezadora 2	Enderezadora 3	Ideal
	Posee equipos alternos en caso de averías	8	5	5	5	9	5
Punto de vista de la gerencia	15	10	10	10	15	10	15
Antigüedad del equipo	8	8	8	8	8	8	10
Paradas por averías	15	10	10	10	15	10	15
Implica riesgo para el operario	10	10	10	10	10	10	15
Afecta al medio ambiente	0	0	0	0	0	0	10
Influye en la calidad del producto	10	10	10	10	10	10	15
Valor	66	53	53	53	67	53	95

Tabla 3.4 Selección del equipo piloto

²¹ Tesis: Reinoso M; Cálculo de la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) dentro del contexto de las herramientas del Mantenimiento Productivo Total.

3.1.3.3 Evaluación inicial de la sección piloto

Se realiza un análisis inicial de la Eficiencia Global de los Equipos y de los Trabajadores, para el cálculo de estos indicadores se requiere tomar datos de tiempo en un período mínimo de tres meses, de manera que los resultados proyecten el estado real de los equipos y de los trabajadores, sin embargo en la aplicación se realiza la toma de datos en una semana, únicamente como ejemplo de cálculo como se muestra en el Anexo 1. En la Tabla 3.5 y 3.6 se muestra un resumen de los promedios del OEE, la Eficiencia Global de los Trabajadores y un análisis inicial en TREFILEC CIA. LTDA. respectivamente, además en los Gráficos 3.1 y 3.2, se muestra gráficamente los datos obtenidos.

PROMEDIOS			
Fecha de toma de datos:	Fecha inicial:	30 de Enero del 2007	
	Fecha final:	05 de Febrero del 2007	
EQUIPOS	OEE (%)	Eficiencia Global de los Trabajadores (%)	
		Primer turno	Segundo turno
Trefiladora 1	17,66	6,33	21,81
Enderezadora 2	38	38,94	26,1

Tabla 3.5 Promedios del OEE y la Eficiencia Global de los Trabajadores.

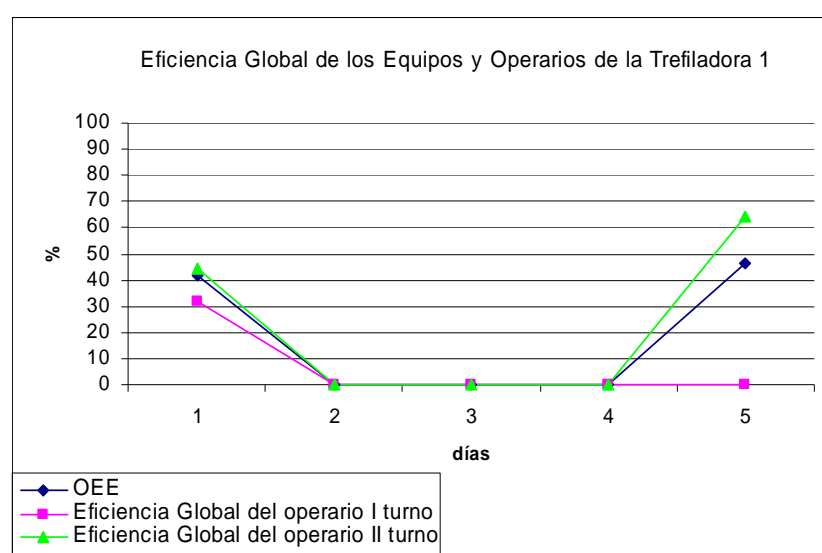


Gráfico 3.1 OEE y la Eficiencia Global de los Trabajadores en los dos turnos de la Trefiladora 1

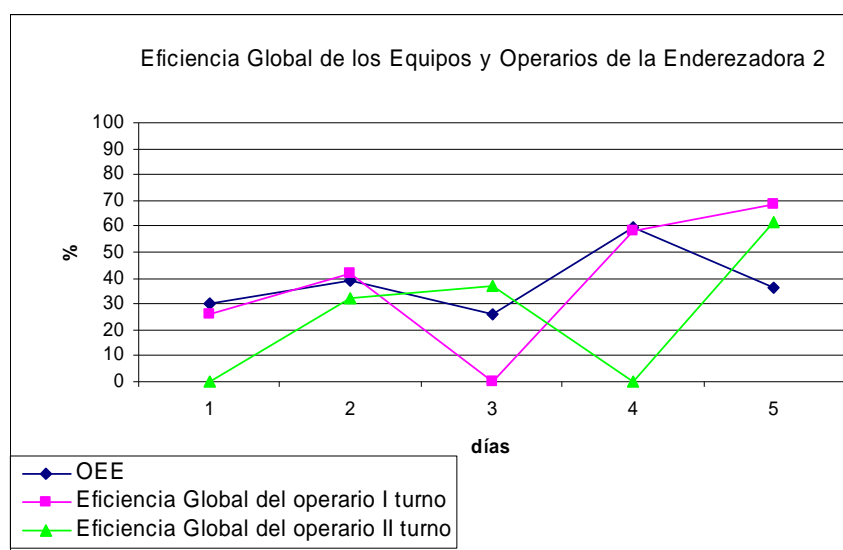


Gráfico 3.2 OEE y Eficiencia Global de los Trabajadores en los dos turnos de la Enderezadora 2

ANÁLISIS DEL OEE		
Trefiladora 1	(OEE = 17,66 %)	
	El OEE de este equipo es bajo debido a su parada de 2,5 días, es decir 32 horas en el primer turno, además las paradas no programadas ocupan un tiempo largo disminuyendo así directamente la disponibilidad, también el poco tiempo de utilización provoca que la producción de unidades procesadas sea mínima, todos estos factores disminuyen el OEE.	
Enderezadora 2	(OEE = 38 %)	
	El OEE de este equipo se aproxima al 50% de la efectividad recomendada, ya que las paradas no programadas se producen en gran porcentaje por el reproceso del producto que no cumple con los requerimientos. El tercer día en este turno no se trabajó debido a que los pedidos de producción no requería de este equipo es así que la efectividad fue cero, bajando el promedio final del OEE.	
ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS OPERARIOS		
Trefiladora 1	Eficiencia Global de los Operarios I Turno (6,33 %)	Eficiencia Global de los Operarios II Turno (21,81 %)
	La eficiencia del trabajador de este turno es baja debido a las paradas no programadas, el 75% de estas paradas no es responsabilidad del trabajador por la imposibilidad de trabajar en este equipo.	La eficiencia del trabajador es baja debido a las paradas no programadas, causadas por el descuido del operario, provocando el paro en la producción, además no cumple con el tiempo determinado para el descanso.
Enderezadora 2	Eficiencia Global de los Operarios I Turno (38,94%)	Eficiencia Global de los Operarios II Turno (26.1 %)
	La baja eficiencia de este trabajador se debe básicamente a las excesivas paradas no programadas, causadas por el reproceso del producto defectuoso y por falta de calibración en el tope, que provocó el paro de la producción de todo el turno siendo esta una falta injustificada.	La baja eficiencia se debe a la gran cantidad de paradas no programadas causadas en su mayoría por falta del alambón que debe proporcionar la sección de Trefilación.

Tabla 3.6 Análisis inicial del OEE y de la Eficiencia Global de los Operarios

3.2 IMPLANTACION DEL TPM EN TREFILEC CIA. LTDA.

El TPM por recomendación del JIMP se implanta en 12 pasos descritos en el capítulo uno, sin embargo la implantación de los pilares Mantenimiento Autónomo, Seguridad Higiene y Medio Ambiente y Mantenimiento Planificado desarrollado en el capítulo anterior se resumen en siete pasos que son:

1. Declaración por parte de la Gerencia de la introducción del TPM.
2. Campaña de educación introductoria
3. Establecimiento de grupos de trabajo.
4. Establecimiento de objetivos
5. Preparación del plan maestro de implantación del TPM
6. Lanzamiento del TPM
7. Establecimiento de sistemas para mejorar la eficiencia del departamento de producción

3.2.1 DECLARACIÓN POR PARTE DE LA GERENCIA DE LA INTRODUCCIÓN DEL TPM

TREFILEC CIA. LTDA. es una de tantas empresas que buscan alternativas de mejoras que les permita ser competitivos en el mercado, por lo cual la Alta Gerencia ha decidido dar la apertura a la filosofía del TPM.

3.2.2 CAMPAÑA DE EDUCACIÓN INTRODUCTORIA



Figura 3.11 Campaña de educación introductoria

En la fotografía mostrada en la Figura 3.11, se puede observar la realización de la charla introductoria al TPM donde asistieron el personal de mantenimiento, producción, administración y el Gerente, dando apertura a un intercambio de ideas donde surgieron opiniones claras para el establecimiento de objetivos, el control de asistencia y las diapositivas presentadas en la charla se muestran en el Anexo 2.

3.2.3 ESTABLECIMIENTO DE GRUPOS DE TRABAJO

Para establecer los grupos de trabajo fue necesario conocer al personal para identificar sus características, nivel de capacitación, conocimientos, experiencia adquirida, relación de trabajo entre ellos y sobre todo reconocer a las personas que están realmente comprometidas con la empresa y tienen el deseo del cambio sin paradigmas que influyan de manera negativa al personal. El líder del Mantenimiento Planificado debe tener conocimientos de: manejo de tablas MTBF, sistemas de costos de mantenimiento, técnicas de eliminación del deterioro de los equipos, manejo de software de mantenimiento, conocimientos sólidos de Mantenimiento Preventivo y Predictivo. En la empresa no se cuenta con el personal que cumpla estos requerimientos.

El Mantenimiento Autónomo involucra actividades inteligibles como lubricación, limpieza, inspecciones, etc. El grupo de trabajo conformado para la implantación del Mantenimiento Autónomo se muestra en la Figura 3.12 donde el líder principal es responsable de proporcionar la planificación y las herramientas necesarias para llevar a cabo todas las actividades de mantenimiento, además es el encargado de evaluar las mejoras y actualizar la información en los tableros de control, los líderes de cada sección tienen como responsabilidad realizar, coordinar y supervisar las actividades de mantenimiento e informar al líder principal acerca de ideas de mejoramiento en base a la experiencia de los operarios.

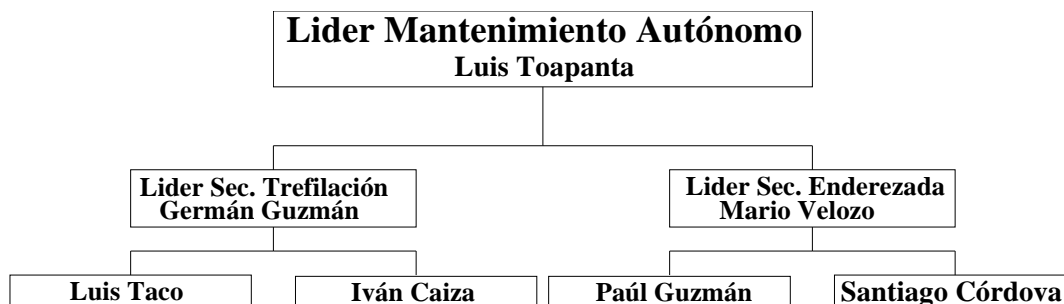


Figura 3.12 Grupo de líderes para el Mantenimiento Autónomo

3.2.4 ESTABLECIMIENTO DE OBJETIVOS

Conjuntamente con el Gerente se establecieron los siguientes objetivos:

- Fomentar una nueva cultura de mantenimiento en el personal.
- Conseguir un ambiente de trabajo limpio y ordenado.
- Mejorar la gestión del mantenimiento existente en la empresa.
- Establecer estándares de lubricación, limpieza e inspección de los equipos.
- Fortalecer la estructura del departamento de mantenimiento estableciendo cargos y responsabilidades.

3.2.5 PREPARACION DEL PLAN MAESTRO DE IMPLANTACION DEL TPM

La implantación de los pilares anteriormente descritos permite alcanzar los objetivos planteados, para el desarrollo se elabora el plan maestro de implantación mostrado en el Anexo 2.

3.2.6 LANZAMIENTO DEL TPM

El Gerente de TREFILEC CIA. LTDA. en una reunión con todo el personal comunica la decisión de adoptar la filosofía del TPM y solicita la colaboración de todos para alcanzar los fines propuestos.

3.2.7 ESTABLECIMIENTO DE SISTEMAS PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION

Previo a la implantación de los pilares de Mantenimiento Autónomo y Planificado se aplica la metodología de las 5 S, que esta conformada por cinco pasos a través de los cuales se logra mayor orden, disciplina y eficiencia en el lugar de aplicación.

3.2.7.1 Implementación de las 5S

Se implanta Seiri y Seiton ya que el Mantenimiento Autónomo cubre a partir de la tercera S.

3.2.7.1.1 Implantación de Seiri (Clasificar)

La implantación Seiri implica clasificar o separar los elementos necesarios de los innecesarios, a través de la campaña de tarjetas rojas que consta de siete pasos.

Lanzamiento de la campaña de tarjetas rojas

El Gerente da paso a la campaña de tarjetas rojas con una pequeña intervención, para motivar a los operarios de la importancia de mantener lo estrictamente necesario en el lugar de trabajo

Definir elementos a salir

Con el objetivo de mantener lo estrictamente necesario en cada una de las secciones y mediante una inspección realizada conjuntamente con los operarios, se identifica los elementos innecesarios en las secciones de enderezada y trefilación, cuyos inventarios se muestran en las Tablas 3.7 y 3.8 respectivamente.


 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.			
IMPLANTACIÓN DE LAS 5 S - SEIRI			
INVENTARIO DE ELEMENTOS INNECESARIOS			
Sección:	ENDEREZADA	Fecha:	12/02/2007
Cantidad	Elemento innecesarios		Observaciones
varios	Alambres delgados		Tirados en el piso
1	Adoquín		No se utiliza
5	Paquetes de producto terminado		Obstruye el paso
4	Pedazos de madera		Obstruye el paso
1	Canasta		Sobre el producto terminado
varias	Herramientas		Tiradas en el piso
varias	Producto terminado defectuoso		Obstruye el paso

Tabla 3.7 Inventario de elementos innecesarios de la sección de Enderezada


 Trefilados del Ecuador “TREFILEC” Cia Ltda.			
IMPLANTACION DE LAS 5 S - SEIRI			
INVENTARIO DE ELEMENTOS INNECESARIOS			
Sección:	TREFILACION	Fecha:	12/02/2007
Cantidad	Elementos Necesarios		Observaciones
1	Basurero		2 basureros juntos
100 u	Producto terminado		No se utiliza
2 pedazos	Materia prima en proceso		No se utiliza
1	Mesa cortadora de producto especial		Se ocupa rara vez
1	Mesa para producto especial terminado		Se ocupa rara vez
1	Escoba		Dentro de una canasta
2 pedazos	Manguera		Se encuentran rotas
1 pedazos	Materia prima en proceso		No se utiliza
2	Pedazos de madera		No se utiliza
1	Balde		No se utiliza
1	Escoba		En mal estado
2	Botellas de cola		No se utiliza
1	Estructura de metal		No se utiliza
1	Polea		No sirve
1	Escoba		En mal estado
2	Burros		En mal estado
varias	Varillas		En pequeños pedazos
varios	Sunchos		Regados en el piso

Tabla 3.8 Inventario de elementos innecesarios de la sección de trefilación

Establecimiento de los criterios de tarjetado

Una vez identificados los elementos innecesarios es indispensable justificar su salida a través de criterios como: frecuencia de uso, utilidad y cantidad necesaria. La mayoría de los elementos descritos en los inventarios son eliminados por su utilidad y el resto de elementos reubicados por la cantidad excesiva en el lugar de trabajo.

Tarjetado

Se coloca las tarjetas rojas a todos los elementos que de acuerdo con el análisis se determina que son innecesarios en las secciones de Enderezada y Trefilación.

Gestión de elementos tarjeteados

La gestión dada a los elementos tarjeteados se muestra en las Tablas 3.9 y 3.10.

 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.			
IMPLANTACION DE LAS 5S - SEIRI			
GESTION DE ELEMENTOS INNECESARIOS			
Sección:	TREFILACION	Fecha:	13/02/2007
Cantidad	Elemento innecesario	Gestión	
1	Basurero	Reubicado	
100 u	Producto terminado no utilizado	Reubicado	
2 pedazos	Materia prima en proceso	Se termina el proceso	
1	Mesa cortadora de producto especial	Reubicado	
1	Mesa para producto especial terminado	Reubicado	
1	Escoba	Eliminado	
2 pedazos	Manguera	Eliminado	
1 pedazos	Materia prima en proceso	Se termina el proceso	
2	Pedazos de madera	Eliminado	
1	Balde	Eliminado	
1	Escoba	Eliminado	
1	Polea	Reubicado	
1	Escoba	Reubicado	
2	Burros	Eliminado	
varias	Varillas	Reubicado	
varios	Sunchos	Reubicado	

Tabla 3.9 Gestión de elementos innecesarios de la sección de Trefilación

 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.			
IMPLANTACION DE LAS 5S - SEIRI			
GESTION DE ELEMENTOS INNECESARIOS			
Sección:	ENDEREZADA	Fecha:	13/02/2007
Cantidad	Elemento innecesario	Gestión	
varios	Alambres delgados	Eliminado	
1	Adoquín	Eliminado	
5	Paquetes de producto terminado	Reubicado	
4	Pedazos de madera	Reubicado	
1	Canasta	Reubicado	
varias	Herramientas	Reubicado	

Tabla 3.10 Gestión de elementos innecesarios de la sección de Enderezada

Auditoria Seiri

La auditoria es una evaluación del progreso que se da en la implantación de Seiri, la primera auditoria realizada se muestra en la Tabla 3.11.


 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.			
IMPLANTACION DE LAS 5S - SEIRI			
AUDITORIA			Fecha:
Sección:		Trefilación y Enderezada	14/02/2007
		Realizado por:	Jácome - Oña
Preguntas			Evaluación
¿Las cantidades de elementos son las que realmente se necesitan?			2
¿Los elementos necesarios están dispuestos en el lugar de trabajo de acuerdo con la frecuencia con la que se usan?			3
¿Todos los elementos innecesarios se almacenan fuera del lugar de trabajo?			2
¿Los elementos necesarios están siempre dispuestos en el lugar de trabajo?			3
¿Es posible distinguir los elementos innecesarios y necesarios?			3
¿Cualquier persona puede distinguir fácilmente los elementos necesarios y los innecesarios?			4
¿Los integrantes del equipo de trabajo conocen los criterios para asignar las tarjetas rojas?			4
Criterio de evaluación con el promedio		TOTAL	21
1 - 2,5 : Pobre		PROMEDIO	3
2,5 - 4 : Hay que mejorar			
4 - 5 : Satisfactorio			
Observaciones:			
Se determina que no existen todas las herramientas necesarias en las dos secciones por lo que se resuelve proporcionar herramientas individuales para cada sección. Para la sección de enderezada se sugiere adquirir una soldadora a tope.			

Tabla 3.11 Auditoria Seiri para las secciones de Trefilación y Enderezada

3.2.7.1.2 Implementación de Seiton (Ordenar)

La implantación Seiton implica dar un lugar adecuado a cada elemento necesario definido en el paso anterior, de tal manera que los operarios puedan acceder a estos elementos fácilmente, evitando desplazamientos innecesarios y pérdidas de tiempo. La implantación de Seiton se realiza en cinco pasos.

Disposición inicial de los elementos necesarios

En la sección de enderezada se utilizan dos tipos de herramientas: de cambio y de mantenimiento, gran parte de estas se encuentran fuera del lugar. La sección de trefilación no cuenta con las herramientas necesarias para el mantenimiento, por esta razón utilizan herramientas de otras secciones, causando desorden y pérdidas de tiempo, para evitar este problema se gestiona la compra de herramientas necesarias para las secciones.

Establecimiento de la mejor ubicación de los elementos necesarios

Las herramientas de cambio necesarias para la sección de Enderezada se ordenan en un contenedor, que se ubica en un lugar de fácil alcance para los operarios de las tres enderezadoras.

Las herramientas de mantenimiento necesarias para las dos secciones se ubican en dos tableros colocados en lugares estratégicos, permitiendo que los operarios puedan acceder a estas con facilidad.

Marcar la mejor localización de los elementos

Para dar la mejor localización de los elementos se opta por el dibujo de contornos para las herramientas de mantenimiento y la técnica de rotulación para herramientas de cambio, esta aplicación se muestra en la Tabla 3.12.

Disposición final de los elementos necesarios.

La utilización de las técnicas de localización permite mejorar el orden de las herramientas como se muestra en la Figura 3.13.

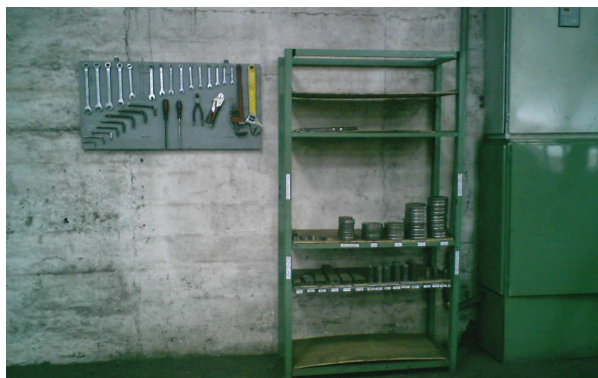


Figura 3.13 Disposición final de los herramientas necesarios

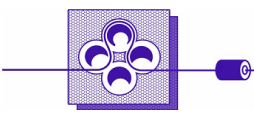




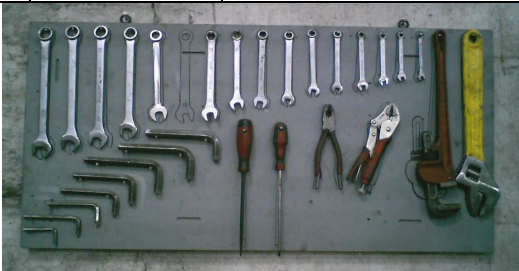
 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.					
LOCALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS					
Sección:		Enderezada	Fecha:		15/02/2007
Contenedor de herramientas de cambio necesarias para la sección de Enderezada	Técnica	Elemento	Etiqueta		Foto
			Nombre	Medida	
	Indicadores del nombre	Buzolas de calibración	Buzolas de calibración	4, 5, 6, 8, 10, 12mm	
	Indicadores del nombre	Buzolas de corte	Buzolas de corte	Enderezadora 1: 8, 10, 12mm	
				Enderezadora 2: 6, 8, 10mm	
Enderezadora 3: 3, 6, 8mm					
Indicadores del nombre	Cuchillas de corte	Cuchillas de corte			
Indicadores del nombre	Rodillos	Rodillos	Menores a 6, 6, 8, 10, 12mm		
Tableros de herramientas	Dibujo de contornos	Herramientas			

Tabla 3.12 Localización de los elementos necesarios

3.2.7.2 Implantación del Mantenimiento Autónomo

El Mantenimiento Autónomo es fundamentalmente la prevención del deterioro de los equipos, partes y sub-partes que debe ser realizado por el operario de cada equipo. En TREFILEC CIA. LTDA. se implanta este mantenimiento en los equipos piloto escogidos anteriormente, mediante el desarrollo de sus siete pasos.

3.2.7.2.1 Limpieza inicial e inspección

La limpieza inicial es un proceso de inspección que permite identificar fugas, fuentes de contaminación y mala lubricación, para la limpieza inicial se utilizan documentos tales como: manual de limpieza y desinfección (MLD) y mapa de limpieza y fuentes de contaminación (MLC), estos documentos deben ser codificados para facilitar el manejo de la información. La realización de estos documentos para los equipos piloto de TREFILEC CIA. LTDA. se presentan en el Anexo 3

Inventario de elementos necesarios para la limpieza

Para realizar la limpieza se requiere de elementos necesarios y suficientes en cada sección, estos deben ser inventariados como se muestra en la Tabla 3.13. Los elementos con los que no cuenta la empresa se compran o se fabrican.


 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.					
MANTENIMIENTO AUTONOMO - LIMPIEZA					
INVENTARIO DE ELEMENTOS PARA LA LIMPIEZA				Fecha:	16/02/2007
	CALT. existente	CALT necesaria	Elemento	Observaciones	
Enderezada	5	3	Escoba		
	3	1	Pala industrial		
	0	3	Pala pequeña	Se fabrica	
	0	1	Basurero		
	1 galón	suficiente	Mezcla de gasolina y diesel		
Trefilación	0	3	Brochas		
	5	3	Escobas		
	1 galón	(70:30)%	Diesel y gasolina		
	0	1	Pala		
	algunas	3	Franelas	40*40cm	

Tabla 3.13 Elementos necesarios para la limpieza

Registro de defectos encontrados durante la limpieza

Mediante la limpieza se hace una inspección de cada equipo, lo que permite observar los defectos presentes en cada una de ellos, estos se detallan en la Tabla 3.14


 Trefilados del Ecuador “TREFILEC” Cia Ltda.			
MANTENIMIENTO AUTÓNOMO - LIMPIEZA			
REGISTRO DE DEFECTOS DE LA MÁQUINA			Fecha: 16/02/2007
Sección:	Trefilación y enderezada	Realizado por:	Jácome-Oña
	Defecto	Responsable de reparación	
Enderezadora 2	5 graseros inutilizados	Jefe de Mantenimiento	
	Tornillo defectuoso que ajusta al eje soporte del embrague	Jefe de Mantenimiento	
	Grasero del eje del porta-cuchilla dañado	Jefe de Mantenimiento	
	Grasero del eje motriz del sistema de transmisión del rotor inhabilitado	Jefe de Mantenimiento	
	Barril del sistema de elevación de la regla desgastado	Jefe de Mantenimiento	
	Fuga de lubricante en la caja de engranes	Jefe de Mantenimiento	
Trefiladora 1	4 mangueras del sistema de refrigeración en mal estado	Jefe de Mantenimiento	
	Varias mangueras sin abrazaderas	Jefe de Mantenimiento	
	6 graseros de los rulos inhabilitados	Jefe de Mantenimiento	
	1 grasero en el porta discos del embrague inhabilitado	Jefe de Mantenimiento	
	Mal diseño de los seguros del sistema de embrague	Jefe de Mantenimiento	
	Falta una polea en la bancada del decalaminado	Jefe de Mantenimiento	
	Desgaste en el relleno del bobinador	Jefe de Mantenimiento	
	2 fugas de aceite en la bancada del bobinador	Jefe de Mantenimiento	
	Alambres eléctricos sin protección	Jefe de Mantenimiento	

Tabla 3.14 Detalle de defectos presentes

Tarjetas de defectos

Las tarjetas sirven para localizar defectos encontrados después de realizar la limpieza, existen dos tipos de tarjetas: rojas y blancas.

Las tarjetas blancas son utilizadas cuando el defecto puede ser solucionado por el operario encargado del Mantenimiento Autónomo de la máquina, mientras que las tarjetas rojas se utilizan cuando el defecto requiere de un especialista para ser corregido.

El formato y el llenado de las tarjetas rojas y blancas utilizadas se muestran en la Figura 3.14.

○	
TPM	
MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Tarjeta blanca N°:	015
Nombre del equipo:	Enderezadora 2
Código:	EEED03
Fecha de detección:	20/02/2007
Detector:	Tesistas
Descripción del defecto:	
Vibraciones relativamente altas	

○	
TPM	
MANTENIMIENTO AUTONOMO	
Tarjeta blanca N°:	004
Nombre del equipo:	Trefiladora 1
Código:	TTTL01
Fecha de detección:	20/02/2007
Detector:	Tesistas
Descripción del defecto:	
La ranura del bobinador se encuentra desgastado	

Figura 3.14 Formatos de las tarjetas de defectos blancas y rojas

Se coloca tarjetas blancas y rojas de acuerdo al defecto encontrado en los equipos piloto de la empresa como se muestra en la Figura 3.15



Figura 3.15 Ubicación de las tarjetas de defectos en los equipos de Trefilec

3.2.7.2.2 Reducción de las causas de las fuentes de contaminación

Al realizar la limpieza en el paso anterior quedaron en evidencia las fuentes de contaminación, estas deben ser eliminadas a través de acciones correctivas.

Detección de lugares de contaminación y de difícil acceso

Las fuentes de contaminación se encuentran detalladas en los mapas de limpieza y contaminación realizados en el paso anterior para cada equipo.

Clasificación de las fuentes de contaminación

Las fuentes de contaminación encontradas en los equipos se muestran en la Tabla 3.15.

SECCIÓN	FUENTE DE CONTAMINACIÓN
Enderezada	Contaminación por fuga de lubricante
	Contaminación por óxido de hierro
Trefilación	Contaminación por óxido de hierro
	Polvo refrigerante
	Contaminación por fuga de lubricante
	Contaminación por derrame de líquido refrigerante (agua)

Tabla 3.15 Fuentes de contaminación en las secciones

Estudio de métodos de corrección de problemas

Las fugas de lubricante encontradas en las dos secciones son corregidas mediante tapones, la contaminación por óxido de hierro y polvo refrigerante debe ser controlada a través de la limpieza diaria.

La contaminación por derrame de líquido refrigerante (agua) en la Trefiladora 1 es controlada a través del reemplazo de las mangueras y abrazaderas que se encontraban deterioradas.

Revisión de estándares de limpieza y desinfección

Los estándares de limpieza y desinfección deben estar abiertos a cambios sugeridos. En la empresa son aplicados y revisados por los operarios, lo que permite realizar algunas mejoras.

3.2.7.2.3 Preparación de estándares de limpieza, lubricación e inspección.

Los puntos de limpieza, lubricación e inspección de los equipos son obtenidos de manuales propios o de equipos similares y de la experiencia de los operarios.

Identificación de los puntos a lubricar

Para una fácil identificación de los puntos, es necesario representarlos en esquemas que se presentan en los estándares tentativos de limpieza, lubricación e inspección de cada equipo.

Identificación de las fugas de lubricante

Para evitar que las fugas de lubricante sean fuentes de contaminación es indispensable llevar un control periódico de la inexistencia de estas, con ayuda de estándares tentativos.

Unificación de los tipos de lubricante

TREFILEC CIA. LTDA. utiliza únicamente el aceite lubricante Tribology por sus excelentes propiedades y la grasa lubricante sintética Multipropósito M2 utilizada para lubricación de rodamientos, debido a sus ventajas como: disminución de la fricción y desgaste y protección contra corrosión, por esta razón no se realiza la unificación de lubricantes.

Métodos de lubricación

Los métodos de lubricación existentes en la empresa son: manual y mediante una bomba de engrase.

3.2.7.2.4 Inspección general

La inspección del equipo es realizada por los operarios, quienes deben estar en la capacidad de detectar cualquier anomalía y corregirla por lo que es necesario entrenarlos en algunas teorías básicas. En la empresa se estima que los operarios de la sección de Trefilación y Enderezada deben ser capacitados en los siguientes puntos:

- Rodamientos
- Lubricación
- Sistema de transmisión

El contenido de cada tema se encuentra detallado en el Anexo 3.

Programa de educación.- La capacitación se realiza en forma personalizada y con documentos de respaldo que son entregados al operario.

3.2.7.2.5 Inspección autónoma

La inspección autónoma es la inspección que el operario realiza a su equipo con el objetivo de detectar y corregir cualquier anomalía que se presente a tiempo. La inspección debe ser realizada de acuerdo con los estándares realizados anteriormente y con la frecuencia especificada.

3.2.7.2.6 Estandarización

La tarea de Mantenimiento Autónomo se convierte en un hábito para los operarios y la estandarización consiste en la evaluación constantemente de la aplicación de los estándares.

3.2.7.2.7 Control autónomo total

Se entrega a los operarios todos los documentos realizados con el fin de que el Mantenimiento Autónomo se realice correctamente y con la utilización de los estándares, con lo que se logra que este mantenimiento dependa únicamente del operario.

El líder del Mantenimiento Autónomo es en este caso quien debe controlar y evaluar las mejoras a largo plazo.

Auditoria de Mantenimiento Autónomo

La auditoria del Mantenimiento Autónomo se realiza a través del formato como se muestra en la Tabla 3.16 y se recomienda realizarla cada 3 meses.


 Trefilados del Ecuador “TREFILEC” Cia Ltda.			
IMPLANTACION DEL MANTENIMIENTO AUTONOMO			
AUDITORIA			
Sección:	Enderezada	Fecha:	21/02/2007
Equipo:	Enderezadora 1	Operador:	Carlos Toapanta
Lista de preguntas			Evaluación
¿Creación de manuales de limpieza y desinfección y mapas de limpieza y causas de contaminación?			5
¿Se instala las tarjetas y se registra los defectos el equipo?			5
¿La información a gerencia de los defectos encontrados es la adecuada?			5
¿Se detecta los lugares de contaminación y de difícil acceso?			5
¿Se cumple con los métodos de la corrección de problemas?			4
¿Los trabajadores sugieren mejoras para la revisión de los estándares tentativos de limpieza, lubricación e inspección?			4
¿Cumplen con la lubricación de los puntos establecidos en los estándares tentativos de limpieza, lubricación e inspección?			4
¿Se capacita al personal?			4
¿El personal ha propuesto temas en los que quisiera profundizar?			2
¿Es comprensible la información de cada tema de capacitación?			4
¿Se inspecciona el equipo, usando los puntos establecidos en los estándares tentativos de limpieza, lubricación e inspección?			4
¿Se evalúa constantemente los estándares tentativos de limpieza, lubricación e inspección?			5
¿Se entrega documentos que son realizados en los pasos anteriores?			3
Criterio de evaluación con el promedio		Total	54
1 - 2,5 : Pobre		Promedio	4
2,5 - 4 : Hay que mejorar			
4 - 5 : Satisfactorio			
Observaciones: El operario se conforma con la capacitación que se le da, no muestra interés por aprender más esto es un limitante para el desarrollo del Mantenimiento Autónomo.			

Tabla 3.16 Auditoria del Mantenimiento Autónomo

3.2.7.3 Implantación del pilar de Seguridad Higiene y Medio ambiente

La implantación de este pilar es de vital importancia ya que las medidas de seguridad proporcionan un ambiente más seguro al operario, influenciando directamente en el desenvolvimiento de su trabajo.

3.2.7.3.1 Evaluación inicial de Seguridad Higiene y Medio ambiente de las secciones de la empresa

Para tomar alternativas de mejora se realiza una evaluación del estado inicial de la seguridad en la empresa como se muestra en el Anexo 4, estos resultados son

cualitativos y se ubican en las zonas aceptable cuando el cumplimiento de las actividades de seguridad es excelente y bueno o no aceptable cuando el cumplimiento de las actividades de seguridad es regular, malo o no aplica de acuerdo a la Tabla 3.17, para una mejor comprensión se cuantifican los resultados, un resumen se muestra en la Tabla 3.18.

Zonas	Cumplimiento
Zona no aceptable	No Aplica
Zona no aceptable	Malo
Zona no aceptable	Regular
Zona aceptable	Bueno
Zona aceptable	Excelente

Tabla 3.17 Zonas aceptables y no aceptables

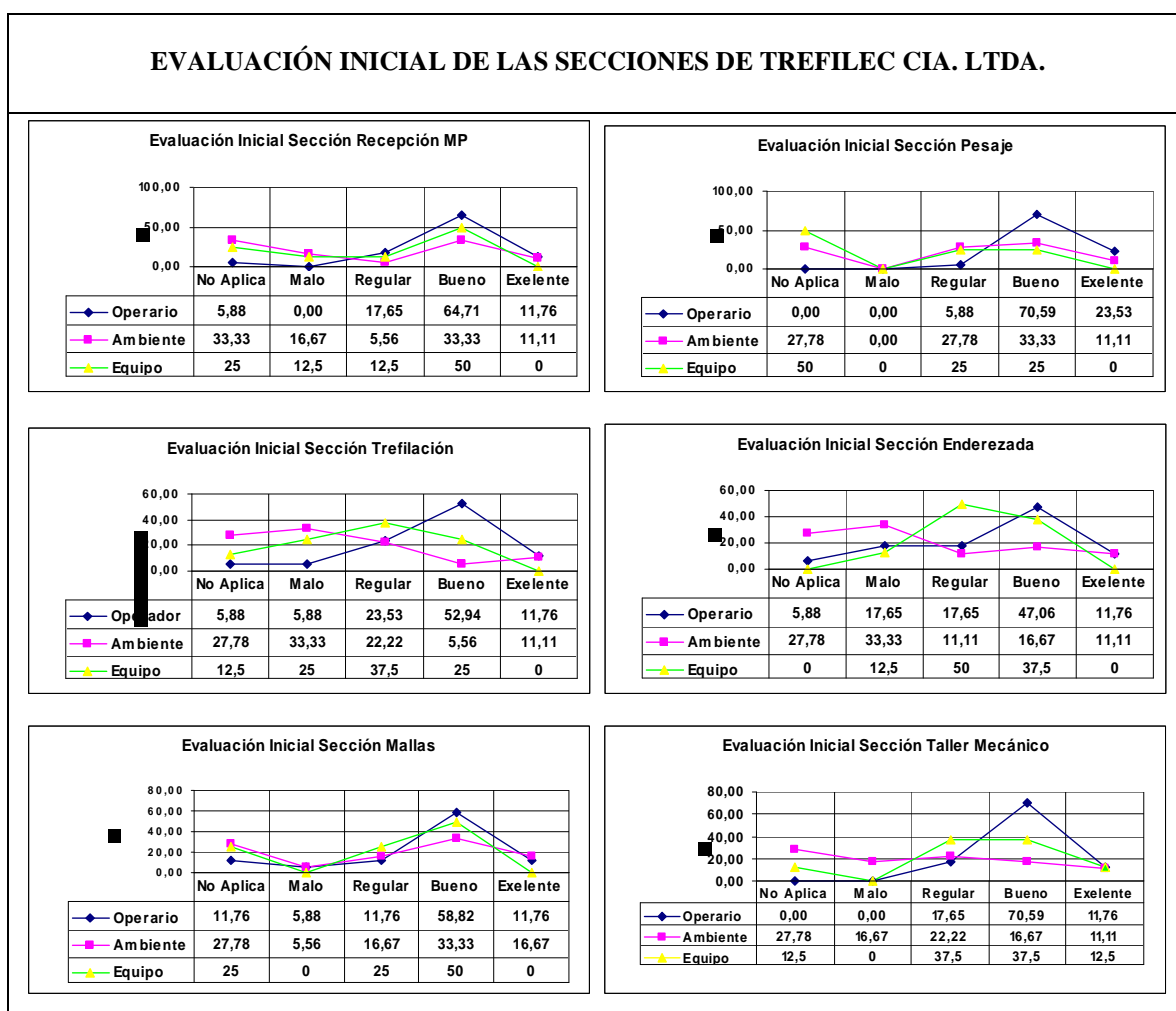


Tabla 3.18 Resumen de resultados de la evaluación inicial de Seguridad e Higiene

Según los resultados obtenidos se determina que las actividades de seguridad del operario se encuentran en la zona aceptable, mientras que la seguridad que dan el medio ambiente y los equipos se encuentran en la zona no aceptable, por lo tanto es necesario realizar la señalización en la empresa, sin embargo estos resultados son un promedio, por tal razón no se debe inadvertir la conducta de prevención por parte del personal de producción.

3.2.7.3.2 Metodología de implantación

Para dar inicio a las medidas de prevención se elabora un mapa de riesgos que se encuentra en el Anexo 4, donde el objetivo principal es averiguar los riesgos existentes y los actos inseguros en la empresa.

Una vez determinado claramente el mapa de riesgos se elabora un plano de señalización mostrado en el Anexo 4, que contiene señalizaciones con letreros y señales en el piso con el fin de:

- Dar a conocer obligaciones en el uso de equipos de protección personal.
- Prevenir al personal de los riesgos existentes en la empresa.
- Establecer los caminos seguros para el personal y visitantes en general.

Las características, dimensiones y material de las señales están descritos en el mismo Anexo.

Otro parámetro básico dentro de la señalización son los colores, ya que ayudan a mejorar el ambiente de trabajo, según las normas ANSI existen diferentes factores para seleccionar los colores adecuados de paramentos y equipos, el factor básico es que el poder de reflexión no supere el valor máximo fijado.

Superficies	Reflectancia
Techos y paramentos situados encima de la cabeza	> 75%
Parte superior de la pared	50≤R≥60
Parte inferior de la pared	25≤R≥35
Mesas de trabajo y despacho	25≤R≥35
Suelos	< 15 %
Maquinaria	25≤R≥35

Tabla 3.19 Valores máximos de reflectancia²²

COLOR	REFLECTANCIA %
Blanco	94
Crema	79
Amarillo paja	79
Rosa claro	85
Amarillo	75
Rosa	82
Gris claro	80
Beige	80
Verde claro	78
Oro viejo	88
Habana claro	88
Azul claro	60
Rojo claro	63
Marrón	71
Madera claro	83
Gris paloma	83
Gris oscuro	60
Verde oscuro	33
Azul	40
Rojo oscuro	40

Tabla 3.20 Índice de reflectancia²³

Siguiendo esta norma existen varias alternativas, para las superficies en la empresa sin embargo de acuerdo con los colores del piso y techo ya establecidos se sugiere dos alternativas que se muestran en la Tabla 3.21.

²² Manual de Seguridad Industrial; 2^{da} Edición ;1995

²³ Manual de Seguridad Industrial; 2^{da} Edición ;1995

TREFILEC CIA LTDA.						
	Techos y paramentos encima de la cabeza	Parte superior de la pared	Parte inferior de la pared	Mesas de trabajo y despacho	Suelos	Maquinaria
ALTERNATIVA 1						
Galpón Principal	Blanco	Azul pálido	Gris azulado	Gris 40%	Gris 20%	Gris azulado
Galpón Secundario	Blanco	Azul pálido	Gris azulado	Gris 40%	Gris 20%	Gris azulado
Oficinas	Blanco	Azul pálido		Gris 40%	Gris 20%	Gris azulado
Bodegas y Laboratorios	Blanco	Azul pálido	Gris azulado	Gris 40%	Gris 20%	Gris azulado
Almacén	Blanco	Turquesa		Gris 40%	Gris 20%	Gris azulado
ALTERNATIVA 2						
Galpón Principal	Blanco	Verde Pálido	Verde	Gris 40%	Verde	Gris verdoso
Galpón Secundario	Blanco	Verde Pálido	Verde	Gris 40%	Verde	Gris verdoso
Oficinas	Blanco	Verde Pálido		Gris 40%	Verde	Gris verdoso
Bodegas y Laboratorios	Blanco	Verde Pálido	Verde	Gris 40%	Verde	Gris verdoso
Almacén	Blanco	Verde Pálido		Verde Sombreado	Verde sombreado	_____

Tabla 3.21 Alternativas para el color de las superficies.

3.3 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO

El pilar Mantenimiento Planificado o Progresivo se implanta en TREFILEC CIA. LTDA. con el fin de mejorar la gestión del mantenimiento y sus beneficios se verán reflejados en la disminución de los tiempos de paro de los equipos piloto, esto se realiza con la participación directa del Departamento de Mantenimiento y el de Producción.

Limitaciones para la implantación del Mantenimiento Planificado en la empresa.

TREFILEC CIA. LTDA. no cuenta con información histórica del mantenimiento de los equipos.

La empresa no cuenta con el Recurso Humano necesario para liderar el Mantenimiento Planificado.

Actividades preliminares

Las actividades preliminares, predecir e incrementar el MTBF se ajustan a la aplicación del Mantenimiento Autónomo realizado anteriormente, por lo que se concluye que los equipos piloto están en condiciones óptimas para la aplicación del Mantenimiento Planificado

3.3.1 IDENTIFICAR EL PUNTO DE PARTIDA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS

En el área de mantenimiento se lleva una contabilidad y un sistema de información enfocada a la justificación de gastos, más no como una herramienta de ayuda para la gestión del mantenimiento. Los documentos que sirven como fuente de información son:

- Registro de salidas de repuestos de la bodega por equipo
- Facturas de trabajos de terceros y de compra de repuestos y materiales
- Registros de control de la producción.

3.3.1.1 Analizar y diagnosticar el área de mantenimiento

Visitar las instalaciones

En la visita realizada a las instalaciones se conoce que se aplica únicamente Mantenimiento Correctivo a los equipos, causando pérdidas de tiempo, altos costos de mantenimiento y un deterioro continuo de los equipos.

Elaborar el formato de evaluación del mantenimiento

Para evaluar el estado inicial del mantenimiento y calidad se utiliza el formato de la Tabla 3.22, el cual fue evaluado previo a la implantación del Mantenimiento Autónomo, sin embargo este formato se muestra en este paso para complementar con información necesaria y establecer el nivel del mantenimiento general de la empresa.


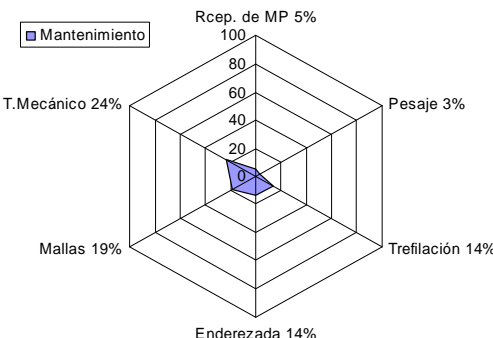
Reunión con los responsables del mantenimiento

En la reunión con el encargado del mantenimiento se discute el resultado de la evaluación descrita en el paso anterior y se concluye que el mantenimiento en la empresa no es el adecuado, ya que ninguna de las secciones cumple con todos los parámetros requeridos, tal es el caso que el mayor porcentaje que se alcanza es 24% en el Taller Mecánico.

3.3.1.2 Recopilar información de los equipos

Algunas de los equipos existentes en la empresa poseen sus manuales de operación, lo cual ayuda a la recopilación de la información en el caso de la Enderezadora 2, mientras que para la Trefiladora 1 se acude al manual de la Trefiladora 2 tomando en cuenta que son equipos similares, además se consulta las placas del equipo, en ambos casos se consulta la información restante con los encargados del mantenimiento de los equipos.

La información recopilada de los equipos piloto es: marca, modelo, serie, tipo, fecha de compra, precio, fecha de instalación, datos de placa, equipos auxiliares, unidades similares, ubicación, partes y sub-partes de los equipos, que posteriormente sirven para llenar el historial.

 Trefilados del Ecuador “TREFILEC” Cia Ltda.								
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL								
EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CALIDAD DE LA EMPRESA								
Realizado por:	Jácome-Oña	Fecha:	26/02/2007					
								
OBSERVACIONES: En base a los resultados de este gráfico se observa que la situación del mantenimiento es mala. Se considera que 10 es el valor máximo y 0 el mínimo		Sección	Rcep. de MP	Pesaje	Trefilación	Enderezada	Mallas	T. Mecánico
a	Se poseen las herramientas necesarias para realizar el mantenimiento.		0	0	5	5	8	8
b	Existe un grupo o persona encargado de las actividades de mantenimiento.		0	0	5	5	8	5
c	Se posee un registro de las paradas y averías de los equipos.		0	0	0	0	0	5
d	Existe un sistema de costos de mantenimiento.		0	0	0	0	0	0
e	Se posee registros MTBF.		0	0	0	0	0	0
f	Existe un programa regular de capacitación del personal de mantenimiento en todos los niveles.		0	0	0	0	0	6
g	Existe un programa de estimulación hacia los operarios que aporta con ideas para el mantenimiento.		0	0	0	0	0	0
h	Existen los repuestos suficientes para mantener bien los equipos.		0	0	6	6	6	6
i	Se posee la documentación necesaria para realizar limpieza, lubricación e inspección de los equipos.		0	0	0	0	0	0
j	Se realizan las actividades recomendadas por el fabricante para el mantenimiento de los equipos.		0	0	0	0	0	0
k	Existe un programa de eliminación del deterioro en los equipos.		0	0	0	0	0	0
l	Se posee un programa de M Preventivo		0	0	0	0	0	0
m	Se posee un programa de M. Predictivo		0	0	0	0	0	0
n	Existe un sistema de información para la gestión del mantenimiento (software).		0	0	0	0	0	0
o	Existe un programa de desarrollo superior del sistema de mantenimiento.		0	0	0	0	0	0
p	Muestra la Gerencia la importancia necesaria hacia el mantenimiento de los equipos.		8	5	6	6	8	8

Total	8	5	22	22	30	38
Total (%)	5	3	14	14	19	24

Tabla 3.22 Evaluación del mantenimiento y calidad de la empresa

3.3.1.3 Codificar los equipos

TREFILEC CIA. LTDA. no cuenta con un sistema de codificación, por lo tanto es necesario establecer una codificación propia, la cual contiene un número de serie que consta de cuatro letras y dos dígitos, las dos primeras letras corresponden a la sección a la que pertenecen, las dos últimas letras corresponden a las iniciales de los equipos y los dígitos corresponden a la ubicación, una muestra de las etiquetas se encuentra en la Figura 3.16 y posteriormente son ubicadas en los equipos correspondientes como se muestra en la Figura 3.17.




Figura 3.16 Etiqueta para los equipos



Figura 3.17 Equipos con número de series

Los equipos con sus respectivos números de serie se muestran en la Tabla 3.23

 Trefilados del Ecuador “TREFILEC” Cia Ltda.					
REGISTRO DE EQUIPOS					
Sección	Equipo	Nombre genérico	# gnl de ubicación	Número de serie	Marca
Recepción de MP(RC)	Montacargas	MN	O1	RCMN01	Komatsu
	Montacargas	MN	O2	RCMN02	Toyota
Pesaje(PS)	Montacargas	MN	O3	PSMN01	Nissan
	Báscula	BS	O1	PSBS02	Toledo
	Balanza	BL	O2	PSBL03	Sisbal
Trefilación (TT)	Trefiladora 1	TL	O1	TTTL01	Roth
	Trefiladora 2	TL	O2	TTTL02	Malmedie
	Trefiladora 3	TL	O3	TTTL03	Mordraw
	Trefiladora 4	TL	O4	TTTL04	Albert
	Soldadora a tope	ST	O5	TTST05	Ideal
Enderezada (EE)	Puente grúa	PG	O1	EEPG01	Demag
	Enderezadora 1	ED	O2	EEED02	Wafios
	Enderezadora 2	ED	O3	EEED03	Zafios
	Enderezadora 3	ED	O4	EEED04	Zafios
	Desbobinadora 1	DS	O5	EEDS05	Sin marca
	Desbobinadora 2	DS	O6	EEDS06	Sin marca
	Desbobinadora 3	DS	O7	EEDS07	Sin marca
	Compresor	CP	O8	EECP08	Westinhouse
Taller Mecánico (TM)	Cepillo mecánico	CM	O1	TMCM01	Klopp
	Fresadora	FS	O2	TMFS02	Van Norman
	Torno	TR	O3	TMTR03	Meuser
	Sierra	SR	O4	TMSR04	Captain
	Taladro	TP	O5	TMTP05	Morgon
	Compresor	CM	O6	TMCM06	Rong Long
	Esmeril	SM	O7	TMSM07	Rong Long
	Rectificadora	RT	O8	TMRT08	Eberle
	Prensa hidráulica	PH	O9	TMPH09	Sin marca
	Soldadora	SL	10	TMSL10	Bambozzi
Mallas (MM)	Electro soldadora	LT	O1	MMLT01	Sin marca
Producción de clavos (PC)	Forjadora N 75 WAFIOS	FR	O1	PCFRO1	-----
	Forjadora N 4 WAFIOS	FR	O2	PCFRO2	-----
	Forjadora N 5 WAFIOS	FR	O3	PCFRO3	-----
	Trefiladora MORGAN	TL	O4	PCTLO4	-----
	Rectificadora MORGAN	RT	O5	PCRTO5	-----
	Tambor de pulido	TP	O6	PCTPO6	-----

	Alimentador oscilante	LS	O7	PCLSO7	-----
	Bandas electromagnéticas	BC	O8	PCBCO8	-----

Tabla 3.23 Registro de codificación

3.3.1.4 Reunir históricos de averías e intervenciones

Para reunir los históricos de averías e intervenciones se utiliza los documentos mencionados anteriormente, de los cuales se obtiene información como: fecha de reparación, fallo existente al momento de la reparación, detalle de los repuestos que salen de la bodega, costos de trabajo de terceros y costos de los repuestos, insumos y materiales.

3.3.1.5 Registros MTBF

Uno de los mayores limitantes es la falta de registros MTBF, razón por la cual se realiza el formato de este indicador adecuado para esta empresa, con el fin de facilitar la evaluación del estado del mantenimiento.

3.3.1.5.1 Calcular el índice Tiempo Medio entre Fallas

Con los datos obtenidos de los históricos de averías e intervenciones es posible calcular el índice del Tiempo Medio entre Fallas, sin embargo estos resultados no pueden ser utilizados como fuente segura de información para la implantación del Mantenimiento Periódico debido a que el MTBF no es estable.

3.3.1.5.2 Realizar el formato de la tabla MTBF

El diseño de la tabla MTBF realizado para la empresa se muestra en la Tabla 3.24, su formato esta hecho con el objetivo de concentrar la mayor cantidad de información de los equipos, de manera que se destaque los problemas críticos o donde pueden ocurrir averías con mayor frecuencia.

Para la elaboración de esta tabla es necesario tener claro algunas definiciones mostradas en la Tabla 3.25.

La descripción de la información que se debe llenar en el cuadro de registro se muestra en la Tabla 3.26, para optimizar el espacio es necesario reemplazar las operaciones por claves que se muestran en la Tabla 3.27.

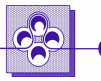
 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		TABLA DE ANALISIS MTBF				Equipo:		T P M		
		Fecha:		Realizado por:	Jácome-Oña	Código:				Período:
	No	Operación	1		2		3			
Gráfico de producción	1								Producto defectuoso	Clave
Gráfico de calidad	2								Modo de falla	Clave
Gráfico MTBF	3								Causa de falla	Clave
Gráfico de MTTR	4								Informe de reparaciones	Clave
Gráfico de costo de mantenimiento	4									

Tabla 3.24 Tabla de análisis MTBF

Contenido	Descripción
Gráfico de producción	Muestra el volumen de producción de un equipo en intervalos de tiempo.
Gráfico de calidad	Es un gráfico de Pareto cuyo análisis presenta los resultados de un equipo específico.
Gráfico MTBF	Muestra el intervalo de tiempo promedio que tarda cada uno de los estados del equipo en volver a ocurrir
Gráfico MTTR	Muestra el tiempo promedio que dura cada uno de los estados que ocurren en el equipo.
Gráfico de costos de Mantenimiento	Muestra el costo de mantenimiento en dólares por las actividades de mantenimiento en intervalos de tiempo.
Fecha	Es la fecha del inicio del registro.
Equipo	Es el nombre del equipo analizado.
Código	Es el código correspondiente al equipo
Realizado por	Grupo líder del TPM
Período	Es el intervalo de tiempo de análisis
No	Es el número que se le asigna a cada operación
Operación	Es la descripción de cada una de las actividades de Mantenimiento Planificado, paradas no programadas, lubricación, limpieza y actividades relacionadas con el cuidado del equipo.
Cuadro de registros	Es el espacio en la tabla donde se registra toda la información relacionada a la operación en determinado tiempo.

Tabla 3.25 Descripción del contenido de las tablas MTBF

Registros	Descripción
Mes/día/año	Es la fecha en la que se realiza la operación
$\frac{\text{Tiempo parada programada}}{\text{Tiempo de reparación}}$	Es la relación entre el tiempo programado para la operación y el tiempo real utilizado en horas.
Tipo de defecto	Defecto es la falta de cumplimiento de un elemento con sus requisitos definidos, ocasionando fallas.
Síntoma	Es la respuesta del equipo a la presencia de un defecto presentándose en diferentes formas como vibraciones, ruidos, incumplimiento de funciones, etc.
Causa de fallo	Es la razón por la cual los defectos se convierten en fallos.
Tipo de reparación	Es la acción que se realiza en el equipo para contrarrestar el fallo existente.
Persona encargada	Es la persona encargada del mantenimiento

Tabla 3.26 Definiciones para cuadro de registros



 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		Claves de operaciones					
Fecha:	01/03/2007	Realizado por:	Oña Mariela				
Equipo:	Enderezadora 2 y Trefiladora 1		Jácome Anabel				
Sección:	Trefilación y Enderezada						
Tipo de defecto	Clave	Síntoma	Clave	Causa de falla	Clave	Tipo de reparación	Clave
Relleno de anillo guía no controlado	G	Inestabilidad del anillo guía	i	Desgaste del anillo guía	1	Relleno del anillo guía Cambio del anillo guía	RA CA
Relleno de poleas no controlado	P	Poleas provocan atascamiento del alambón	a	Desgaste de la polea	2	Relleno en la ranura de la polea Cambio de la polea	RP CP
Mala calidad de lubricación Sobrecarga en el rodamiento Mal direccionamiento de las cargas Velocidad de giro no adecuada Deformaciones del eje Desalineamiento Temperatura excesiva de operación Falta de limpieza	L S C V E D T I	Recalentamiento del rodamiento Ruido característico	r s	Desgaste del rodamiento Rotura del rodamiento	3 4	Limpieza y lubricación del rodamiento Cambio del rodamiento	LR CR
Pulido de la ranura del bobinador	R	Producto terminado con rebaba	p	Desgaste en la ranura del bobinador	5	Relleno y pulido de la ranura del bobinador	RP
Falta de tensión en las bandas	B	Ruido característico	s	Desgaste en las bandas	6	Cambiar las bandas	CB

Tabla 3.27 Claves para cuadro de registro MTBF

3.3.1.6 Sistema de costos de mantenimiento

TREFILEC CIA. LTDA. lleva un sistema de costos que permite conocer las sumas invertidas en el mantenimiento, pero no se conoce en que rubros: Mantenimiento Correctivo, repuestos en stock, repuestos fabricados entre otros. Para tomar acciones concretas es necesario controlar costos a tiempo y con precisión.

TREFILEC CIA. LTDA. cuenta con una persona encargada del mantenimiento y dos operarios en el Taller Mecánico dedicados a la fabricación de algunos de los repuestos necesarios y a las tareas de mantenimiento.

Se tiene en consideración que el cálculo que se va a realizar es un modelo, cuyo objetivo es dotar a la empresa de criterios de costos plenamente identificados en un período de tiempo. Los costos considerados se muestran en la Tabla 3.28.

Tipo de costo	Definición
Costos de mano de obra directa	Es el costo de la mano de obra por hora de las personas encargadas del mantenimiento dentro de la empresa.
Costo de repuestos, materiales e insumos.	Es el costo de los repuestos, materiales e insumos utilizados en las actividades de mantenimiento.
Costo de repuestos realizados en el Taller Mecánico.	Es el costo de las piezas que son fabricadas en el Taller Mecánico, se calculan mediante el costo del material y el costo de la mano de obra directa.
Costo por pérdidas de producción.	Es el costo de pérdida de producción para la empresa en función del número de unidades que el equipo produce por hora y el tiempo de parada.
Costo de mantenimiento contratado.	Es el costo que involucra el mantenimiento del equipo o de una parte de este cuando se lo realiza en una empresa externa.

Tabla 3.28 Tipo de costos de mantenimiento

Para conocer los costos de mantenimiento de los tres últimos años se utiliza la hoja de cálculo mostrada en el Anexo 5 y sus resultados se registran en el historial del equipo.

3.3.1.7 Historial del equipo

Toda la información recopilada en los puntos anteriores se registra en el historial del equipo como se muestra en el Anexo 5, este consta de:

Datos técnicos del equipo

A través de estos datos se conoce las características y requerimientos de funcionamiento del equipo como: marca, modelo, serie, tipo, fecha de compra, precio, fecha de instalación, datos de placa, equipos auxiliares, unidades similares y ubicación.

Reparaciones y mantenimiento

- Fecha.- Es la fecha en la cual se realiza la reparación o mantenimiento
- Fallo.- Describe el problema o avería del equipo por el cual es intervenido.
- Reparación.- Es la acción tomada ante la presencia del fallo.
- Encargado.- Es la o las personas que realizan el mantenimiento o reparación.
- Tiempo.- Es el tiempo utilizado para realizar las actividades de mantenimiento o reparación.
- Repuestos.- Son los repuestos, materiales e insumos necesarios para la reparación del fallo.
- Costos.- Son los costos que involucra el mantenimiento o reparación.

El historial es utilizado como fuente de información para el desarrollo de las actividades futuras en la implantación del Mantenimiento Planificado.

3.3.1.8 Clasificación de los equipos

Partimos de la premisa que es recomendable dar Mantenimiento Preventivo a todos los equipos que de una u otra forma afecten a la producción, mediante un previo análisis se determina que tanto la Trefiladora 1 y Enderezadora 2 están en condiciones para ser modelos de aplicación del Mantenimiento Planificado.

3.3.2 ELIMINAR EL DETERIORO DE LOS EQUIPOS DE TREFILEC CIA. LTDA. Y MEJORAR SU ESTADO.

Para eliminar el deterioro en los equipos piloto, se selecciona algunas combinaciones de las técnicas recomendadas anteriormente en función del tipo de información, la accesibilidad a los equipos, las leyes y principios que gobiernan el deterioro, de tal manera que den soluciones.

3.3.2.1 Seleccionar los equipos

Previo a la implantación del TPM se seleccionó equipos pilotos en base a parámetros establecidos por lo tanto los equipos a ser estudiados son: Trefiladora 1 y Enderezadora 2.

3.3.2.2 Identificar el problema y conocer su situación actual

Para iniciar este proceso se reúne información y se analiza con el fin de tener antecedentes, averías y pérdidas asociadas a estas, dando el criterio para seleccionar las técnicas a utilizar: análisis de información histórica por estratificación de información y diagramas de Pareto.

Para la estratificación de la información se realiza un análisis estadístico de las paradas de los equipos, estos resultados se muestran en las Tablas 3.29 y 3.30 y sus diagramas de Pareto en los Gráficos 3.3 y 3.4.



 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		Causas de paradas			
		Equipo:	Trefiladora 1		
Tipo de defecto		Detalle del problema		Frec.	Frec. %
A	Angulo de inclinación del plato no original	El seguro del freno del embrague no funciona eficientemente y provoca que el alambón se rompa		14	31,1
B	Relleno de poleas no controlado	El flujo del alambón durante el trefilado no es continuo		13	28,9
C	Materia prima fragmentada	La materia prima viene fragmentada		8	17,8
D	Mal pulido de la ranura del bobinador	Al desenrollarse del bobinador para pasar a la cabeza de turco el material sale con rebaba		6	13,3
E	Otros	Otros defectos que no incluyen en los anteriores		4	8,9
Total				45	100,0

Tabla 3.29 Estratificación de información de la Trefiladora 1

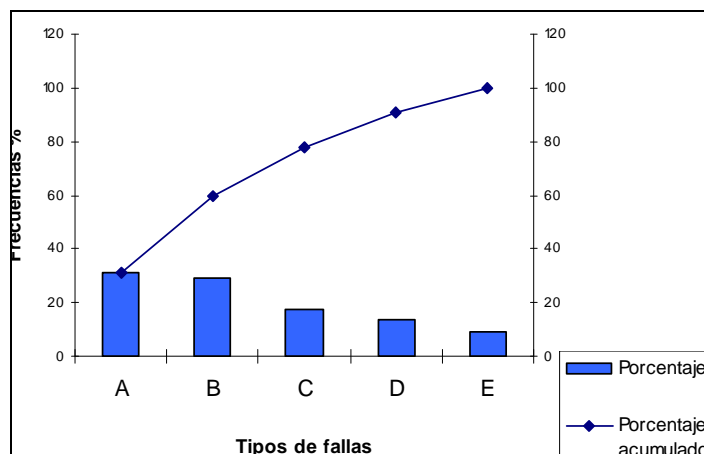


Gráfico 3.3 Diagrama de Pareto de la Trefiladora 1

Resultan evidentes los tipos de fallos más frecuentes y se observa en el diagrama de Pareto que los 3 primeros tipos de fallos se presentan en el 83% de las paradas, aproximadamente. Por el principio de Pareto se concluye que: la mayor parte de las fallos se encuentran en la fracción que pertenece sólo a tres tipos de fallos, de manera que si se eliminan las causas que los provocan desaparecería la mayor parte de los fallos.

Con el análisis del diagrama de Pareto se determina que las fallas de la Trefiladora 1 pueden ser eliminadas dentro del proceso de desarrollo del Mantenimiento Periódico que se realiza posteriormente, por esta razón el análisis concluye en este punto.



		Causas de paradas			
		Equipo:	Enderezadora 2	Fecha:	05/03/2007
		Sección:	Enderezada		
Tipo de defecto		Detalle del problema		Frec.	Frec. %
A	Fractura del eje	El eje principal se fractura en intervalos de tiempo cada vez mas cortos		8	34,8
B	Daño en el motor	El motor se recalienta		6	26,1
C	Los rodamientos del rotor se recalientan	Los rodamientos se recalientan y se funden		4	17,4
D	Falta de tensión en las bandas	La transmisión no se da normalmente		3	13,0
E	Los rodamientos del desbobinador se rompen	Los rodamientos se desgastan rápidamente y llegan a romperse		2	8,7
Total				23,00	100,0

Tabla 3.30 Estratificación de información de la Enderezadora 2

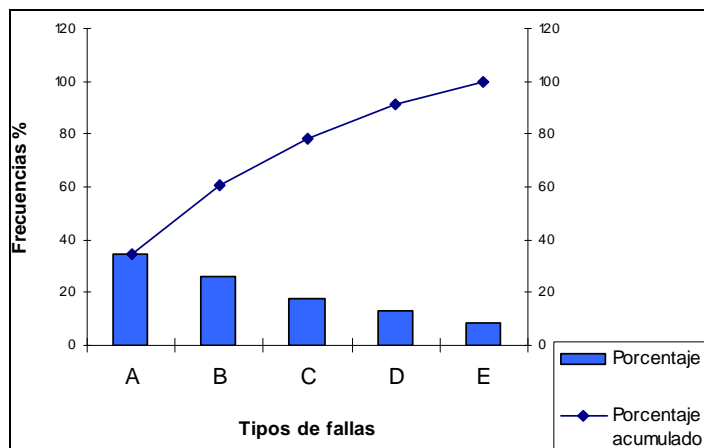


Gráfico 3.4 Diagrama de Pareto de la Enderezadora 2

Como se puede ver en el diagrama de Pareto de la Enderezadora 2 mostrado en el Gráfico 3.4 los tres primeros fallos cubren el 78.3% del porcentaje acumulado y su eliminación mejoraría el funcionamiento del equipo notablemente, pero a petición de la Gerencia el primer problema a considerar es la fractura del eje, ya que provoca largas paradas y altos costos de mantenimiento.

3.3.2.3 Diagnóstico del problema

Al iniciar esta técnica es indispensable que el equipo pase por el proceso de las 5 S que en este caso ya se realizó en los pasos anteriores.

Cuando un equipo se encuentra bien mantenido y presenta una avería, se puede realizar su diagnóstico aplicando el análisis PM. Pero en este caso específico el equipo piloto se encuentra deteriorado y se considera que es más apropiado iniciar un estudio con la técnica Por qué - Por qué antes de aplicar un análisis PM.

3.3.2.3.1 Aplicación de análisis Por qué – Por qué

La aplicación de la técnica Por qué-Por qué para la Enderezadora 2 se muestra en la Tabla 3.31



 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		ANALISIS PORQUÉ - PORQUÉ					
		Lugar del fenómeno	El fenómeno esta presente en el sistema de transmisión en el equipo				
Fecha:	06/03/2007	Descripción del fenómeno	El eje principal de la Enderezadora 2 se fractura en intervalos de tiempo cada vez más cortos			Integrantes	Jácome
Equipo:	Enderezadora 2						Oña
Sección:	Enderezada						Jefe de Taller
	Primera ronda	Segunda ronda	Tercera onda	Cuarta ronda	Quinta ronda	Ideas de mejora	
A	¿Por qué el eje principal del equipo se fractura?	¿Por qué existen vibraciones en el equipo?	¿Por qué existe desgaste en las piezas?				
	Porque existe vibraciones en el equipo	Porque existe desgaste en las piezas					
B							

Tabla 3.31 Análisis Por qué – Por qué de la Enderezadora 2

3.3.2.3.2 Aplicación del análisis PM (Physical Method)

El principio básico de este análisis es entender en términos físicos qué ocurre cuando el equipo se avería o produce defectos de calidad y la forma como ocurren, esta es la única manera de identificar la totalidad de factores causales y eliminar estas pérdidas. Este análisis se aplica en 8 pasos.

Clarificar el fenómeno o tema de estudio

Para entender en forma detallada el tema de estudio se utiliza el principio Gemba-Genbutsu u observación a primera mano, este se realiza en el lugar del problema a través de la observación directa, utilizando el formato que se muestra en la Tabla 3.32.



 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.	Clarificación del fenómeno			
	Equipo:	Enderezadora 2	Fecha:	07/03/2007
	Sección:	Enderezada		
¿En que operación específica se presenta el fenómeno?	Este fenómeno se presenta en cualquier momento del funcionamiento del equipo.			
¿ Se presenta el fenómeno bajo las mismas circunstancias?	Este fenómeno se presenta bajo las mismas circunstancias, ya que en un determinado momento empieza a vibrar la máquina hasta que se produce el fallo.			
¿En que intervalo de tiempo se presenta el fenómeno?	Los intervalos de tiempo en los que se presenta este fenómeno son irregulares y se observa que cada vez son más cortos.			
¿Este fenómeno ocurre en equipos similares ?	No se tienen registros de que este fenómeno se presente en las otras dos máquinas enderezadoras.			
¿Este fenómeno ocurre únicamente en ciertos turnos?	No, este fenómeno ocurre en cualquier turno.			
¿Se presenta con determinado producto en especial?	No, este fenómeno se presenta indistintamente durante el enderezado de varilla de cualquier diámetro.			

Tabla 3.32 Clarificación del fenómeno

De este análisis se concluye que el fenómeno se produce frecuentemente y no se encuentran registros de que se presente en las otras dos enderezadoras.

Realizar el análisis físico.

Es necesario conocer los principios operativos del equipo, en la Tabla 3.33 se presenta las especificaciones, funciones, guía de operación y mecanismos principales.

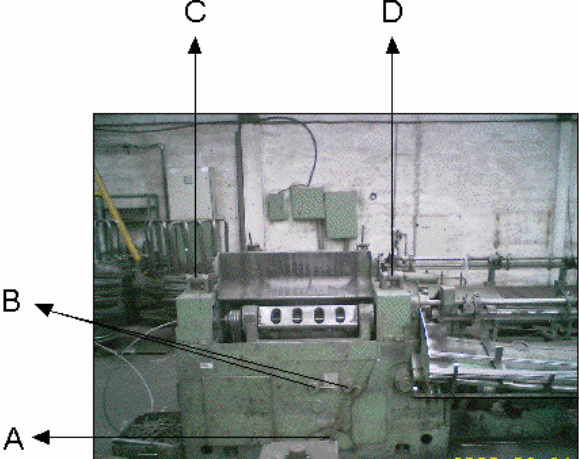
 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		Análisis físico					
		Realizado por:				Jácome-Oña	
		Equipo:				Enderezadora 2	
Fecha:	07/03/2007	Sección:		Enderezada			
Especificaciones del equipo							
Marca	Wafios						
Capacidad	Varilla 5,5-12mm de diámetro y 12 m de largo						
Dimensiones principales	Largo:	1600mm		Motor	Marca	ASEA	
	Ancho:	1300mm			Frecuencia	50Hz	
	Alto:	14200mm			Potencia	30HP	
Peso aproximado	3 ton			p.m.	1460		
				Funciones			
				A	Palanca de embrague		
				B	Palancas de cambio de velocidades		
				C	Palanca reguladora de la presión en los rodillos de arrastre		
				D	Palanca reguladora de la presión en los rodillos de tracción		
				E	Palanca de acción manual del sistema de corte		
Guía de operación							
1	Encender el equipo						
2	Marcha en vacío						
3	Introducir el alambión en la guía de los rodillos de entrada, en cada una de las buzolas de calibración, guía de los rodillos de salida y casquillo de corte						
4	Ajustar la presión de los rodillos de entrada y salida con la ayuda de las palancas reguladoras						
5	Recurar las dimensiones de la varilla mediante la calibración del tope.						
6	Ajustar la velocidad de trabajo						
7	Iniciar proceso de producción.						
Mecanismos principales							
Sistema de bandas y poleas							
Este sistema es el encargado de transmitir el movimiento desde el eje conductor (eje principal) al conducido que permite el movimiento del cuerpo del enderezador.							
Sistema sinfín-piñón							
El tornillo sinfín esta en el eje principal y permite el movimiento de una rueda dentada del eje de piñones.							

Tabla 3.33 Principios operativos de la Enderezadora 2

Una vez realizado el análisis físico se observa que existe desgaste en el rodamiento, en la chaveta y en el chavetero del eje, lo que provoca vibraciones y finalmente la rotura del eje.

Identificar las condiciones que producen el fenómeno

Se identifican las posibles condiciones que dan lugar a la presencia del problema incluyendo los factores causales de este fenómeno, para esto se utiliza las cuatro categorías conocidas como 4M o inputs de la producción:²⁴

- Máquinas: Se analiza la precisión de la máquina.
- Métodos: Se verifica la relación entre el fenómeno físico y los estándares empleados.
- Materiales: Se verifica si la calidad del material tiene relación con el fenómeno
- Mano de obra: Se verifica si el personal cumple los estándares establecidos.

La identificación de las condiciones que producen el fenómeno para la Enderezadora 2 se muestra en la Tabla 3.34.

Defecto físico	Material	Máquina	Métodos	Mano de obra
Rotura del eje	El equipo tiene la capacidad para trabajar con varilla lisa o corrugada de 5 a 12 mm de diámetro. La enderezadora procesa varilla hasta 7.5mm de diámetro, manteniéndose dentro del rango permitido	El equipo registra exceso de paradas por lo que no es muy confiable	Los procesos utilizados para enderezar las varillas son empíricos dando cabida a errores en los métodos de producción.	El personal cumple medianamente con los estándares de operación debido a que estos no se encuentran disponibles.

Tabla 3.34 Identificación de las condiciones que producen el fenómeno

Estudiar las relaciones existentes entre los factores causales y las 4M de producción

Se identifican las relaciones causa - efecto existente entre las condiciones que dan lugar al problema y los cuatro inputs de la producción. Este estudio se muestra en la Tabla 3.35.

²⁴ www.ceroaverias.com



 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		ANALISIS PM					
		Proceso	Enderezado				
Fecha:	08/03/2007	Estado Actual	Equipo fuera de funcionamiento			Realizado por:	Jácome-Oña
Equipo:	Enderezadora 2	Fenómeno	Rotura del eje				
Sección:	Enderezada	Características de calidad	Buena				
Análisis físico	Condiciones constitutivas		Correlaciones 4M primarias		Correlaciones 4M secundarias		
	Puntos a ser ilustrados	Valores estándar	Puntos a ser ilustrados	Valores estándar	Puntos a ser ilustrados	Valores estándar	
Existe desgaste en el rodamiento, chaveta y chavetero del eje provocando vibraciones y finalmente la rotura del eje.	Presión en los rodillos	No estandarizado	La fuerza de arrastre necesaria para la varilla no es la adecuada	La presión que el operario ejerce en los rodillos debe ser mínima para que no exista deslizamiento entre la varilla y los rodillos.			
	Holgura en el conjunto chaveta - chavetero	Ver prontuario	Conjunto chaveta y chavetero	El ajuste debe ser determinado de acuerdo a las dimensiones de la chaveta y el chavetero.			
	Desalineamiento entre el eje principal y el eje del motor eléctrico	-----	Acople de ejes	El desalineamiento debe estar de acuerdo con el nivel permisible según las rpm del equipo			

Tabla 3.35 Relaciones existentes entre los factores causales y las 4M de producción

Establecer las condiciones óptimas (valores estándar)

Establecer un método confiable para determinar si cada causa potencial se encuentra en una situación normal o anormal, para realizar esta actividad es necesario recoger los estándares y criterios establecidos para controlar el proceso donde se realiza el estudio y establecer las condiciones ideales para cada factor causal a través del análisis o experimentación.

Cada posible causa encontrada anteriormente es analizada desde sus condiciones óptimas.

- Presión en los rodillos de arrastre y tracción.

El diagrama de cuerpo libre de la Figura 3.18 muestra las fuerzas que intervienen.

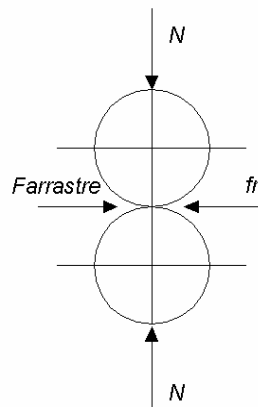


Figura 3.18 Diagrama de cuerpo libre de los rodillos

Se tiene que :

$$fr = \mu * N$$

Donde :

f_r = Presión entre los rodillos

μ = Coeficiente de fricción

N = Fuerza que ejerce el operario

La fuerza que ejerce el operario en la palanca para ejercer la presión entre los rodillos depende de varios factores siendo el más influyente la edad, para este caso N es igual al peso del

operario y es aproximadamente 60 kg y el μ para el acero es igual a 0.8²⁵.

Entonces :

$$F_{Arrastre} = f_r = \mu * N$$

$$F_{Arrastre} = 0.8 * 60 = 48N$$

- Ajuste conjunto chaveta - chavetero
El ajuste que debe existir entre la chaveta y el chavetero de acuerdo a sus dimensiones es H_9/h_8
- Desalineamiento
Se da cuando la posición de dos ejes no es colineal, existen dos tipos de desalineamiento: paralelo y angular.

Los niveles permisibles de alineamiento dependen de la velocidad de giro, en la Tabla 3.36 se muestran estos niveles para la Enderezadora 2.

Desalineamiento	Velocidad 1500 rpm
Paralelo (desplazamiento en mm)	Excelente 0.06
	Aceptable 0.09
	No aceptable < 0.09
Angular (abertura mm/100mmD)	Excelente 0.05
	Aceptable 0.07
	No aceptable < 0.07

Tabla 3.36 Niveles permisibles de alineamiento para la Enderezadora 2²⁶

Establecer el método de investigación

Establecer la forma más eficiente para medir la diferencia existente entre las condiciones de los factores causales y las condiciones ideales.

- Para determinar si se está aplicando la presión adecuada en los rodillos se procede a cuantificar la fuerza mediante la toma de 30

²⁵ Black Hewitt; Física; 5^{ta} Edición; 1998

²⁶ www.desaliniamientodeejes.com

medidas con un dinamómetro, el promedio que se obtiene de estas fuerzas es 50 N.

- Se determina que existe holgura en el conjunto chaveta – chavetero cuando debería existir ajuste.
- Se mide el desalineamiento en el acople con una regla de alineación y se obtiene como resultado un desalineamiento paralelo de 0.08cm.

Identificar diferencias (Detección de “fugai”)

Después de evaluar los factores causales e investigar sus condiciones ideales empleando los métodos de medida, se escogen los factores anormales es decir que no cumplen con las condiciones ideales o se encuentran justo en la frontera entre lo normal y anormal.

Realizando una comparación entre los dos pasos anteriores se puede ver que existe una condición anormal de holgura entre el conjunto chaveta - chavetero.

Formular e implantar acciones de mejora

Se proponen acciones correctivas y preventivas para cada anomalía identificada.

La anomalía que se identifica, es la holgura existente en la unión entre chaveta y chavetero, para corregir esta anomalía se toma una acción correctiva.

3.3.2.4 Formular el plan de acción

El plan de acción para corregir la anomalía se muestra en la Tabla 3.37 y el plano de detalle de la chaveta se muestra en el Anexo 5.



 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.		Tema de estudio El eje se rompe en el alojamiento del bocín. Breve resumen de la situación y causas El eje se rompe por la holgura existente entre la chaveta y el chavetero				
Fecha:	09/03/2007		Integrantes	Jácome		
Equipo:	Enderzadora 2			Oña		
Sección:	Enderezada					
Objetivos	Estrategia a seguir	Puntos de control	Meta	Frecuencia de control	Documentos de control	Responsable
* Evitar las largas y frecuentes paradas que ocasiona la avería de este eje. * Evitar los retrasos en la entrega de productos debido al paro imprevisto del equipo. Realizar el plano de taller de la chaveta como fuente de información	*Realizar la ingeniería de detalle original de la chaveta y del chavetero. *Proveer el plano de detalle al departamento de Mantenimiento.	Las dimensiones y tolerancias del conjunto chaveta - chavetero	Evitar la rotura del eje	Cuando se maquine la chaveta esta debe hacerse de acuerdo con el plano de detalle	Plano de detalle de la chaveta	Jefe de Mantenimiento

Tabla 3.37 Plan de acción para la Enderezadora 2

3.3.2.5 Implantar mejoras

Las mejoras son implantadas de acuerdo al plan de acción, se maquina la chaveta con sus medidas y tolerancias especificadas en el plano.

3.3.2.6 Evaluar los resultados

Un parámetro importante dentro de esta estrategia es motivar continuamente al personal, por lo tanto se informa por medio de tableros de gestión visual el avance que se ha obtenido en el Departamento de Mantenimiento como se muestra en la Tabla 3.38.

3.3.2.7 Estandarizar para evitar repetición de averías

Para mantener las acciones correctivas y aplicarlas en equipos similares es necesario la realización de un informe conocido como “Aprender de las averías” como se muestra en la Tabla 3.39, este informe permite la transferencia de conocimiento a todas las personas que se encuentran involucradas con el equipo.




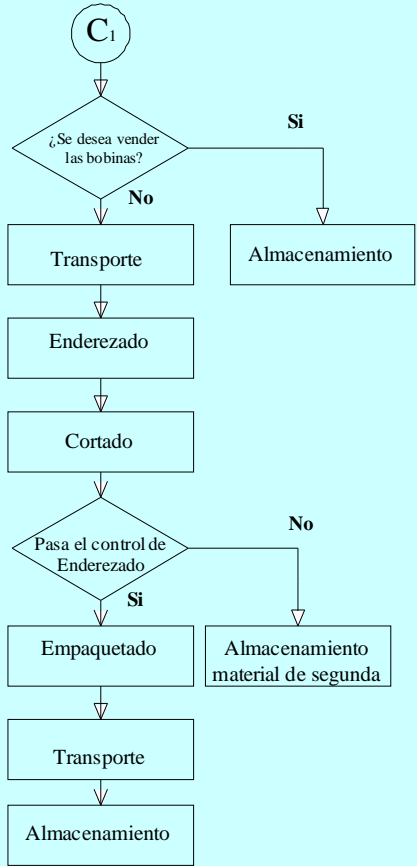
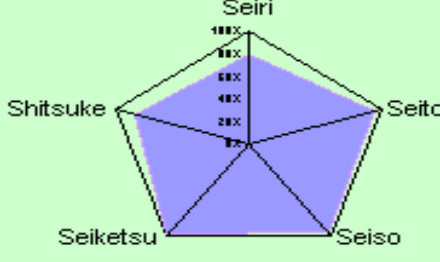
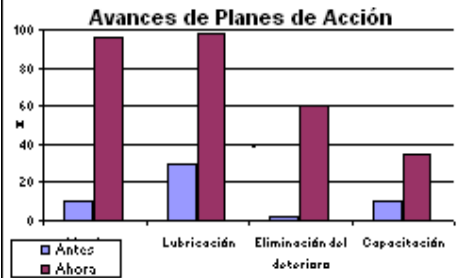
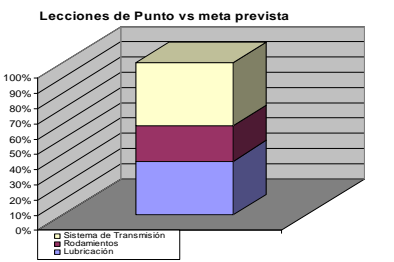
 <p>Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.</p>	<h3>Diseño de un tablero para gestión visual</h3>																										
<p>Planes de acción</p> <p>Limpieza al finalizar cada turno Lubricación de acuerdo a los estándares Eliminación del deterioro. Capacitación de forma individual por el líder. Sistema de reportación de fallos</p>	<p>Fotografía de integrantes</p> 	<p>Normas de operación y mantenimiento</p> <p>Estándares de lubricación Estándares de limpieza Mapas de seguridad</p>	<p>SECCIÓN DE ENDEREZADO</p>  <pre> graph TD C1((C1)) --> D1{¿Se desea vender las bobinas?} D1 -- Si --> A1[Almacenamiento] D1 -- No --> T1[Transporte] T1 --> E1[Enderezado] E1 --> C1[Cortado] C1 --> D2{Pasa el control de Enderezado} D2 -- Si --> E2[Empaquetado] D2 -- No --> A2[Almacenamiento material de segunda] E2 --> T2[Transporte] T2 --> A3[Almacenamiento] </pre>																								
<p>Resultados</p> <p>La limpieza y la lubricación se ha cumplido en un 96% y 98% respectivamente el control es efectivo y responsable La eliminación del deterioro en el equipo se a alcanzado en un 60%. La capacitación se ha dado en un 35%. La cultura de reportación y de interés de fallas aumento significativamente.</p>	<p>Control, Aplicación de las 5S</p> 	<p>Lecciones de punto</p> <p>Sistemas de transmisión Rodamientos Lubricación</p>																									
<p>Avances de Planes de Acción</p>  <table border="1"> <caption>Avances de Planes de Acción</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Antes (%)</th> <th>Ahora (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lubricación</td> <td>10</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>Eliminación del deterioro</td> <td>2</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Capacitación</td> <td>10</td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Antes (%)	Ahora (%)	Lubricación	10	98	Eliminación del deterioro	2	60	Capacitación	10	35	<p>Programa de entrenamiento del personal</p> <p>Entrenamiento grupal</p> <ul style="list-style-type: none"> TPM Seguridad Industrial Motivación <p>Entrenamiento personalizada</p> <ul style="list-style-type: none"> Limpieza Lubricación Lecciones de punto 	<p>Lecciones de Punto vs meta prevista</p>  <table border="1"> <caption>Lecciones de Punto vs meta prevista</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Meta (%)</th> <th>Realizado (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sistema de Transmisión</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Rodamientos</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Lubricación</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Meta (%)	Realizado (%)	Sistema de Transmisión	100	100	Rodamientos	100	100	Lubricación	100	100	
Categoría	Antes (%)	Ahora (%)																									
Lubricación	10	98																									
Eliminación del deterioro	2	60																									
Capacitación	10	35																									
Categoría	Meta (%)	Realizado (%)																									
Sistema de Transmisión	100	100																									
Rodamientos	100	100																									
Lubricación	100	100																									

Tabla 3.38 Evaluación de resultados



	Trefilados del Ecuador “TREFILEC” Cia Ltda.		Aprender de las averías			
			Equipo:	Enderezadora 2		
		Sección:	Enderezada			
Jefe de Sección	Paúl Guzmán		Fecha/hora del problema		-----	
Supervisor	Tesisistas		Fecha/hora de la restauración		10/03/2007	
Jefe de Grupo	Paúl Guzmán		Tiempo de investigación		2 días	
Tipo de avería	Accidental <input type="checkbox"/> Reincidente <input checked="" type="checkbox"/>		Tiempo de equipo parado		3 días	
Fenómeno	Rotura del eje principal localizada en el alojamiento del bocín					
Conclusiones de la investigación		Elementos investigados		Resultados de la investigación		
Existe un desgaste permanente de todos los elementos que conforman un soporte del eje principal		Eje principal		La investigación de los elementos involucrados en el fallo dan como resultado que el eje principal sufre vibraciones por la holgura existente en el conjunto chaveta - chavetero		
		Bocín				
		Conjunto chaveta - chavetero				
		Rodamiento				
Causas		Equipos/partes		Aspectos humanos		
Holgura en el conjunto chaveta - chavetero		Enderezadora 2, eje principal		El personal opera aún en condiciones no adecuadas del equipo, con el único objetivo de cumplir con la producción		
Prevención reincidencia	Se especifica el ajuste en el conjunto		12/03/2007	El ajuste se verifica con la ayuda de un micrómetro interno		12/03/2007
Comentario del Supervisor	Puntos a tener en cuenta	Necesario ?	Fecha prevista	Fecha cumplida	Responsable	Otro
Proveerse de micrómetro interno y prontuario universal	Medidas de la chaveta	Si	-----	-----	Encargado del mantenimiento	-----
Comentario del Jefe	Puntos a tener en cuenta	Necesario ?	Fecha prevista	Fecha cumplida	Responsable	Otro
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tabla 3.39 Informe “Aprender de las averías”

3.3.3 MEJORAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO EN TREFILEC CIA. LTDA.

Actualmente las empresas deben contar con programas informáticos como herramienta de apoyo para el control del mantenimiento de los equipos, la metodología desarrollada en el capítulo anterior es genérica para cualquier industria, es así que se desarrolla en esta empresa únicamente los puntos aplicables de este paso.

3.3.3.1 Diagnóstico del programa de mantenimiento

Para realizar el diagnóstico del programa o software de mantenimiento que se lleva en la planta se utiliza la hoja de evaluación mostrada en el Anexo 5, de los resultados se determina que el método utilizado actualmente para el control de la información del mantenimiento cubre únicamente el 15% de las necesidades de la empresa.

3.3.3.2 Crear un software de mantenimiento

Con los resultados obtenidos del diagnóstico del programa de mantenimiento, se decide con la Alta Gerencia diseñar un software de mantenimiento básico que cumpla con los requerimientos necesarios y sea asequible al tipo de usuarios de esta empresa.

3.3.3.2.1 Preparar y reunir información

La información que se recopila de los dos equipos pilotos es:

- Datos técnicos de los equipos
- Partes y sub. partes de los equipos
- Lista de personal técnico

La información que se requiere y posteriormente se desarrolla es:

- Planes de mantenimiento
- Ciclos de intervención y frecuencias
- Estándares de mantenimiento técnico
- Costo de repuestos, materiales e insumos, mano de obra y trabajos realizados por terceros.

3.3.3.2 Clasificar la información.

La clasificación de la información sirve para establecer las secciones del software que cumplan con la exigencia de este mantenimiento, pero se rescata la idea de que debe ser aplicable a las condiciones y realidad tanto de los equipos como de la capacitación y conocimientos que tiene el personal, es así que el software va a tener las siguientes secciones:

- Datos técnicos
- Mantenimiento Correctivo
- Mantenimiento Periódico
- Control de repuestos y costos de mantenimiento

3.3.3.2.3 Establecer requerimientos del diseño del software (SRS)

Descripción del software

El software es indispensable en el desarrollo del TPM para cumplir con el objetivo principal del Mantenimiento Planificado “cero averías” esto se logra además con un adecuado control de la información de parámetros que están ligados directamente con el Departamento de Mantenimiento, permitiendo tomar acciones correctas y a tiempo en los equipos alargando su vida útil y disminuyendo fallos y averías.

Características del producto

Las secciones del software deben cumplir con las siguientes funciones:

- Datos técnicos
Debe permitir formar catálogos donde se registren los equipos cuyo mantenimiento se desea controlar y planificar, mediante un formulario que mantenga los registros ordenados, además debe permitir anexar fotografías, planos y diagramas que ayuden a complementar la información del equipo.
- Mantenimiento Correctivo
Debe permitir reportar e ingresar los fallos que se presenten en los equipos, para que queden registrados y así mantener los historiales actualizados.

- **Mantenimiento Periódico**

Debe permitir desglosar los equipos en partes y sub-partes e ingresar planes de Mantenimiento Periódico a cada una de ellas para prevenir fallas de una forma secuencial y con una frecuencia especificada, además debe permitir la impresión de órdenes de trabajo de las actividades de Mantenimiento Periódico.

- **Control de repuestos y costos de mantenimiento**

Debe permitir controlar un inventario físico de repuestos, materiales e insumos existentes, además debe permitir cargar los consumos de repuestos, materiales, insumos, mano de obra y servicios a una cuenta para determinar los costos de mantenimiento.

Tipos de usuario y características

Los posibles usuarios del software de mantenimiento para TREFILEC CIA. LTDA. se muestran en la Tabla 3.40

Cargo	Nivel de educación	Conocimiento y/o experiencia en uso de software	Frecuencia de uso	Funciones de utilización	Observaciones
Gerente	Alto	Alto	Esporádico	Control y supervisión	El Gerente no va hacer el encargado de llevar la información del software.
Jefe de Taller	Medio-alto	-----	Diario	*Imprimir orden de trabajo. *Ingresar nuevos equipos y planes de mantenimiento.	La empresa no cuenta con un Jefe de Taller, en las próximas instalaciones se espera contar con más personal.
Bodeguero	Medio-bajo	Bajo	Diario	*Control de inventarios.	Es el encargado de llevar la información del stock de repuestos, no tiene conocimiento de manejo de software de mantenimientos.

Tabla 3.40 Tipo de usuarios y características

El nivel de seguridad que se requiere es que cada usuario tenga su propia clave que le permita realizar exclusivamente sus funciones establecidas.

Ambiente Operativo

El software debe ser diseñado de manera que pueda ser instalado sin inconvenientes en los sistemas operativos existentes en las computadoras de la empresa.

Requerimientos de lenguaje

El lenguaje debe ser sencillo, claro, de fácil manejo y percepción para los posibles usuarios, por esto se realiza a través de formularios que permiten el ingreso de datos e imprimir resultados.

3.3.3.2.4 Diseño e implantación

El software que se diseña cumple con los SRS establecidos para cumplir con los objetivos y que sea aplicable en esta empresa.

En el Anexo 5 se determina que la mejor alternativa es la dos, es así que se desarrollada el software en Visual Basic 6.0 (parte gráfica) y Access 97 (base de datos). No es necesario que el usuario tenga instalado el Visual Basic, para correr el programa, debido a que tiene la facilidad de generar un archivo ejecutable, el cual puede ser utilizado desde cualquier computadora que tenga instalado el programa Microsoft Access versión 97 o mayor.

El formulario principal tiene varios iconos que permiten al usuario seleccionar la actividad que desea realizar, la pantalla que se presenta es la que se muestra en la Figura 3.19



Figura 3.19 Formulario principal

El Software diseñado tiene cuatro secciones que son:

Ingreso de Información

Al seleccionar este icono se muestra un formulario que da la opción de ingresar información en el Catálogo de Equipos o en el Catálogo de Recursos:

El diseño del formulario Catálogo de Equipos permite el ingreso de información general del equipo, además se puede ingresar información adicional que es específica para cada equipo, también se tiene la opción de anexar planos y fotografías, como se muestra en la Figura 3.20.

Figura 3.20 Formulario Catálogo de Equipos

El diseño del formulario Catálogo de Recursos permite el ingreso de: mano de obra, servicios externos y repuestos, generando cada uno un nuevo formulario con sus respectivos campos como lo muestra la Figura 3.21.

Figura 3.21 Formulario Catálogo de Recursos

Planes de mantenimiento

Al seleccionar este icono se muestra un formulario que da la opción de ingresar información en Edición o de conocer información en Catálogo y/o Despliegue:

El diseño del formulario Catálogo permite al usuario ingresar nuevos planes de mantenimiento.

El formulario de Edición permite realizar dos actividades:

- Ingreso de partes y sub-partes

Consiste en el ingreso de las partes y sub-partes del equipo que están involucradas en un determinado plan de mantenimiento, además se puede observar que este ingreso va formando un diseño arbolar, como se muestra en la Figura 3.22.

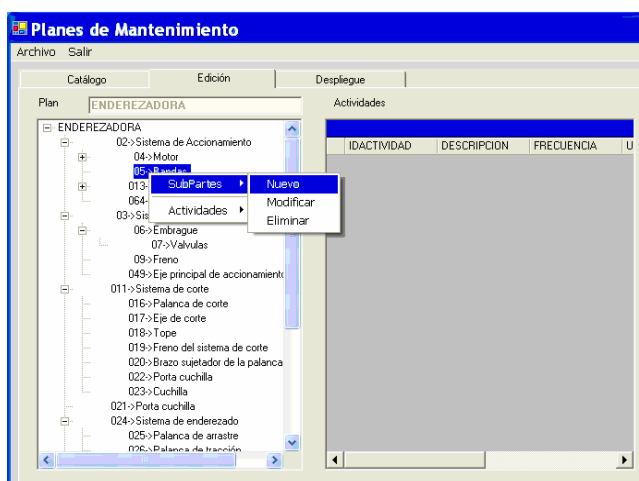


Figura 3.22 Ingreso de partes y sub-partes

- Ingreso de actividades de mantenimiento

Es útil para el Mantenimiento Periódico y Autónomo, consiste en ingresar actividades de mantenimiento para cada parte o sub-parte de un determinado plan de mantenimiento, a fin de llevar un registro de las actividades que se deben realizar, como se muestra en la Figura 3.23.

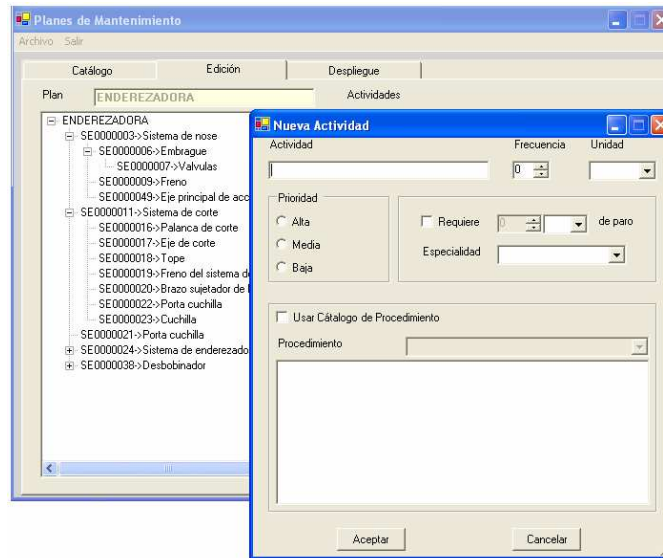


Figura 3.23 Ingreso planes de mantenimiento

El formulario de Despliegue permite observar todos los planes asignados.

Mantenimiento Periódico

Al seleccionar este icono se muestra un formulario que da la opción de seleccionar Catálogo, Generar Orden de Trabajo, Orden de Trabajo y Recursos Orden de Trabajo.

El diseño del formulario Catálogo permite la visualización de los planes de mantenimiento en un tiempo determinado por el usuario, como se muestra en la Figura 3.24.

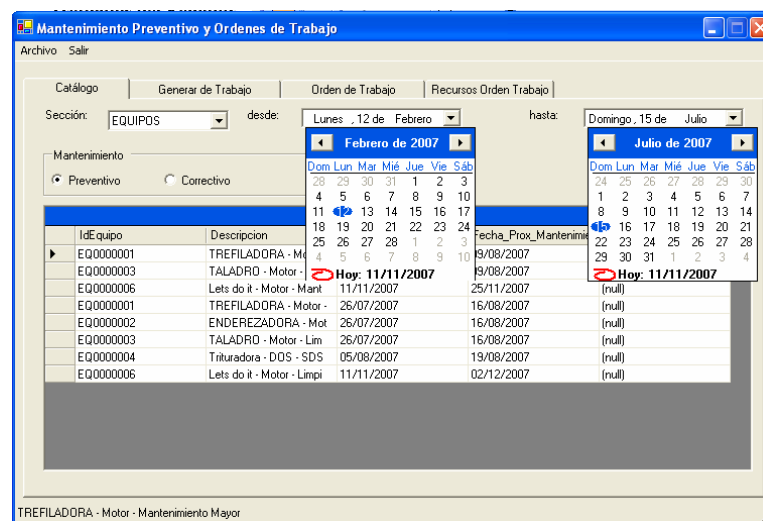


Figura 3.24 Formulario Catálogo

El diseño del formulario Generar Orden de Trabajo permite al usuario generar las órdenes de trabajo que requiera, como se muestra en la Figura 3.25.

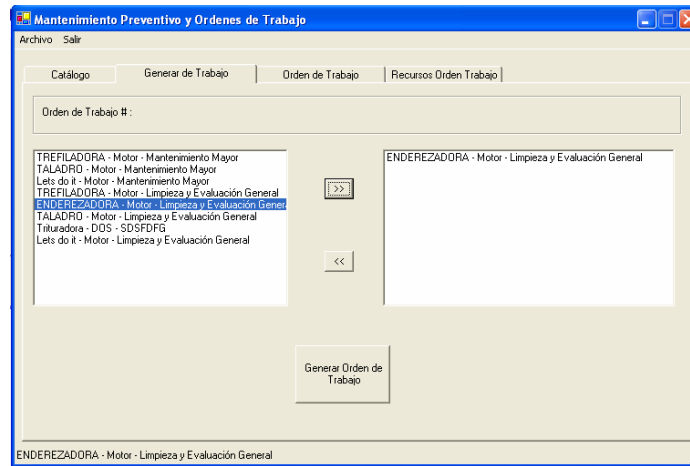


Figura 3.25 Formulario Generar Orden de Trabajo

El diseño del formulario Orden de Trabajo permite al usuario reportar si las actividades de mantenimiento ya fueron realizadas, bloqueando el cambio de información, reprogramando la fecha próxima para cuando deban volver a realizarse y ajustando automáticamente los calendarios, como se muestra en la Figura 3.26, el formato de la Orden de Trabajo que se imprime se muestra en la Figura 3.27.

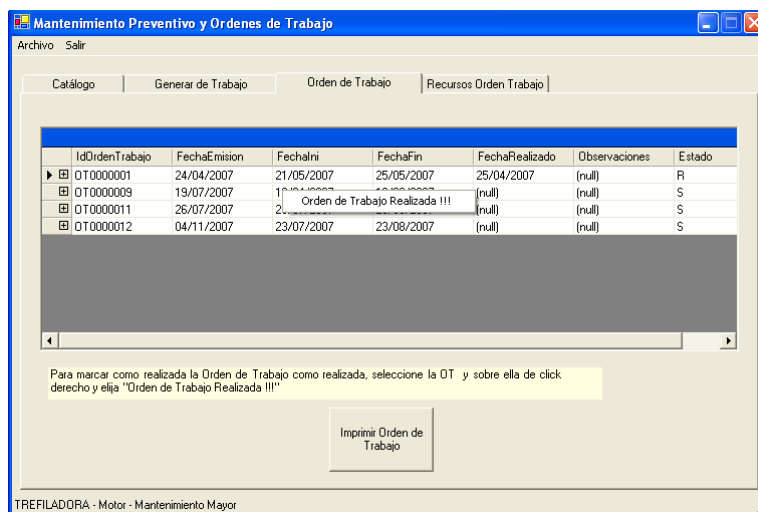


Figura 3.26 Formulario Orden de Trabajo

Trefilados del Ecuador

Orden de Trabajo **OT000009** *Fecha Emisión* 19/11/2007

Fecha Inicio 18/04/2007 13:03:59 *Fecha Fin* 18/08/2007 13:03:59

Descripción *Fecha Mantenimiento*

18/11/2007

ENDEREZADORA - Motor - Mantenimiento Mayor

Domingo 11 de Noviembre de 2007 Página 1 de 2

Figura 3.27 Formato Orden de Trabajo

El diseño del formulario Recursos Orden de Trabajo permite asignar mano de obra, servicios externos, repuestos, materiales e insumos que se utilizan en la realización de las actividades de mantenimiento, como se muestra en la Figura 3.28.

Mantenimiento Preventivo y Ordenes de Trabajo

Archivo Salir

Catálogo | Generar de Trabajo | Orden de Trabajo | Recursos Orden Trabajo

Recursos - Orden de Trabajo #: DT000009

Orden de Trabajo: ENDEREZADORA - Motor - Mantenimiento Mayor | Seleccione Consumo: SERVICIOS EXTERNOS

IdConsumo	Servicio	Compania	Activi
CM0000007	Alineado lami	Still Corp	Alinea
CM0000015	asdasd	sdasdasd	sdasd
CM0000010	Cambio Tonn	Easy Printer	Tintas
CM0000004	Gigantografía	CRM Forms	Public
CM0000011	M...	...	?

IDCONSUMO	TipoConsumo	Valor	cantidad
CM0000007	SERVICIOS	20	2
CM0000006	MANO DE O	20	1

Guardar Recursos para Orden de Trabajo

TREFILADORA - Motor - Mantenimiento Mayor

Figura 3.28 Formulario Recursos Orden de Trabajo
Mantenimiento Correctivo

Se registran las actividades de mantenimiento que se realicen por fallos o desperfectos de los equipos, la pantalla que se presenta se muestra en la Figura 3.29.

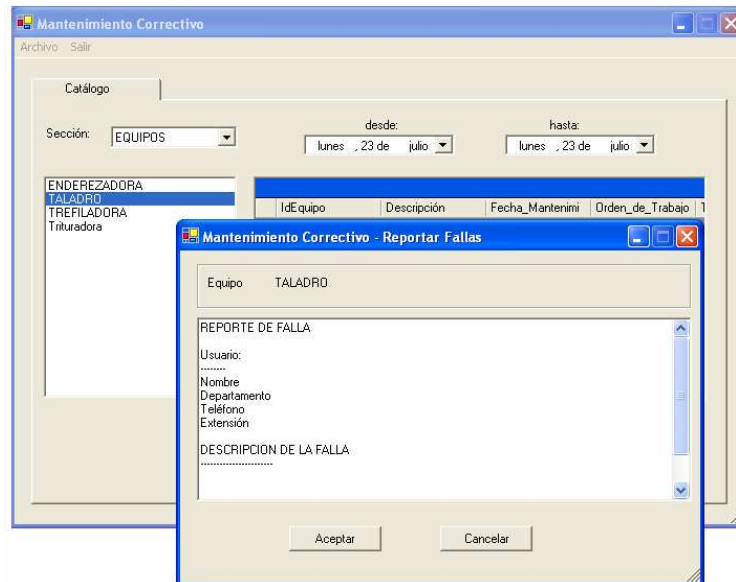


Figura 3.29 Formulario Mantenimiento Correctivo

3.3.4 PASO CUATRO MEJORAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.

La mejora del mantenimiento que requiere TREFILEC CIA. LTDA., es necesaria debido a que el Mantenimiento Periódico se realiza parcialmente, sin planeación, sin frecuencias establecidas y a veces aprovechando el paro de un equipo.

Por esto se plantea el objetivo de realizar un plan de Mantenimiento Periódico para los equipos piloto, a través de la realización de estándares de manera que los equipos tengan una asistencia técnica eficaz, evitando así el desgaste acelerado de los equipos y reduciendo el costo de mantenimiento.

3.3.4.1 Seleccionar equipos

La selección de los equipos se realiza de acuerdo al criterio establecido anteriormente y se determina que los dos equipos piloto requieren de la aplicación de este mantenimiento.

3.3.4.2 Identificar partes y/o elementos

Las partes y sub-partes de los equipos seleccionados a las cuales se realiza planes de Mantenimiento Periódico se encuentran especificados en las Figuras 3.30 y 3.31, esta información se obtiene de los manuales y del historial de cada equipo con la colaboración del personal de mantenimiento.

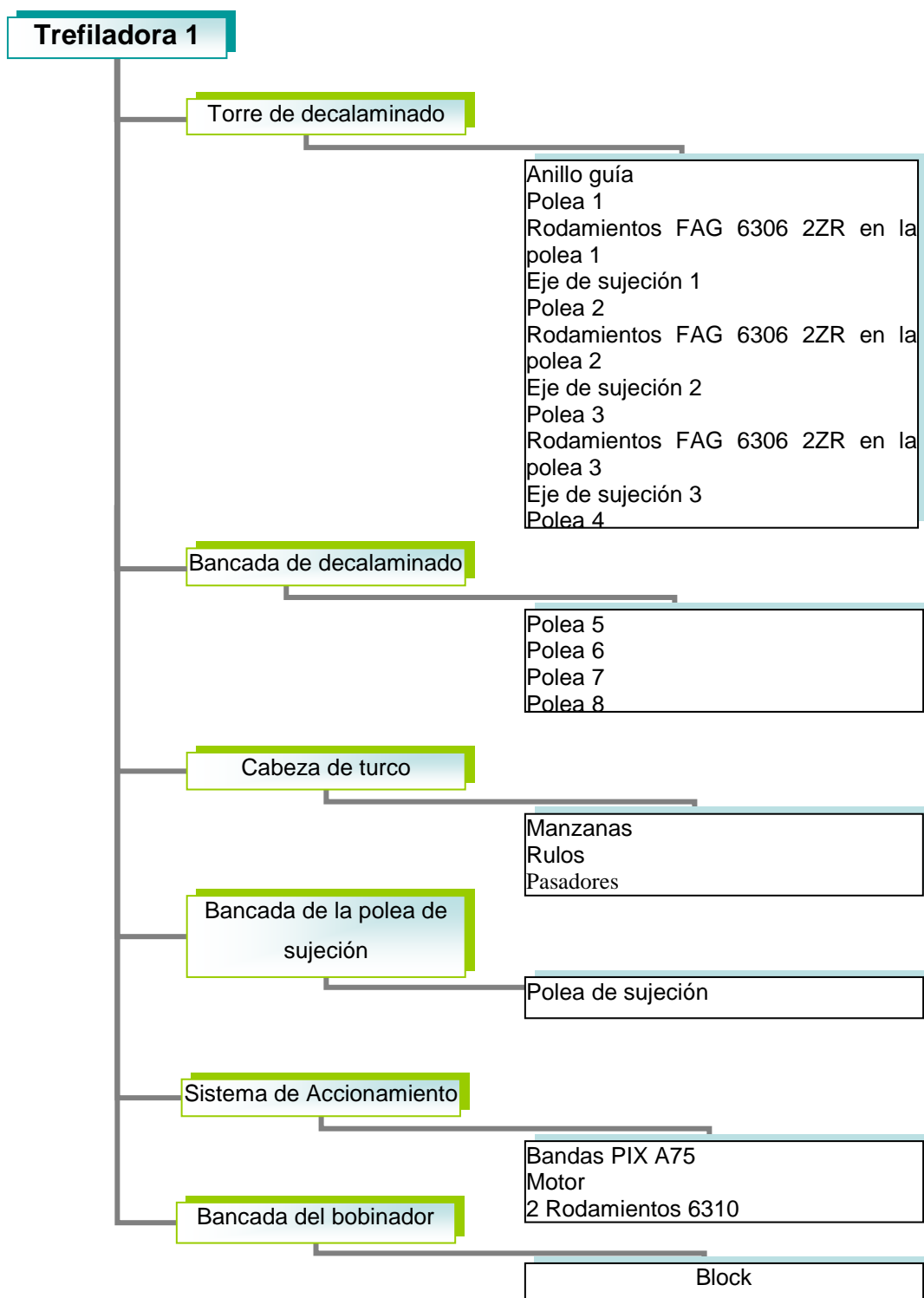


Figura 3.31 Partes y sub-partes de la Trefiladora 1 para el Mantenimiento Periódico

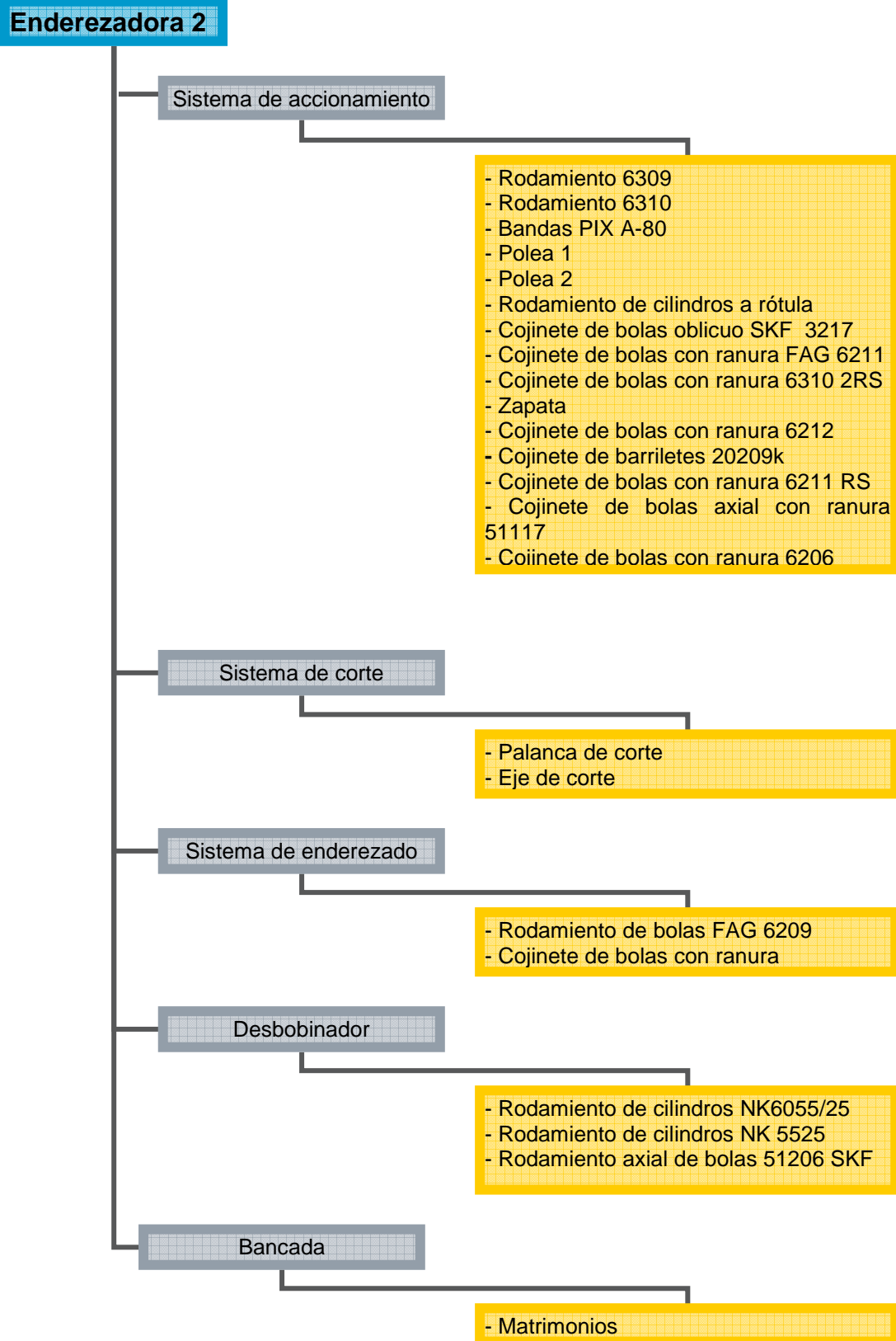


Figura 3.30 Partes y sub-partes de la Enderezadora 2 para el Mantenimiento Periódico

3.3.4.3 Programa inicial de frecuencias

En el Mantenimiento Autónomo se determina ciertas frecuencias de lubricación, inspección y limpieza que son actividades de responsabilidad del operario.

En este punto es necesario determinar las frecuencias de cambio de piezas, lubricación, inspección, entre otros, que son realizadas periódicamente por el personal de mantenimiento, la principal fuente de información fue el conocimiento del personal de mantenimiento, otras frecuencias por ejemplo los cambios de aceite para las cajas de engranes de ambos equipos se determina por el tiempo de operación.

Las frecuencias de mantenimiento para cada elemento son especificadas en sus respectivos estándares, que se realizan en el siguiente paso.

3.3.4.4 Preparar estándares de mantenimiento

Los estándares de mantenimiento fueron realizados conjuntamente con el personal de mantenimiento y aprobados por el Gerente de la empresa, estos se encuentran en el Anexo 5

3.3.4.5 Gestión de repuestos, materiales e insumos

3.3.4.5.1 Realizar un inventario de repuestos, materiales e insumos

A partir de la realización de los estándares de mantenimiento se identifican todos los repuestos, insumos y materiales necesarios para cada actividad, los mismos que fueron inventariados cada uno con su respectivo precio como se muestra en el Anexo 5.

3.3.4.5.2 Clasificación del inventario según el sistema ABC

La clasificación ABC se realiza en base al porcentaje de uso anual en dólares de cada repuesto o material de la siguiente manera:

- Calcular del uso anual en dólares con la demanda anual de cada repuesto o material por el costo de cada uno.
- Calcular el porcentaje (%) de dólares usados en cada uno.
- Clasificar los repuestos, materiales e insumos en tres grupos de acuerdo al porcentaje en dólares utilizados

Esta clasificación se muestra en el Anexo 5

3.3.4.5.3 Adquisición de repuestos, insumos y materiales

La gestión de adquisición de repuestos, insumos y materiales que no existían en la bodega no se realiza, ya que dentro de la planificación económica de este año no está presupuestada esta inversión.

3.3.4.5.4 Control de repuestos

Con un previo estudio de la política que se lleva en la empresa se determina que la persona encargada del almacén debe tener las siguientes responsabilidades:

Controlar eficientemente las compras, recepción, almacenaje y distribución de los repuestos, insumos y materiales.

- Compras.- Establecer las cantidades necesarias, generar la orden de compra y realizar un seguimiento para la entrega a tiempo.
- Recepción.- Contar e inspeccionar la calidad y compararlos con el recibo de compra.
- Almacenaje.- Almacenar correctamente con el fin de que sean fácilmente identificables y que se encuentren protegidos contra robo o daño.
- Distribución.- Registrar diariamente las entradas y salidas de repuestos, insumos y materiales con el objetivo de controlar los consumos diarios y semanales. Este control es realizado en la sección de repuestos del software y a partir de esta información el encargado puede realizar la lista de compras, es recomendable realizarlo cada 6 meses aproximadamente ya que el número de repuestos mínimo está establecido para este período.

Realizar un conteo físico de repuestos, insumos y materiales anualmente.

El conteo físico debe ser realizado anualmente con el objetivo de comparar los datos del software con el inventario físico, para reportar cualquier

anomalía, este conteo puede ser realizado con la ayuda de los operarios para agilizar el proceso.

3.3.4.6 Asegurar la calidad del mantenimiento

Para asegurar la calidad del mantenimiento se debe cumplir los requisitos descritos en el capítulo anterior y realizar un seguimiento continuo.

3.3.4.6.1 Cumplimiento de los requisitos de calidad en la empresa.

Exactitud en los pedidos de mantenimiento

Se logra exactitud en las actividades de Mantenimiento Periódico ya que los estándares se encuentran correctamente descritos y las actividades se realizan con la inspección del encargado.

Definir metas

De igual forma se puede establecer metas con los operarios respecto del Mantenimiento Periódico y Autónomo, ya que se cuenta con la información necesaria.

Evitar prácticas inseguras

Para realizar prácticas seguras en el mantenimiento se debe seguir las instrucciones descritas en los estándares, además se realiza una capacitación individualizada para concientizar al operario que la reducción de procesos o de tiempos puede causar grandes pérdidas económicas.

No pasar por alto los daños secundarios

Este requisito no se aplica aún ya que los equipos siguen presentando fallos principales que requieren de mayor atención.

Registrar los progresos del mantenimiento

Para registrar los progresos de mantenimiento se diseña un formato mostrado en el Anexo 5, que permite archivar la información que ayudará en el futuro.

No utilizar repuestos usados

La no utilización de repuestos usados es controlado por el software de mantenimiento ya que a medida que se registra el cumplimiento de una

actividad en el software, automáticamente el número de repuestos utilizados en el mantenimiento se reduce en el stock, a pesar de esto la aplicación de este requisito es complejo por las políticas que se manejan dentro de la empresa.

Reinstalar con cuidado

La aplicación de este requisito en TREFILEC CIA. LTDA. no es necesaria ya que los equipos piloto son íntegramente mecánicos, por lo que su naturaleza no afecta a otras piezas próximas ni tampoco en la reinstalación o cambio de nuevas partes.

Probar que la reparación es efectiva

El encargado del Mantenimiento Planificado debe controlar si se ha cumplido correctamente con el mantenimiento de los equipos, los resultados de este control son registrados en la parte de observaciones de la orden de trabajo emitida por el software dando su rubrica de aprobación.

3.3.4.6.2 Control de la calidad del mantenimiento

Utilizando las ecuaciones de la distribución de Poisson y reemplazando con los datos correspondientes a los equipos piloto se determina los valores: \bar{C} y σ .

$$\bar{C} = \frac{MD}{N}$$

$$\bar{C} = \frac{6}{2} = 3$$

$$\sigma = \sqrt{\bar{C}}$$

$$\sigma = \sqrt{3}$$

Los límites de control superior e inferior son:

$$UCL = \bar{C} + 3\sigma$$

$$UCL = 3 + 3\sqrt{3} = 8.20$$

$$LCL = \bar{C} - 3\sigma$$

$$LCL = 3 - 3\sqrt{3} = -2.20$$

El valor del límite inferior no existe porque en el eje de las ordenadas van los mantenimientos y estos no pueden ser negativos, por esta razón el límite inferior es 0.

Los datos y el gráfico del control de la calidad se muestran en la Tabla 3.41 y en el Gráfico 3.5 cuya información demuestra que la calidad está bajo control ya que no sobrepasa los límites.

Mantenimiento relacionado fallos asociados con cada equipo		
No. de equipos	Nombre del equipo	No. Mantenimiento no realizados
1	Trefiladora1	2
2	Enderezadora 2	4

Tabla 3.41 Tabla de Poisson

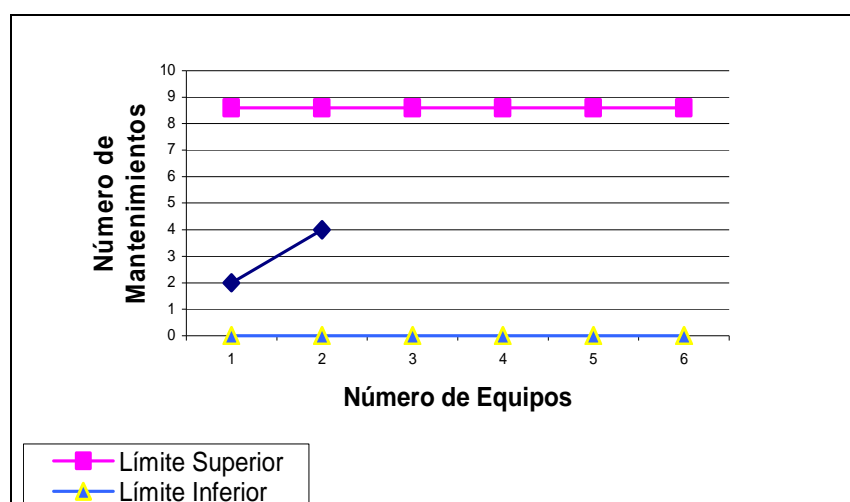


Gráfico 3.5 Control de calidad del mantenimiento

3.3.4.7 Gestión de información del Mantenimiento Contratado

En TREFILEC CIA. LTDA. existen actividades de mantenimiento que no se pueden realizar dentro de la empresa, por esta razón requieren de servicios externos que deben ser controlados según las recomendaciones del TPM.

Generar una orden de trabajo externo

Una vez identificada la actividad a realizarse externamente se debe generar una orden de trabajo que contenga la información que de al contratista una visión clara del problema del equipo o elemento averiado. En la Tabla 3.42 se muestra un ejemplo del formato de la orden de trabajo.

 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.	Orden de trabajo externo		
	Equipo:	Enderezadora 2	
	Sección:	Enderezada	
Empresa:	MULTITECNI		
MANTENIMIENTO	<input type="checkbox"/>		
Parte o elemento averiado:	Motor ASEA, 1460 RPM, Modelo M180L484		
Ubicación:			
Materia prima procesada:	Varilla lisa 7.5mm		
Descripción del daño:			
Detalle de averías anteriores			
Fecha	Daño	Acción tomada	
Requerimientos:			
Balanceo dinámico			
Revisión total del esto del motor			
FABRICACIÓN DE PIEZAS <input type="checkbox"/>			
Material	Acero maquinado AISI 4340	Plano de taller	
Nº de piezas	1		
TRATAMIENTOS TÉRMICOS <input type="checkbox"/>			
Parte o elemento:			
Nº de piezas			
Descripción			
Tratamiento térmico temple para los rulos			

Tabla 3.42 Orden de trabajo externo

Informe de reparación

Junto a la orden de trabajo debe enviarse un informe de reparación en el cual el contratista debe detallar las actividades realizadas, un ejemplo del informe de reparación se muestra en la Tabla 3.43.


 Trefilados del Ecuador "TREFILEC" Cia Ltda.	Informe de reparación			
	Equipo:	Enderezadora 2	Fecha:	
	Sección:	Enderezada		
Empresa:	MULTITECNI			
MANTENIMIENTO				
Parte o elemento averiado:	Motor ASEA, 1460 RPM, Modelo M180L484			
Responsables del trabajo:	Ing. Ernesto G. Ayala Cadena			
Recepción e inspección:				
Desmontaje de partes y piezas				
pruebas iniciales del estado de bobinado y nivel de aislamiento				
Pintura				
Descripción de la reparación				
Balanceo dinámico del rotor				
Montaje de partes y piezas				
Pruebas de funcionamiento				
Extras				
Cambio de ventilador				
Repuestos Utilizados				
Nombre			Cantidad	
Ventilador			1	
FABRICACIÓN DE PIEZAS				
Observaciones:				
TRATAMIENTOS TERMICOS				
Observaciones:				

Tabla 3.43 Informe de reparación

Control del Mantenimiento Contratado

El líder del TPM a través del informe de reparación es quien debe controlar el cumplimiento de las actividades realizadas externamente, con el fin de garantizar el mantenimiento realizado en los equipos.

Ingresar los datos del mantenimiento contratado al software.

El encargado debe ingresar todos los datos referentes al mantenimiento contratado para mantener un historial completo de cada equipo.

3.3.5 DESARROLLAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO EN TREFILEC CIA. LTDA.

Para predecir el tiempo de cambio o reparación en un equipo es necesario realizar un Mantenimiento Predictivo, sin embargo se conoce que involucra un alto costo tanto para adquirir los equipos, tecnología, personal capacitado que oriente el desarrollo de este sistema y la capacitación que se debe dar a todo el personal de producción, por esta razón en TREFILEC CIA. LTDA. se realiza un análisis para conocer el costo – beneficio de la aplicación de este mantenimiento.

3.3.5.1 Introducir tecnología para el diagnóstico de equipos.

3.3.5.1.1 Identificar los equipos

Dentro de los equipos piloto se seleccionan los que están idóneos para la aplicación del Mantenimiento Predictivo con el criterio de que este tipo de mantenimiento es aplicable a equipos que tengan alto grado de detectabilidad.

Tras un análisis del tipo de defectos que se presentan en la Trefiladora 1 y Enderezadora 2 y con ayuda de la Tabla 3.44 se determina que el grado de detectabilidad es de 2-3 (gravedad alta) y 4-6 (gravedad media) respectivamente.

DETECTABILIDAD DE MODO DE FALLA		
Gravedad	Criterio	Valor
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy importante que no sea detectado por los controles existentes.	1
Alta	El defecto , aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posterioridad	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento	7-8
Improbable	El defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del equipo/sistema	9-10

Tabla 3.44 Tabla de detectabilidad de modo de falla.²⁷

²⁷ Dr. Aguinaga; Segundas Jornadas de Mantenimiento; Confiabilidad Operacional

Con los resultados obtenidos se deduce que no se debe aplicar este tipo de mantenimiento a estos equipos, lo que da fin a este paso, sin embargo se da ciertas recomendaciones que serían dables en la empresa.

3.3.5.1.2 Utilizar y analizar los datos históricos de los equipos

Si existen equipos que están aptos para este tipo de mantenimiento dentro de la empresa se debe realizar un análisis para conocer las consecuencias de los fallos existentes como: consecuencias no evidentes, consecuencias en seguridad y medio ambiente y consecuencias operacionales.

3.3.5.1.3 Plantear tecnologías tentativas adecuadas

Una vez identificadas las consecuencias se debe dar alternativas para esta empresa, considerando su naturaleza y el tipo de equipos se recomienda dos alternativas para el diagnóstico de equipos:

- Análisis por árbol de fallas
- Análisis por vibraciones

3.3.5.1.4 Seleccionar la tecnología que se va aplicar

Como ejemplo de aplicación se selecciona el análisis por árbol de fallas por las siguientes razones:

- Análisis por Árboles de Fallos (AAF), es una técnica argumentada que se centra en un suceso accidental particular (accidente) y proporciona un método para determinar las causas, las condiciones y cuando volverá a producirse.
- Para el tratamiento del problema se utiliza un modelo gráfico que muestra las distintas combinaciones de fallos de componentes y/o errores humanos cuya ocurrencia simultánea es suficiente para desembocar en un suceso accidental.

3.3.5.1.5 Proveerse del equipamiento para la tecnología

Una de las ventajas principales que brinda esta tecnología es que no se requiere de equipos para el análisis, por lo tanto se requiere únicamente del personal altamente capacitado para el desarrollo del Árbol de Fallas.

3.3.5.2 Formar al personal sobre tecnología para el diagnóstico de equipos.

Para realizar el diagnóstico se debe contar con un líder que tenga un amplio conocimiento con el manejo de equipos y fallos con la habilidad de liderar y capacitar a su grupo de trabajo, como lo muestra el Anexo 5

3.3.5.3 Preparar diagramas de flujo de procesos del Mantenimiento Predictivo.

En la Figura 3.32 se muestra el diagrama de flujo de los procesos del Árbol de Falla es general para que sea aplicado en diferentes equipos que posteriormente se van a realizar en la empresa.

3.3.5.4 Aplicar la tecnología de Mantenimiento Predictivo

Este paso no puede ejecutarse ya que no tenemos el equipo para analizar.

3.3.5.5 Mejorar la tecnología de diagnóstico: automatizar la toma de información, tele-transmisión y procesos vía Internet.

Este paso es aplicable posterior a la implantación el Mantenimiento Planificado en todos los equipos de la empresa por lo tanto se recomienda realizarlo en un futuro de tal manera que les permita mejorar la tecnología de diagnóstico.

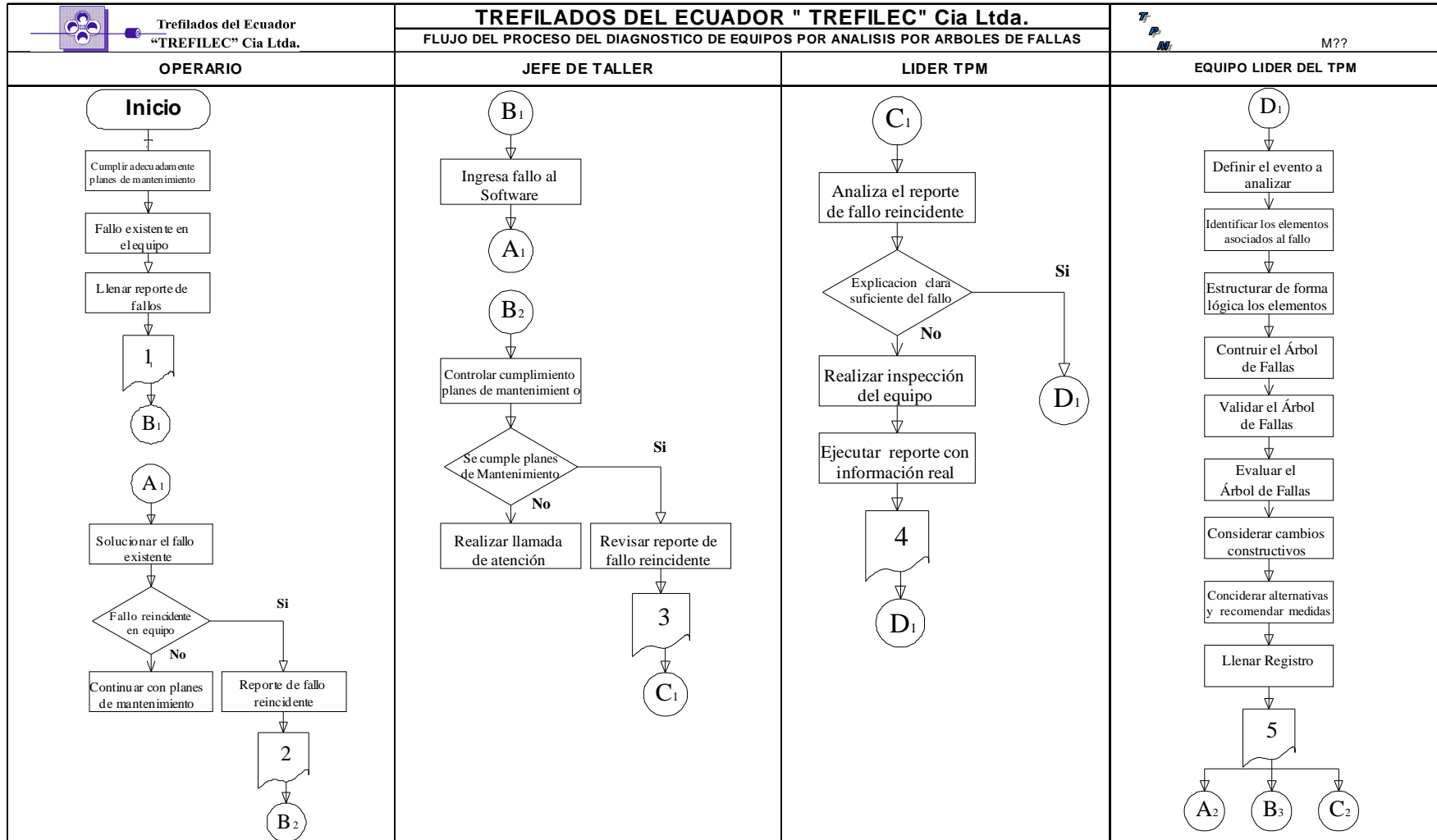


Figura 3.32 Diagrama de flujos del Mantenimiento Predictivo

3.3.6 DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO.

El enfoque para la aplicación de este sistema en TREFILEC CIA. LTDA. se basa no únicamente en el desarrollo y avance del mantenimiento sino también en el personal en consideración a su influencia directa con el equipo, este paso consta de ítems que no todos son aplicables por la naturaleza de la empresa.

3.3.6.1 Evaluar el progreso del MTBF y otros índices.

No se puede evaluar el MTBF ya que para registrar la tabla se necesita de valores reales del Tiempo Medio entre Fallas y para obtener resultados en base a los nuevos estándares se requiere períodos de tiempo considerables.

3.3.6.2 Evaluar económicamente los beneficios del sistema de mantenimiento

Es dable evaluar económicamente los beneficios del TPM con una comparación entre los costos totales antes y después de la implantación, si la aplicación del TPM fuera completa y en los años requeridos, ya que esto no se cumple se busca otra alternativa que justifique económicamente la inversión que la Alta Gerencia asignó al Mantenimiento Planificado.

Esta alternativa es denominada Justificación Económica por Intangibles, hoy en día en las empresas se está demostrando que los recursos intangibles son los que mayor valor económico generan.

La inversión económica que realizó la empresa en los equipos piloto y que realizará próximamente en el resto de equipos para la implantación del Mantenimiento Planificado queda justificada por el avance en aspectos internos que son difícilmente cuantificables tales como: capacitación, reorganización de funciones, seguridad industrial, flexibilidad de la organización, ausentismo laboral, neutralización de capacidad, disminución de tiempos de parada, aumento de producción, buena relación hombre-máquina entre otras que influyen directamente en aspectos externos que se reflejan en el mercado entre los que podemos citar los siguientes:

Imagen Corporativa Marca TREFILEC CIA. LTDA.

Es la promesa que hace TREFILEC CIA. LTDA. a sus clientes sobre su comportamiento como empresa, tiempo de entrega, flexibilidad del producto, el cumplimiento de la promesa genera valor económico mediante la fidelidad por parte de los clientes.

Reputación

Conocimiento, posicionamiento en el mercado, ética, cultura corporativa genera valor económico al convertirlos en proveedores predilectos.

Responsabilidad corporativa

Ofrece calidad de producto, calidad del proceso y genera valor económico a través del aumento de la inversión por parte de los clientes.

3.3.6.3 Mejorar la tecnología estadística y de diagnóstico

Esta tecnología estadística es aplicable en esta empresa ya que posee equipos con características similares, para esto es ineludible un estudio de todos los equipos que trabajan en las líneas de producción y se requiere de tiempo, inversión económica y personal capacitado.

3.3.6.4 Explorar tecnología emergente

Este punto no es aún aplicable en la empresa ya que para la aplicación de una tecnología emergente se necesita del ambiente y el personal que se desarrolle en una cultura del TPM, pero la implantación involucra muchos años lo que es un limitante para explorar tecnología emergente.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS FINAL DE TREFILEC CIA. LTDA.

4.1 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FINAL DE LA EMPRESA

En este capítulo se evalúa y se analiza los resultados de la implantación del TPM en TREFILEC CIA. LTDA.

4.1.1 EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN FINAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD EN LA EMPRESA

Se evalúa la situación final de mantenimiento y calidad en la empresa con el fin de realizar una comparación de estos resultados con los de la evaluación inicial, de manera que se identifiquen las mejoras obtenidas en el Departamento de Mantenimiento.

De la Tabla 4.1 se concluye que las secciones piloto seleccionadas: Trefilación y Enderezada han alcanzado un porcentaje del 75% y 79% respectivamente en el cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad, que comparados con el 14% obtenido anteriormente en las dos secciones, demuestra que la implantación de las 5S, Seguridad e Higiene y Mantenimiento Autónomo y Planificado han mejorado notablemente la gestión del mantenimiento en la empresa.

4.1.2 EVALUACIÓN FINAL DE SEGURIDAD E HIGIENE.

En la Tabla 4.2 se muestra el resumen de la evaluación final de Seguridad e Higiene, dando como resultado un aumento en los porcentajes de cumplimiento de las medidas de seguridad por parte del operario.

La mejora en la seguridad del ambiente y de los equipos es mínima debido a que no se realizó la señalización en las instalaciones actuales por ser temporales, esto mejorará notablemente cuando se realice la señalización recomendada para la nueva planta. La evaluación final realizada se muestra en el Anexo 6.


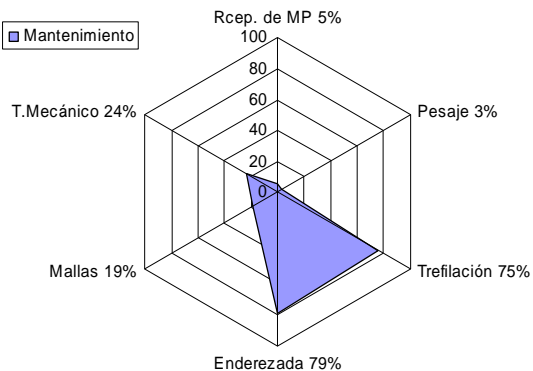
 Trefilados del Ecuador “TREFILEC” Cia Ltda.								
EVALUACIÓN DEL MANTENIMIENTO Y CALIDAD DE LA EMPRESA								
Realizado por:	Jácome-Oña	Fecha:	14/04/2007					
								
OBSERVACIONES: El cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad ha mejorado únicamente en las secciones piloto. Se considera que 10 es el valor máximo y 0 el mínimo		SECCIÓN	Rcep. de MP	Pesaje	Trefilación	Enderezada	Mallas	T.Mecánico
a	Se poseen las herramientas necesarias para realizar el mantenimiento.		0	0	10	10	8	8
b	Existe un grupo o persona encargado de las actividades de mantenimiento.		5	0	8	8	8	5
c	Se posee un registro de las paradas y averías de los equipos.		6	6	10	10	0	5
d	Existe un sistema de costos de mantenimiento.		8	5	10	10	0	0
e	Se posee registros MTBF.		0	0	8	8	0	0
f	Existe un programa regular de capacitación del personal de mantenimiento en todos los niveles.		0	0	6	6	0	6
g	Existe un programa de estimulación hacia los operarios que aporta con ideas para el mantenimiento.		0	0	6	6	0	0
h	Existen los repuestos suficientes para mantener bien los equipos.		0	0	5	5	6	6
i	Se posee la documentación necesaria para realizar limpieza, lubricación e inspección de los equipos.		0	0	10	10	0	0
j	Se realizan las actividades recomendadas por el fabricante para el mantenimiento de los equipos.		5	0	8	8	0	0
k	Existe un programa de eliminación del deterioro en los equipos.		0	0	8	8	0	0
l	Se posee un programa de Mantenimiento Preventivo.		7	0	8	8	0	0
m	Se posee un programa de Mantenimiento Predictivo.		0	0	0	6	0	0
n	Existe un sistema de información para la gestión del mantenimiento (software).		0	0	8	8	0	0
o	Existe un programa de desarrollo superior del sistema de mantenimiento.		0	0	5	5	0	0
p	Muestra la Gerencia la importancia necesaria hacia el mantenimiento de los equipos.		7	5	10	10	8	8
Total			38	16	120	126	30	38
Total (%)			24	10	75	79	19	24

Tabla 4.1 Evaluación final del mantenimiento y calidad de la empresa

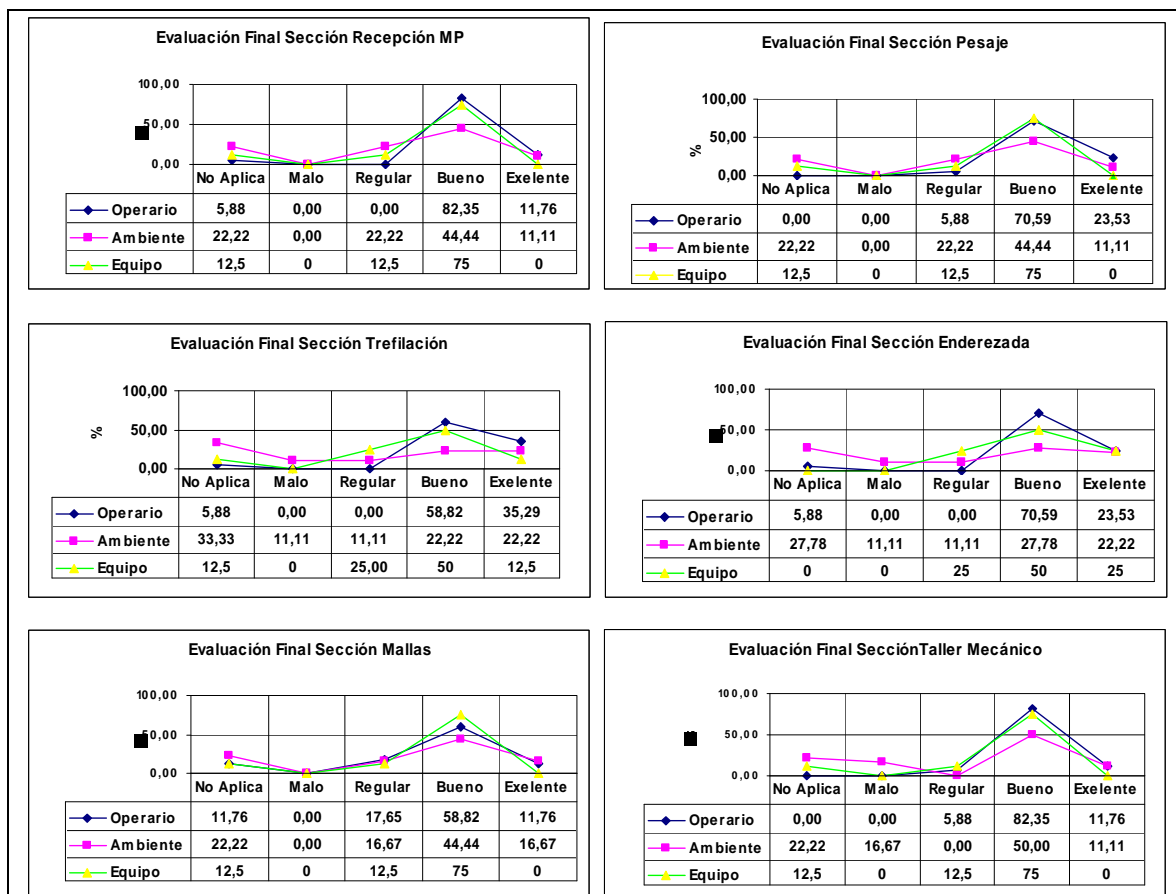


Tabla 4.2 Resumen de evaluación final de Seguridad e Higiene

4.1.3 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FINAL DE LA EMPRESA.

Con el fin de plantear mejoras para el mantenimiento y la Seguridad e Higiene de la empresa se analiza los resultados de la evaluación final de mantenimiento y calidad.

4.1.3.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FINAL DE MANTENIMIENTO Y CALIDAD EN LA EMPRESA

En la Tabla 4.3 se presenta un análisis de la situación final de cada sección.

4.1.3.2 ANÁLISIS FINAL DE SEGURIDAD E HIGIENE.

La Tabla 4.4 muestra el análisis de evaluación del pilar de Seguridad e Higiene de TREFILEC CIA. LTDA.

SECCIÓN	ANÁLISIS
Recepción de MP	Esta sección posee un porcentaje del 24% en el cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad, debido a que no existe una gestión de información del mantenimiento de los montacargas que son los únicos equipos de esta sección, sin embargo el porcentaje alcanzado se debe al cumplimiento del Mantenimiento Preventivo para estos equipos.
Pesaje	La sección de pesaje alcanza un 10% en el cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad, debido a que únicamente se realiza Mantenimiento Correctivo a la balanza.
Trefilación	En esta sección el porcentaje alcanzado del 75 % en el cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad, se debe a que ya se cuenta con las herramientas necesarias para el mantenimiento y las herramientas de cambio ordenadas correctamente, los estándares de limpieza, lubricación e inspección se cumplen a cabalidad por parte de los operarios, existe un control de costos de mantenimiento, control de repuestos y planes de mantenimiento para cambios e inspecciones periódicas, todo este control se respalda con un software de mantenimiento.
Enderezada	En esta sección se alcanza un 79% en el cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad, debido a que es una sección piloto al igual que la sección de Trefilación, se implantó las 5s Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planificado.
Mallas	El 19 % en el cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad alcanzados en la sección de Mallas, se debe a que no existe una gestión de mantenimiento de la electro soldadora.
Taller Mecánico	En el análisis inicial esta sección alcanzó el mayor porcentaje en el cumplimiento de los requerimientos de mantenimiento y calidad que es el 24 %, debido a que los operarios del Taller Mecánico son los encargados del mantenimiento y por ello han recibido capacitación. Además cuentan con herramientas para el mantenimiento aunque no todas las necesarias y se cuenta con un cierto stock de repuestos en bodega, sin embargo ese porcentaje se mantiene bajo ya que aun no se tiene una gestión adecuada del mantenimiento de los equipos.

Tabla 4.3 Análisis de la situación final del mantenimiento y calidad en la empresa

Secciones		Operario		Ambiente de trabajo		Equipo	
		Zona aceptable (%)	Zona no aceptable (%)	Zona aceptable (%)	Zona no aceptable (%)	Zona aceptable (%)	Zona no aceptable (%)
Recepción de MP	Inicial	76,47	23,53	44,44	55,56	50	50
	Final	94,11	5,88	55,55	44,44	75	25
Pesaje	Inicial	94,12	5,88	44,44	55,16	25	75
	Final	94,52	5,88	55,55	44,44	75	25
Trefilación	Inicial	64,7	35,29	16,67	83,33	25	75
	Final	94,11	5,88	44,44	55,55	62,5	37,5
Enderezada	Inicial	58,82	41,18	27,78	72,22	37,5	72,5
	Final	94,12	5,88	50	50	75	25
Mallas	Inicial	70,58	29,4	50	50,01	50	50
	Final	70,58	29,41	61,11	38,89	75	25
Taller Mecánico	Inicial	82,35	17,65	27,78	66,67	50	50
	Final	94,11	5,88	61,11	38,89	75	25

Tabla 4.4 Análisis de evaluación del pilar de Seguridad e Higiene

4.1.3.2.1 Análisis de Seguridad e Higiene del operario

De acuerdo con la tabla de comparación, el cumplimiento de las medidas de seguridad por parte del operario ha mejorado, esto se debe a la capacitación, motivación, recomendaciones y al control semanal de este cumplimiento durante la implantación del pilar de seguridad, sin embargo no se cumple a cabalidad con los estándares de seguridad que debe mantener el operario con los equipos y su protección personal es incompleta ya que no utiliza protección visual.

4.1.3.2.2 Análisis de Seguridad e Higiene del medio ambiente

En las secciones piloto, la seguridad e higiene del medio ambiente ha mejorado con respecto a la evaluación inicial, este aumento en el porcentaje se da por el proceso de implantación de las 5s que es un factor importante dentro del ambiente de trabajo, mientras que en las demás secciones se tiene una variación mínima en el porcentaje debido a la influencia existente de las secciones piloto y por la capacitación que se dio a todo el personal de la empresa.

Sin embargo la mejora de la seguridad e higiene del medio ambiente no es relevante en las secciones ya que no se realizó la señalización, dado que las instalaciones son temporales, esto mejorará notablemente cuando se aplique la señalización en la nueva planta con los planos que se realizaron para esta.

4.1.3.2.3 Análisis de Seguridad del equipo

La seguridad del equipo ha mejorado con respecto a la evaluación inicial, debido a la implantación del Mantenimiento Autónomo que permitió tener un equipo más seguro con el fin de prevenir accidentes de trabajo, sin embargo no se tiene resguardos necesarios para superficies calientes y sistemas de transmisión, además no existe señalización en el piso que limite los senderos seguros para el peatón. En la nueva planta se dotará a los equipos de sus resguardos y se realizará la señalización en el piso de acuerdo con el plano realizado.

4.2 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS FINAL DE LA SECCIÓN PILOTO DE LA EMPRESA

4.2.1 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS Y DE LOS OPERARIOS

Posterior a la implantación del Mantenimiento Productivo Total es necesario realizar el cálculo de la Eficiencia Global de los Equipos y de los Operarios con el fin de evaluar las mejoras obtenidas, el resumen de este cálculo se muestra en la Tabla 4.5, además los Gráficos 4.1 y 4.2 se muestra gráficamente los datos obtenidos.

PROMEDIOS			
Fecha de toma de datos:	Fecha inicial:	30 de Enero del 2007	
	Fecha final:	05 de Febrero del 2007	
EQUIPOS	OEE (%)	Eficiencia Global de los Trabajadores (%)	
		Primer turno	Segundo turno
Trefiladora 1	40,4	53	23,8
Enderezadora 2	45,4	37,4	21,2

Tabla 4.5 Promedio del OEE y de la Eficiencia Global de los Operarios

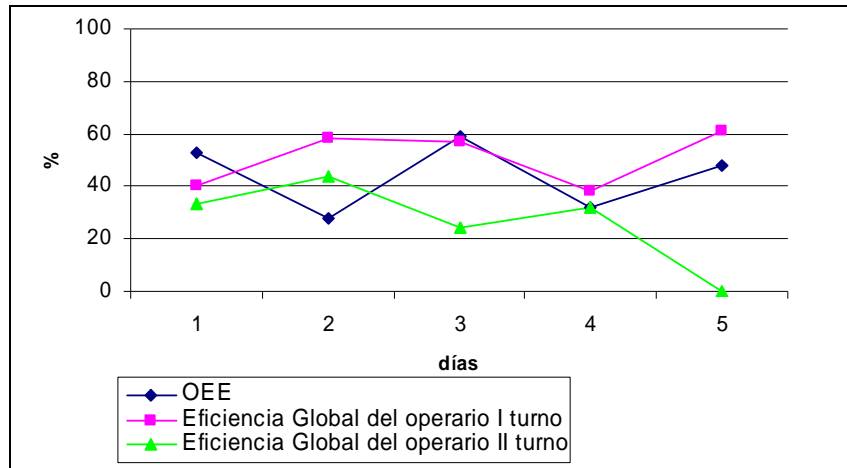


Gráfico 4.1 OEE y Eficiencia Global de los Operarios en los dos turnos de la Trefiladora 1

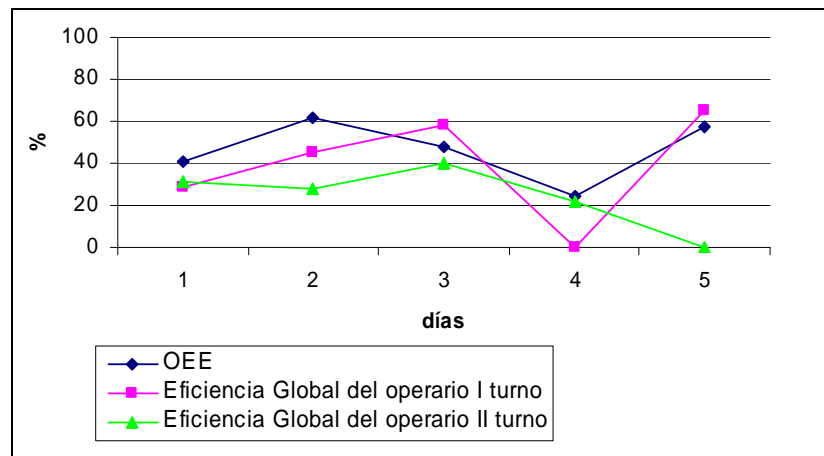


Gráfico 4.2 OEE y Eficiencia Global de los Operarios en los dos turnos de la Enderezadora 2

4.2.2 ANÁLISIS FINAL DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS EQUIPOS Y OPERARIOS

El análisis final de la Eficiencia Global de los Equipos y de los Operarios se muestra en la Tabla 4.6.

ANÁLISIS DEL OEE		
Trefiladora 1	(OEE = 40,4%)	
	El OEE final de este equipo se aproxima al 50% de la Eficiencia Global de los Equipos recomendada por el Mantenimiento Productivo Total que es el 85%, las mejoras obtenidas con respecto a la evaluación inicial se debe a que las paradas no programadas disminuyeron con la eliminación del deterioro existente en la Trefiladora 1.	
Enderezadora 2	(OEE = 45,4%)	
	El OEE final tiene una variación mínima con respecto a la evaluación inicial (38%) a pesar de las mejoras implantadas en la Enderezadora 2, debido a que las paradas programadas como cambio de herramientas siguen siendo demasiado largas.	
ANÁLISIS DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE LOS OPERARIOS		
Trefiladora 1	Eficiencia Global de los Operarios I Turno (53%)	Eficiencia Global de los Operarios II Turno (37.4%)
	La eficiencia del operario ha mejorado notablemente con respecto a la evaluación inicial (6.33%) gracias a la mayor responsabilidad de trabajo que adquirieron y al cumplimiento en el horario establecido para las diferentes actividades.	La mejora de la eficiencia del operario es considerable con respecto a la evaluación inicial (21.81%), por la existencia de paradas no programadas debido a que el personal de este turno no tiene un control de los tiempos de parada, además el ambiente nocturno disminuye la eficiencia del trabajador.
Enderezadora 2	Eficiencia Global de los Operarios I Turno (23.8%)	Eficiencia Global de los Operarios II Turno (21.2%)
	La eficiencia del operario ha disminuido con respecto a la evaluación inicial (38.94%), debido a la existencia de paradas no programadas y por los tiempos demasiado largos que utilizan para las paradas programadas como conteo y empaclado de producto terminado.	La eficiencia del operario del segundo turno disminuye con respecto a la evaluación inicial (26.1%), debido a que tiene paradas no programadas como realizar funciones que no le corresponden cuando tiene que proveerse de canastas de alambón con el puente grúa.

Tabla 4.6 Análisis final de la Eficiencia Global de los Equipos y Operarios

4.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS 5S, MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, SEGURIDAD E HIGIENE.

4.3.1 IMPLANTACIÓN DE LAS 5S

Para conocer las mejoras obtenidas de la implantación de las 5S, se realiza un análisis.

La aplicación de SEIRI cumplió con el objetivo de separar todos los elementos necesarios de los innecesarios, a los elementos innecesarios se colocó tarjetas rojas que permitieron visualizar la cantidad de elementos que estaban demás en el puesto de trabajo.

Los elementos innecesarios en cada puesto de trabajo de las dos secciones fueron reubicados a un lugar donde sean útiles y otros fueron eliminados, esto dejó áreas libres de obstáculos que dan mayor espacio para que el operario cumpla sus funciones, reduciendo tiempos en los procesos de producción

La implantación de SEITON permitió el correcto ordenamiento de las herramientas en contenedores y tableros y su ubicación se realizó de acuerdo al equipo al que pertenece, al nombre del elemento y a su medida, con el objetivo de minimizar el tiempo de búsqueda y evitar discrepancias entre los trabajadores de las diferentes secciones por la falta de herramientas.

4.3.2 IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

Se realiza el análisis de la implantación de los ocho pasos del Mantenimiento Autónomo.

Limpieza inicial

La limpieza inicial se realizó con la colaboración del operario de cada equipo y de acuerdo a los manuales de limpieza y desinfección, este paso permitió observar las fuentes de contaminación existentes.

La frecuencia de limpieza debe realizarse cada ocho horas y al final de cada jornada, el control de la limpieza lo realiza el encargado de cada sección y el encargado del mantenimiento.

Reducción de las causas de contaminación

Las fuentes de contaminación por fuga de lubricante y derrame de líquido refrigerante fueron eliminadas y la contaminación por óxido de hierro y polvo refrigerante debe ser controlada diariamente a través de la limpieza.

Preparación de estándares de limpieza y lubricación

Los estándares de limpieza y lubricación fueron elaborados y luego mejorados con la ayuda de los operarios. La limpieza diaria dió como resultado un mejor ambiente de trabajo y la lubricación mejoró notablemente ya que se corrigió los puntos que inicialmente se encontraban deshabilitados.

Inspección general

Las lecciones personalizadas y documentos de respaldo ayudaron a los operarios a aclarar dudas y corregir ideas equivocadas acerca del funcionamiento y mantenimiento de los equipos.

Estas lecciones iniciales fueron la pauta para iniciar la motivación del personal y de la dirección acerca de la importancia de la capacitación.

Inspección Autónoma

La inspección es realizada de acuerdo a los estándares de inspección por los operarios y controlada por el encargado del mantenimiento en la empresa, esto ayuda a la detección y corrección de daños menores en el equipo.

Estandarización

La estandarización permitió hacer de los estándares y manuales una norma a seguir en la empresa de acuerdo con lo especificado, permitiendo el control y mejoramiento continuo de las actividades de limpieza, lubricación e inspección donde el responsable es el encargado del mantenimiento.

Control autónomo total

Los resultados de la primera evaluación del control del Mantenimiento Autónomo son satisfactorios, estos deben ser mejorados continuamente.

4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA IMPLANTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PLANIFICADO

4.4.1 IDENTIFICAR EL PUNTO DE PARTIDA DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS

La aplicación de este paso permitió recopilar toda la información histórica de los equipos piloto de la empresa con el fin de tener datos de los equipos que pudieran ser útiles en los siguientes pasos de la implantación del Mantenimiento Planificado, así mismo se realizó la codificación de los equipos para facilitar el manejo de la información, el diseño de un sistema de costos de mantenimiento que permite evaluar las mejoras económicas y el diseño de las tablas de análisis MTBF que facilita el estudio del comportamiento de los equipos.

4.4.2 ELIMINAR EL DETERIORO DE LOS EQUIPOS Y MEJORAR SU ESTADO

Inicialmente se realizó un análisis de las causas de mayores paradas en los equipos piloto, posteriormente se eliminó el deterioro utilizando estrategias recomendadas por el TPM.

En la Enderezadora 2 se eliminó el deterioro existente en el eje principal, aplicando la técnica Por qué Por qué y el Método PM lo que permitió encontrar la causa del deterioro y eliminarla. En la Trefiladora 1 no se aplicó técnicas de eliminación del deterioro porque las causas de mayores paradas fueron fácilmente tratables dentro del programa de Mantenimiento Periódico.

4.4.3 MEJORAR EL SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Para mejorar el sistema de información del mantenimiento se desarrolló un software en Visual Basic 6.0 (parte gráfica) y Access 97 (base de datos) con un lenguaje fácil para el usuario, por medio de formularios que permiten ingresar datos e información y a través de documentos impresos o en pantalla se obtiene información necesaria para realizar las actividades de mantenimiento a tiempo y con las especificaciones dadas, logrando así un control total del

mantenimiento, además sirve para controlar los costos de mantenimiento y el stock de repuestos.

4.4.4 MEJORAR EL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Se realizó planes de mantenimiento para cambios e inspecciones periódicas de las partes y sub-partes de cada equipo piloto con la ayuda de los operarios y del encargado del mantenimiento, se desarrolló la gestión de información de Mantenimiento Contratado que permitirá tener un control de los trabajos que se realizan fuera de la empresa, se gestionó el manejo de la información del stock de repuestos y se formuló un plan para asegurar la calidad del mantenimiento.

4.4.5 DESARROLLAR UN SISTEMA DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO

La aplicación de este mantenimiento en los equipos piloto no fue factible ya que el índice de detectabilidad es bajo, característica primordial para no aplicar este tipo de Mantenimiento.

Después de analizar la tendencia de los equipos existentes y los que posiblemente se adquirirán se plantean alternativas para la aplicación del Mantenimiento Predictivo que posteriormente pueden ser aplicadas, además se deja información que ayudará en la capacitación del personal.

4.4.6 DESARROLLO SUPERIOR DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO PERIÓDICO

Para desarrollar el sistema de Mantenimiento Periódico es necesario realizar una evaluación total de la implantación de este mantenimiento y posteriormente aplicar mejoras en función de los resultados de la evaluación.

Para realizar esta evaluación en TREFILEC CIA. LTDA se requiere de un MTBF estable y de costos de mantenimiento reales, estos deben ser calculados en un tiempo determinado desde el inicio de la implantación del TPM, el tiempo de implantación en esta empresa es demasiado corto para apresurar resultados y evaluarlos, por lo tanto no se realizó el desarrollo superior del Mantenimiento Periódico y únicamente se justifica los costos de inversión utilizando la Justificación Económica por Intangibles.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Para que la implantación del TPM tenga los beneficios esperados, debe ser implantado en un ambiente óptimo, con una organización apropiada, comprometida, capacitada, con objetivos claros y un grupo líder con capacidad para dirigir esta estrategia.
- Los principales inconvenientes para la aplicación del TPM son la tendencia a esperar que los beneficios sean inmediatos, llegando a decepcionar y desmotivar al personal y los paradigmas existentes de que los costos de mantenimiento son un gasto mas no una inversión.
- Mantenimiento Planificado es un conjunto sistemático de actividades programadas realizadas por el personal de producción y de mantenimiento, de manera que la empresa se acerca a los objetivos: cero averías, cero defectos, cero despilfarros, cero accidentes y cero contaminación.
- Una de las metas que se alcanza con el Mantenimiento Planificado es disminuir los costos de mantenimiento, sin embargo el proceso de implantación involucra costos altos que disminuirán paulatinamente.
- Los costos de la implantación del Mantenimiento Periódico inicialmente tienden a aumentar por el seguimiento estricto de programas de frecuencias, fechas calendario que antes no se llevaban a cabo y por el aumento de gastos en repuestos, materiales e insumos debido a la frecuencia requerida para lograr el correcto funcionamiento del equipo.
- Las estrategias para la eliminación de averías en los equipos que se recomiendan, pueden ser utilizadas dependiendo de la naturaleza de las diferentes empresas, sectores y problemas.

- Antes de la implantación del Mantenimiento Planificado, es necesario que los equipos se encuentren en un estado predecible o estable en cuanto al comportamiento del MTBF, ya que si se implanta el Mantenimiento Periódico en un equipo cuyo MTBF no es estable, resulta ineficaz y únicamente se despilfarra dinero por exceso o defecto de acciones de mantenimiento.
- La necesidad existente en TREFILEC CIA. LTDA. de una gestión de mantenimiento de equipos y un departamento estructurado de forma eficiente hace necesario la implantación del pilar Mantenimiento Planificado enfocándose a la práctica y a la capacitación del personal.
- Se recomienda evaluar el OEE en períodos largos de tiempo, sin embargo el hacerlo en una semana queda como modelo para que TREFILEC CIA. LTDA. pueda realizarlo cuando cuente con un líder en el Departamento de Mantenimiento.
- Los cambios en la Seguridad Industrial en la parte del medio ambiente, no aumento el porcentaje considerablemente ya que la señalización no se realizó, por el motivo de que las instalaciones de TREFILEC CIA. LTDA. no son propias y se decidió realizar los planos y dimensionar los letreros para la nueva planta.
- El desarrollo del software no garantiza que la gestión de la información del mantenimiento sea eficiente si no existe la responsabilidad y la importancia que amerita el ingreso de información verdadera y continúa.
- La implantación del Mantenimiento Predictivo dentro de la empresa no es factible ya que este mantenimiento está dirigido para equipos que tengan un alto grado de detectabilidad, los equipos de TREFILEC CIA. LTDA. tienen en promedio un grado de detectabilidad bajo, quedando dentro del rango donde no es recomendable la implantación del Mantenimiento Predictivo.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para que las bases de la metodología continúen y se sigan implantando es necesario estructurar el Departamento de Mantenimiento que sea formado por un Ingeniero Mecánico que conozca y tenga las capacidades para liderar y controlar que esté íntimamente relacionado con la implantación de la metodología y con el conocimiento del proceso de producción sus equipos y operarios.
- El Departamento de Mantenimiento debe prestar mayor atención a la preparación de una buena base de datos para la toma de decisiones en la planificación del mantenimiento para los equipos y así cumplir con los requisitos de información exigidos por el TPM.
- Señalizar las nuevas instalaciones de la empresa en base a los planos y guías que están diseñados, esto permitirá un cambio de actitud de los operarios por tener un ambiente seguro que los rodea.
- Es necesario que los operarios encargados del Mantenimiento Autónomo y el personal encargado del Mantenimiento Periódico respeten las fechas y frecuencias programadas para lubricación, limpieza, inspección y cambios, para que el programa tenga los resultados fijados.
- Las frecuencias inicialmente establecidas en los planes de Mantenimiento Periódico son realizadas con la experiencia de los operarios y otras fuentes, pero a medida que se vaya desarrollando el programa de mantenimiento se debe mejorar dichas frecuencias en función de los resultados del MTBF.
- Puede suceder que al inicio de la implantación del TPM exista más paradas de producción que antes, debido a que hay que cumplir los programas de inspecciones, lubricación, etc. Sin embargo el departamento de producción debe adecuar sus programas con la debida anticipación.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Imbaquingo w & Loya c, Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico; “*Planeación y Distribución de la Planta de Trefilados del Ecuador Trefilec Cía. Ltda.*”, Ecuador, Agosto 2005. Págs 11 - 13
- [2] Guerra c & Segovia e, Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico; “*Programa de Mantenimiento Productivo Total en la Empresa Ecuagolosinas Cía. Ltda.*”, Ecuador, Agosto 2005. Págs 50 – 58
- [3] Reinoso M; Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero Mecánico; “*Cálculo de la Eficiencia Global de los Equipos (OEE) dentro del contexto de las herramientas del Mantenimiento Productivo Total*” Págs 83-90
- [4] *Software’s Maintenance*; Second Edition
- [5] Tarquin. F; *Ingeniería de Costos*; 8va Edición Págs 185
- [6] *Manual Maintenance Engineering* Cap. V y VI
- [7] Rosaler, Robert C. (2002); *Manual del Ingeniero de Planta*; 5ta Edición. Págs. 313-320

Páginas Web

- [8] www.ceroaverías.com
- [9] www.Manufacturaesbelta.com
- [10] [www. Monografías-Xpertia.htm](http://www.Monografías-Xpertia.htm)