

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

**ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA COMPRESORES DE AIRE Y SECADORES DE
LA MARCA “BOGE” DISTRIBUIDO POR LA EMPRESA
ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA.**

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

JORGE IVÁN ARAUJO TIPÁN
jorgeivan__3773@hotmail.com

SAÚL ENRIQUE GUANOLUISA ASIMBAYA
sega_2022@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LUIS FERNANDO JÁCOME
luisfernando.jacome@epn.edu.ec

Quito, Julio 2011

DECLARACIÓN

Nosotros, Jorge Iván Araujo Tipán y Saúl Enrique Guanoluisa Asimbaya, 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 los derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

Jorge Iván Araujo Tipán.

Saúl Enrique Guanoluisa Asimbaya.

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Jorge Iván Araujo Tipán y Saúl Enrique Guanoluisa Asimbaya, bajo nuestra supervisión.

Ing. Luis Fernando Jácome Jijón.

DIRECTOR DE PROYECTO

Ing. Jorge Escobar.

COLABORADOR

Ing. Ricardo Soto.

COLABORADOR

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al Ingeniero Fernando Jácome director de tesis quien con su ayuda desinteresada y su asesoramiento se alcanzó a culminar el presente proyecto.

A la empresa Ecuatoriana Industrial quien nos abrió las puertas para poder desarrollar el proyecto de tesis, a sus trabajadores al impartir sus conocimientos y a la vez brindar el apoyo necesario para su culminación.

A todo el personal docente y administrativo de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica Nacional, por los conocimientos adquiridos y el servicio prestado.

Jorge y Saúl

DEDICATORIA

A mis padres, Jorge e Isabel, por darme la vida, por guiarme por el camino del bien y por el apoyo que con su sacrificio y trabajo me lo supieron dar en todo momento.

A mi tía, Clemencia, por desinteresado apoyo y bendiciones que me supo dar durante todos estos años de vida.

A mis hermanas, que siempre estuvieron conmigo en todo momento, en especial a **mi hermana Fanny** que con su ejemplo y consejos fomentó en mí el deseo de superación, logrando así conseguir un gran objetivo en mi vida, a **mi hermano**, que con su alegría y carisma siempre me mantuvo con el ánimo y ganas de seguir adelante.

A mis amigos y compañeros, por compartir momentos de estudio y amistad durante toda mi carrera.

Y sobre todo a DIOS, por el amor y bendiciones que siempre recibo de él.

Jorge Iván

Dios, por darme la oportunidad de estar rodeado de las mejores personas a lo largo de mi vida

A mis padres, Luis y Guadalupe, por todo su amor y apoyo incondicional en cada instante de mi vida, ya que gracias a ellos pude alcanzar mi sueño.

A mi esposa e hijo, Flor y Dilan pues son las fuentes de inspiración para seguir adelante y cumplir mis metas.

A mis hermanas, Mayra y Karina, por su confianza y cariño que me brindaron desde mi infancia.

A mi familia; abuelitos, tíos, primos y a todos que de una u otra forma contribuyeron para que mi sueño se haga realidad. Es por esta razón que lo dedico todo para ellos, gracias por haberme acompañado en todo momento y por cada paso que doy.

Saúl

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1	1
1 GENERALIDADES	1
1.1 HISTORIA	1
1.2 UBICACIÓN	1
1.3 INFRAESTRUCTURA.....	2
1.4 PERSONAL.....	2
1.5 MISIÓN	3
1.6 VISIÓN.....	3
1.7 VALORES	3
1.8 SERVICIOS	3
1.8.1 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS	3
1.8.2 MANTENIMIENTO	3
1.8.3 PROYECTOS.....	3
1.9 CARTERA DE PROVEEDORES.....	4
1.9.1 BOGE	4
1.9.2 METAL WORK.....	4
1.9.3 VALBIA.....	4
1.9.4 M&M Internacional.....	4
1.9.5 VUOTOTÉCNICA	5
1.9.6 WINTERS, INSTRUMENTS.....	5
1.9.7 CASTELLO	5
1.10 CARTERA DE CLIENTES.....	5
CAPÍTULO 2	7
2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPRESORES DE TORNILLO Y SECADORES	7
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPRESORES.....	7
2.2 COMPRESORES DE TORNILLO	8
2.2.1 TIPOS DE COMPRESORES DE TORNILLO	8
2.2.1.1 Compresor monotornillo	9
2.2.1.2 Compresor de doble tornillo.....	9
2.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO COMPRESOR DE TORNILLO BOGE	10
2.2.2.1 Proceso de compresión.....	11
2.2.3 VENTAJAS DEL EQUIPO COMPRESOR BOGE	12
2.2.3.1 Ventajas Térmicas: Principio de refrigeración BOGE.....	12
2.2.3.2 Ventajas por gravedad: El sistema de separación de aceite BOGE	13

2.2.3.3	Ventajas constructivas serie C BOGE	13
2.2.3.4	Ventajas constructivas serie S BOGE	16
2.3	SECADORES	20
2.3.1	SECADORES REFRIGERATIVOS.....	21
2.3.1.1	Principio.....	21
2.3.1.2	Operación Básica.	21
2.3.1.3	Tipos de Secadores Refrigerativos:.....	22
2.3.2	SECADORES DESECANTES.....	24
2.3.2.1	Principio.....	24
2.3.2.2	Operación Básica.	25
2.3.2.3	Características del Desecante (Alúmina Activada)	25
2.3.2.4	Tipos de Secadores Desecantes.....	25
2.3.3	SECADOR DE MEMBRANAS.....	27
2.3.3.1	Membrana secador de BOGE, DM Serie V.....	28
2.3.4	SECADORES FRIGORÍFICOS.....	31
2.3.4.1	Secadores frigoríficos DS 2 hasta DS 60.....	32
2.3.4.2	Secadores frigoríficos DS 75 - DS de la serie 1800	34
2.3.5	SECADORES POR ADSORCIÓN	36
2.3.5.1	2.3.5.1 Secadores de adsorción sin aporte de calor	36
2.3.5.2	Secadores de adsorción con aporte de calor.....	37
2.3.5.3	Secadores por adsorción DAZ 4 hasta DAZ 1021.....	38
2.3.5.4	Secador de adsorción DAU 1 N hasta DAU 17 N Regenerado en frío.....	40
2.3.5.5	Secador de adsorción DAV 75 hasta DAV 2415.....	41
2.3.6	VENTAJAS TéRMICAS DE LOS SECADORES BOGE.....	43
2.3.6.1	Eficiencia energética	43
2.3.6.2	Fiable punto de rocío.....	44
2.3.6.3	Refrigerante no contaminante	44
2.3.7	VENTAJAS CONSTRUCTIVAS DE LOS SECADORES BOGE.....	45
2.3.7.1	Diseño inteligente.....	45
CAPÍTULO 3	46
3	TEORÍA DEL MANTENIMIENTO	46
3.1	DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	46
3.2	FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO.....	46
3.3	FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO	46
3.3.1	FUNCIONES FUNDAMENTALES	47
3.3.2	FUNCIONES EVENTUALES	48
3.4	VARIABLES DEL MANTENIMIENTO	48
3.4.1	MANTENIBILIDAD.....	48

3.4.2	<i>CONFIABILIDAD</i>	48
3.4.3	<i>DISPONIBILIDAD</i>	49
3.4.4	<i>SEGURIDAD</i>	49
3.4.4.1	Introducción	49
3.5	<i>EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DEL MANTENIMIENTO</i>	50
3.5.1	<i>HISTORIA DEL MANTENIMIENTO</i>	50
3.5.1.1	Primera generación.....	50
3.5.1.2	Segunda generación	51
3.5.1.3	Tercera generación	51
3.5.1.4	Cuarta generación.....	52
3.5.2	<i>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</i>	53
3.5.2.1	Definición	53
3.5.2.2	Ventajas.....	53
3.5.2.3	Desventajas	54
3.5.3	<i>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</i>	54
3.5.3.1	Definición	54
3.5.3.2	Características	54
3.5.3.3	Ventajas.....	55
3.5.3.4	Desventajas	55
3.5.4	<i>MANTENIMIENTO PREDICTIVO</i>	56
3.5.4.1	Definición	56
3.5.4.2	Técnicas utilizadas	56
3.5.5	<i>MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (T.P.M.)</i>	62
3.5.5.1	Definición	62
3.5.5.2	Características	62
3.5.5.3	Ventajas.....	62
3.5.5.4	Desventajas	63
3.5.6	<i>MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (R.C.M.)</i>	63
3.5.6.1	Definición	63
3.5.6.2	Características	64
3.5.6.3	Ventajas.....	64
3.5.6.4	Desventajas	64
3.6	<i>GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO</i>	65
3.6.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	65
3.6.2	<i>DEFINICIÓN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO</i>	65
3.6.3	<i>ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO</i>	67
3.7	<i>PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO</i>	69
3.7.1	<i>INTRODUCCIÓN</i>	69
3.7.2	<i>DEFINICIÓN</i>	69

3.7.3	<i>METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO</i>	70
3.7.3.1	Personal de Mantenimiento	70
3.7.3.2	Inventario y Codificación	71
3.7.3.3	Recopilación de información	71
3.7.3.4	Creación del libro diario de mantenimiento	71
3.7.3.5	Hoja de recopilación de datos	72
3.7.3.6	Aplicación de herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento	72
3.8	POLÍTICAS DEL MANTENIMIENTO	77
3.8.1	<i>FALLO PRODUCIDO</i>	77
3.8.2	<i>VIDA DEL SISTEMA OPERATIVO</i>	78
3.8.3	<i>INSPECCIÓN</i>	79
3.8.4	<i>EXAMEN</i>	79
3.8.5	<i>COYUNTURA</i>	80
3.9	COSTOS DE MANTENIMIENTO	80
3.9.1	<i>COSTOS FIJOS</i>	80
3.9.2	<i>COSTOS VARIABLES</i>	80
3.9.3	<i>COSTOS DE CAPITAL</i>	81
3.9.4	<i>COSTOS POR FALLA</i>	81
3.9.5	<i>COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO</i>	81
	CAPÍTULO 4	82
4	ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	82
4.1	PERSONAL VINCULADO EN EL PROGRAMA	82
4.2	REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	82
4.2.1	<i>INVENTARIO DE EQUIPOS Y REPUESTOS</i>	82
4.2.2	<i>BITÁCORA O LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES</i>	83
4.2.3	<i>RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA</i>	83
4.3	APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS, TÉCNICAS Y DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO	83
4.3.1	<i>MATRICES PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO A UTILIZARSE</i>	83
4.3.1.1	Matriz de priorización	84
4.3.1.2	Matriz de perfil competitivo	84
4.4	APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ADECUADA.	85
4.4.1	<i>ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO SELECCIONADA</i>	85
4.4.1.1	MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)	85
4.4.2	<i>Análisis AMFE</i>	86
4.4.3	<i>R. C.M. PARA EL COMPRESOR DE TORNILLO</i>	90

4.4.3.1	Funcionamiento del compresor de tornillo BOGE	90
4.4.3.2	Diagrama funcional del proceso del compresor de tornillo	91
4.4.3.3	Diagramas sistemáticos funcionales de los subsistemas del compresor de tornillo	95
4.4.3.4	Tabla AMFE para el compresor de tornillo BOGE	100
4.4.3.5	Tablas de acciones correctivas	110
4.4.3.6	Tareas de mantenimiento	115
4.4.4	<i>R. C.M. PARA EL SECADOR FRIGORÍFICO DE AIRE</i>	118
4.4.4.1	Funcionamiento del secador frigorífico de aire	118
4.4.4.2	Diagrama funcional del proceso del secador frigorífico	121
4.4.4.3	Diagramas sistemáticos funcionales de los componentes del secador frigorífico de aire	122
4.4.4.4	Ejemplo de tabla AMFE para el secador frigorífico de aire	124
4.4.4.5	Acciones correctivas para el secador frigorífico de aire	127
4.4.4.6	Tareas de mantenimiento para secador	128
4.4.5	<i>PROGRAMA COMPUTARIZADO DE MANTENIMIENTO</i>	130
CAPÍTULO 5		131
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		131
5.1	CONCLUSIONES	131
5.2	RECOMENDACIONES	134
BIBLIOGRAFÍA		135
ANEXO 1		
MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR EN LA LABOR DE MANTENIMIENTO		136
ANEXO 2		
INVENTARIO DE EQUIPOS Y REPUESTOS		144
ANEXO 3		
BITACORA O LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES		148
ANEXO 4		
TABLAS DE CONTROL DE TEMPERATURAS, PRESIONES Y HORAS DE TRABAJO DEL EQUIPO		150
ANEXO 5		
TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO COMPRESOR DE TORNILLO		154
ANEXO 6		
TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO SECADOR		173

ANEXO 7

BASE DE DATOS MICROSOFT ACCESS 2007 184

ANEXO 8

EJEMPLO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BASE DE DATOS MICROSOFT ACCESS 2007... 191

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Ubicación de la empresa	1
Figura 2-1 Clasificación de los Compresores	8
Figura 2-2 Tipos de Compresores	8
Figura 2-3 Compresor monotornillo.....	9
Figura 2-4 Compresor de doble tornillo	10
Figura 2-5 Principio de diseño y fabricación de los compresores BOGE	10
Figura 2-6 Proceso de aspiración	11
Figura 2-7 Proceso de compresión	11
Figura 2-8 Salida del aire	12
Figura 2-9 Compresor BOGE serie C.....	14
Figura 2-10 Válvula de retención	15
Figura 2-11 Transmisión del motor	15
Figura 2-12 Compresor BOGE serie S	16
Figura 2-13 Filtro de aspiración	17
Figura 2-14 Zona del radiador.....	17
Figura 2-15 Separador de aceite	18
Figura 2-16 Etapa de compresión.....	18
Figura 2-17 Regulador de aspiración	18
Figura 2-18 Armario de distribución del compresor	19
Figura 2-19 Armario de distribución eléctrica	19
Figura 2-20 Tuberías de aceite	20
Figura 2-21 Refrigeración por agua	20
Figura 2-22 Esquema del flujo sin repetición.....	23
Figura 2-23 Esquema del flujo con repetición.....	24
Figura 2-24 Esquema del flujo	27
Figura 2-25 Secador de membranas	28
Figura 2-26 Secador de membranas	29
Figura 2-27 Esquema del secador de membranas.....	30
Figura 2-28 Secador de membranas	32
Figura 2-29 Secador Frigorífico Boge.....	33
Figura 2-30 Secador Frigorífico Boge.....	35
Figura 2-31 Secadores de adsorción con aporte de calor.....	38
Figura 2-32 Secadores de adsorción DAZ.....	39
Figura 3-1 Radiografía industrial	57
Figura 3-2 Líquidos penetrantes aplicados en una válvula.....	58
Figura 3-3 Aplicación del método de partículas magnéticas.....	59
Figura 3-4 Equipo portátil de inspección por ultrasonido	60
Figura 3-5 Termografía de un vehículo.....	62

Figura 3-6 Ejemplo de histograma	73
Figura 3-7 Ejemplo de diagrama de Pareto de una empresa gráfica.....	74
Figura 3-8 Ejemplo de diagrama de Ishikawa	75
Figura 3-9 Algoritmo para una política de mantenimiento basado en el fallo.....	77
Figura 3-10 Algoritmo para una política de mantenimiento basado en la vida del sistema	78
Figura 4-1 Proceso de compresión	90
Figura 4-2 Alimentación eléctrica	92
Figura 4-3 Circuito de aceite	92
Figura 4-4 Circuito de aire	93
Figura 4-5 Circuito general del Equipo	94
Figura 4-6 Diagrama sistemático del compresor de tornillo.....	95
Figura 4-7 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Motor - Juego Tensor.....	96
Figura 4-8 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Depósito Combinado - Compresor.....	96
Figura 4-9 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Unidad de Admisión de aire.....	97
Figura 4-10 Diagrama sistemático y funcional del subsistema regulador de aceite	97
Figura 4-11 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Unidad de refrigeración	98
Figura 4-12 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Unidad Eléctrica.....	99
Figura 4-13 Esquema de funcionamiento del secador frigorífico.....	119
Figura 4-14 Diagrama de bloques del funcionamiento del secador frigorífico	121
Figura 4-15 Diagrama sistemático del secador frigorífico	122
Figura 4-16 Unidad de proceso de secado de aire	122
Figura 4-17 Unidad de líquido refrigerante	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Distribución de espacios físicos de la empresa	2
Tabla 1-2 Grupo humano de trabajo de la empresa	2
Tabla 4-1 Matriz de priorización	84
Tabla 4-2 Matriz de perfil competitivo.....	84
Tabla 4-3 Criterio de calificación	85
Tabla 4-4 Clasificación de la gravedad de la causa de fallo	88
Tabla 4-5 Clasificación de la frecuencia de la causa de fallo	89
Tabla 4-6 Clasificación de la detectabilidad de la causa de fallo	89
Tabla 4-7 AMFE motor - juego tensor	100
Tabla 4-8 AMFE deposito combinado – compresor.....	101
Tabla 4-9 AMFE unidad de admisión de aire.....	103
Tabla 4-10 AMFE regulador de aceite	104
Tabla 4-11 AMFE unidad de refrigeración.....	106
Tabla 4-12 AMFE unidad eléctrica	108
Tabla 4-13 Cuadro de acciones correctivas del compresor de tornillo	112
Tabla 4-14 Tareas de mantenimiento del equipo compresor de tornillo.....	116
Tabla 4-15 AMFE unidad de proceso de secado	124
Tabla 4-16 AMFE unidad de liquido refrigerante	125
Tabla 4-17 Cuadro de acciones correctivas del secador	127
Tabla 4-18 Tareas de mantenimiento del equipo compresor	128

RESUMEN

El presente Proyecto de Titulación “ELABORACIÓN DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA COMPRESORES DE AIRE Y SECADORES DE LA MARCA “BOGE” DISTRIBUIDO POR LA EMPRESA ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA.” está compuesto por cinco capítulos los cuales se resumen de la siguiente manera:

El primer capítulo describe las generalidades de la empresa, sus inicios, ubicación, infraestructura, personal con que cuenta, servicios que presta y su cartera de clientes y proveedores.

El segundo capítulo muestra una descripción general de los compresores y secadores, la clasificación de éstos, los procesos de compresión de aire y secado, características de los equipos compresores y secadores BOGE y sus ventajas.

El tercer capítulo detalla el marco teórico que se necesita saber sobre el mantenimiento, el cual permite entender y seleccionar la estrategia de mantenimiento más adecuada para los equipos y la empresa.

El cuarto capítulo selecciona el mantenimiento más adecuado para los equipos, en este caso se seleccionó el mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M.), la aplicación de éste tanto a los compresores de tornillo como a los secadores frigoríficos, es decir, la realización de tablas AMFE, tablas de acciones correctivas y tablas de actividades de mantenimiento, además de un programa computarizado de mantenimiento realizado en Microsoft Access 2007 para uso de la empresa.

Por último el quinto capítulo recoge las conclusiones y recomendaciones como análisis final de la elaboración del proyecto, tomando como referencia los objetivos planteados al inicio de éste.

PRESENTACIÓN

Un programa de ingeniería de mantenimiento surge como una respuesta a las necesidades empresariales por precautelar el correcto funcionamiento de sus equipos y además de mejorar su eficiencia operativa y competitiva.

La idea de que el mantenimiento era un rubro que se consideraba dentro de los gastos de una empresa u organización ha sido reemplazada por la idea de que en realidad es una inversión a mediano y largo plazo, debido a la evolución que ha tenido la ingeniería de mantenimiento.

El presente proyecto contribuirá con la modernización de la empresa Ecuatoriana Industrial Termoval Cia. Ltda., ya que el proyecto cuenta con un programa de mantenimiento computarizado de muy fácil manejo proporcionando una mayor eficiencia en el personal de dicha empresa.

La empresa Ecuatoriana Industrial Termoval Cia. Ltda. se dedica a la venta y mantenimiento preventivo de equipos compresores y secadores de aire. Cuenta con personal capacitado para una rápida y eficiente respuesta a los requerimientos de los clientes, sin dejar de lado la calidad en los servicios que presta.

Los equipos compresores de aire de tornillos y los secadores frigoríficos de aire son los de mayor demanda de los clientes de Ecuatoriana Industrial, por esta razón el presente proyecto se focalizará solo a estos dos tipos de equipos, para proporcionar un mantenimiento preventivo, el mismo que está basado en un programa de actividades donde se procura disminuir al mínimo los costos de producción de cada empresa a la cual es vendida.

CAPÍTULO 1

1 GENERALIDADES

1.1 HISTORIA

ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA., empezó sus labores en el año 2001, y desde entonces el trabajo se inicio por un sueño, de constituir una empresa líder en servicios de automatización neumática. Estos años de experiencia y de esfuerzo han permitido crecer la empresa junto con sus clientes. La confianza de los primeros proveedores Metal Work Pneumatic de Italia, Winters Instruments de Canadá, dio un reconocimiento a nivel de la industria que solo se puede resumir en calidad y buen servicio.

1.2 UBICACIÓN

ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA., se encuentra ubicada en el centro sur de la ciudad de Quito, en el sector de la Tola alta como se indica en el siguiente croquis.



Figura 1-1 Ubicación de la empresa

Fuente: www.ecuatorianaindustrial.com

1.3 INFRAESTRUCTURA

La empresa cuenta modernas y confortables instalaciones, cuya infraestructura se encuentra distribuida en 600 m², con áreas distribuidas según la tabla:

Tabla 1-1 Distribución de espacios físicos de la empresa

INSTALACIONES	DEPENDENCIAS
Oficinas administrativas	Gerencia Recepción Compras y ventas
Oficinas de ingeniería	Mantenimiento
Bodega	Almacenamiento Insumos
Sanitarios	Gerencia Empleados

Fuente: ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA

1.4 PERSONAL

ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA, cuenta con un excelente grupo humano, que diariamente contribuyen con el desarrollo de la empresa, en la comercialización y mantenimiento de los equipos. El personal está distribuido como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 1-2 Grupo humano de trabajo de la empresa

DEPARTAMENTO	Nº DE PERSONAS
Gerencia	1
Recepción	1
Compras y ventas	4
Mantenimiento	2
Bodega	1
Servicios	1
Limpieza	1

Fuente: ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA

El horario del personal con el que cuenta la empresa es 8h30 a 17h00, de lunes a viernes.

1.5 MISIÓN

Dar el mejor servicio a nuestros clientes asesorándolos y capacitándoles en proyectos de diseño, construcción y mantenimiento, con el respaldo de productos de alta calidad a un costo razonable.

1.6 VISIÓN

Consolidarnos como una empresa líder en el ámbito de la generación del aire comprimido, automatización neumática, técnicas de vacío, oleohidráulica e instrumentación, así como el desarrollo de cada una de estas líneas desarrollando todos los puntos relacionados con su giro de negocio.

1.7 VALORES

Nuestros valores son: Honestidad, experiencia, trabajo, amistad, solidaridad, fe, dinamismo, empuje, prudencia, control, audacia.

1.8 SERVICIOS

1.8.1 AUDITORÍAS ENERGÉTICAS

El uso eficiente de la energía es un aspecto importante en las fábricas o empresas, en donde deben involucrarse gerentes financieros, gerentes de producción y mantenimiento. Con el fin de mantener la competitividad y proteger el medio ambiente es necesario controlar el consumo de energía.

1.8.2 MANTENIMIENTO

Ecuadoriana Industrial Termoal Cia. Ltda., ofrece el servicio de mantenimiento de sus productos BOGE. El mantenimiento es periódico, permanente y preventivo. Con esta finalidad se garantiza la conservación de los equipos proporcionando un servicio de calidad.

1.8.3 PROYECTOS

Ecuadoriana Industrial Termoal Cia. Ltda., considerando las necesidades de las empresas pone a disposición el servicio de realización de proyectos:

- Estudio de generación aire comprimido.
- Diseño y cálculos de redes de transporte y distribución de aire comprimido.
- Construcción de tableros electro-neumáticos
- Suministro de cilindros neumáticos a medida.

1.9 CARTERA DE PROVEEDORES

1.9.1 BOGE

Es una empresa alemana y empezó con el suministro e instalación de aparatos cierrapuertas. Más tarde se fabricaron herramientas especiales para la industria automotriz. La producción de motocicletas condujo finalmente al diseño y desarrollo de compresores de pistón.

1.9.2 METAL WORK

Es una empresa Italiana especializada en la producción de componentes neumáticos para la automatización industrial. La empresa nace en el año 1967 con la producción de conexiones rápidas.

1.9.3 VALBIA

Nace en 1995 por la necesidad de introducir al mercado un producto de alta calidad para satisfacer un sector de alta exigencia y precisión.

1.9.4 M&M INTERNACIONAL

Es un fabricante de válvulas solenoides para la industria desde hace 30 años. Existe una amplia gama de modelos disponibles. La alta calidad de la materia prima, la precisión de las partes, las exigentes pruebas durante y al final de la producción, gran cantidad mensual de unidades fabricadas son una garantía de fiabilidad y excelencia.

1.9.5 VUOTOTÉCNICA

Empresa que ofrece soluciones y aplicaciones en el uso de sistemas de vacío, estimulada por el desarrollo tecnológico y los esfuerzos de la industria de ser excelente en el menor tiempo.

1.9.6 WINTERS, INSTRUMENTS

Como fabricante internacional de instrumental industrial, Winters Instruments se afianza sobre su capacidad para satisfacer las diversas necesidades del mercado industrial. Desde 1953, Winters Instruments ha estado proveyendo instrumental para medir presión y temperatura a través de su red de distribución internacional.

1.9.7 CASTELLO

Por más de 40 años ha trabajado en el área de los materiales plásticos. La compañía es bien conocida y reconocida por sus productos de alta calidad, el esfuerzo constante, la inversión en investigación, el desarrollo de nuevos productos y el servicio a sus clientes son sus principales valores.

1.10 CARTERA DE CLIENTES

La cartera de clientes con la que cuenta ECUATORIANA INDUSTRIAL TERMOVAL CIA. LTDA., es:

- EMPAGRAM
- HOLCIM
- ARROCESA
- ECUASTEEL
- GINSBERG
- FERRERO DEL ECUADOR
- LABORATORIOS FITOTERAPIA
- DINSE
- INDUSTRIAS OMEGA
- IMPRECEAR
- INCASA
- ROYALTEX

- NOVACERO
- PRODUTEXTI
- SCHLUMBERGER
- SERTECPET
- AGRIVIB S.A.
- EL ORDEÑO

CAPÍTULO 2

2 DESCRIPCIÓN DE LOS COMPRESORES DE TORNILLO Y SECADORES

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS COMPRESORES

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

En la actualidad existen una gran variedad de compresores, los cuales realizan la misma función solo que emplean distintos principios de funcionamiento, debido a esto, los compresores se pueden clasificar de la siguiente manera:

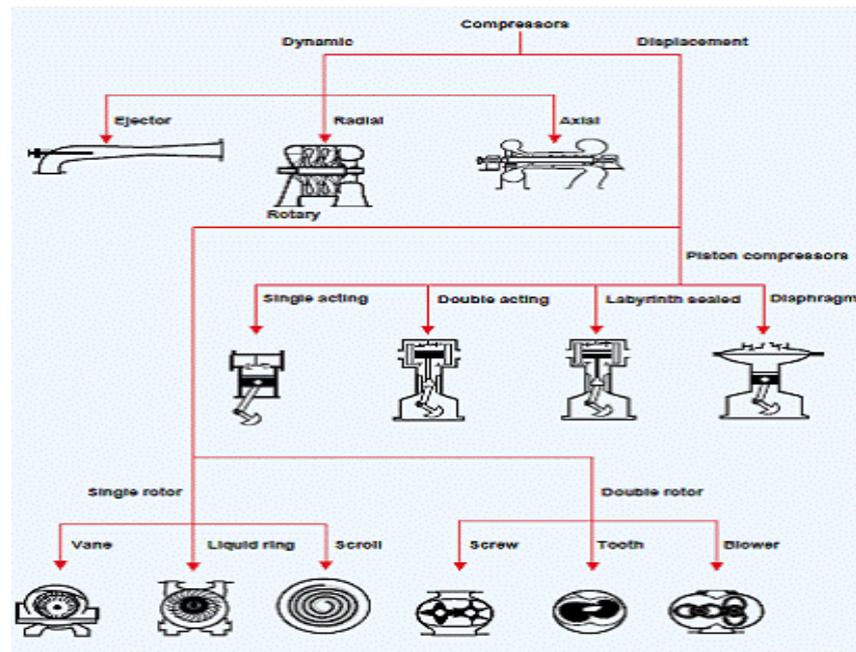


Figura 2-1 Clasificación de los Compresores

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos73/compresor-tornillo-aplicacion-industrias/compresor-tornillo-aplicacion-industrias2.shtml>

2.2 COMPRESORES DE TORNILLO

El compresor de tornillo es un compresor rotativo de desplazamiento positivo, el cual tiene algunas variantes, cada una para condiciones de trabajo distintas.

2.2.1 TIPOS DE COMPRESORES DE TORNILLO

Los compresores de tornillo se clasifican en:

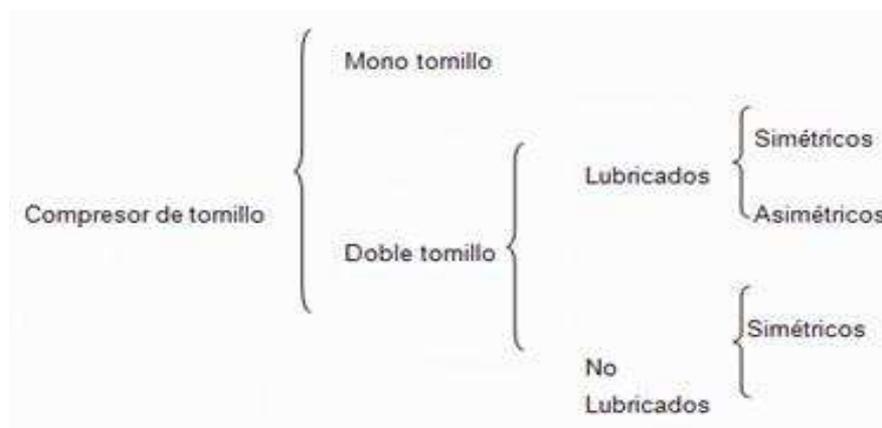


Figura 2-2 Tipos de Compresores

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos73/compresor-tornillo-aplicacion-industrias/compresor-tornillo-aplicacion-industrias2.shtml>

2.2.1.1 Compresor monotornillo

El compresor monotornillo es un compresor rotativo, de desplazamiento positivo. La compresión del gas se lleva a cabo por medio del engranaje de las dos estrellas laterales con las ranuras helicoidales en el rotor principal. El eje de acople imparte el movimiento rotativo al rotor principal el cual a su vez acciona las estrellas laterales engranadas.

El compresor consta de tres componentes fundamentales, los cuales rotan y completan el trabajo del proceso de compresión. Esto incluye típicamente un rotor principal y dos estrellas laterales planas. Los ejes rotativos de las estrellas laterales están paralelos unos a otros y mutuamente perpendiculares al eje del rotor principal.

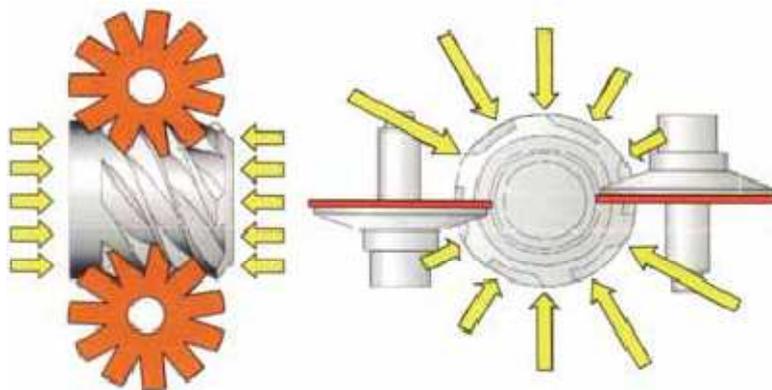


Figura 2-3 Compresor monotornillo

Fuente: <http://lcingenieros.com/funcionamiento%20tornillo.pdf>

2.2.1.2 Compresor de doble tornillo

Los compresores de aire de tornillo rotativo, tienen dos rotores que comprimen el aire dentro de una carcasa, no tienen válvulas en el mecanismo de compresión, como los de aire recíproco, comprime el aire de refrigeración con aceite. Con estos compresores se utiliza petróleo para sellar su interior, este uso permite enfriar y comprimir el aire conservando a la máquina en su máxima capacidad. Estos compresores de aire pueden estar constantemente corriendo sin sobrecalentamiento.

Estos compresores son fáciles de conservar, la salida de aire en estos compresores es lisa y libre de los impulsos que se pueden hallar en otros modelos de compresor

de aire, tienen un gran volumen de aire a un fuerte poder. Son de larga duración y dan un rápido funcionamiento.



Figura 2-4 Compresor de doble tornillo

Fuente: <http://lcingenieros.com/funcionamiento%20tornillo.pdf>

2.2.2 FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO COMPRESOR DE TORNILLO BOGE

El equipo cuenta con tres secciones principales que son: sistema electrónico, sistema de accionamiento y sistema de compresión y refrigeración; están dispuestos en el sentido de la corriente principal del aire de refrigeración, para máxima eficacia y vida útil.¹

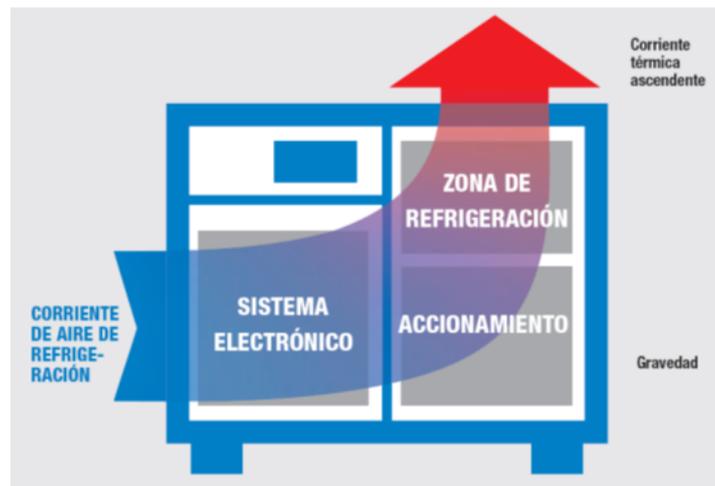


Figura 2-5 Principio de diseño y fabricación de los compresores BOGE

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

¹ BOGE, 2010, Catalogo "Compresores de Tornillo", Alemania

2.2.2.1 Proceso de compresión

2.2.2.1.1 Aspiración

El aire entra a través de la abertura de alimentación en los filetes abiertos de los rotores del lado de aspiración.

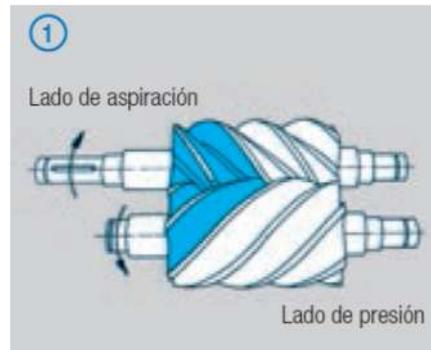


Figura 2-6 Proceso de aspiración

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.2.1.2 Compresión

Por medio del giro progresivo de los rotores se cierra el agujero de entrada de aire. El volumen en las cámaras se reduce y la presión aumenta. Durante esta operación se inyecta aceite que lubrica los cojinetes de los rotores, obtura ranuras y evacúa el calor de compresión.

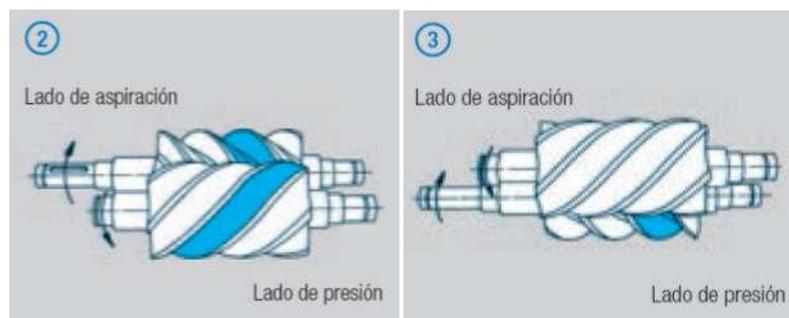


Figura 2-7 Proceso de compresión

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.2.1.3 Salida

La compresión ha terminado, se alcanzó la presión final e inicia la salida.

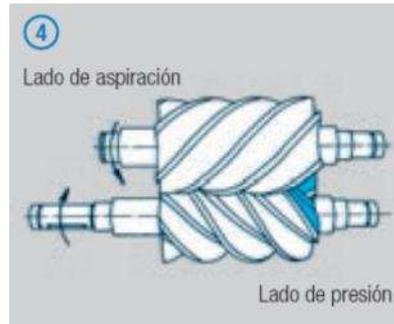


Figura 2-8 Salida del aire

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.3 VENTAJAS DEL EQUIPO COMPRESOR BOGE

2.2.3.1 Ventajas Térmicas: Principio de refrigeración BOGE

2.2.3.1.1 *El aire caliente tiende a elevarse*

El aire de refrigeración se toma en el punto más bajo del equipo por un ventilador de refrigeración independiente y se canaliza por los componentes en sentido ascendente hasta abandonar el compresor en el punto más elevado, lo que se llama efecto chimenea. Este flujo de aire de refrigeración supera varias veces el caudal de aire del ventilador integrado en el motor. Gracias al principio de chimenea, el sistema sigue refrigerando aún en estado de parada del equipo.

2.2.3.1.2 *Ventaja en eficacia*

El filtro de aspiración se ubica en la zona más fría del flujo de aire de refrigeración y toma el aire para compresión a la temperatura más baja. El resultado es la optimización de la eficiencia volumétrica caudal de salida del compresor.

Por otra parte, el radiador aire-aceite está localizado en el punto más alto del compresor. El radiador está sobredimensionado y en conjunción con el flujo de aire de refrigeración facilita la menor temperatura posible en el interior de la cabina y en el aire comprimido de salida. Cuando se lo conecta a conductos de extracción, el aire de refrigeración puede enviarse al exterior sin problemas o incluso redirigirse fácilmente como aire para calefacción suplementaria.

2.2.3.1.3 Ventaja en vida útil

Motor y demás componentes eléctricos están ubicados a la entrada del caudal principal de refrigeración, beneficiándose del aire más frío. Como resultado, estos componentes no se sobrecalientan en marcha en carga ni en marcha en vacío, con lo que su vida útil se amplía considerablemente. No se producen bancos de calor en el interior de la cabina, independiente del estado de funcionamiento del compresor.

2.2.3.2 Ventajas por gravedad: El sistema de separación de aceite BOGE

2.2.3.2.1 El aceite siempre fluye al punto más bajo

Por este motivo, se ha ubicado el depósito separador de aceite de disposición horizontal en el punto más bajo del sistema. Además, por efecto de la expansión y reducción de velocidad del aire comprimido en este depósito, se produce una “lluvia” de aceite en bruto en su interior, siendo una forma más que eficiente de pre-separación.

2.2.3.2.2 Ventaja de eficacia

El sistema de separación de aceite BOGE está diseñado para minimizar pérdidas de presión interna y garantizar un contenido en aceite residual 1-3 mg/m³ en cualquier estado de funcionamiento. El depósito separador en disposición horizontal asegura un nivel bajo de formación de espuma en funcionamiento en vacío, eliminando el riesgo de que el aceite en bruto alcance el cartucho separador.

2.2.3.2.3 Ventaja en vida útil

Los cartuchos separadores BOGE tienen una vida útil larga como resultado, no sólo de la eficaz separación previa en el depósito separador, sino también por la gran distancia de seguridad que existe entre la superficie del aceite y el separador, lo que previene que el aceite pueda penetrar directamente en el cartucho separador.

2.2.3.3 Ventajas constructivas serie C BOGE

Todos los componentes necesarios están integrados en una unidad completa. Se tiene fácil acceso a las piezas de mantenimiento y desgaste para máximo confort y máxima seguridad de servicio.

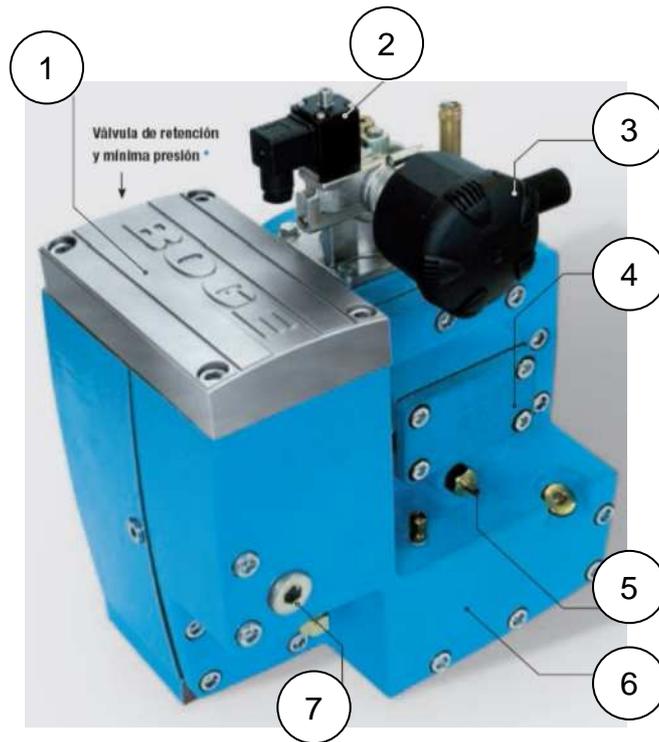


Figura 2-9 Compresor BOGE serie C

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

1.- Sistema integrado de separado de aceite: Fácil acceso al cartucho del separador de aceite y al cartucho del filtro de aceite. El colector de aceite se encuentra en el punto más bajo: para una separación efectiva de aceite conforme al principio de la fuerza de gravedad.

2.- Regulación de aspiración multifuncional con electroválvula integrada.- Elimina las fugas y garantiza un funcionamiento seguro.

3.- Filtro de aspiración insonorizado con cartucho de filtro de papel.- El filtro separa 99,9 % de todas las partículas con un tamaño superior a 3 μm .

4.- Etapa de compresión BOGE con perfil especial y rodamientos de alto rendimiento.- Permite un elevado rendimiento con bajo consumo energético.

5.- Sensor de temperatura

6.- Caja de fundición con mecanizado CNC.- El mecanizado de alta calidad minimiza el riesgo de fugas. Además amortigua el ruido en su origen, contribuyendo al bajo nivel sonoro de estos equipos.

7.- Regulación termostática de la cantidad de aceite.- De fácil acceso desde el exterior

8.- Válvula de retención y mínima presión.- Está integrada en una única pieza eliminando tuberías innecesarias y aporta una máxima seguridad contra fugas.



Figura 2-10 Válvula de retención

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

9.- Transmisión flexible.- El módulo compacto de la serie C se puede suministrar con el sistema de transmisión a elección ya sea por transmisión directa o por correas.

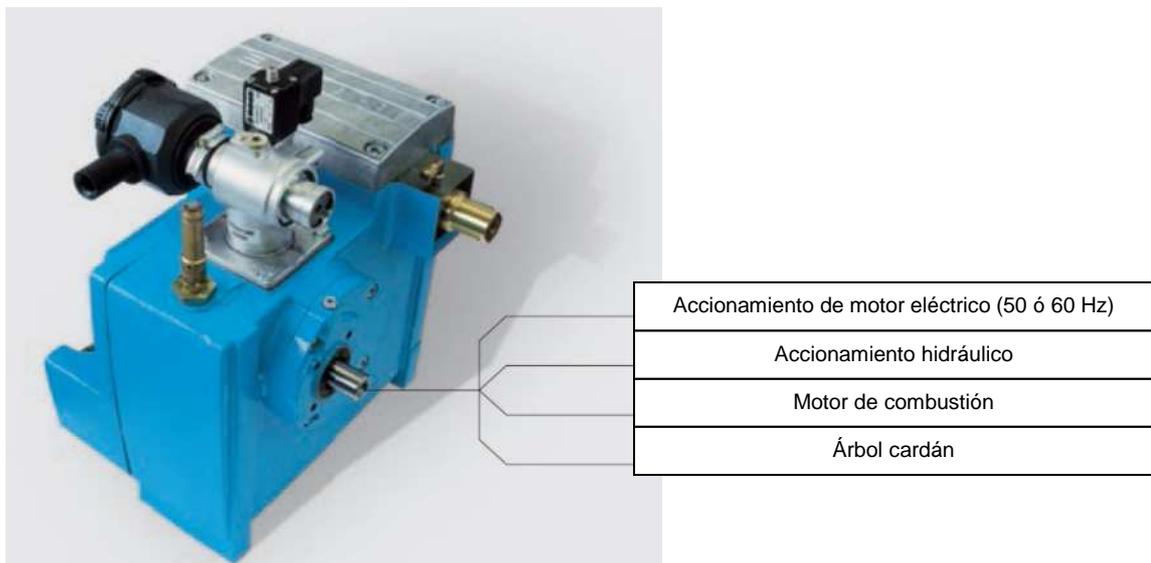


Figura 2-11 Transmisión del motor

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.3.3.1 Diseño Compacto

La integración de los componentes esenciales elimina la necesidad de tuberías de interconexión, con lo que las fugas se eliminan totalmente, minimizando además las pérdidas de carga.

2.2.3.3.2 Silencioso

El funcionamiento de la serie C es súper silencioso y exento de vibraciones. El uso de material fonoadsorvente en la fabricación del bloque elimina la necesidad de añadir carcasas adicionales de insonoración.

2.2.3.3.3 Disposición inteligente

Fácil acceso desde el exterior a todas las piezas de desgaste y sustitución programada, sólo hay que levantar la tapa de mantenimiento para realizar operaciones de mantenimiento de forma rápida sin problemas.

2.2.3.4 Ventajas constructivas serie S BOGE

El diseño de la serie S de BOGE incorpora una distribución de la cabina bien concebida con remates de calidad y máxima eficiencia.²

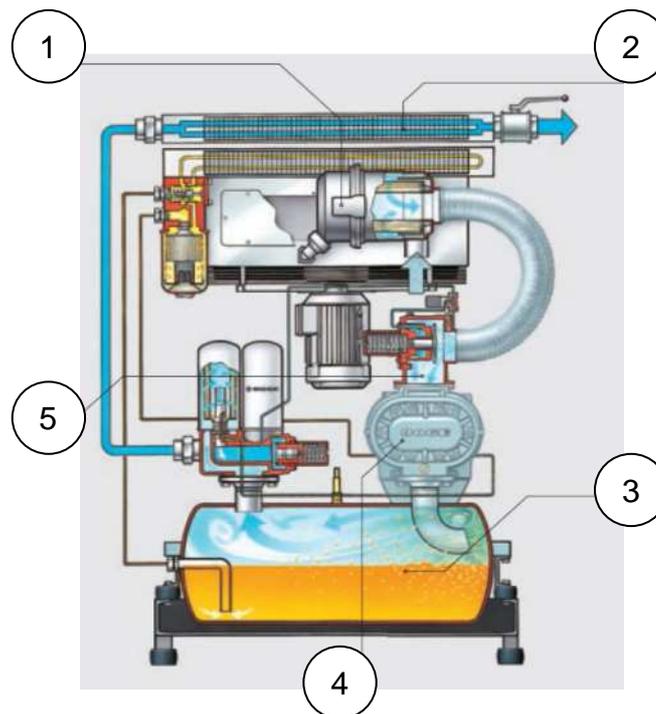


Figura 2-12 Compresor BOGE serie S

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

1.- Filtro de aspiración con microfiltro insertado.- Aspira el aire de forma silenciosa en la sección fría del flujo de aire de refrigeración, realizando una

² BOGE, 2010, Catalogo "Compresores de Tornillo", Alemania

filtración intensiva que asegura una larga vida útil de los componentes posteriores. El compresor funciona sin problemas incluso en ambientes polvorientos.



Figura 2-13 Filtro de aspiración

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.- Zona del radiador.- Zona independiente en la que se produce la mayor temperatura del aire de refrigeración. Está ubicada en la parte más alta del compresor, en la descarga del compresor y alberga un refrigerador posterior de grandes dimensiones y un ventilador independiente, con campana de conducción para el aire de refrigeración. El aire de refrigeración se descarga a la atmósfera o preferiblemente se puede canalizar para la recuperación de calor como aire para calefacción.



Figura 2-14 Zona del radiador

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

3.- Sistema de seguridad de separación de aceite.- Con depósito separador de aceite horizontal, etapa de compresión montada directamente y cartuchos separadores de aceite externos. El sistema realiza una separación de aceite prácticamente exenta de pérdidas de presión y garantizando un contenido en aceite residual de únicamente $1-3 \text{ mg/m}^3$. El cartucho separado externo trabaja con una carga mínima.



Figura 2-15 Separador de aceite

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

4.- Etapa de compresión con motor eléctrico.- La etapa de compresión se acciona por medio de potentes motores estándar con protección IP 55 aislamiento clase F de serie en toda la gama. El motor se encuentra en la zona fría del compresor y está protegido contra acumulaciones de polvo y chorros de agua. Motores genuinos dotados de reserva de potencia real, y sin sobrecargarlos.



Figura 2-16 Etapa de compresión

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

5.- Regulador de aspiración multifuncional.- Permite un circuito de aceite sin necesidad de válvulas de retención ni de cierre de aceite, garantizando la menor pérdida de presión interna posible. Cierra herméticamente para evitar la salida de vapores de aceite. El arranque en vacío ayuda a ahorrar energía. Funcionamiento seguro en caso de avería el regulador cierra automáticamente.



Figura 2-17 Regulador de aspiración

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.3.4.1 *Fácil mantenimiento*

Todas las piezas sujetas a mantenimiento son fácilmente accesibles desde un único lado del compresor, esto reduce al mínimo los costes de mantenimiento.



Figura 2-18 Armario de distribución del compresor

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.3.4.2 *Armario de distribución integrado*

El cuadro eléctrico está integrado en la cabina del compresor. Completamente precableado y preparado para funcionar. También integra la tarjeta de control del compresor, de estructura modular fácilmente accesible y montable/desmontable.



Figura 2-19 Armario de distribución eléctrica

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.3.4.3 *Tubería interna*

Todas las tuberías de aceite son de tubo de acero con racores hidráulicos de precisión de alta calidad, a pruebas de fugas y seguras incluso a altas presiones. En toda la máquina hay únicamente una manguera, para aire limpio, que sirve para eliminar posibles vibraciones.



Figura 2-20 Tuberías de aceite

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.2.3.4.4 *Refrigeración por agua (Opcional)*

Opcionalmente los compresores de tornillo BOGE de mayor capacidad pueden ser fabricados con sistema de refrigeración por agua.



Figura 2-21 Refrigeración por agua

Fuente: BOGE Compressed Air Systems

2.3 SECADORES

El agua contenida en el aire comprimido puede causar ligeros daños, siempre que continúe como vapor de agua en el aire. Una vez que este vapor de agua se condensa, la historia cambia radicalmente. El agua en forma líquida puede causar la oxidación y corrosión de las tuberías, atascamiento de los actuadores y daños a herramientas e instrumentos.

Los secadores de aire remueven el vapor de agua y disminuyen el punto de rocío del aire comprimido. Previenen la formación de agua líquida, pero no eliminan todos los demás contaminantes, para los cuales se usan filtros.

La selección de un secador de aire depende de la aplicación que se le va a dar; pero también debe de haber otras consideraciones, como son la temperatura y el contenido de humedad del aire ambiente, las características del compresor y de otras unidades del sistema.

2.3.1 SECADORES REFRIGERATIVOS

Los secadores refrigerativos proveen temperaturas de rocío a presión de 3°C a 10°C.

2.3.1.1 Principio.

La habilidad del aire de retener agua se reduce al bajar su temperatura.

2.3.1.2 Operación Básica.

Se utiliza un sistema de refrigeración para bajar la temperatura del aire comprimido. Al bajar la temperatura del aire, el vapor de agua se condensa formando agua líquida. Una vez condensada, se remueve del sistema y se reduce permanentemente el contenido de humedad del aire.

Mientras el aire comprimido no se exponga a temperaturas por debajo de la del punto de rocío, no se condensará más líquido dentro del sistema.

Los secadores refrigerativos se usan normalmente en donde la temperatura ambiente está por arriba de la temperatura de congelación. En EEUU y Latinoamérica, las condiciones para los secadores refrigerativos son: aire comprimido saturado a la entrada del secador a: 7 kg/cm² y 38°C, 30°C del aire ambiental y un máximo de 0.35 kg/cm² de caída de presión³.

Características de un secador refrigerativo:

- El intercambiador de calor (evaporador) enfría el aire comprimido a la temperatura del punto de rocío que se necesita.
- Asegura que las gotas del líquido condensado no se reintegren al sistema de aire.
- Mantiene una consistente temperatura de evaporación en un amplio rango de carga de trabajo y condiciones ambientales.
- Ofrece años de servicio sin problemas.

³ BOGE, 2010, Catalogo "Tratamiento de Aire Comprimido", Alemania

2.3.1.3 Tipos de Secadores Refrigerativos:

2.3.1.3.1 No Cíclicos

Los secadores sin repetición utilizan un sistema de intercambiador de calor de dos etapas para mantener los puntos de condensación constantes. Se evitan los congelamientos y se mantiene un rendimiento óptimo integrando componentes y válvulas de control de refrigeración de la mayor calidad. Para mantener un equilibrio y una estabilidad térmica, el sistema de control de dos válvulas utiliza tanto una válvula de expansión termostática como una válvula de desvío de gas caliente.

El aire comprimido húmedo ingresa al intercambiador de calor de la primera etapa donde se prerrefrigera con el aire frío que regresa desde el evaporador. Esta prerrefrigeración ahorra energía reduciendo la carga de calor en el sistema de refrigeración; una vez que se ha prerrefrigerado fluye el evaporador de aire donde su temperatura se reduce a + 4°C, esta reducción de la temperatura hace que la humedad arrastrada se condense. La mezcla de líquidos condensados y aire frío fluye entonces al separador centrífugo de humedad donde se recogen los líquidos en el colector y se eliminan mediante un drenaje automático. Una vez que se han eliminado los líquidos, el aire comprimido frío y seco retorna por el aire frío del intercambiador de calor de la primera etapa donde el aire cálido entrante lo calienta nuevamente; mediante el recalentamiento se evita la condensación en los tubos y se aumenta el volumen del aire.

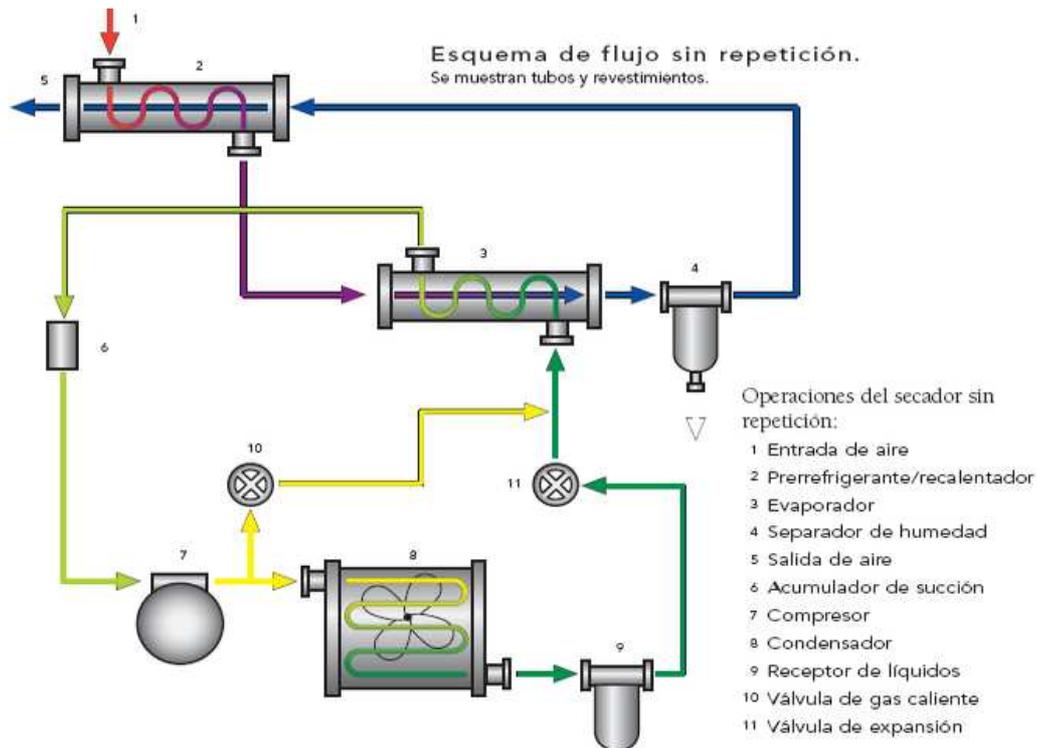


Figura 2-22 Esquema del flujo sin repetición

Fuente: www.cyrssystemas.com

2.3.1.3.2 Cíclicos

Los secadores cíclicos de masa enfriada ahorran energía encendiendo y apagando el sistema de refrigeración de acuerdo con la demanda. Se utiliza un sistema intercambiador de calor de tres etapas para proporcionar el almacenamiento de frío necesario para la operación de repetición.

Termostatos dobles garantizan una repetición adecuada en todas las condiciones de carga, brindan un control estricto del punto de condensación y evitan los congelamientos. El primer termostato le indica al compresor de refrigeración que inicie o detenga la repetición en respuesta directa a la temperatura más fría del aire que sale del evaporador. Para evitar los congelamientos cuando no hay carga, un 2do termostato, configurado a unos cuantos grados menos, le indica al compresor de refrigeración cuando iniciar o detener la repetición en respuesta a la temperatura de la masa refrigerada.

El aire comprimido fluye dentro del revestimiento del intercambiador de aire de la primera etapa donde el aire que vuelve por los tubos desde el intercambiador de calor de la masa enfriada lo pre refrigera; lo cual ahorra energía reduciendo la carga

de calor en el evaporador. El aire comprimido prerrefrigerado se dirige al intercambiador de calor de segunda etapa. Aire a masa enfriada, en donde se baja su temperatura a aproximadamente $+ 2^{\circ}\text{C}$ mediante el flujo de masa enfriada que corre por el lado del tubo del intercambiador de calor de la tercera etapa, refrigerante a masa enfriada. La temperatura del punto de condensación se mantiene dentro de su rango de rendimiento óptimo mediante el microprocesador.

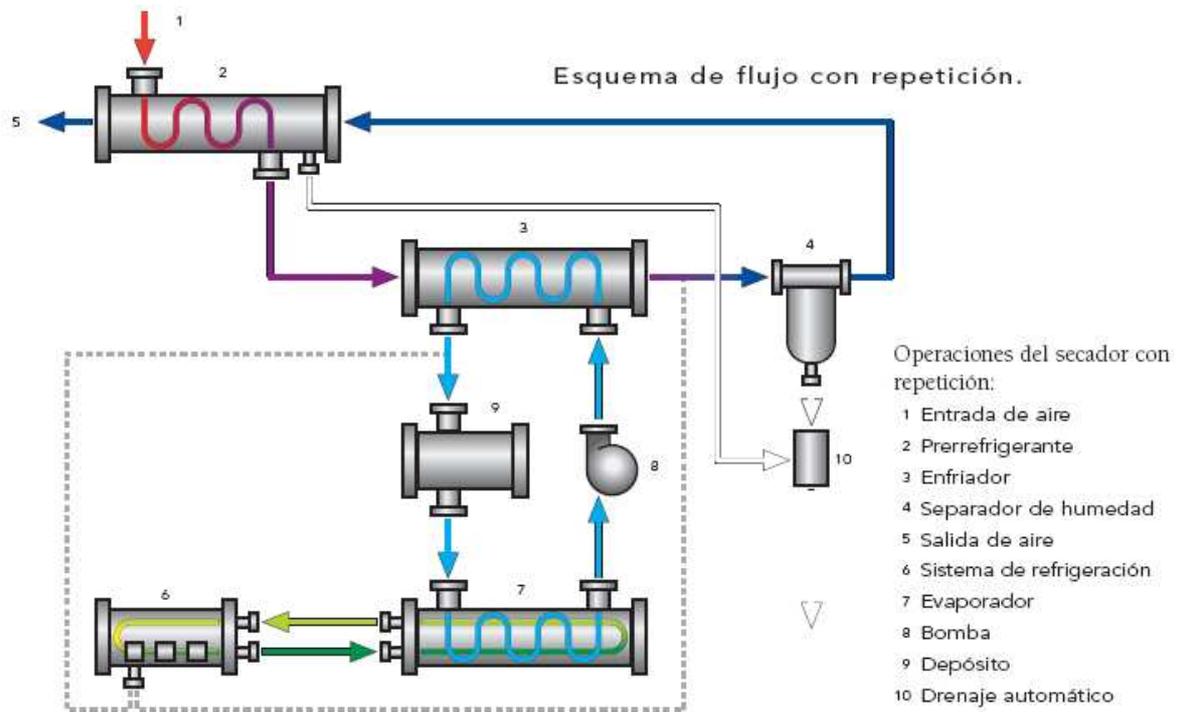


Figura 2-23 Esquema del flujo con repetición

Fuente: www.cyristemas.com

2.3.2 SECADORES DESECANTES

Los Secadores Desecantes proveen temperaturas de punto de rocío a presión de -40°C , -23°C (-4°C -38°C) o más bajos. ⁴

2.3.2.1 Principio.

Adsorción.- Se atrapa la humedad en la superficie de un sólido llamado desecante.

⁴ BOGE, 2010, Catalogo "Tratamiento de Aire Comprimido", Alemania

2.3.2.2 Operación Básica.

El aire comprimido pasa a través de una torre llena con material desecante. Se adsorbe el vapor de agua en la superficie del desecante. La adsorción ocurre hasta que se alcanza un equilibrio entre la presión de vapor de agua en el aire y en la superficie desecante. Después se extrae el vapor de agua de los poros del desecante mediante el proceso de regeneración.

Normalmente los secadores desecantes se utilizan para obtener temperaturas de punto de rocío por debajo de la temperatura de congelación o para:

- Aplicaciones en exteriores.
- Líneas de aire comprimido expuestas a bajas temperaturas o en áreas sin calefacción.
- Instrumentos, controles, impulsores, etc. que específicamente requieran aire ultra seco.

2.3.2.3 Características del Desecante (Alúmina Activada)

- Adsorbe agua hasta el 40% de su peso.
- Un gramo tiene un área superficial de casi 355 m² (o 1.75 millones de pies cuadrados por libra).
- La superficie de cada esfera de desecante es muy irregular con muchas hendiduras o poros.

2.3.2.4 Tipos de Secadores Desecantes

2.3.2.4.1 Regenerados en frío

Utilizan una pequeña porción de aire comprimido para purgar la torre fuera de línea.

2.3.2.4.2 De Purga por Calor

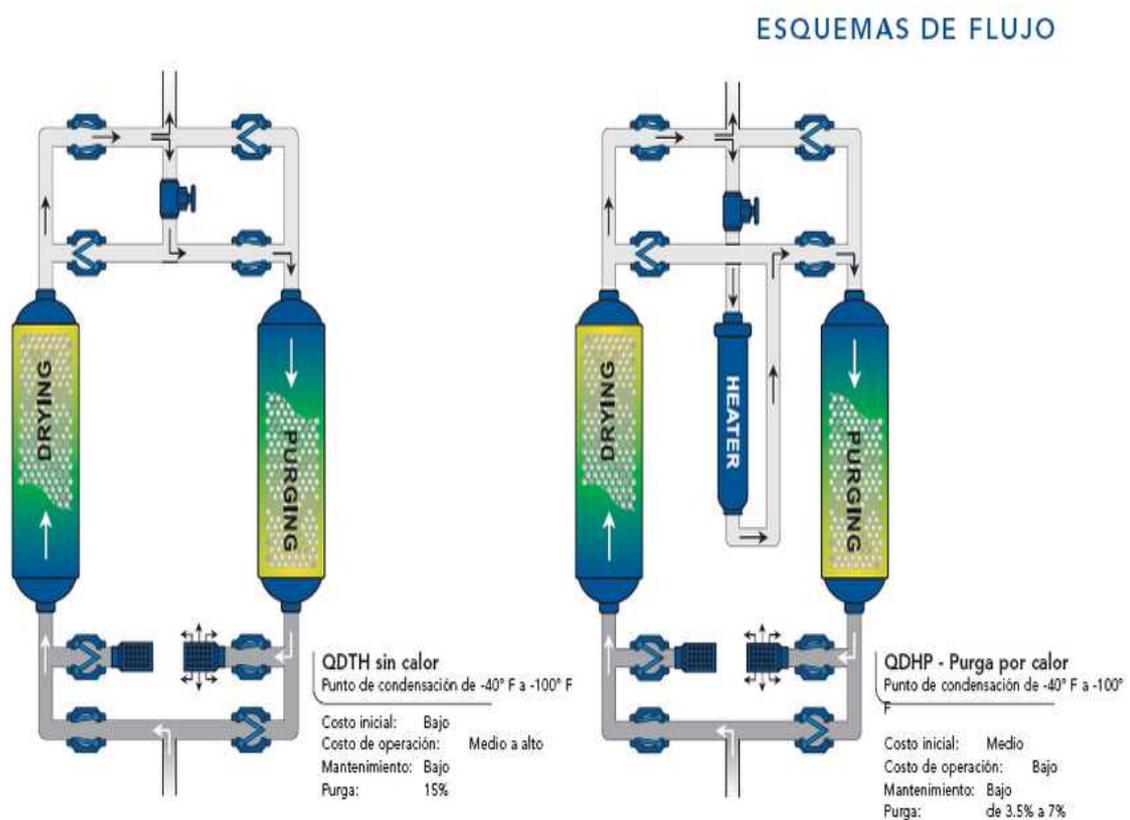
También denominados de calor externo, utilizan incluso una pequeña porción del aire comprimido seco que se calienta para regeneración.

2.3.2.4.3 De Purga por Soplador

Estos combinan calor con el aire de ambiente forzado para la regeneración.

A medida que el aire comprimido pasa a través de la línea o contenedor de secado la humedad atrapada se adhiere a la superficie del material regenerativo. El aire comprimido luego sale del vaso y se dirige al filtro posterior para el pulido final. El aire seco luego ingresa al sistema de distribución de aire comprimido.

Un procesador de control electrónico, cambia el flujo de aire de una torre a la otra. Mientras una torre está en línea y secando, la otra esta fuera de línea y regenerando el deshidratante húmedo. La regeneración, también denominada purga, utiliza el aire para eliminar la humedad recolectada en el deshidratante mientras la torre estuvo en línea.



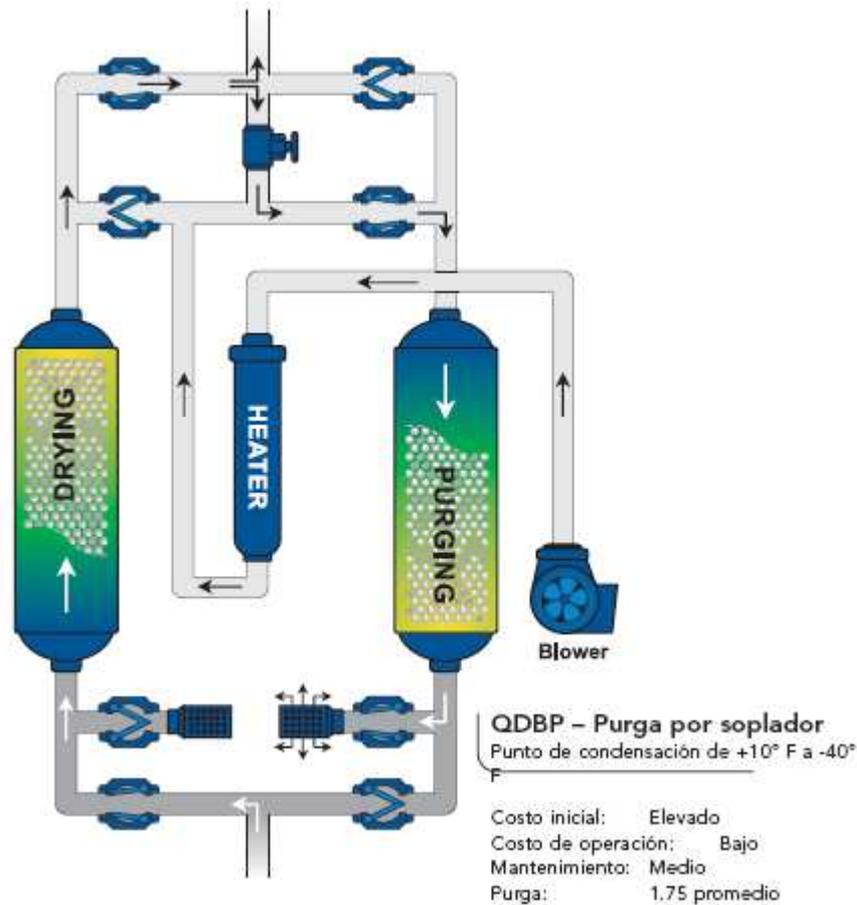


Figura 2-24 Esquema del flujo

Fuente: www.cyristemas.com

2.3.3 SECADOR DE MEMBRANAS

El aire comprimido húmedo penetra en la carcasa. Al llegar al módulo de membranas, alcanza las fibras de las membranas. Una pequeña parte del aire comprimido seco se desvía para utilizarse como aire de barrido y pasa por el interior de las membranas de fibras huecas en trayectoria descendente al tiempo que se despresuriza hasta presión atmosférica. Esa despresurización tiene como consecuencia un aumento de volumen, que hace subir también la capacidad del aire para absorber la humedad. La diferencia de contenido de humedad de las dos corrientes contrarias, la de aire de barrido y la de aire comprimido a secar, unida al hecho de que las membranas sólo sean permeables al vapor de agua, hace que las moléculas de agua sean lo único que se difunde a través de las fibras de las

membranas. El secador cuenta con salidas separadas para el aire comprimido seco y para el aire de barrido.⁵

1. Entrada de aire comprimido
2. Módulo de membranas
3. Carcasa exterior
4. Tobera de aire de barrido
5. Salida de aire de barrido
6. Salida de aire comprimido

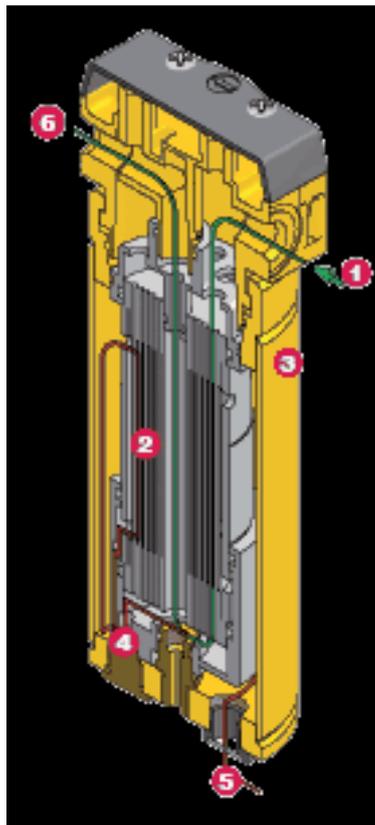


Figura 2-25 Secador de membranas

Fuente: www.kaeser.es

2.3.3.1 Secador de membrana BOGE, DM Serie V

Secadores de membrana se utilizan para reducir el punto de rocío a presión. Preferentemente para ser instalado entre el compresor y el receptor de aire comprimido.

⁵ <http://www.boge.com/en/artikel/en/product/Drucklufttrockner> (Noviembre,2010)

- Punto de rocío de presión reducida entre los 20 °C y 55 °C. Una multitud de aplicaciones son adecuados para el secador de membrana
- Pre-filtro con purga de condensado estándar suministrado. Técnicamente libre de aceite del aire comprimido
- Sin partes móviles, sin motores. Ahorro de energía eléctrica
- Contribución significativa a la protección de la capa de ozono y el medio ambiente
- Separación de agua por medio de pre-filtración.
- Unidad compacta. Fácil de instalar, requiere poco espacio. Costos mínimos de instalación

Rendimiento total: 125 - 2730 l/min, 4 - 96 cfm

Presión máxima de trabajo: 7 – 15 bar, 100 – 220 psig



Figura 2-26 Secador de membranas

Fuente: www.boge.com

2.3.3.1.1 Esquema del secador de membrana

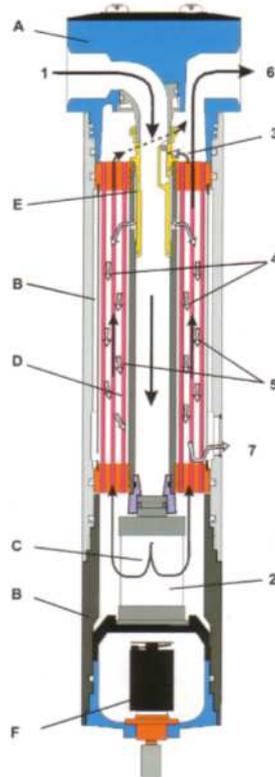


Figura 2-27 Esquema del secador de membranas

Fuente: www.boge.com

- A:** Cabezal (entrada/salida)
- B:** Caja del filtro
- C:** Nanofiltro
- D:** Elemento de membrana con tubo central
- E:** Tobera con adaptador
- F:** Purgador de Flotador

(1) El aire comprimido húmedo entra por el cabezal (A) y fluye a través del tubo central (D). **(2)** El nanofiltro (C) extrae partículas y aerosoles. El condensado separado se drena (F). El aire comprimido húmedo fluye por el interior de la membrana. **(3)** Una parte del aire comprimido se desvía y se expande en la tobera (E). **(4)** Este aire de barrido seco se conduce a través de la cara exterior de las membranas (E). **(5)** Es decir por el interior pasa el aire comprimido húmedo y por el exterior el

exterior el aire de barrido seco. Debido a la diferencia de humedad se difunde humedad del aire comprimido al aire de barrido. **(6)** El aire comprimido seco sale. **(7)** El aire de barrido accede al ambiente

2.3.4 SECADORES FRIGORÍFICOS

El aire comprimido que entra al secador se pre enfría en el intercambiador aire/aire y seguidamente se introduce en el evaporador donde se enfría hasta alcanzar la temperatura del punto de rocío deseado. A continuación penetra en el evaporador donde el agua condensada es separada y evacuada por la purga automática.

Antes de salir del secador el aire comprimido vuelve a entrar al intercambiador aire/aire donde es recalentado por el aire comprimido caliente de entrada.

El funcionamiento del circuito frigorífico es similar al de un frigorífico doméstico. El compresor frigorífico aspira vapor de gas refrigerante a baja presión procedente del evaporador situado en el acumulador de energía.

Seguidamente el gas es bombeado por el compresor hacia el condensador donde se enfría mediante el aire ambiente impulsado por el moto ventilador. El paso a través del filtro y del capilar, provoca la expansión del refrigerante con el consiguiente enfriamiento del mismo.

Este cede sus frigorías en el evaporador al aire comprimido y a la masa térmica, volviendo así a su estado gaseoso para iniciar de nuevo el ciclo. Cuando el frío producido es superior al calor a evacuar, éste es acumulado en la masa térmica.

La temperatura de la masa térmica es controlada por un termostato que detiene el compresor cuando alcanza la temperatura prefijada.

Este es el único sistema donde todo el frío producido es utilizado por el aire comprimido.

El resultado es un ahorro de energía y de horas de trabajo del compresor frigorífico variable entre un 30 y un 80%.⁶

⁶ <http://www.boge.com/en/artikel/en/product/Drucklufttrockner> (Noviembre,2010)

1. Entrada aire comprimido húmedo.
2. Salida de aire comprimido seco.
3. Intercambiador aire/aire.
4. Acumulador de energía.
5. Separador de condensados.
6. Filtro mecánico.
7. Electroválvula de purga.
8. Compresor frigorífico.
9. Condensador de gas refrigerante.
10. Motoventilador.
11. Filtro del refrigerante.
12. Capilar de expansión.
13. Válvula de control.
14. Termostato.

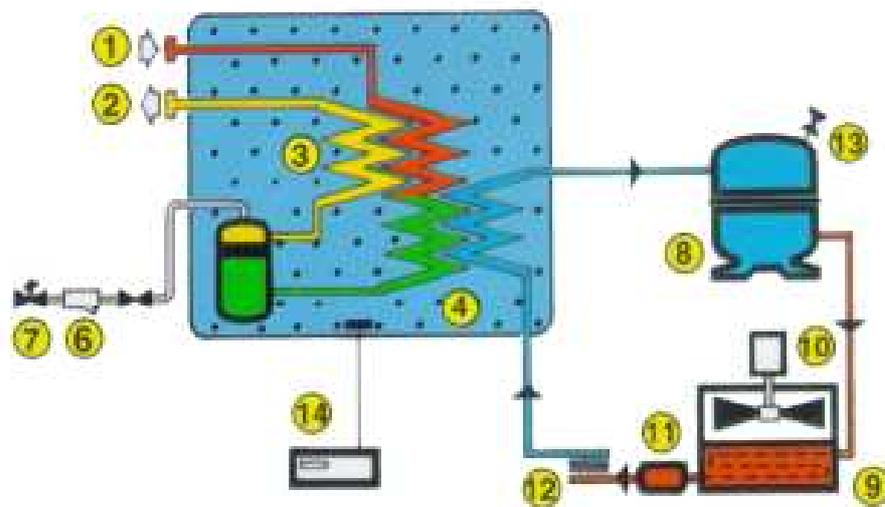


Figura 2-28 Secador Frigorífico

Fuente: www.kaeser.es

2.3.4.1 Secadores frigoríficos DS 2 hasta DS 60

2.3.4.1.1 Datos del equipo

Caudal: 0,20-6,00 m³/min, 7 a 212 pies cúbicos por minuto.

Presión máxima de trabajo: 16 bares, 235 psig



Figura 2-29 Secador Frigorífico Boge

Fuente: www.boge.com

El secador estándar admite unas temperaturas ambientales máxima y mínima de +50° +5°C. Debe dejarse suficiente espacio libre alrededor del secador frigorífico para garantizar una buena ventilación. Se deben canalizar los condensadores adecuadamente

2.3.4.1.2 Equipamiento

- Interruptor de marcha iluminado
- Intercambiador de calor con separador de gotas
- Conector eléctrico hasta el modelo DS 60

2.3.4.1.3 El método más eficiente de secar el aire comprimido

Cuando el aire comprimido se enfría cerca del punto de congelación, el agua y los vapores del petróleo crean condensado. Este método de secado es costoso para el usuario final, ya que utiliza la energía y genera pérdidas de presión. Debido a sus componentes de ahorro de energía, la serie DS es capaz de reducir sustancialmente los costos durante toda la vida útil del sistema de aire comprimido por la combinación de los potenciales de ahorro con la máxima fiabilidad.

2.3.4.1.4 Fiable punto de Rocío

Debido a sus componentes de grandes dimensiones, la serie DS es capaz de garantizar un punto de rocío fiable junto con una calidad del aire comprimido de alta constante, así como un diferencial de presión baja. La presión de generación por lo tanto puede ser optimizada. Los secadores de la serie DS están equipados con un indicador de presión del punto de rocío.

2.3.4.1.5 Mínima pérdida de carga

Todos los secadores de la serie DS se caracterizan por su diferencia de presión extremadamente baja. Esto significa que la presión de generación del compresor puede ser optimizada. Recordar que cada reducción de un bar en la presión de la generación de un ahorro en torno a un seis por ciento en el consumo de energía mucho más que con cualquier otro sistemas de secado.

2.3.4.1.6 Diseño Inteligente

Todos los componentes son de tiempo probado y ensayado sobre el terreno. El diseño inteligente del paquete del intercambiador de calor sólido está diseñado para garantizar el funcionamiento de ahorro de energía. Un pabellón desmontable asegura un fácil acceso para las inspecciones de rutina.

2.3.4.1.7 Eficiencia Energética

Los secadores tienen diferencias de presión excepcionalmente baja en toda la gama. Recuerde que cada reducción de un bar en la presión de generación ahorra alrededor de un seis por ciento en el consumo de energía. La serie DS por lo tanto ahorra donde los potenciales son más altos y al mismo tiempo desarrolla más ahorro potencial que los secadores tradicionales no pueden alcanzar.

2.3.4.2 Secadores frigoríficos DS 75 - DS de la serie 1800

2.3.4.2.1 Datos del equipo

Caudal: 7,58 – 180 m³/min, 268 – 6356 cfm

Presión máxima de trabajo: 14 bar, 203 psig



Figura 2-30 Secador Frigorífico Boge

Fuente: www.boge.com

El secador estándar admite unas temperaturas ambientes máxima y mínima de +50° +5°C. Debe dejarse suficiente espacio libre alrededor del secador frigorífico para garantizar una buena ventilación. Se debe instalar un colector de purgas dimensionado adecuadamente

2.3.4.2.2 El método más eficiente de secar el aire comprimido

Debido a su control eficaz, esta gama se asegura que el aire comprimido sea absolutamente seco. Los componentes de grandes dimensiones están diseñados para garantizar los diferenciales de presión muy baja y para optimizar la generación de presión. Recuerde que cada reducción de un bar en la presión de generación ahorra alrededor de un seis por ciento en el consumo de energía.

2.3.4.2.4 Fiable punto de rocío

Desde el modelo DS 120, el punto de rocío se muestra en el panel de control. Un punto de rocío confiable es esencial para una calidad de aire comprimido de alta constantemente y un diferencial de baja presión. La presión de generación por lo tanto puede ser optimizada.

2.3.4.2.5 Purgador capacitivo integrado

Todos los modelos vienen de serie con un nivel de control electrónico del condensado. Tanto el DS 75 y DS 95 están equipados con un BEKOMAT 32. Desde el modelo DS 120, la fuga de condensado es parte integral del intercambiador de calor y ligada a la control de la secadora para ahorrar espacio, para una mayor seguridad y eficiencia.

2.3.4.2.6 Diseño inteligente

Todos los componentes son de tiempo probado y ensayado sobre el terreno. El diseño inteligente del paquete del intercambiador de calor sólido está diseñado para garantizar el funcionamiento de ahorro de energía. Un pabellón desmontable asegura un fácil acceso para las inspecciones de rutina.

2.3.4.2.7 Eficiencia energética

Los secadores tienen diferencias de presión excepcionalmente baja en toda la gama. Recordar que cada reducción de un bar en la presión generación ahorra alrededor de un seis por ciento en el consumo de energía. La serie DS por lo tanto ahorra donde los potenciales son más altos y al mismo tiempo desarrolla más el ahorro potencial que los secadores tradicionales no pueden alcanzar.

2.3.5 SECADORES POR ADSORCIÓN

La adsorción es un fenómeno reversible que fija los gases o líquidos en la superficie de un cuerpo sólido.⁷

2.3.5.1 2.3.5.1 Secadores de adsorción sin aporte de calor

2.3.5.1.1 Secado

(1) Desde el compresor de aire, el aire entra en el secador por un filtro previo que retira la contaminación para proteger el desecante. (2) El aire es dirigido por la torre de secado. (3) El desecante retira la humedad del aire por adsorción. (4) El aire

⁷ <http://www.boge.com/en/product/Drucklufttrockner> (Noviembre,2010)

seco pasa por un filtro posterior eliminando cualquier partícula contaminada antes de entrar en el sistema de aire. (5) Una pequeña cantidad de aire comprimido (15%) es redirigida a la torre de regeneración.

2.3.5.1.2 Regeneración

(1) El aire seco fluye en dirección opuesta por la torre de regeneración, retirando la humedad atrapada del desecante. (2) El aire húmedo sale del secador por un puerto de escape equipado con un silenciador para reducir el ruido.

2.3.5.2 Secadores de adsorción con aporte de calor

2.3.5.2.1 Secado

(1) Desde el compresor, el aire entra por el secador por un filtro previo que retira la contaminación para proteger el desecante. (2) El aire es dirigido por la torre de secado. (3) El desecante retira la humedad del aire por adsorción. (4) El aire seco pasa por un filtro posterior eliminando cualquier partícula contaminada antes de entrar en el sistema de aire.

2.3.5.2.2 Regeneración

(1) Aire ambiente entra por la entrada del ventilador. (2) La temperatura del aire se eleva cuando el aire se mueve por el calentador externo. (3) El aire caliente se dirige a la torre de regeneración. (4) El aire caliente fluye en dirección opuesta por la torre de regeneración, retirando la humedad adsorbida del desecante. (5) La humedad del aire sale del secador por el puerto de escape equipado con un silenciador para reducir el ruido.

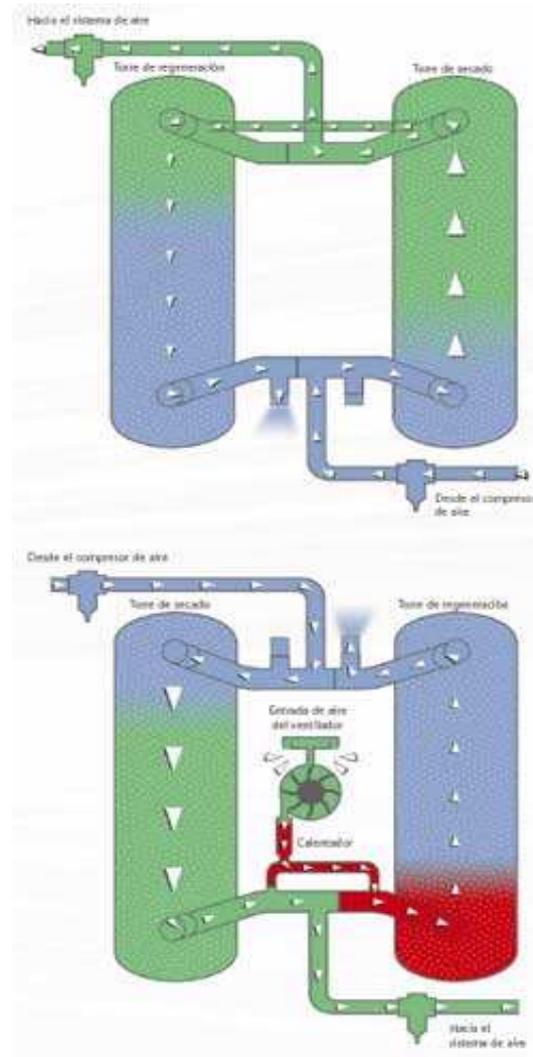


Figura 2-31 Secadores de adsorción con aporte de calor

Fuente: www.vadersl.com

2.3.5.3 Secadores por adsorción DAZ 4 hasta DAZ 1021

2.3.5.3.1 Datos del equipo

Caudal: 8 — 6100 m³/h, 5 — 3587 cfm

Presión máxima de trabajo: 10 bar y 16 bar, 150 y 230 psig

Con regeneración en frío, con pre y post filtros.



Figura 2-32 Secadores de adsorción DAZ

Fuente: www.boge.com

Secadores de adsorción sin calor, con puntos de rocío de presión a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ son adecuados cuando los secadores frigoríficos con puntos de rocío de presión de $+3$ a $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ no cumple con el requisito.

Antes del secado, la norma BOGE serie FP de micro-filtro elimina las impurezas sólidas y líquidas de hasta $0,01\text{ mm}$ de la fuente de aire comprimido. En el secador de adsorción, el material secante adsorbe la humedad del aire, resultando en el aire comprimido limpio y seco. Puntos de rocío a presión de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ se puede alcanzar con el modelo estándar.

En paralelo con la adsorción de humedad, la regeneración se lleva a cabo en un segundo recipiente. Con el tipo de secador de DAZ sin calor de adsorción, aire comprimido que ya ha sido secada se utiliza para regenerar el desecante.

2.3.5.3.2 *Mando con microprocesador*

El mando con microprocesador posibilita un eficiente control del secador. Opcionalmente se puede incorporar un medidor de punto de rocío que reduce el aire de regeneración en función de la temperatura, la presión y el caudal instantáneo.

2.3.5.3.3 Visualización de funcionamiento

Un display, en el panel de control, indica permanentemente la fase de funcionamiento. El ciclo de 10 minutos ahorra hasta el 6% de energía. Sincronizándolo con el compresor.

2.3.5.4 Secador de adsorción DAU 1 N hasta DAU 17 N Regenerado en frío

2.3.5.4.1 Datos del equipo

Caudal: 5 —100 m³/h, 3 — 60 cfm

Presión máxima de trabajo: 16 bar

Secadores de adsorción sin calor, con puntos de rocío de presión a -70 °C .



Figura 2-33 Secadores de adsorción DAU

Fuente: www.boge.com

Antes del secado, el microfiltro elimina todas las impurezas sólidas o líquidas de hasta 0.01 micras del suministro de aire comprimido.

En el secador de adsorción, el material secante absorbe la humedad del aire, resultando un aire comprimido limpio y seco. Puntos de rocío a presión de -40 °C se puede alcanzar con el modelo estándar.

En paralelo con la adsorción de humedad, la regeneración se lleva a cabo en un segundo recipiente. Con un secador de tipo DAU 1 N adsorción sin calor, aire comprimido, que ya ha sido secada se utiliza para regenerar el desecante.

2.3.5.4.2 Válvulas de entrada y de salida

Las válvulas de entrada y de salida, ampliamente dimensionadas, permiten una baja pérdida de carga. Así, se ahorra al no tener que incrementar la presión del compresor para compensar la pérdida de carga.

2.3.5.4.3 Regeneración del secante

Para realizar la regeneración no precisa de una conexión eléctrica. La evacuación de la humedad se produce a través del aire de regeneración.

2.3.5.4.4 Microfiltro

Se incluye en la serie el prefiltro y postfiltro. Antes del secado el aire es filtrado en partículas y aerosoles hasta 0,01 μm , asegurando la máxima calidad.

2.3.5.4.5 Mando con microprocesador

El mando con microprocesador posibilita un eficiente control del secador. Opcionalmente se puede incorporar un medidor de punto de rocío que reduce el aire de regeneración en función de la temperatura, la presión y el caudal instantáneo

2.3.5.5 Secador de adsorción DAV 75 hasta DAV 2415

2.3.5.5.1 Datos del Equipo

Caudal: 420 — 14 500 m^3/h , 241 — 8359 cfm

Presión máxima de trabajo: 10 bar, 150 psig



Figura 2-34 Secadores de adsorción DAV

Fuente: www.boge.com

Secador de adsorción en vacío, es la solución eficiente de energía para un mayor volumen de aire comprimido. Puntos de rocío hasta $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La torre paralela regenera el desecante húmedo. En primer lugar, se presuriza a la atmósfera, a la vez la bomba de vacío empieza a aspirar aire ambiente, que es precalentado a la entrada, a través de la secante húmedo para completar el proceso de regeneración.

2.3.5.5.2 Equipamiento

- Doble capa de material desecante a prueba de agua y de secado rápido
- Acción de vacío mediante aire a 98°C
- Baja temperatura de regeneración
- Rápido enfriado mediante el empleo de la bomba de vacío sin conectar las resistencias de calentamiento
- Sin gasto de aire comprimido para la purga / regeneración

- Cambio de torres sin oscilaciones en el punto de rocío. Nunca se mezcla el aire de regeneración con el aire comprimido

2.3.5.5.3 *Microfiltro*

Se incluye en la serie el prefiltro y postfiltro. Antes del secado el aire es filtrado en partículas y aerosoles hasta 0,01 μm — asegurando la máxima calidad.

2.3.5.5.4 *Panel de control*

El innovador panel de control muestra los parámetros de trabajo como: presión, temperatura, ciclos, bomba de vacío.

2.3.5.5.5 *Punto de rocío*

Fiable punto de rocío, ya que el aire caliente de regeneración es conducido en la misma dirección que el del trabajo de la torre.

2.3.5.5.6 *Sistema modular*

Opcionalmente: control de regeneración, regulación del calentamiento mediante tiristores y motor de la bomba de vacío

2.3.6 VENTAJAS TÉRMICAS DE LOS SECADORES BOGE

2.3.6.1 Eficiencia energética

- La extraordinariamente pérdida de carga de estos secadores, permite disminuir la presión de trabajo del compresor, esto ahorra el 6% de energía por cada bar que se reduzca la presión del compresor.
- Los secadores frigoríficos de la serie DS de refrigerante son muy eficientes energéticamente. El diseño especial patentado del intercambiador de calor, de grandes dimensiones y flujo de aire óptimo no sólo garantizan una energía eficiente en el proceso de secado, además los diferenciales de presión también son muy bajos, lo que en consecuencia, reduce el consumo de energía del compresor.
- Los secadores frigoríficos de la serie DS están equipados con controles innovadores, como una función de ahorro de energía integrada que garantiza

un consumo particularmente bajo de la secadora. También es capaz de adaptar el consumo de energía a las condiciones reales de operación prevalecientes. Las fluctuaciones de temperatura debido a las variaciones estacionales y otros factores se miden por los sensores y se envía al sistema de control, el ahorro de energía de la unidad de control sirve para minimizar el consumo de energía y para reducir los costos.

- Los secadores por adsorción de la serie DAZ producen un ahorro de energía mediante el control del volumen de aire de purga, dependiendo de la presión, volumen y temperatura.
- Los secadores por adsorción de la serie DAU debido a las grandes dimensiones de las válvulas de entrada y salida producen una presión diferenciada baja, entonces el ahorro en costos de energía es significativo.
- Los secadores por adsorción de la serie DAV proveen un ahorro de hasta un 25% en comparación con los sistemas convencionales.

2.3.6.2 Fiable punto de rocío

- Estos secadores garantizan un punto de rocío fiable, esto es esencial para conseguir una alta calidad de aire comprimido y una reducida pérdida de carga, que permite evitar una costosa sobre compresión del compresor.
- Los secadores por adsorción, proveen un control de punto de rocío opcional. Ahorro de energía mediante el control del volumen de aire de purga, dependiendo de la presión, volumen y temperatura.

2.3.6.3 Refrigerante no contaminante

- Los refrigerantes usados en estos equipos (R134a, R407) no son nocivos para la capa de ozono y los materiales utilizados son reciclados

2.3.7 VENTAJAS CONSTRUCTIVAS DE LOS SECADORES BOGE

2.3.7.1 Diseño inteligente

- Los componentes son probados individualmente y en conjunto. El robusto bloque del evaporador/economizador garantiza un funcionamiento con el máximo ahorro de energía.
- El fácil acceso al interior simplifica las labores de mantenimiento.

CAPÍTULO 3

3 TEORÍA DEL MANTENIMIENTO

3.1 DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

Es un conjunto de técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y tareas eficaces para evitar paros imprevistos, dando a la vez normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas, a sus usuarios, contribuyendo a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida de forma rentable.

3.2 FINALIDAD DEL MANTENIMIENTO

La finalidad del mantenimiento es prever las fallas manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos, y en máximo respeto al medio ambiente.

3.3 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO

En la actualidad el mantenimiento ha ido adquiriendo una importancia creciente; los adelantos tecnológicos han impuesto un mayor grado de mecanización y automatización de la producción, lo que exige un incremento constante de la calidad, por otro lado, la fuerte competencia comercial obliga a alcanzar un alto nivel de confiabilidad del sistema de producción o servicio, a fin de que este pueda responder adecuadamente a los requerimientos del mercado.

En el área de mantenimiento existen diversas estrategias para la selección del sistema a aplicar en cada equipo; sin embargo, la mayoría de estas estrategias no tienen en cuenta la naturaleza del fallo; en contraste, este elemento es de vital importancia para un empleo óptimo de los recursos en el área analizada. Otros aspectos que comúnmente no se tienen en cuenta para la selección de las posibles estrategias de mantenimiento a utilizar en cada equipo son el nivel de riesgo que ofrece el fallo para los operarios o para el medio ambiente y las afectaciones de calidad para el proceso.

Cada equipo, independientemente de su naturaleza, presenta un determinado patrón de fallo. Este se obtiene a partir del tiempo medio entre fallos y pueden darse dos situaciones:

- El patrón de falla que refleje que se trata de un equipo cuya falla está relacionado con la edad.
- El patrón de falla reflejado que se trata de un equipo cuya falla no está relacionado con la edad.

El sector Mantenimiento generalmente se incluye en las organizaciones, dentro de la función denominada Ingeniería de Planta, siendo en muchos casos, su actividad excluyente. En algunas organizaciones, la función de Ingeniería de Planta se llama Intendencia.

En mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones, etc.

Las funciones de mantenimiento varían de acuerdo a las organizaciones, si estas son grandes medianas o pequeñas, públicas o privadas, procesos productivos, productos o servicios ofertados, sin embargo es posible hacer una distinción entre funciones fundamentales y funciones eventuales.

3.3.1 FUNCIONES FUNDAMENTALES

Las funciones fundamentales del mantenimiento tienen estrecha relación con las actividades de mantenimiento propiamente dichas las cuales son:

- Desarrollo e implementación de un sistema de mantenimiento efectivo de la maquinaria, equipos e instalaciones.
- Abastecimientos de servicio: energía eléctrica, neumática, hidráulica, agua potable, agua caliente, vapor, etc.
- Establecimiento de nuevas máquinas y equipos.
- Control de costos de bienes físicos a cargo del mantenimiento.
- Presentación de informes de mantenimiento.

3.3.2 FUNCIONES EVENTUALES

Son actividades que están fuera del entorno de la ingeniería de mantenimiento, sin embargo en muchas organizaciones públicas o privadas están bajo la dirección de los encargados de mantenimiento estas funciones eventuales pueden ser:

- Cuidado y administración de almacenes de repuestos
- Mantenimiento de equipos de seguridad
- Administración del personal de limpieza
- Manejo de inventarios
- Recepción de insumos

3.4 VARIABLES DEL MANTENIMIENTO

La actividad del mantenimiento industrial, esta compuesta por tres elementos fundamentales:

- El mantenimiento propiamente dicho
- Producción, (cliente interno) que es la división que requiere y demanda del servicio de mantenimiento de los equipos que utiliza producir bienes o servicios.
- Lote industrial, conjunto de maquinas y equipos que conforman las líneas de producción y que son los objetos donde se aplican las acciones de mantenimiento.

3.4.1 MANTENIBILIDAD

La mantenibilidad, es conocida como la probabilidad de reincorporar una máquina y/o equipo a su estado inicial de operación dentro de un periodo de tiempo, es decir, la facilidad que los activos productivos presentan a la realización de mantenimiento.

3.4.2 CONFIABILIDAD

La confiabilidad es la probabilidad de que una instalación, máquina y/o equipo desempeñe satisfactoriamente las funciones para las que fue diseñado sin fallar,

durante el periodo de tiempo especificado y bajo las condiciones de operación dadas.

3.4.3 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es la probabilidad para que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa condiciones estables, donde el tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo (en algunos casos) tiempo administrativo y tiempo logístico.

La disponibilidad está basada únicamente en la distribución de fallas y la distribución de tiempo de reparación. Esta puede ser además usada como parámetros para el diseño.

3.4.4 SEGURIDAD

3.4.4.1 Introducción

La Seguridad industrial, se encarga del estudio de norma y métodos que pretenden garantizar una nueva producción, con el mínimo de riesgo tanto del factor humano, como en los activos fijos productivos (equipo, herramientas, edificaciones, etc.).

La seguridad industrial (SI) en el Ecuador, ha tenido poco desarrollo; sus inicios datan con la aparición de las primeras divisas del petróleo, donde se inicio la construcción de obra civil en 1950. Pero es en la década de los setentas cuando se desarrollo la SI, con las primeras exportaciones de petróleo, ya que el desarrollo tecnológico aumento, y por ende la peligrosidad en la industria.

En el año de 1938, se crea el código de trabajo (CT) que trae a colación la seguridad industrial, tipificándola como riesgos de trabajo, en donde se determinan los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales. Para el año 1975, nacen las primeras reglas de seguridad (RSHI), dadas por el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), en donde se crea la división de riesgos de trabajo, los cuales se dividen en:

- Capacitación
- Inducción
- Inspección
- Ergonomía
- Sicosociología
- Medicina del trabajo

3.4.4.1.1 Fundamento teórico

Toda la actividad productiva implica un riesgo para el personal que labora en ellas, ya sea de tipo operativo o por acciones de mantenimiento realizado a los activos físicos. La prevención de riesgos laborales, se basa esencialmente en el decremento y supresión de accidentes inducidos por circunstancias del trabajo; es así que, la Seguridad Industrial se desarrolla desde la problemática técnica hasta los diversos efectos humanos y sociales.

Mayor información sobre la seguridad, como miscelánea del mantenimiento se encuentra en el anexo 1.

3.5 EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DEL MANTENIMIENTO

3.5.1 HISTORIA DEL MANTENIMIENTO

Con todo proceso en evolución, el dominio del mantenimiento ha seguido una serie de etapas cronológicas que se han caracterizado por una metodología específica.

3.5.1.1 Primera generación

La primera generación cubre el período hasta la segunda guerra mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los períodos de paradas no importaban mucho. La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera confiable y fácil de reparar. Como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados, y la necesidad de personal calificado era menor que ahora. Esta etapa se caracterizó por el mantenimiento reactivo o correctivo en que se reparaba en caso de avería.

3.5.1.2 Segunda generación

Esta etapa cubre el período desde la segunda guerra mundial hasta años setenta. Durante la segunda guerra mundial las cosas cambiaron drásticamente. Los tiempos de la guerra aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras que la mano de obra industrial bajó de forma considerable. Esto llevó a la necesidad de un aumento de mecanización. Hacia el año 1950 se habían construido equipos de todo tipo y cada vez más complejos. Las empresas habían comenzado a depender de ellos. Al aumentar esta dependencia el tiempo improductivo de una máquina se hizo más evidente. Esto llevó a la idea de que las fallas se podían y debían de prevenir, lo que dio como resultado el nacimiento del concepto del mantenimiento programado. En los años 60 basándose primordialmente en la revisión completa del material a intervalos fijos. El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costos de operación. Como resultado comenzaron a implantarse sistemas de control y planeación del mantenimiento, ayudando a poner el mantenimiento bajo control, y se han establecido ahora como parte de la práctica del mismo. Esta etapa se caracterizó entonces por el uso extensivo de la estrategia de mantenimiento preventivo.

3.5.1.3 Tercera generación

Desde mediados de los años setenta, el proceso de cambio y aumento de la complejidad en las empresas ha tomado incluso velocidades más altas.

Se han generado nuevas expectativas por el crecimiento continuo de la mecanización que significa que los períodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente. Esto es visto claramente con el movimiento mundial hacia los sistemas de producción justo a tiempo, en el que los reducidos niveles de inventario en curso hacen que pequeñas averías puedan causar el paro de toda la operación creando grandes demandas en la función del mantenimiento; una automatización más extensa significa que hay una relación más estrecha entre la condición de la maquinaria y la calidad del producto; y simultáneamente, elevándose los estándares de calidad. El aumento de la mecanización, también produce más serias las consecuencias de las fallas de una instalación para la seguridad y/o el medio ambiente.

Por estos motivos es que en esta generación aparecen, se desarrollan y se aplican nuevas estrategias en la ingeniería del mantenimiento como son: el mantenimiento predictivo y proactivo, el mantenimiento productivo total TPM el mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM y una gran cantidad de métodos estadísticos y de calidad que posibilitan desarrollar adecuadamente las estrategias del mantenimiento como son: histogramas, distribución de Weibull, índices de confiabilidad, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, árbol de fallos, análisis modal de falla y efecto AMFE análisis causa-raíz y otros. Estas estrategias y métodos están relacionadas entre sí y son complementarias.

3.5.1.4 Cuarta generación

Desde inicios de los años noventa la ingeniería de mantenimiento se ha caracterizado principalmente por la sistematización de sus estrategias, métodos, procedimientos y actividades; y, paralelamente la automatización computarizada de sus procesos lo que, como nunca antes, está permitiendo cumplir con la misión de esta ingeniería, es decir alcanzar el mayor grado de confiabilidad en sus sistemas, máquinas, equipos, instalaciones, procesos e infraestructura, permitiendo producir con más seguridad y obtener productos altamente competitivos por su calidad, cantidad y bajo costo.

La sistematización indicada ha posibilitado definir etapas de la ingeniería del mantenimiento como son: recopilación de información, diagnóstico, definición de estrategia, planificación, programación, control y optimización del mantenimiento en una empresa. En cada una de las etapas se han generado una serie de herramientas informáticas como son: Six Sigma, SPC, Proact, MP2, Máximo y gran cantidad de otras aplicaciones para empresas grandes, medianas y pequeñas; que posibilitan automatizar computarizadamente los procesos.

En la actualidad se está profundizando y consiguiendo nuevos métodos y herramientas en la mencionada sistematización y automatización computarizada de los procesos de la ingeniería de mantenimiento, para que se generalice su accesibilidad e implementación en las industrias y empresas productivas y de servicios.

Considerando la gran cantidad de información que se requiere manejar, la complejidad cada vez mayor y la particularidad de los procesos de la ingeniería del mantenimiento, está en investigación el desarrollo de nuevos sistemas inteligentes y hasta robotizados que posibiliten mejorar el cumplimiento de los objetivos del mantenimiento.

3.5.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

3.5.2.1 Definición

También conocido como mantenimiento reactivo, tiene lugar luego que ocurre una avería, es decir, solo se actuará cuando se presenta un fallo en un determinado equipo o sistema.

En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para tomar medidas correctivas.

El mantenimiento correctivo se debe realizar en razón de que existe una falla o avería imprevista por lo que generalmente se actúa de manera que se pueda solucionar el problema en el menor tiempo posible, sin embargo existen algunas situaciones que no requieren que la falla sea reparada de inmediato, es decir, el componente en el cual ocurre la avería permite que siga funcionando la máquina o equipo en este tipo de situaciones los encargados de mantenimiento pueden realizar una planificación para decidir en qué momento se realizarán las actividades de mantenimiento.

3.5.2.2 Ventajas

- La necesidad de infraestructura es mínima.
- No exige una organización técnica especializada.
- No es necesario un programa de mantenimiento.
- No necesita personal calificado.
- Es beneficioso en equipos que no afectan de manera relevante en el proceso productivo o en los servicios que brinda una organización donde la implantación de otro sistema resultaría en una relación costo-beneficio no favorable.

3.5.2.3 Desventajas

- Paradas no previstas.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados.
- La planificación de la producción se ve mermada debido a que se producen paros imprevistos.
- La planificación del tiempo que estará el sistema, máquina o equipo fuera de operación no es despreciable.
- La ejecución de las actividades de mantenimiento son en la mayoría de los casos desordenada debido a que el tiempo que debe demorar las reparaciones debe ser lo más mínimo posible.

3.5.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

3.5.3.1 Definición

El desarrollo tecnológico ha posibilitado el reemplazo cada vez más intensivo de sistemas industriales de producción convencionales por otros automatizados y más complejos. Paralelamente se han propuesto nuevas formas de realizar el mantenimiento en una industria productiva.

El mantenimiento preventivo es una estrategia en la que se programan periódicamente las intervenciones en las máquinas, con el objeto principal de inspeccionar, reparar y/o reemplazar componentes. Las intervenciones se realizan aún cuando la máquina esté operando satisfactoriamente. Se basa en programar el mantenimiento basado en estimaciones de vida útil o tiempo entre fallas esperadas.

3.5.3.2 Características

El mantenimiento preventivo trata de obtener el máximo de rendimiento de la vida útil de las piezas de una máquina disminuyendo hasta donde sea posible, las paradas imprevistas. Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas.

Tiene costo escalonados con saltos de poca envergadura debido a intervenciones periódicas planificadas y con algún escalón más importante en los mantenimientos mayores derivados fundamentalmente del reemplazo de partes de elevado costo.

Esta metodología no está exenta de alguna reparación provocada por imprevistos en alguna máquina que se adelanta con su falla a la intervención preventiva. No obstante esta estrategia resulta, habitualmente, más conveniente que esperar la falla, porque disminuye la ocurrencia de fallas imprevistas.

En la misma planificación, programación, control y gestión empresarial del mantenimiento se ha reemplazado prácticamente por completo la documentación antigua usada para este fin por bases de datos, desde las más simples hasta aquellas que están conectadas a redes de comunicación y obtiene datos en tiempo real de las máquinas.

3.5.3.3 Ventajas

- Permite contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva de la empresa en base a los trabajos de mantenimiento que se realizarán.
- Planificación de los trabajos a realizar, con esto se logra que los trabajos sean conocidos de antemano, con lo cual se tiene el suficiente tiempo para conocer y programar todos los pormenores.
- Con el tiempo y la planificación de las operaciones de mantenimiento se llega a tener conocimiento del comportamiento de los equipos por lo tanto se puede realizar una reparación que evite que la falla sea más grave y de esta manera evitar reparaciones que pueden tomar más tiempo además de prevenir que los costos sean elevados.
- Siendo los trabajos planificados, se espera que el rendimiento de las horas-hombre disponibles aumente, en virtud de que se tiene un mecanismo de control de los trabajos realizados.
- La producción no se ve alterada por la realización del mantenimiento; éste se programa de tal manera que se aprovechen las horas de para de la planta.

3.5.3.4 Desventajas

- Su ejecución involucra una inversión inicial en infraestructura.
- Este tipo de mantenimiento es ejecutado por personal calificado.

- El análisis incorrecto de la frecuencia de mantenimiento preventivo, provoca un elevado costo de mantenimiento, sin obtener mejoras sustanciales en la disponibilidad de las máquinas y/o equipos.
- Los resultados de la aplicación del mantenimiento preventivo, son visibles a largo o en el mejor de los casos mediano plazo, que puede ser dos años como mínimo.

3.5.4 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

3.5.4.1 Definición

El mantenimiento predictivo modernamente permite detectar y monitorear parámetros operativos de los sistemas, máquinas y equipos, y realizar un seguimiento del desgaste de los mismos y determinar o “predecir” el punto exacto de cambio o reparación. Se lo conoce también como Mantenimiento Basado en Condición (CBM – Condition Based Maintenance) y busca determinar el punto óptimo para la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo, o sea, el punto a partir del cual la probabilidad que el equipo falle, asume valores indeseables. La determinación de ese punto trae como resultado, índices ideales de prevención de fallas, tanto en el aspecto técnico como en el económico. Monitorea las condiciones del equipamiento, sus partes críticas, y programa el mantenimiento basado en el pronóstico de ocurrencia de fallas o vida remanente.

Tiene costos escalonados determinados por los monitoreos. Cuando estos son de tipo continuo aportan una componente de tendencia en el tiempo. La presencia de acontecimientos por rotura resulta nula o reducida a una mínima expresión. El monitoreo tiene un costo relativamente bajo, pospone o aún suprime algunas intervenciones preventivas y elimina la mayoría de las reparaciones de elevado costo. La presencia de intervenciones sugeridas por el monitoreo produce costos más reducidos, practicados en oportunidad y no con el anticipo propio de los preventivos.

3.5.4.2 Técnicas utilizadas

El mantenimiento predictivo requiere el uso de diferentes técnicas las cuales van a permitir predecir las fallas o averías de los equipos, con la mayor exactitud posible.

Una de las técnicas fundamentales para este tipo de mantenimiento son los ensayos no destructivos, que son métodos utilizados en el análisis predictivo de materiales, piezas, equipos o productos; sin destruirlos, alterar su forma o desmontarlos, para evaluar tanto sus propiedades físicas como mecánicas. Los ensayos no destructivos más comunes en el Ecuador son:

3.5.4.2.1 Radiografía Industrial

La radiografía industrial de molgilner, ensayo no destructivo de tipo físico, que es utilizado para inspeccionar materiales en busca de discontinuidades macroscópicas y variaciones en su estructura interna. La radiación electromagnética de onda corta tiene la propiedad de poder penetrar diversos materiales sólidos, por lo que al utilizarla se puede generar una imagen de la estructura interna del material examinado. El principio de esta técnica consiste en que cuando la energía de los rayos X o gamma atraviesa una pieza, sufre una atenuación que es proporcional al espesor, densidad y estructura del material inspeccionado. Posteriormente, la energía que logra atravesar el material es registrada utilizando una placa fotosensible, de la cual se obtiene una imagen del área en estudio. Los rayos x son una forma electromagnética (como una luz) que contiene una gran energía y por ello, es posible que penetre en el cuerpo humano, produciendo así, una imagen en una placa de fotografía. Durante este paso, las radiaciones se modifican, entonces, al pasar por estructuras de gran densidad como el hueso, la imagen que se producirá en la placa será de color blanco y si atraviesa estructuras con aire se formara una imagen de color negro. Los colores dependerán de la densidad de las estructuras y sus formas.



Figura 3-1 Radiografía industrial

Fuente: <http://radiologia.foro.es.net/> (Diciembre, 2010)

3.5.4.2.2 *Líquidos penetrantes*

La inspección por líquidos penetrantes es un tipo de ensayo no destructivo que se utiliza para detectar e identificar discontinuidades presentes en la superficie de los materiales examinados. Generalmente se emplea en aleaciones no ferrosas, aunque también se puede utilizar para la inspección de materiales ferrosos cuando la inspección por partículas magnéticas es difícil de aplicar. En algunos casos se puede utilizar en materiales no metálicos. El procedimiento consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie en estudio, el cual penetra en cualquier discontinuidad que pudiera existir debido al fenómeno de capilaridad. Después de un determinado tiempo se remueve el exceso de líquido y se aplica un revelador, el cual absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa del revelador se delinea el contorno de éstas.

Las aplicaciones de esta técnica son amplias, y van desde la inspección de piezas críticas como son los componentes aeronáuticos hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico. Se pueden inspeccionar materiales metálicos, cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos, entre otros. Una de las desventajas que presenta este método es que sólo es aplicable a defectos superficiales y a materiales no porosos.



Figura 3-2 Líquidos penetrantes aplicados en una válvula

Fuente: <http://www.dinatecnica.com.ar/detalle.php?id=69> (Diciembre, 2010)

3.5.4.2.3 *Partículas magnéticas*

La inspección por partículas magnéticas es un tipo de ensayo no destructivo que permite detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos.

El principio de este método consiste en que cuando se induce un campo magnético en un material ferromagnético, se forman distorsiones en este campo si el material presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnetizables, por lo que éstas se deforman o se producen polos. Estas distorsiones o polos atraen a las partículas magnetizables que son aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie a examinar y por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de forma directa o empleando luz ultravioleta. Sin embargo los defectos que son paralelos a las líneas del campo magnético no se aprecian, puesto que apenas distorsionan las líneas del campo magnético.

Se utiliza cuando se requiere una inspección más rápida que la que se logra empleando líquidos penetrantes. Existen 32 variantes del método, y cada una sirve para diferentes aplicaciones y niveles de sensibilidad.

Este método se utiliza en materiales ferromagnéticos como el hierro, el cobalto y el níquel. Debido a su baja permeabilidad magnética, no se aplica ni en los materiales paramagnéticos (como el aluminio, el titanio o el platino) ni en los diamagnéticos (como el cobre, la plata, el estaño o el zinc).

Los defectos que se pueden detectar son únicamente aquellos que están en la superficie o a poca profundidad. Cuanto menor sea el tamaño del defecto, menor será la profundidad a la que podrá ser detectado.

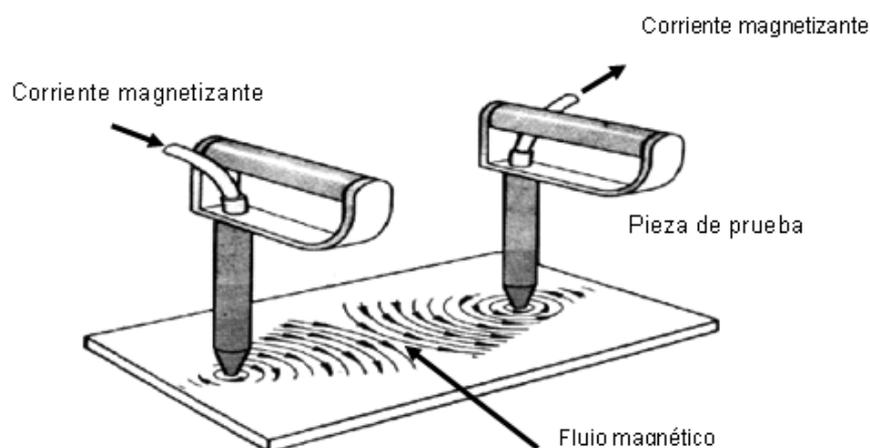


Figura 3-3 Aplicación del método de partículas magnéticas

Fuente: <http://www.monografias.com/particulas-magneticas.shtml> (Diciembre, 2010)

3.5.4.2.4 Ultrasonido

La inspección por ultrasonido se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo mecánico, y su funcionamiento se basa en la impedancia acústica, la que se manifiesta como el producto de la velocidad máxima de propagación del sonido y la densidad del material. Cuando se inventó este procedimiento, se medía la disminución de intensidad de energía acústica cuando se hacían viajar ondas supersónicas en un material, requiriéndose el empleo de un emisor y un receptor. Actualmente se utiliza un único aparato que funciona como emisor y receptor, basándose en la propiedad característica del sonido de reflejarse al alcanzar una interface acústica.

Los equipos de ultrasonido que se utilizan actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un rango que va desde 0.25 hasta 25 MHz. Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico denominado transductor y que tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa. Al ser excitado eléctricamente el transductor vibra a altas frecuencias generando ultrasonido. Las vibraciones generadas son recibidas por el material que se va a inspeccionar, y durante el trayecto la intensidad de la energía sónica se atenúa exponencialmente con la distancia del recorrido. Al alcanzar la frontera del material, el haz sónico es reflejado, y se recibe el eco por otro (o el mismo) transductor. Su señal es filtrada e incrementada para ser enviada a un osciloscopio de rayos catódicos.



Figura 3-4 Equipo portátil de inspección por ultrasonido

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Inspecci%C3%B3n_por_ultrasonido (Diciembre, 2010)

3.5.4.2.5 *Termografía industrial*

La termografía es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. Mediante la captación de la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras termográficas o de termovisión, se puede convertir la energía radiada en información sobre temperatura.

El análisis termográfico se basa en la obtención de la distribución superficial de temperatura de una tubería, pieza, maquinaria, envolventes, etc, por el que obtenemos un mapa de temperaturas por medio de una termografía o termograma, donde se visualizan puntos fríos o calientes debido a las anomalías que se pudieran encontrar en el aislamiento.

Con la realización del estudio termográfico completo se puede realizar una comprobación tanto en envolventes, como en maquinarias y sistemas de distribución, con lo que se puede conseguir:

- Un mayor conocimiento de la instalación realizada en cuanto a su estado térmico.
- Conocimiento de las pérdidas existentes (fugas) y por lo tanto de posibles puntos de actuación.
- Ahorro debido a una mayor eficiencia energética de los sistemas evaluados.

El estudio de los sistemas de distribución puede alertar de las pérdidas energéticas que se producen por un mal aislamiento, alguna rotura o mal engranaje.

Mediante un estudio de la envolvente de un edificio podemos optimizar el sistema de climatización con el consiguiente ahorro de energía. La diferencia de temperaturas de la parte climatizada con respecto al exterior nos da una idea del estado de los cerramientos.

Los termógrafos son dispositivos del sistema calórico. Se puede medir la temperatura de los cuerpos que emiten radiación calórica cuya fuente de energía es la producida por las moléculas en funcionamiento dentro del organismo.



Figura 3-5 Termografía de un vehículo

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Termograf%C3%ADa> (Diciembre, 2010)

3.5.5 MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (T.P.M.)

3.5.5.1 Definición

Es un sistema orientado a lograr: cero accidentes, cero defectos y cero averías. Es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria que permite tener equipos de producción siempre listos. Su metodología llevada a cabo por un buen número de técnicas de gestión, establece las estrategias adecuadas para el aumento continuo de la productividad.

3.5.5.2 Características

- Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- Participación amplia de todas las personas de la organización.
- Es observado como una estrategia global de las operaciones, en lugar de prestar atención de mantener los equipos funcionando.
- Intervención significativa del personal involucrado en la operación, producción, cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

3.5.5.3 Ventajas

- Mejora la calidad del personal, desde operadores hasta gerentes de línea.
- Extiende la eficiencia y el ciclo de vida de las máquinas y/o equipos.
- Las ventas, imagen de la entidad productiva, se ve mejorada con la ejecución de este mantenimiento.

- Es aplicable en diferentes ámbitos como: construcción y mantenimiento de edificios, transporte, además de su aplicación a entidades productivas.
- El trabajo en equipo genera un verdadero compromiso de trabajo, que a su vez desemboca en un ambiente de trabajo agradable.

3.5.5.4 Desventajas

- Implica un costo extra para la organización debido a que se requiere capacitación, reuniones periódicas, etc.
- El compromiso de la gerencia, es clave para la implementación de este sistema, caso contrario los promotores de este mantenimiento terminan criticados y despedidos de sus empleos.
- Requiere evaluaciones constantes, para observar el cambio programado.
- La colaboración por parte de los supervisores de producción es vital, los operarios requieren de toda la información técnica que estos posean.

3.5.6 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (R.C.M.)

3.5.6.1 Definición

El mantenimiento centrado en la confiabilidad R.C.M. por sus siglas en inglés, es el concepto de desarrollo de un sistema de mantenimiento basado en la fiabilidad de los diversos componentes de las entidades productivas, cuya metodología es el análisis sistemático, objetivo y documentado de los componentes que conforman las máquinas y/o equipos.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad es un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual⁸.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad, propone preservar el estado original de diseño o normal de operación. Es evidente que para que esto sea posible, los equipos deben ser capaces de cumplir las funciones para las cuales fueron seleccionados y que la selección haya tenido en cuenta la condición operación real.

⁸ Moubray John, 2004, "Mantenimiento Centrado en confiabilidad" (Reliability Centered Maintenance), Latinoamericana, 1ª Edición en español, España.

3.5.6.2 Características

- El mantenimiento centrado en la confiabilidad se caracteriza por:
- Considerar la fiabilidad inherente o propia del equipo / instalación.
- Asegurar la continuidad del desempeño de su función.
- Mantener la calidad y capacidad productiva.
- Tener en cuenta la condición operacional: dónde y cómo se está usando.

3.5.6.3 Ventajas

- Garantiza el funcionamiento seguro y confiable de máquinas y/o equipos.
- Satisface las normas de seguridad y medio ambiente.
- Reducciones de costos, directos e indirectos, porque mejora la calidad del programa de mantenimiento.
- Incentiva la relación entre distintas áreas de la empresa, creando de esta manera un ambiente de compañerismo al interior de la organización, en especial las áreas de mantenimiento y producción.
- Mejora la eficiencia del sistema en el mantenimiento actual de una entidad productiva.

3.5.6.4 Desventajas

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

3.6 GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.6.1 INTRODUCCIÓN

La época actual, debido a las consideraciones demandadas por el mercado, se encuentra en un estado de transición en la que la excelencia es considerada parte del producto, por ello sería inconcebible que el mantenimiento, siendo función importante de apoyo a la producción, y por ende parte de la organización empresarial, no la tuviera. Eventualmente, las empresas tienen latente el reto de cómo mejorar sus actividades de Gestión del Mantenimiento para ser más sostenibles. Es importante recordar que la sostenibilidad incorpora dos factores: el ambiente y la subsistencia de la organización.

El Mantenimiento como estructura de apoyo, es un centro de costos a efectos de los intereses de la empresa. Ciertamente, como un costo sólo se justifica si “perfecciona” el negocio a través de la mejora de las condiciones de productividad, mediante la capacidad continua de adaptación, desarrollo y conservación (independiente de sus funciones particulares). Para ello, se debe enfocar adecuadamente la visión y la misión mediante la definición clara de políticas, objetivos, valores, entre otros.

Es un hecho que, en los escenarios de hoy, las empresas se juegan su capacidad competitiva por la cantidad y calidad de los recursos que se comprometen en el área de mantenimiento, debido a la capacidad de ésta para generar beneficios a su más inmediato grupo de interés como es, el área de producción. La principal ventaja que ofrece el mantenimiento, reside en la consecución de que los “Sistemas Productivos” continúen desempeñando las funciones deseadas y de esta forma contribuir a conservar las actividades productivas, de las cuáles la empresa obtiene las utilidades económicas (produciendo su sostenibilidad en un negocio particular).

3.6.2 DEFINICIÓN DE GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Se entiende por gestión, a la práctica donde están involucradas las actitudes y aptitudes de todo el personal involucrado en la ingeniería de mantenimiento, para lograr que los propósitos se alcancen, de acuerdo a este antecedente la Gestión del Mantenimiento se define como todas las actividades que utilizan el tiempo y los

recursos materiales y económicos para alcanzar los objetivos buscados por el programa de mantenimiento: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad generando productos de calidad.

Las metodologías demandan de tiempo para tratar las interrogantes que proporcionen el conocimiento necesario y respondan a las inquietudes más frecuentes que cualquier entidad productiva debe resolver, algunas de las cuales son:

- ¿Qué línea estratégica de acción tomar?
- ¿Cómo asignar los recursos?
- ¿Qué determina y cómo a una gestión efectiva y eficiente?
- ¿Cuándo hacer mantenimiento?
- ¿Cuándo hacer inspecciones?
- ¿Cuándo planificar una parada de la planta?
- ¿Qué tipo de repuestos deben existir en bodega?
- ¿Cuándo llevar a cabo un proyecto?
- ¿Dónde comprar los repuestos?

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

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

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

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

3.6.3 ANÁLISIS FUNCIONAL DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

Toda empresa esta dotada de sistemas que permiten su participación en un negocio particular. Estos sistemas considerados como “Sistemas Productivos (SP)”, son aquellos compuestos de dispositivos, instalaciones, equipos y/o edificaciones, capaces de producir un producto (bienes o servicios) alcanzando de esta manera el objetivo por el que fueron creados, y están sujetos a acciones de mantenimiento asegurando así su utilización durante su período de vida útil, con lo cual se espera alcanzar las metas establecidas en el negocio fomentadas por el esfuerzo de satisfacer a todos los grupos de interés. Fundamento esencial que establece el logro de la excelencia en la organización y sirve para enfocar el prestigio de la empresa.

Bajo la premisa que los SP sufren una serie de degradaciones, causante de problemas en la producción, a lo largo de su vida útil se evidencia la necesidad del mantenimiento. Los orígenes de estas desviaciones surgen a raíz de factores externos o ambientales, entre los que se encuentran a la obsolescencia tecnológica producida por las condiciones emanadas del negocio, cuyo agente de generación es el hombre, además, existen los factores internos o implícitos como el desgaste físico, debido a las condiciones inherentes al entorno de trabajo; ambos enfoques ocasionan inconsistencia en la satisfacción de los grupos de interés.

Por cuanto, la influencia desmedida de estas condiciones, como muchas otras, generan en el negocio una pérdida de productividad, lo que puede traducirse en baja rentabilidad, de esta manera se hace necesaria la función del mantenimiento en el campo de la Ingeniería como estructura de apoyo, debido al gran interés económico derivado de la repercusión, que su carencia o insuficiencia tiene en los beneficios empresariales, por lo tanto, esta función es admitida como un eslabón de

la cadena productiva sobre la que es imperioso actuar continuamente para mejorar las condiciones del negocio.

Bajo tales consideraciones, los entes poseedores de SP requieren realizar un mantenimiento adecuado, con el fin de conservar sus procesos productivos, por ello hay que tener presente los aspectos técnicos, económicos y de organización referentes a esta función, y que pertenecen a los recursos estratégicos de la Gestión del Mantenimiento, mediante los cuales se enfrentará el conflicto referido a la pérdida de productividad, para obtener un nivel aceptable de la misma y con esto contribuir al logro de la excelencia.

Reconociendo lo antes expuesto, se deriva la importancia que el mantenimiento tiene dentro de una empresa, y por ello debe gestionarse bien desde el momento de su concepción, hasta el último momento que es la entrega al cliente del producto, pasando obviamente por la ejecución de las tareas que son las que agregan valor. Es importante entender por gestión, el arte, donde están implícitas las actitudes y aptitudes de los individuos, para lograr que las cosas se hagan; y por Gestión del Mantenimiento, la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos del mantenimiento.

Entre tanto, cuando se habla de Mantenimiento parece importante entender por el mismo, al epígrafe con que se denotan a aquellas actividades necesarias y orientadas a preservar los SP, para cumplir con el servicio que prestan en concordancia a un parámetro definido de “estado de operación normal” contribuyendo de esta forma a conservar las actividades productivas derivadas de estos, realizándolas en términos o condiciones económicamente favorables y de acuerdo a las normas de protección integral (seguridad, higiene y ambiente), con el fin de obtener una equilibrada utilización dentro de los criterios establecidos de calidad.

Actualmente a nivel mundial, el mantenimiento como estructura de apoyo, ocupa un lugar importante dentro de las organizaciones, y es visto como pieza fundamental, dada la beligerancia de los cambios tecnológicos, a la competitividad entre las empresas, originada por la influencia de esta función sobre los productos elaborados reflejando, notoriamente, sus efectos en los costos de manufactura debido a la producción de desperdicios de los recursos, de esta manera aumentan

los costos contribuyendo notablemente a obtener resultados que no satisfacen las expectativas de la organización.

De lo anterior, se infieren las razones para interpretar los paradigmas de la Gestión del Mantenimiento; por tal motivo debe existir un entendimiento general de lo que implica esta función con el fin de generar los cambios necesarios y permitir la transformación de la situación actual contribuyendo así a dar respuesta al ¿por qué? es necesario desplegar premisas que se adapten al presente, tras estar inmersos en escenarios ricos en variación.

3.7 PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.7.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad se hace imprescindible la planificación del tiempo para la realización de las actividades diarias personales, cuando se trata de actividades tan sensibles como son las de mantenimiento, la planificación no puede ser ignorada sino que más bien se debe darle la importancia que se merece, en un programa de mantenimiento eficaz las actividades no pueden ser improvisadas.

3.7.2 DEFINICIÓN

Planificar significa que los ejecutivos estudian anticipadamente sus objetivos y acciones, y sustentan sus actos no en corazonadas sino con algún método, plan o lógica. Los planes establecen los objetivos de la organización y definen los procedimientos adecuados para alcanzarlos.

Además los planes son la guía para que:

- La organización obtenga y aplique los recursos para lograr los objetivos.
- Los miembros de la organización desempeñen actividades y tomen decisiones congruentes con los objetivos y procedimientos escogidos, ya que enfoca la atención de los empleados sobre los objetivos que generan resultados.
- Pueda controlarse el logro de los objetivos organizacionales. Asimismo, ayuda a fijar prioridades, permite concentrarse en las fortalezas de la

organización, ayuda a tratar los problemas de cambios en el entorno externo, entre otros aspectos.

Por otro lado, existen varias fuerzas que pueden afectar a la planificación: los eventos inesperados, la resistencia psicológica al cambio ya que ésta acelera el cambio y la inquietud, la existencia de insuficiente información, la falta de habilidad en la utilización de los métodos de planificación, los elevados gastos que implica, entre otros.

Esencialmente en la actualidad la planeación del mantenimiento es un conjunto de actividades mutuamente concatenadas o que interactúan entre sí, las cuales transforman a los elementos de entrada en elemento de salida o resultados como en un bloque de proceso que se utiliza en la dinámica de sistemas, por lo cual se puede decir que en realidad es un proceso de planificación de mantenimiento.

3.7.3 METODOLOGÍA DE PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO

3.7.3.1 Personal de Mantenimiento

Para una planificación adecuada de mantenimiento es necesario tomar en cuenta la actitud y aptitud de los encargados de mantenimiento, debido a que ellos son los responsables de llevar a cabo las actividades que eventualmente serán las que hagan alcanzar o no los objetivos planteados.

En nuestro medio es común la falta de colaboración a una nueva visión para disminuir errores, ya que muchos operarios han creado paradigmas entorno al tiempo que se han desempeñado en sus funciones; por tanto es imprescindible optar por estrategias de manejo de personal, y además empaparse de cierta normativa legal, como son:

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

3.7.3.2 Inventario y Codificación

Un requisito imprescindible en la planificación del mantenimiento es conocer de antemano el tipo y cantidad de los equipos y repuestos de que dispone la empresa, para ello se necesita realizar un inventario, que es la recopilación cuantitativa de los equipos y repuestos.

La codificación es una herramienta útil que permite ordenar a los equipos por zonas, tipo, grupos, etc. Esto permite un manejo sistemático de la información por parte del personal de mantenimiento.

La realización de la codificación es diferente para cada organización debido a las diferencias que existen entre una organización y otra, por lo cual no se sigue un procedimiento estándar para la codificación, cada organización definirá la forma más conveniente de codificación.

3.7.3.3 Recopilación de información

Una de las actividades más importantes en la planificación del mantenimiento es la recopilación de la mayor cantidad de información que la entidad productiva posea y que sea de utilidad para el mantenimiento. La información recopilada puede ser la siguiente:

- Catálogos de los equipos
- Manual de operación de los equipos
- Catálogos de las piezas y partes de los equipos
- Manuales técnicos
- Diagramas de operaciones de los equipos
- Reportes estadísticos, etc.

3.7.3.4 Creación del libro diario de mantenimiento

También conocido como libro de bitácora, es en donde se almacenan los informes del personal a cargo de mantenimiento, con el objetivo de controlar lo ejecutado.

Este libro de bitácora deberá tener un formato que permita obtener información en forma compacta y precisa acerca de las actividades de mantenimiento, horas-hombres empleadas en la realización de una determinada actividad de

mantenimiento, operario u operarios que realizaron dicha actividad, personal que supervisó el trabajo, herramientas y repuestos utilizados, diagnósticos y tratamiento de la avería.

3.7.3.5 Hoja de recopilación de datos

Estos son formatos elaborados por los encargados de la administración de mantenimiento y llenados por los operarios, estas hojas son algo parecido a una historia clínica de una máquina o equipo, en estas hojas se refleja el historial de intervenciones en la máquina. Esta información se utilizará para la evaluación y posterior planificación del mantenimiento en la entidad productiva.

3.7.3.6 Aplicación de herramientas estadísticas y de gestión de mantenimiento

El mantenimiento siendo un proceso de ingeniería necesita de herramientas estadísticas y de gestión, ya que han sido cimientos esenciales en el desarrollo de procesos para la realización de un eficaz programa. A continuación se detallan las principales herramientas utilizadas en la ingeniería de mantenimiento:

3.7.3.6.1 Histograma

Un histograma es un gráfico de barra verticales que representa la distribución de un conjunto de datos. Su construcción ayudará a comprender la tendencia central, dispersión y frecuencias relativas de los distintos valores. Muestra grandes cantidades de datos dando una visión clara y sencilla de su distribución.

El histograma es especialmente útil cuando se tiene un amplio número de datos que es preciso organizar, para analizar más detalladamente o tomar decisiones sobre la base de ellos. Es un medio eficaz para transmitir a otras personas información sobre un proceso de forma precisa e inteligible. Permite la comparación de los resultados de un proceso con las especificaciones previamente establecidas para el mismo. En este caso, mediante el histograma puede determinarse en qué grado el proceso está produciendo buenos resultados y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites fijados en las especificaciones. Proporciona, mediante el estudio de la distribución de los datos, un excelente punto de partida para generar hipótesis acerca de un funcionamiento insatisfactorio.

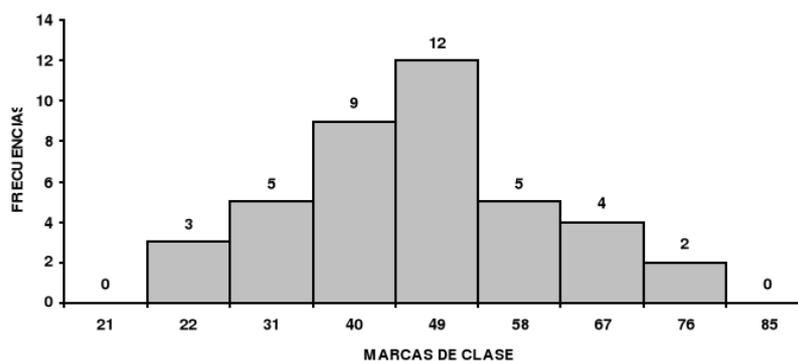


Figura 3-6 Ejemplo de histograma

Fuente: <http://soyempreendedor.org/?cat=182> (Marzo, 2011)

3.7.3.6.2 Diagrama de Pareto

Es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar y seleccionar los aspectos prioritarios que hay que tratar. También se conoce como diagrama ABC o ley de las prioridades 20-80, que dice: “el 80% de los problemas que ocurren en cualquier actividad son ocasionados por el 20% de los elementos que intervienen en producirlos”. Sirve para conseguir el mayor nivel de mejora con el menor esfuerzo posible. Es pues una herramienta de selección que se aconseja aplicar en la fase A que corresponde al enfoque concretar el problema, así como para seleccionar una causa.

Tiene el valor de concentrar la atención en el 20% de los elementos que provocan el 80% de los problemas, en vez de extenderse a toda la población. Se cuantifican las mejoras que se alcanzarán solucionando los problemas seleccionados. Los pasos a seguir para su representación son:

- Anotar, en orden progresivo decreciente, los fallos o averías a analizar (importe de averías de un tipo de máquinas, importe de averías del conjunto de la instalación, consumo de repuestos, etc). En definitiva, el problema o avería, objeto del análisis.
- Calcular y anotar, a su derecha, el peso relativo de cada uno (porcentaje).
- Calcular y anotar, a su derecha, el valor acumulado (porcentaje acumulado).
- Representar los elementos en porcentajes decrecientes de izquierda a derecha (histograma) y la curva de porcentaje acumulado (curva ABC).

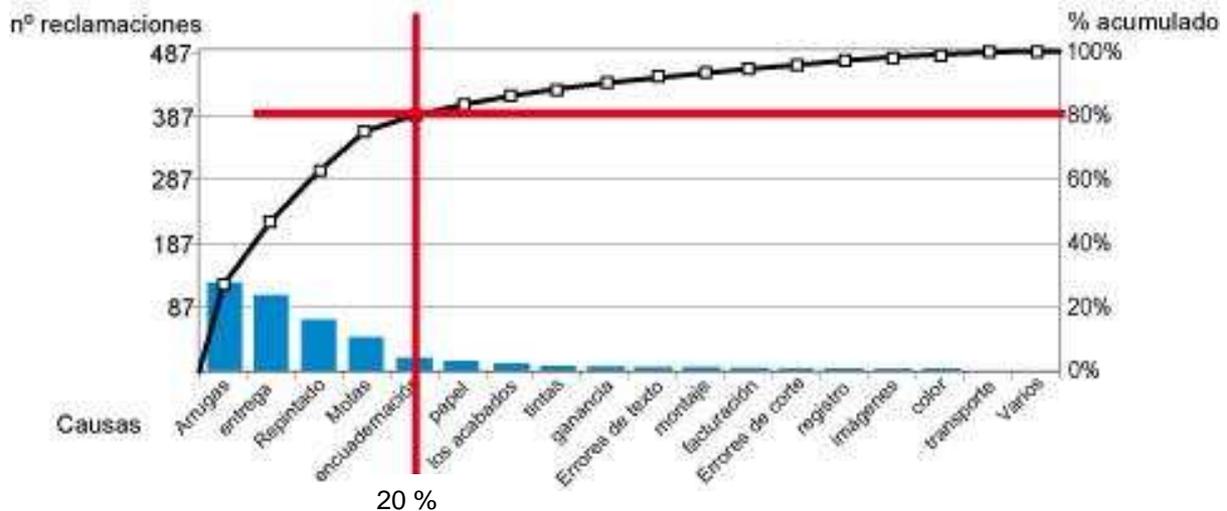


Figura 3-7 Ejemplo de diagrama de Pareto de una empresa gráfica

Fuente: <http://qualitasaagg.wordpress.com/2010/01/19/las-siete-herramientas-de-la-calidad-diagramas-de-pareto> (Marzo, 2011)

3.7.3.6.3 Diagrama de Ishikawa

También denominado diagrama causa-efecto o de espina de pescado, es una representación gráfica de las relaciones lógicas existentes entre las causas que producen un efecto bien definido. Sirve para visualizar, en una sola figura todas las causas asociadas a una avería y sus posibles relaciones. Ayuda a clasificar las causas dispersas y a organizar las relaciones mutuas. Es, por tanto, una herramienta de análisis aplicable en la fase B (determinar las causas).

Tiene el valor de su sencillez, poder contemplar por separado causas físicas y causas latentes (fallos de procedimiento, sistema de gestión, etc.) y la representación gráfica fácil que ayuda a resumir y presentar las causas asociadas a un efecto concreto.

El diagrama de Ishikawa es una forma sistemática de ordenar todas las causas que supuestamente pueden contribuir a un determinado efecto.

Es importante entender que los diagramas de Ishikawa presentan y organizan teorías acerca de las causas de un determinado problema. Sólo cuando estas teorías son contrastadas con datos se concluye que el diagrama es correcto.

No se debe empezar a construir el diagrama sin antes analizar profundamente y globalmente la sintomatología de los problemas, debido a que se corre el riesgo de involuntariamente enmascarar las verdaderas causas de un determinado problema.

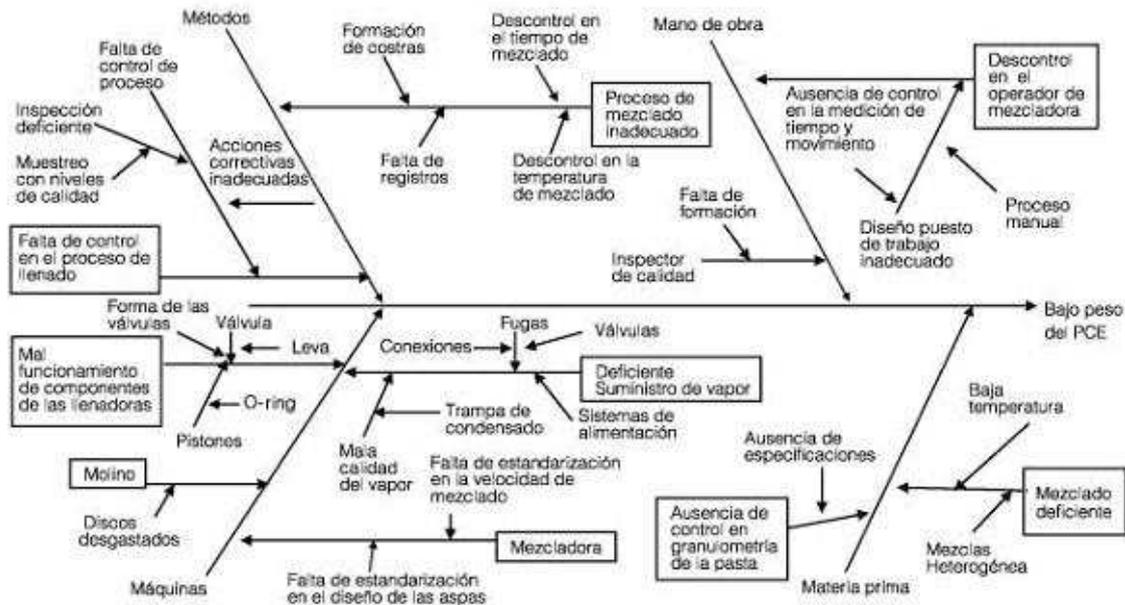


Figura 3-8 Ejemplo de diagrama de Ishikawa

Fuente: <http://www.scielo.org.ve/> (Marzo, 2011)

3.7.3.6.4 Las 9s para el mantenimiento

Es una filosofía japonesa que busca la creación de hábitos de buenas prácticas productivas; el involucramiento de altos mandos de la organización para la ejecución de esta herramienta es indispensable.

Las 9S no implican documentación, tan solo buscan el mejor comportamiento de las personas, en cuanto se refiere a limpieza del entorno del trabajo (Seiso); mantención en orden de las cosas (Seiri); tener solo lo necesario para trabajar (Seiton); cuidar la salud física y mental (Seiketsu); mantener la autodisciplina (Shitsuke); preservar los buenos hábitos (Shikari); ir hasta el final en las tareas (Shitsokoku); trabajar en equipo (Seishoo); y, unificar la forma como se realizan las actividades (Seido).

3.7.3.6.5 Las Seis Sigma para el mantenimiento

Originalmente diseñada y utilizada por la firma Motorola, se ha convertido en una nueva filosofía administrativa con amplia divulgación mundial. Las seis sigma es un parámetro cuya base principal es la desviación estándar (sigma) y su enfoque es reducir la variación y/o defectos en lo que hacemos.

El objetivo buscado por esta herramienta es la resolución de los problemas que afrontan las organizaciones en la implantación de la gestión de la calidad, emplea las herramientas estadísticas disponibles y se adapta perfectamente con la cultura organizacional occidental la cual es una estructura vertical en la cual los altos ejecutivos ejercen fuerte influencia sobre el resto de los miembros de la empresa.

El principal planteamiento lo podemos encontrar cuando consideramos la variación de un proceso, con una fluctuación entre más 6 sigma y menos 6 sigma del valor promedio, la probabilidad de que se salga del valor especificado es de 3.4 partes por millón.

El concepto de las seis sigma ayuda a conocer y comprender los procesos, de tal manera que puedan ser modificados al punto de reducir el desperdicio generado en ellos. Esto se verá reflejado en la reducción de los costos de hacer las cosas, a la vez que permite asegurar que el precio de los productos o servicios sean competitivos, no mediante la reducción de ganancias o de los costos de hacer bien las cosas, sino de la eliminación de los costos asociados con los errores o desperdicios.

Las seis sigma provee una medición común, así como objetivos comunes, a la vez que inculca una visión común y sobre todo promueve el trabajo en equipo. Adicionalmente combina objetivos agresivos con un método y un conjunto de herramientas, que se aplican a través de todo el ciclo de vida del proceso o servicio.

3.7.3.6.6 Análisis modal de falla y efecto (AMFE)

El análisis modal de falla y efecto (Analyse des modes de défauts et effets. AMDE, en francés o Failure mode and effect analysis. FMEA, en inglés), es una herramienta de análisis para la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un producto, servicio o proceso.

El AMFE fue aplicado por primera vez por la industria aeroespacial en la década de los 60. En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles.

3.8 POLÍTICAS DEL MANTENIMIENTO

Se define a las políticas de mantenimiento, como las acciones que esta dependencia toma, en el instante en que se suscita la falla y el tiempo para la ejecución del mantenimiento. A continuación se describen las políticas basadas en los siguientes parámetros:

3.8.1 FALLO PRODUCIDO

La política de mantenimiento basada en la presentación del fallo (Failure Based, FB) constituye un método en que se realizan tareas de mantenimiento correctivo tras ocurrir un fallo, a fin de recuperar la funcionalidad del elemento o sistema considerado. Por consiguiente, este método de mantenimiento se puede describir como de reparación de averías, posterior al fallo, o no programado. En la figura 3-9 se representa un diagrama de procedimiento para la política de mantenimiento basada en el fallo. Por lo general, esta política se aplica a elementos cuya pérdida de funcionalidad no repercute en la seguridad del usuario y/o del entorno o en las consecuencias económicas del fallo.



Figura 3-9 Algoritmo para una política de mantenimiento basado en el fallo

Fuente: <http://www.isdefe.es/monografias/docs/mantenimiento.pdf> (Marzo, 2011)

3.8.2 VIDA DEL SISTEMA OPERATIVO

Según la política de mantenimiento basada en la duración de vida del sistema (Life-Based, LB), se realizan tareas de mantenimiento preventivo a intervalos fijos, que son función de la distribución de vida de los elementos considerados. Como el principal objetivo es prevenir el fallo y sus consecuencias, este método de mantenimiento es a menudo llamado política de mantenimiento preventivo. Otro nombre que puede encontrarse en la literatura para esta política, es el de mantenimiento planificado. La razón es que las tareas de mantenimiento se realizan en un tiempo operativo predeterminado, lo que significa que es posible planificar todas las tareas y proporcionar todo el apoyo preciso.

En la figura 3-10 se presenta un diagrama del procedimiento de mantenimiento LB. El tiempo para efectuar el mantenimiento, TP, se determina incluso antes de que el elemento haya comenzado a funcionar. A intervalos predeterminados de la vida en estado funcionable, se llevan a cabo tareas de mantenimiento preventivo especificadas. Si el elemento falla antes del tiempo TP, el usuario debe realizar tareas de mantenimiento correctivo; en el momento TP es necesario realizar la tarea preventiva planeada, como muestra la figura 3-10.

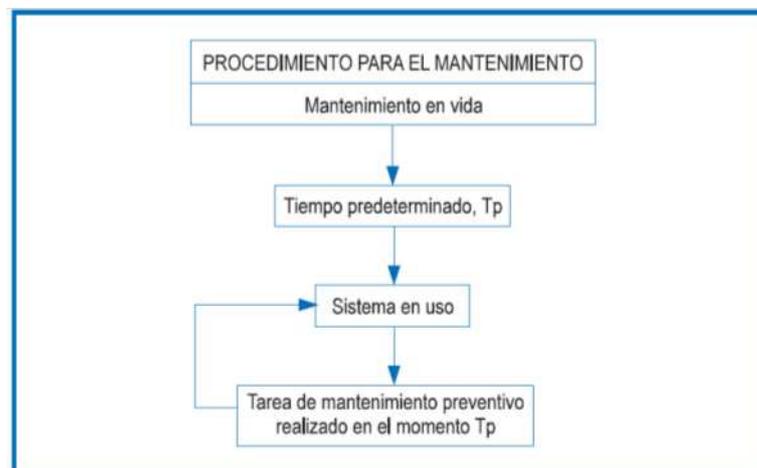


Figura 3-10 Algoritmo para una política de mantenimiento basado en la vida del sistema

Fuente: <http://www.isdefe.es/monografias/docs/mantenimiento.pdf> (Marzo, 2011)

La política de mantenimiento LB puede aplicarse con efectividad a elementos o sistemas que cumplen algunos de los siguientes requisitos:

- Al realizar la tarea se reduce la probabilidad de producción de fallos en el futuro.
- El coste total de aplicar esta política es sustancialmente menor que el de la política de mantenimiento FB.
- La observación de la condición del elemento no es técnicamente factible o es económicamente inaceptable.

3.8.3 INSPECCIÓN

Tradicionalmente, las políticas de mantenimiento preventivo y correctivo han sido las favoritas entre los directores de mantenimiento. Sin embargo, durante los últimos veinte años, muchas organizaciones industriales han reconocido los inconvenientes de estos métodos. Por tanto, la necesidad de proporcionar seguridad y de reducir el coste de mantenimiento ha llevado a un interés creciente en el desarrollo de políticas de mantenimiento alternativas. El método que parece ser más atractivo para minimizar las limitaciones de las tareas de mantenimiento existentes es la política de mantenimiento basado en la condición (Inspection-Based, IB). Este procedimiento de mantenimiento admite que la razón principal para realizar el mantenimiento es el cambio en la condición y/o las prestaciones, y que la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo debe estar basada en el estado real del elemento o sistema. Mediante el control de ciertos parámetros sería posible identificar el momento más conveniente en el que se deben realizar las tareas de mantenimiento preventivo.

La ventaja de este procedimiento es que proporciona una mejor utilización del elemento considerado que en el caso de la aplicación de mantenimiento preventivo, satisfaciendo el nivel requerido de seguridad o de utilidad.

3.8.4 EXAMEN

Fundamental política de mantenimiento predictivo, la cual se efectúa mediante la realización de exámenes, llevados a cabo en tiempos determinados, hasta que sea necesaria la intervención correctiva o preventiva los activos productivos.

3.8.5 COYUNTURA

En esta política, al realizar el mantenimiento correctivo a un elemento del activo productivo, se aprovecha para realizar una tarea preventiva del resto del equipo, para la optimización oportuna de recursos.

3.9 COSTOS DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es un componente de la estructura de costos de una organización que produce bienes o servicios por lo que los precios de los productos o servicios ofertados están afectados por los costos de mantenimiento por lo cual este factor debe ser tomado en cuenta en la elaboración de los programas de mantenimiento.

3.9.1 COSTOS FIJOS

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

- Personal administrativo
- Personal de limpieza
- Mano de obra indirecta
- Amortizaciones
- Alquileres
- El mantenimiento propiamente dicho

3.9.2 COSTOS VARIABLES

Como su nombre lo indica son costos que varían en el tiempo y están relacionados proporcionalmente con el volumen de productos y servicios ofertados, la cuantificación de estos costos es difícil debido a su característica variable, dentro de estos costos las operaciones de mantenimiento correctivo contribuyen de forma significativa.

Estos costos dificultan el cálculo real del mantenimiento, puesto que aparecen por consecuencia de averías imprevistas o las reparaciones que se debe realizar en forma programada.

3.9.3 COSTOS DE CAPITAL

Llamados también costos financieros, que se presentan por concepto de:

- Repuestos
- Bodegaje
- Amortizaciones de maquinaria
- Amortizaciones de edificios
- Amortizaciones de instalaciones
- Pago de préstamos, etc.

3.9.4 COSTOS POR FALLA

El costo por falla, se refiere al rubro que implica la pérdida del beneficio que la entidad productiva posee debido a causas de mantenimiento. Estos costos se debe fundamentalmente a:

- Pérdidas de materia prima
- Disminución de la productividad por mantenimiento
- Pérdidas de energía por baja calidad en reparaciones
- Productos rechazados
- Reparaciones no programadas
- Lucro cesante por tiempo de importación de repuestos.

3.9.5 COSTOS TOTALES DE MANTENIMIENTO

La suma de los costos descritos en los párrafos anteriores representa los costos totales por concepto de mantenimiento.

Conforme las estrategias de mantenimiento han ido evolucionando a través del tiempo, la concepción de que el costo de mantenimiento es un gasto ha ido paulatinamente cambiando para ser considerado en la actualidad como una inversión a largo y mediano plazo.

CAPÍTULO 4

4 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

La elaboración del programa de mantenimiento para los compresores de tornillo y secadores, se lo realizará mediante la metodología de planificación del mantenimiento, descrita en el capítulo anterior.

El trabajo aquí expuesto es una guía para la administración de mantenimiento, con lo cual se logra cumplir con los objetivos planteados, además ayudará a facilitar el trabajo de los encargados de mantenimiento de la empresa Ecuatoriana Industrial Termoal Cia. Ltda., el cual está sujeto a mejoras y cambios según la empresa lo requiera.

4.1 PERSONAL VINCULADO EN EL PROGRAMA.

La empresa Ecuatoriana Industrial Termoal Cia. Ltda., cuenta con un área de mantenimiento conformada por dos personas capacitadas de acuerdo a las exigencias de la empresa, las cuales son las encargadas de dar el servicio de mantenimiento periódico, permanente y preventivo a los compresores y secadores, garantizando la conservación de los equipos en las diferentes industrias donde son utilizados.

4.2 REQUERIMIENTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

Los requerimientos necesarios para la elaboración del programa de mantenimiento se explican a continuación:

4.2.1 INVENTARIO DE EQUIPOS Y REPUESTOS

Es la primera parte de la información para la elaboración del programa, en el inventario constan los compresores y secadores existentes en la empresa aptos para su distribución con sus respectivas características como son: Marca, tipo, capacidad, número de serie, etc., también el inventario será de los repuestos de los diferentes equipos con su respectiva codificación. El levantamiento de esta

información debe ser veraz y la actualización debe realizarse cada año. La información recopilada se muestra en el anexo 2.

4.2.2 BITÁCORA O LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES

El libro bitácora está destinado a la recopilación de información mediante un formato diseñado para el control de mantenimiento, el cual recopila datos como: descripción del daño, procedimiento de detección, proceso de reparación, tipo de mantenimiento realizado, material y equipo utilizado, etc. Como Ecuatoriana Industrial es una empresa que se encarga de la distribución de los compresores y secadores, sugiere al cliente un modelo de bitácora como se muestra en el anexo 3, la cual queda a criterio de las empresas clientes tomar esta sugerencia, ya queda empresa implanta su propio modelo de bitácora.

4.2.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA

Para un plan de mantenimiento adecuado se requiere una información previa, la cual es provista por los fabricantes de los diferentes equipos en este caso la empresa BOGE a través de: manuales, catálogos, diagramas y revistas técnicas, los mismos que deben ser adecuadamente archivados por el personal de mantenimiento, además de hojas de control de distintos puntos de los equipos que requieren el mantenimiento como se muestran en el anexo 4 (tablas de control de temperaturas, presiones y horas de trabajo del equipo).

4.3 APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS, TÉCNICAS Y DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

4.3.1 MATRICES PARA LA SELECCIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO A UTILIZARSE

Para la selección de la estrategia de mantenimiento que más se adapte a la complejidad de los compresores de tornillo y secadores, se utiliza las matrices de priorización y de perfil competitivo, evaluando aspectos relevantes de cada tipo de mantenimiento comparándolos entre si y clasificarlos en orden de importancia en la matriz de priorización

En cambio, mediante la matriz de perfil competitivo se identifica la estrategia de mantenimiento a utilizarse, la cual poseerá el mayor puntaje al sumar el total de los porcentajes del peso ponderado que posee cada estrategia.

4.3.1.1 Matriz de priorización

Es una herramienta que permite priorizar parámetros de características similares, comparándolos entre si y clasificándolos en orden de importancia. En la siguiente matriz se tendrá en el número uno el parámetro con mayor prioridad y en el número seis el de menor prioridad.

Tabla 4-1 Matriz de priorización

	Aspectos Relevantes	1	2	3	4	5	6	Total	Orden
1	Costo de mantenimiento	0,5	0,5	0	0	0	0	1	6
2	Tiempo de ejecución	0,5	0,5	0,5	0	0,5	1	3	3
3	Presupuesto de la empresa	1	0,5	0,5	0	0	0	2	5
4	Seguridad	1	1	1	0,5	1	1	5,5	1
5	Incidencia en la producción	1	0,5	1	0	0,5	1	4	2
6	Carga de trabajo	1	0	1	0	0	0,5	2,5	4

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.3.1.2 Matriz de perfil competitivo

Es una herramienta que identifica la estrategia de mantenimiento que más se adapta al estudio de los compresores y secadores, obteniéndose del resultado de multiplicar el peso que se ha dado a cada parámetro de acuerdo a la matriz de priorización con la calificación que tiene cada una de las estrategias de mantenimiento de acuerdo a sus fortalezas y debilidades, según la tabla 4-2.

Tabla 4-2 Matriz de perfil competitivo

Factores críticos	Peso	TIPOS DE MANTENIMIENTO							
		Preventivo a tiempo fijo		Preventivo a tiempo variable		CBM		RCM	
		C	P.P.	C	P.P.	C	P.P.	C	P.P.
Costo de mantenimiento	0,06	3	0,17	3	0,17	1	0,06	3	0,17
Tiempo de ejecución	0,17	3	0,50	3	0,50	4	0,67	3	0,50
Presupuesto de la empresa	0,11	2	0,22	3	0,33	1	0,11	4	0,44
Seguridad	0,31	3	0,92	3	0,92	3	0,92	4	1,22
Incidencia en la producción	0,22	2	0,44	3	0,67	3	0,67	3	0,67
Carga de trabajo	0,14	3	0,42	3	0,42	3	0,42	3	0,42
Total	1		2,67		3,00		2,83		3,42

Fuente: Araujo y Guanoluisa

C: Calificación

P.P.: Peso ponderado

Tabla 4-3 Criterio de calificación

Criterio	Calificación
Fortaleza Mayor	4
Fortaleza Menor	3
Debilidad Menor	2
Debilidad Mayor	1

Fuente: Araujo y Guanoluisa

Por lo tanto según las matrices de priorización y perfil competitivo, el tipo de mantenimiento más adecuado para el caso de los compresores y secadores estudiados, es el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

4.4 APLICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO ADECUADA.

Después de evaluar las matrices de priorización y de perfil competitivo se puede observar que la estrategia que mejor se acopla a las necesidades de la empresa Ecuatoriana Industrial es la del mantenimiento centrado en la confiabilidad.

4.4.1 ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO SELECCIONADA

4.4.1.1 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)

El RCM, es un proceso específico usado para identificar las políticas que se deberán implementar, para administrar los modos de fallo que podrían causar la falla funcional de cualquier recurso físico en un contexto operacional dado⁹.

Dicho de otra manera, el RCM es un proceso estructurado que permite definir las estrategias de mantenimiento que deben hacerse, para que los activos continúen cumpliendo con sus funciones dentro de su respectivo contexto operacional.

⁹ Norma SAE JA 1011

La metodología a realizar el mantenimiento centrado en la confiabilidad se presenta a continuación:

- Realizar el análisis AMFE para un compresor en general.
- Elaborar tabla de correctivos que se desprenden del análisis AMFE.
- Realizar las actividades de mantenimiento.

Al aplicar esta metodología en los equipos se logra resultados como:

- Mayor seguridad e integridad ambiental: Esto significa que se actúa para minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad de los equipos y el ambiente.
- Mejora el funcionamiento operacional: Cantidad, calidad del producto y servicio al cliente.
- Mayor vida útil de los equipos
- Una base de datos global: La estrategia del RCM finaliza con un registro global y documentado de los requerimientos de mantenimiento de todos los activos físicos que fueron vendidos por la empresa.
- Mejor trabajo de equipo: El RCM provee un lenguaje técnico que es de fácil entender para cualquier persona que tenga alguna relación con el mantenimiento.

4.4.2 ANÁLISIS AMFE

El análisis modal de falla y efecto fue creado como una herramienta de la calidad y posteriormente esta herramienta paso a formar parte del RCM.

El análisis modal de falla y efecto (Analyse des modes de défauts et effets. AMDE, en francés o Failure Mode and Effect Analysis. FMEA, en inglés), es una herramienta de análisis para la identificación, evaluación y prevención de los posibles fallos y efectos que pueden aparecer en un producto, servicio o proceso.¹⁰

El AMFE fue aplicado por vez primera por la industria aeroespacial en la década de los 60, e incluso recibió una especificación en la norma militar americana MIL-STD16291 titulada "Procedimientos para la realización de análisis de modo de fallo,

¹⁰ "Ingeniería del Mantenimiento", Escuela politécnica Nacional, Ecuador. 2008

efectos y criticidad". En la década de los 70 lo empezó a utilizar Ford, extendiéndose más tarde al resto de fabricantes de automóviles. En la actualidad es un método básico de análisis en el sector del automóvil que se ha extrapolado satisfactoriamente a otros sectores.

El principal interés del AMFE es el de resaltar los puntos críticos con el fin de eliminarlos o establecer un sistema preventivo (medidas correctoras) para evitar su aparición o minimizar sus consecuencias, con lo que se puede convertir en un riguroso procedimiento de detección de defectos potenciales, si se aplica de manera sistemática.

La parte fundamental del método consiste en cuantificar los índices de gravedad, frecuencia y detección de un modo de falla, esta cuantificación permite el cálculo del índice de prioridad de riesgo.

4.4.2.1.1 Índice de prioridad de riesgo (IPR)

Este índice es el producto de la frecuencia por la gravedad y por la detectabilidad, siendo tales factores traducibles a un código numérico a dimensional que permite priorizar la urgencia de la intervención, así como el orden de las acciones correctoras. Por tanto debe ser calculado para todas las causas de fallo.¹¹

$$IPR = D.G.F$$

Donde:

G: índice de gravedad del fallo

F : índice de frecuencia del fallo

D: índice de detección del fallo

Es de suma importancia determinar de buen inicio cuales son los puntos críticos del producto/proceso a analizar.

El índice de prioridad de riesgo debe ser calculado para todas las causas de fallo. No se establece un criterio de clasificación de tal índice. No obstante un IPR inferior

¹¹ "Ingeniería del Mantenimiento", Escuela politécnica Nacional, Ecuador. 2008

a 100 no requeriría intervención salvo que la mejora fuera fácil de introducir y contribuyera a mejorar aspectos de calidad del producto, proceso o trabajo.

4.4.2.1.2 Gravedad

Determina la importancia o severidad del efecto del modo de fallo potencial para el cliente (no teniendo que ser este el usuario final); valora el nivel de consecuencias, con lo que el valor del índice aumenta en función de la insatisfacción del cliente, la degradación de las prestaciones esperadas y el coste de reparación.

Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, la gravedad valora las consecuencias de la materialización del riesgo, entendiéndolas como el accidente o daño más probable/habitual.

Tabla 4-4 Clasificación de la gravedad de la causa de fallo

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes, apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observará un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponden un 10.	9-10

Fuente: Folleto Ingeniería del Mantenimiento, EPN 2008

4.4.2.1.3 Frecuencia

Es la Probabilidad de que una causa potencial de fallo (causa específica) se produzca y dé lugar al modo de fallo.

Se trata de una evaluación subjetiva, con lo que se recomienda, si se dispone de información, utilizar datos históricos o estadísticos. Si en la empresa existe un Control Estadístico de Procesos es de gran ayuda para poder objetivar el valor. No obstante, la experiencia es esencial.

Tabla 4-5 Clasificación de la frecuencia de la causa de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
Muy baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1	1/10000
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3	1/5000 – 1/2000
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-5	1/1000 – 1/200
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	6-8	1/100 – 1/50
Muy alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10	1/20 – 1/10

Fuente: Folleto Ingeniería del Mantenimiento, EPN 2008

4.4.2.1.4 Detectabilidad

Tal como se definió anteriormente este índice indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, sea detectado con antelación suficiente para evitar daños, a través de los "controles actuales" existentes a tal fin. Es decir, la capacidad de detectar el fallo antes de que llegue al cliente final. Inversamente a los otros índices, cuanto menor sea la capacidad de detección mayor será el índice de detectabilidad y mayor el consiguiente índice de Riesgo, determinante para priorizar la intervención.

Tabla 4-6 Clasificación de la detectabilidad de la causa de fallo

DETECCIÓN	CRITERIO	VALOR	PROBABILIDAD
Muy alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes.	1	1/10000
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 posteriori.	2 -3	1/5000 – 1/2000
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estados de producción.	4 - 6	1/1000 – 1/200
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7 - 8	1/100 – 1/50
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final.	9 - 10	1/20 – 1/10

Fuente: Folleto Ingeniería del Mantenimiento, EPN 2008

4.4.3 R. C.M. PARA EL COMPRESOR DE TORNILLO

4.4.3.1 Funcionamiento del compresor de tornillo BOGE

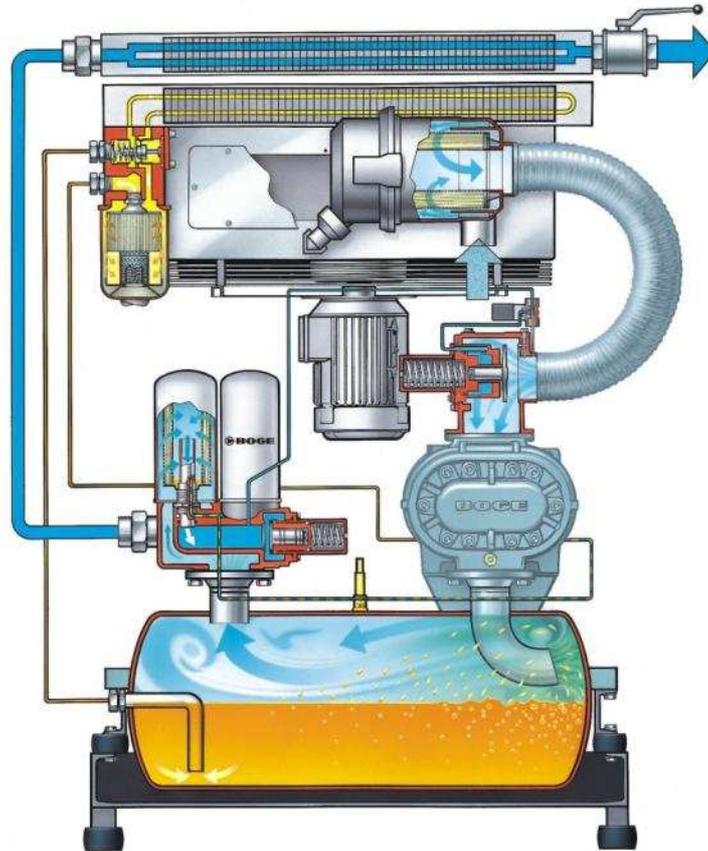


Figura 4-1 Proceso de compresión

Fuente: Ecuatoriana Industrial

Ingresa el aire por el filtro de aspiración hasta llegar a la válvula de admisión la cual dependiendo del estado de servicio del compresor abre (marcha en carga) o cierra (marcha en vacío y parada) el paso del aire hacia la etapa de compresión por medio de la válvula solenoide.

La etapa de compresión trabaja según el principio de desplazamiento positivo. Dentro de la carcasa giran accionados por un motor eléctrico un rotor principal y un rotor auxiliar.

Ambos rotos disponen de perfiles en forma de tornillo que se entrelazan sin entrar en contacto. Con las paredes de la carcasa forman las paredes que van disminuyendo el aire en dirección del flujo. Al girar los rotos el aire aspirado es comprimido dentro de las cámaras hasta alcanzar la presión final. Durante la

compresión se inyecta continuamente aceite en la etapa de compresión. Esta inyección sirve para la refrigeración, compresión y lubricación.

El aire comprimido y el aceite se separan entre sí debido a la gravedad en el depósito de aceite de aire comprimido.

Una vez separado el aire comprimido del aceite, éste sube hacia un separador de aceite que separa el aceite residual contenido en el aire comprimido y a su vez se dirige hacia una válvula de mínima presión que se abre al momento que la presión del sistema alcanza los 3.5 bares causando una generación rápida de la presión del sistema garantizando la lubricación en la fase final de arranque. Además esta válvula tras la desconexión del compresor retiene el aire el aire comprimido que es enviado a la red.

El aire comprimido al salir de los separadores se dirige hacia el radiador combinado donde alcanzara la temperatura óptima de trabajo.

El aceite que se separa en el tanque se dirige hacia una válvula termostática, la cual se abre cuando la temperatura del aceite supera los 70° C, dirigiéndolo hacia el radiador combinado el cual enfriará el aceite y lo enviará nuevamente hacia la unidad de compresión pasando antes por un filtro de aceite.

El aceite que es recolectado en los separadores de aceite es llevado hacia la unidad de compresión para nuevamente ser usado.

4.4.3.2 Diagrama funcional del proceso del compresor de tornillo

A continuación se muestra el diagrama funcional de bloques del compresor de tornillo, indica cómo funciona el equipo compresor. Además permite ver los tipos de fallas que puede tener, ya que cada flecha es una conexión y por ende si una de éstas se corta, la máquina falla.

4.4.3.2.1 Alimentación eléctrica

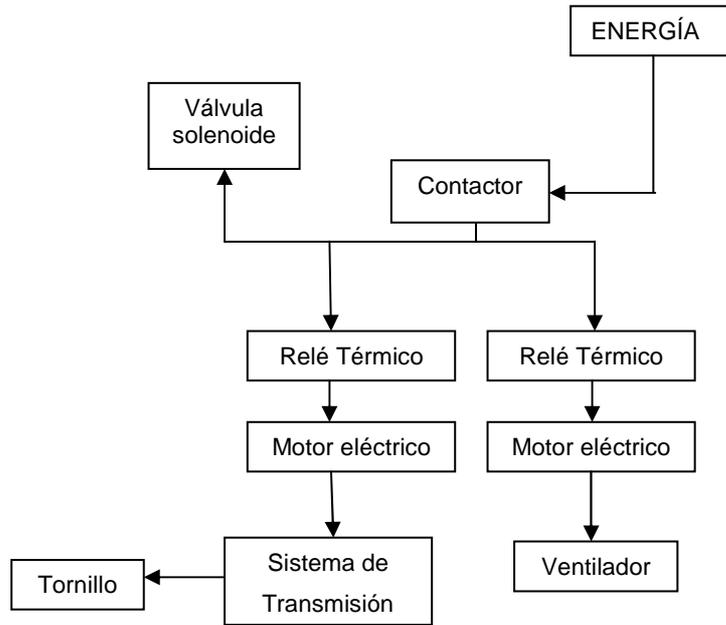


Figura 4-2 Alimentación eléctrica

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.3.2.2 Circuito de aceite

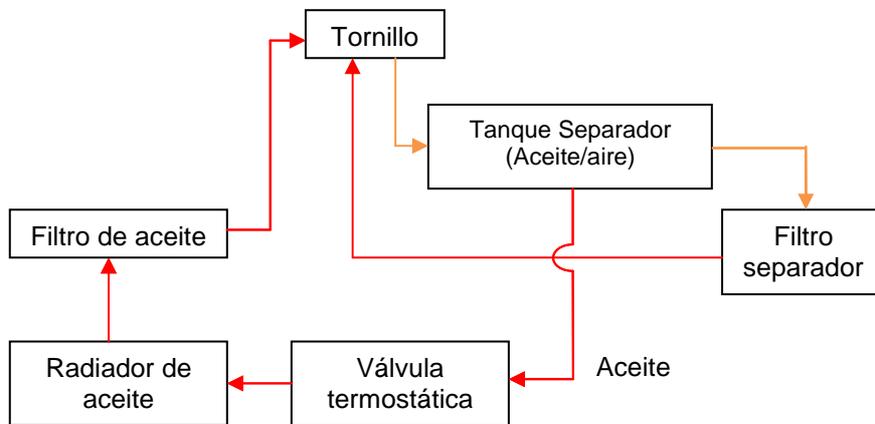


Figura 4-3 Circuito de aceite

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.3.2.3 Circuito de aire

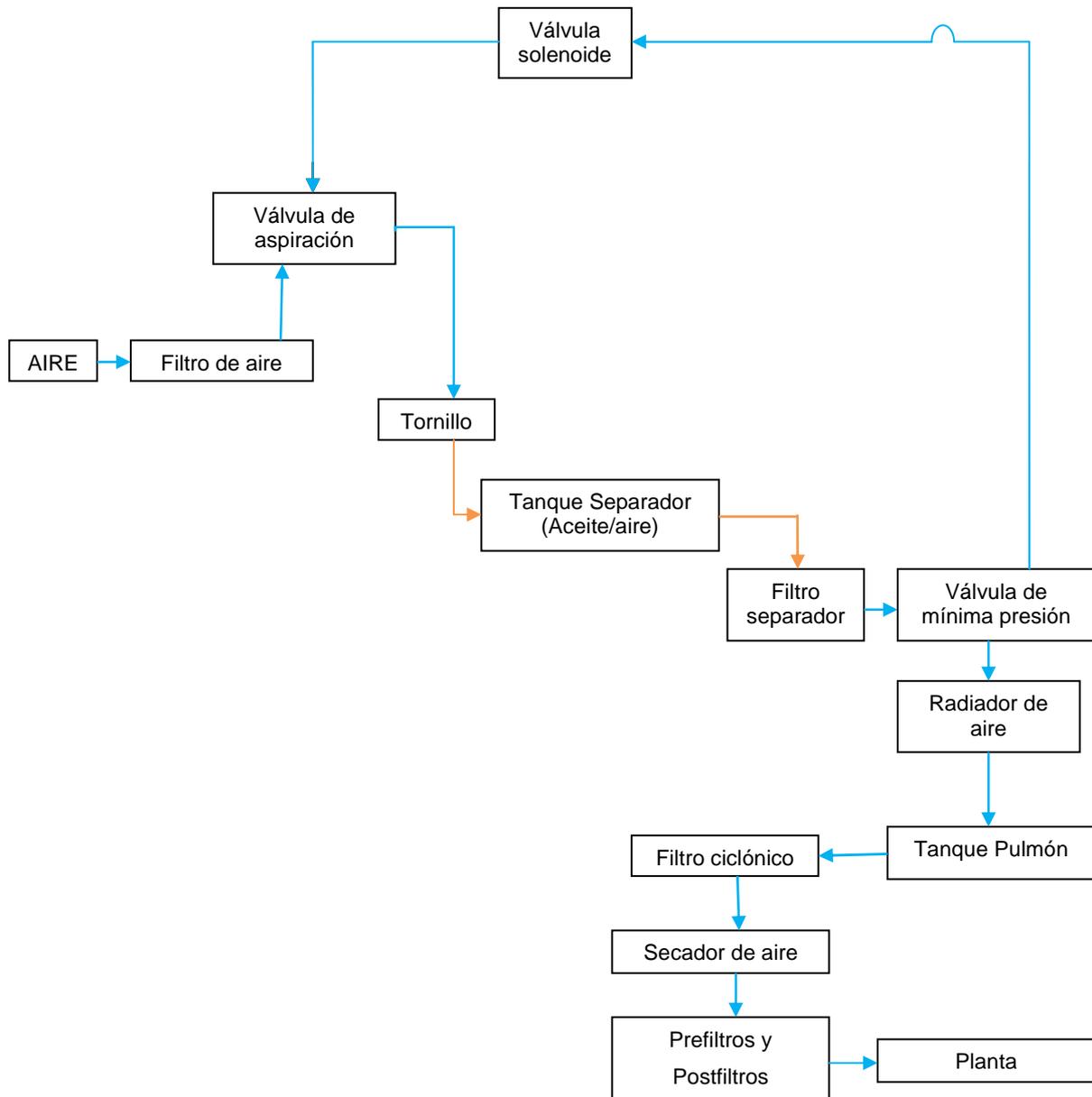


Figura 4-4 Circuito de aire
Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.3.2.4 Circuito general del equipo

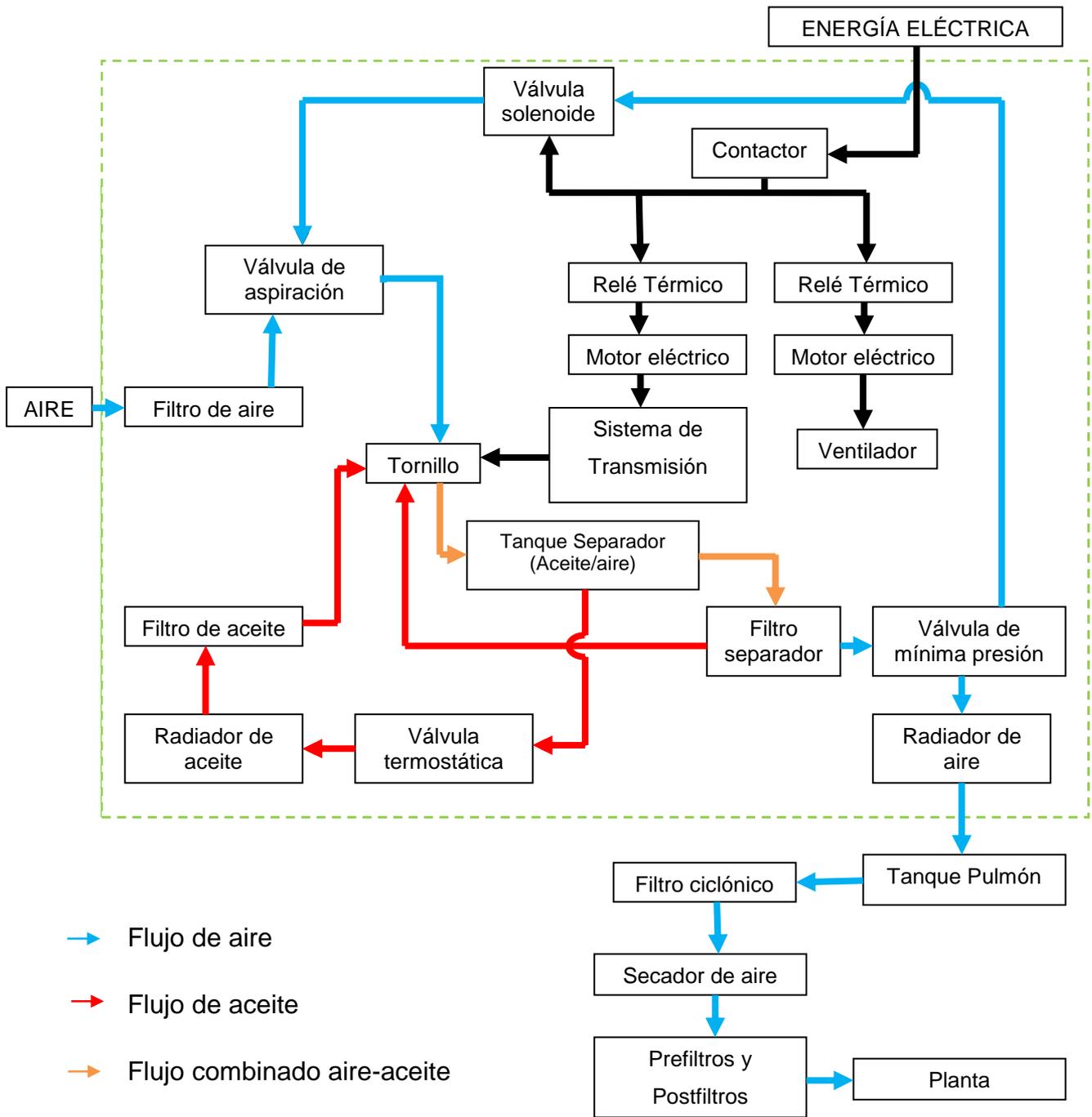


Figura 4-5 Circuito general del Equipo

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.3.3 Diagramas sistemáticos funcionales de los subsistemas del compresor de tornillo

En los siguientes diagramas se muestra una clasificación del sistema y subsistemas del compresor, además de las funciones que cumplen los diferentes subsistemas.

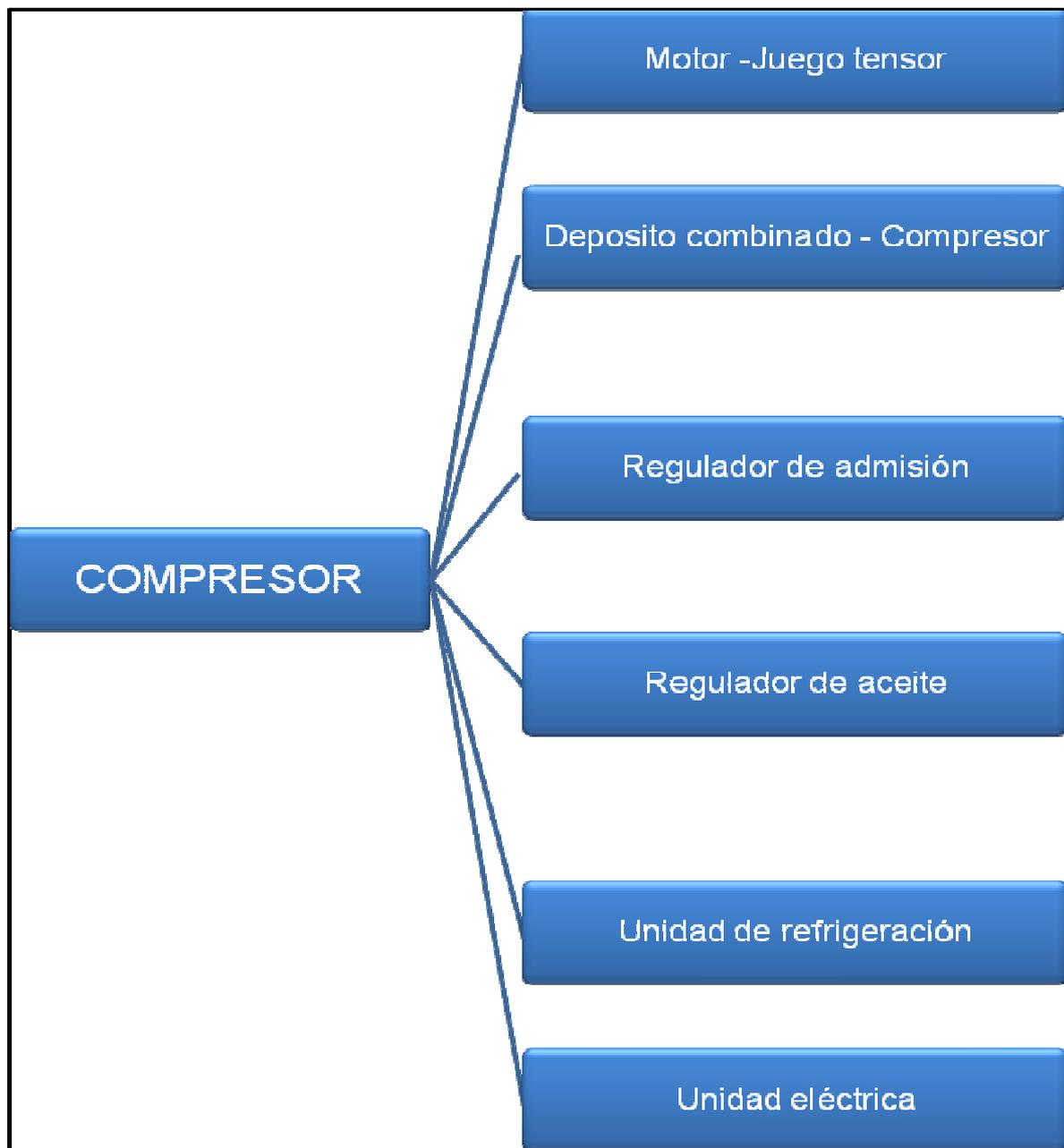


Figura 4-6 Diagrama sistemático del compresor de tornillo

Fuente: Araujo y Guanoluisa

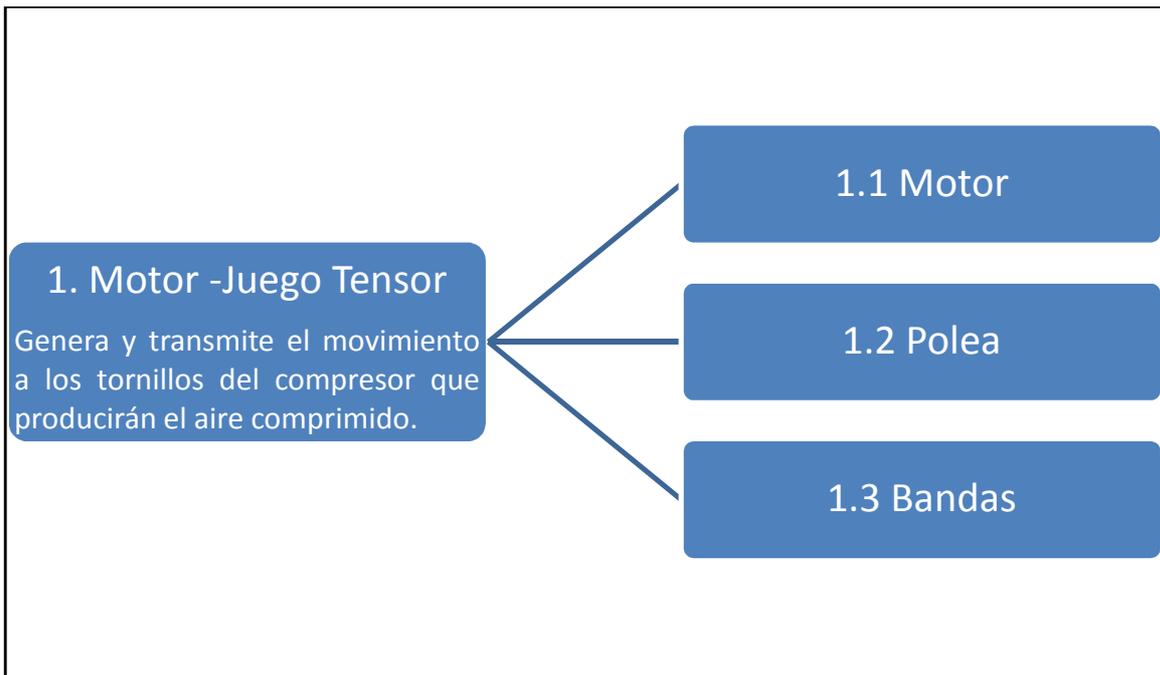


Figura 4-7 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Motor - Juego Tensor

Fuente: Araujo y Guanoluisa

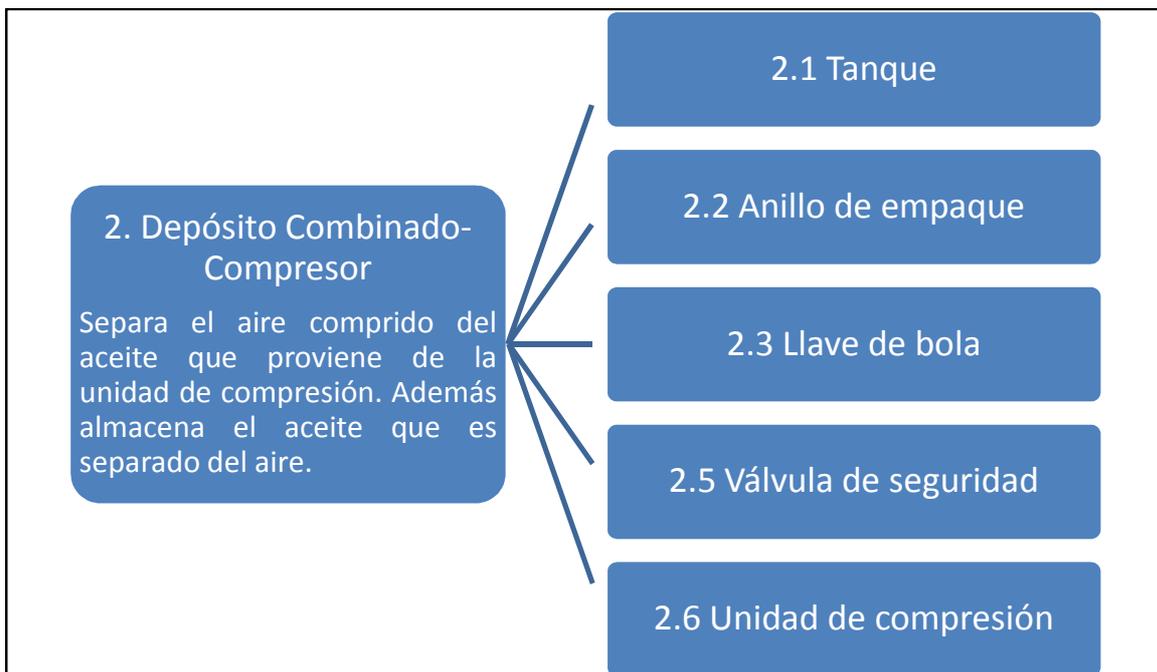


Figura 4-8 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Depósito Combinado - Compresor

Fuente: Araujo y Guanoluisa

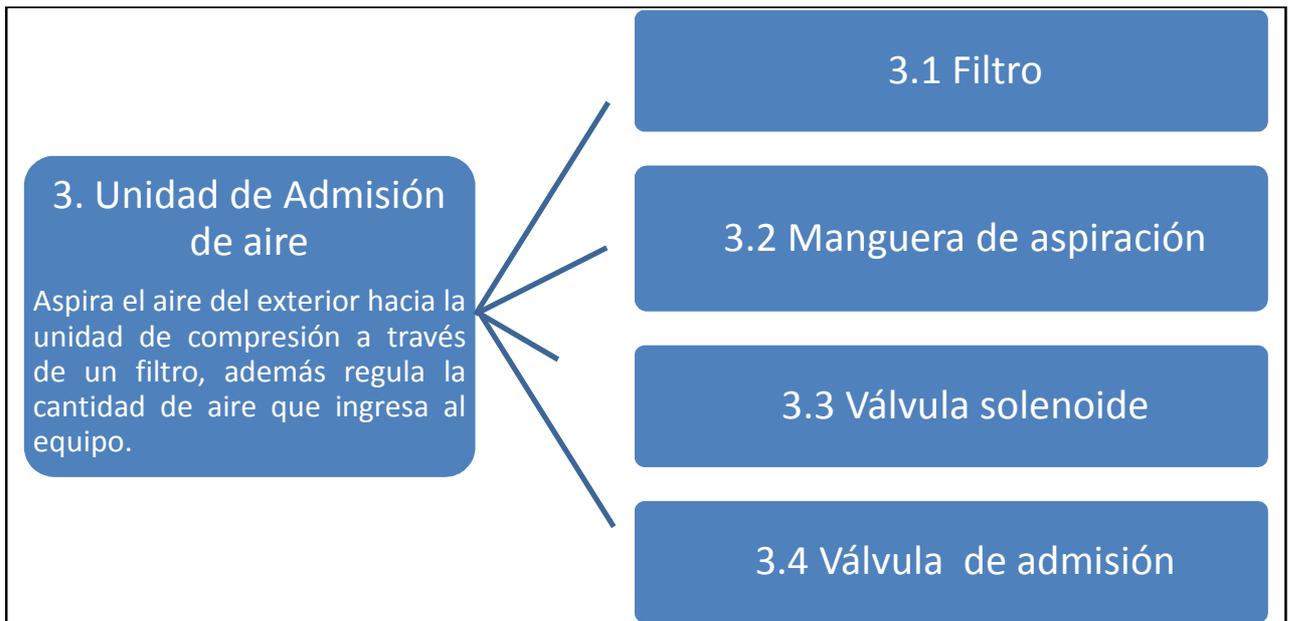


Figura 4-9 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Unidad de Admisión de aire

Fuente: Araujo y Guanoluisa

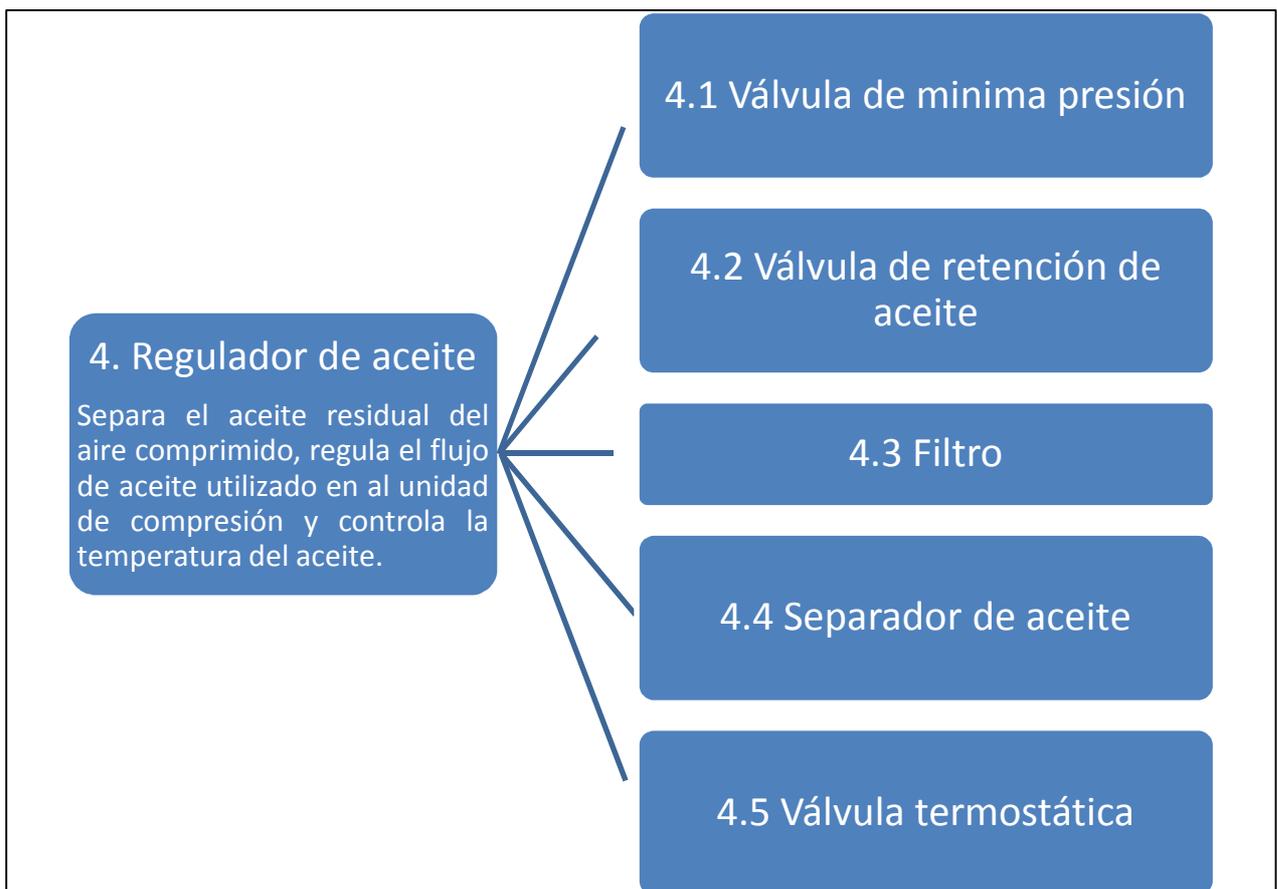


Figura 4-10 Diagrama sistemático y funcional del subsistema regulador de aceite

Fuente: Araujo y Guanoluisa

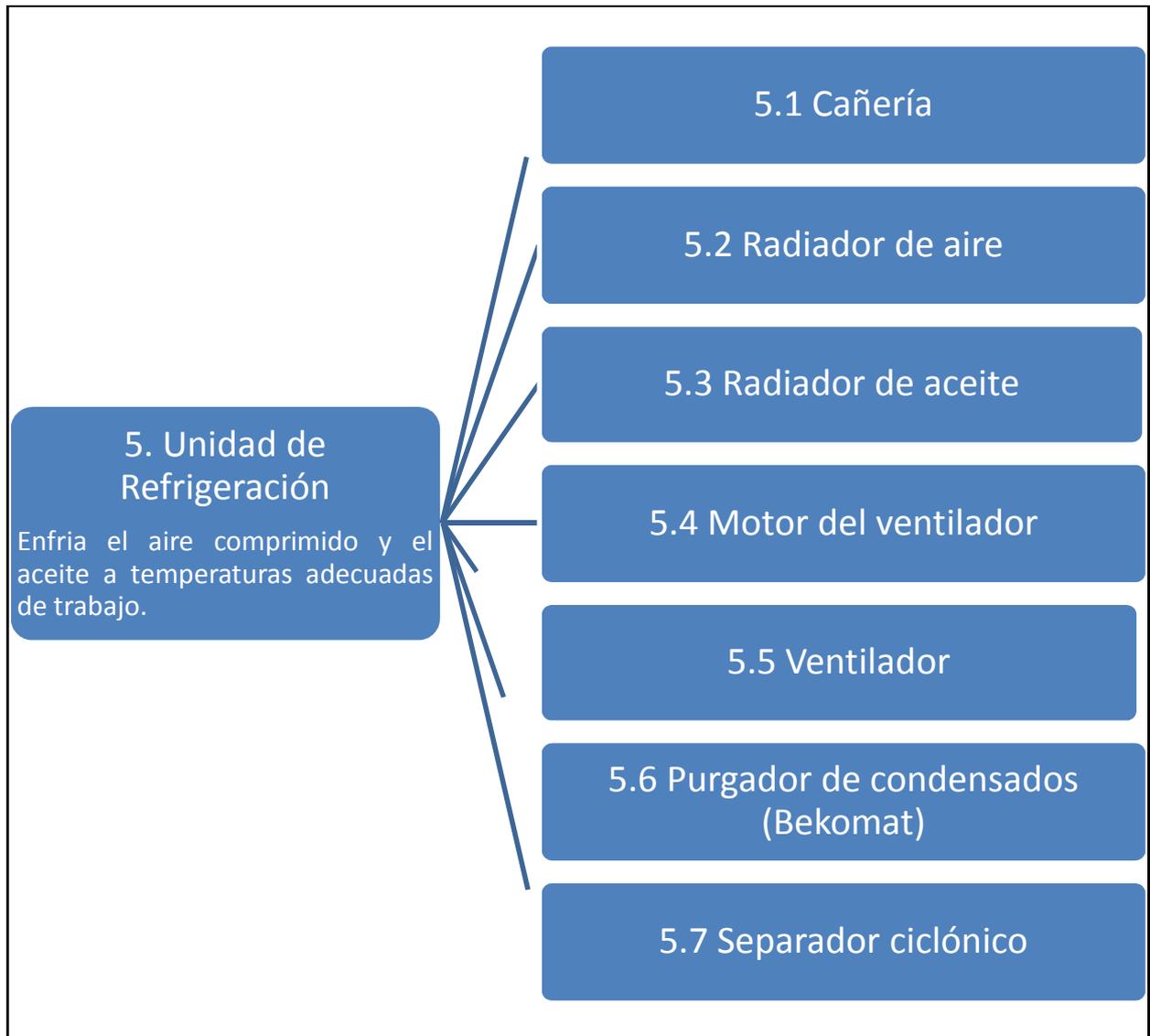


Figura 4-11 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Unidad de refrigeración

Fuente: Araujo y Guanoluisa

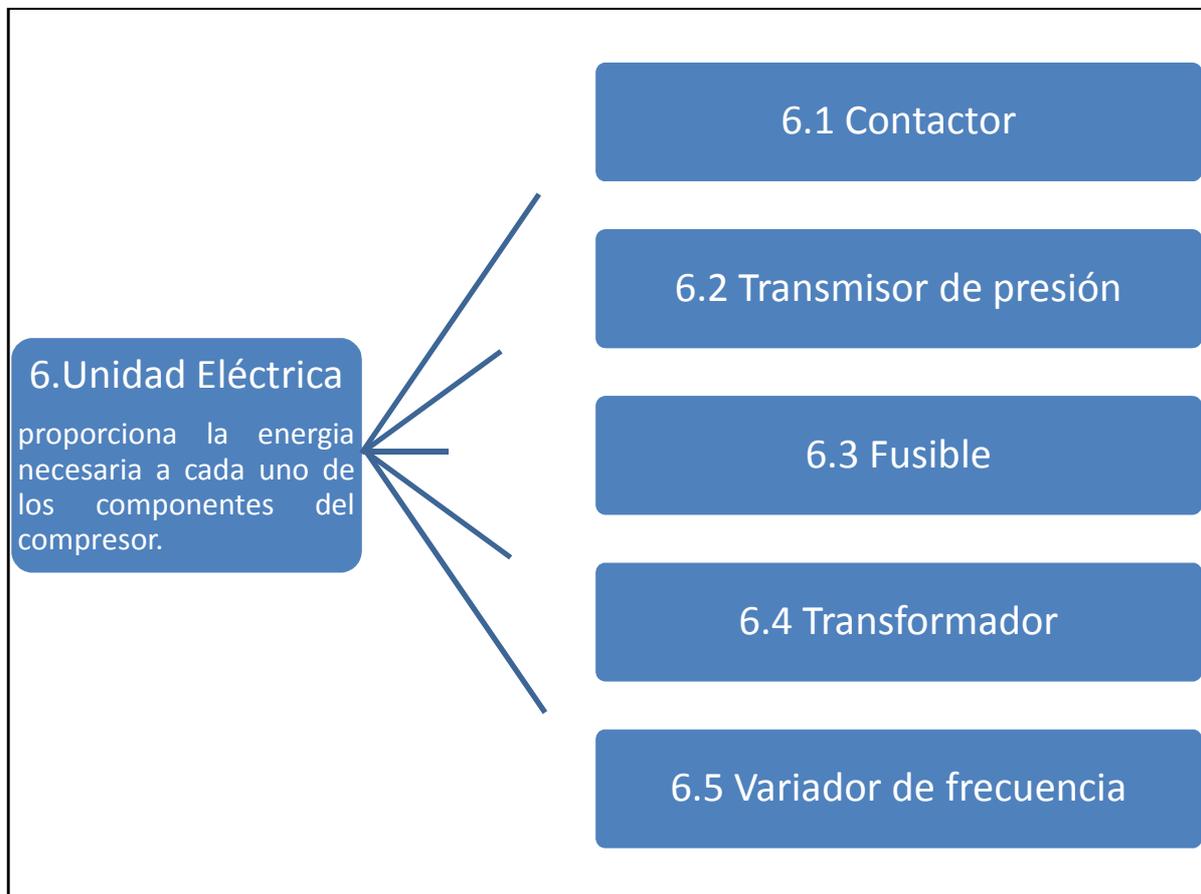


Figura 4-12 Diagrama sistemático y funcional del subsistema Unidad Eléctrica

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.3.4 Tabla AMFE para el compresor de tornillo BOGE

Tabla 4-7 AMFE motor - juego tensor

1	CUADRO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)									
SISTEMA: COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					FACILITADOR: Ing. Daniel Venegas		FECHA: 14/02/2011		HOJA Nº 1	
SUBSISTEMA: MOTOR- JUEGO TENSOR					AUDITOR: Araujo y Guanoluiza		FECHA: 16/02/2011		DE 1	
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR
1.1	Motor	Proporciona movimiento a los tornillos del compresor.	Sobrecalentamiento del motor	Sobrecarga del motor	Disminuye la velocidad, potencia, rendimiento	Seguridad	7	3	5	105
				Insuficiente enfriamiento del motor			8	3	1	24
				Termistor PTC defectuoso o muy usado			7	3	1	21
				Falla en una fase de la línea eléctrica			8	4	4	128
			Sentido de rotación incorrecta	Dos fases de la red principal de alimentación o del motor están invertidas	No sube la presión	Operacional	9	2	2	36
1.2	Polea	Transmiten el movimiento que produce el motor a través de la banda.	Mala alineación entre poleas	Mal montaje	Desgaste excesivo de las bandas	Operacional	6	2	1	12
1.3	Bandas	Transmite el movimiento de polea a polea.	Bandas desgastadas	Tiempo excesivo de uso	No transmite correctamente la potencia del motor al tornillo	Operacional	8	5	2	80
				Mala Calibración de ajuste			7	5	4	140

Fuente: Araujo y Guanoluiza

Tabla 4-8 AMFE deposito combinado – compresor

2 CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)											
SISTEMA:					FACILITADOR:		FECHA:		HOJA Nº		
COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					Ing. Daniel Venegas		17/02/2011		1		
SUBSISTEMA:					AUDITOR:		FECHA:		DE		
DEPOSITO COMBINADO - COMPRESOR					Araujo y Guanoluisa		21/02/2011		2		
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFEECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	
2.1	Tanque	Almacena el aire comprimido.	Disminución de presión (< 7 bar)	Anillos de empaque en mal estado	Ruido no habitual	Seguridad	8	4	4	128	
				Válvula de mínima presión en mal estado			7	3	3	63	
2.2	Anillos de empaque	Garantiza la hermeticidad del tanque.	Fuga de aire	Tiempo excesivo de vida útil	Pérdida de presión en el tanque	Seguridad	8	4	4	128	
				Mala posición o mal montaje			8	2	3	48	
2.3	Llave de bola	Abre o cierra el paso de aceite para drenar el tanque.	Presencia de aceite en la bandeja	Desgaste de la bola	Pérdida de aceite	Operacional	7	2	3	42	
2.4	Válvula de seguridad	Evita que el tanque sufra roturas por excesivas elevaciones de presión.	Excesiva presión en el tanque (> 8 bar)	Presencia de residuos en el aire del tanque	Produce daño en la válvula de mínima presión	Seguridad	7	2	3	42	

Fuente: Araujo y Guanoluisa

2		CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)									
SISTEMA:					FACILITADOR:		FECHA:		HOJA Nº		
COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					Ing. Daniel Venegas		17/02/2011		2		
SUBSISTEMA:					AUDITOR:		FECHA:		DE		
DEPOSITO COMBINADO - COMPRESOR					Araujo y Guanoluisa		21/02/2011		2		
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	
2.5	Unidad de compresión (tornillos)	Comprimir el aire.	Falta de lubricación	Excesivo consumo de aceite	No sube la presión	Operacional	8	4	4	128	
			Fractura de los tornillos	Fatiga, falta de lubricación	Parada del compresor		10	2	2	40	
			Ruido anormal y excesivas vibraciones	Cojinetes desgastados	No existe apoyo radial y axial		9	4	3	108	

Fuente: Araujo y Guanoluisa

Tabla 4-9 AMFE unidad de admisión de aire

3 CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)											
SISTEMA: COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					FACILITADOR: Ing. Daniel Venegas		FECHA: 22/02/2011		HOJA Nº 1		
SUBSISTEMA: UNIDAD DE ADMISIÓN DE AIRE					AUDITOR: Araujo y Guanoluisa		FECHA: 24/02/2011		DE 1		
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	
3.1	Filtro	Retiene las impurezas del aire que aspira del ambiente.	Exceso de impurezas	Saturación del filtro	Entrada de aire contaminado al equipo	Operacional	7	5	4	140	
				Cumplimiento de vida útil			7	4	4	112	
3.2	Manguera de aspiración	Conduce el aire del ambiente hacia el compresor.	Fisuras	Presencia de partículas sólidas en el aire	Escape de aire durante la admisión	Operacional	6	2	2	24	
3.3	Válvula solenoide	Abre (marcha en carga) o cierra (marcha en vacío y parada) la tubería de aspiración dependiendo del estado de servicio del compresor.	No entra en vacío el compresor	El diafragma está dañado o mal alineado	Excesiva presión en el sistema	Seguridad	8	3	5	120	
				La superficie de contacto del diafragma o de la válvula está sucia o dañada			7	2	3	42	
3.4	Válvula de admisión	Regula el flujo de aire que ingresa al compresor.	Ruptura de sellos	Desgaste de sellos	Regulación de succión incorrecta	operacional	8	3	3	72	
				Cumplimiento de vida útil			7	4	4	112	

Fuente: Araujo y Guanoluisa

Tabla 4-10 AMFE regulador de aceite

4 CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)										
SISTEMA: COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					FACILITADOR: Ing. Daniel Venegas		FECHA: 25/02/2011		HOJA Nº 1	
SUBSISTEMA: REGULADOR DE ACEITE					AUDITOR: Araujo y Guanoluisa		FECHA: 02/03/2011		DE 2	
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR
4.1	Válvula de mínima presión	Abre al momento que la presión alcanza los 3,5 bar. Causa una generación rápida de la presión del sistema garantizando la lubricación en la fase inicial de arranque. Tras la desconexión del compresor evita que fluya de vuelta el aire comprimido al sistema.	Aumento de presión lento	Muelles fatigados	Retorno de aire comprimido de la red al sistema y no se genera carga	Operacional	9	4	4	144
				Anillos de ajuste en mal estado o excesiva vida útil			8	2	3	48
4.2	Válvula de retención de aceite	Evita que el aceite utilizado en la unidad de compresión (tornillos) regrese a los separadores de aceite.	Acumulación de aceite en los compresores	Anillos de ajuste en mal estado o excesiva vida útil	Mala lubricación en los tornillos	Operacional	7	2	3	42
4.3	Filtro de aceite	Filtra el suministro de aceite antes de ingresar a la unidad de compresión.	Exceso de impurezas	Saturación del filtro	Entrada de aceite muy contaminada al equipo	Operacional	8	4	4	128
			Fugas en el filtro	Anillos de ajuste en mal estado	Desperdicio de aceite	Ambiental	8	2	2	32

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4 CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)										
SISTEMA: COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					FACILITADOR: Ing. Daniel Venegas		FECHA: 25/02/2011		HOJA Nº 2	
SUBSISTEMA: REGULADOR DE ACEITE					AUDITOR: Araujo y Guanoluisa		FECHA: 02/03/2011		DE 2	
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR
4.4	Separador de aceite	Separa el aceite residual contenido en el aire comprimido.	Exceso de impurezas	Saturación de filtros	Aire comprimido contaminado	Operacional	9	5	4	180
				Cumplimiento de vida útil			8	4	4	128
4.5	Válvula termostática	Permite el paso del aceite al radiador cuando el aceite supera los 70° C.	Aumento de temperatura en el aceite (> 70° C)	Anillos de ajuste en mal estado, muelle fatigado	El aceite pierde sus propiedades de lubricación y de sello en el tornillo para la compresión	Operacional	7	2	3	42
				Cumplimiento de la vida útil de la válvula			8	4	4	128

Fuente: Araujo y Guanoluisa

Tabla 4-11 AMFE unidad de refrigeración

5 CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)											
SISTEMA: COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					FACILITADOR: Ing. Daniel Venegas		FECHA: 03/03/2011		HOJA Nº 1		
SUBSISTEMA: UNIDAD DE REFRIGERACIÓN					AUDITOR: Araujo y Guanoluisa		FECHA: 09/03/2011		DE 2		
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	
5.1	Cañería	Transporta el aire comprimido y aceite sin que exista pérdidas	Fugas de aceite	Cañería rota y uniones mal acopladas	Baja el nivel de aceite	Operacional	6	2	2	24	
			Fugas de aire		La presión de descarga de aire disminuye						
5.2	Radiador de aire	Enfría el aire comprimido	Presencia de perforaciones	Corrosión	Pérdida de aire y presión	Operacional	9	3	4	108	
			Incrustaciones al interior	Acumulación de partículas	Circulación defectuosa de aire en el radiador		7	2	3	42	
5.3	Radiador de aceite	Enfría el aceite	Presencia de perforaciones	Corrosión	Pérdida de aceite	Operacional	9	3	4	108	
			Incrustaciones al interior	Acumulación de partículas	Circulación defectuosa de aceite en el radiador		8	2	3	48	
5.4	Motor del ventilador	Impulsa directamente el ventilador para producir aire de refrigeración	Sentido de rotación incorrecto	Dos fases de la red de alimentación o del motor están invertidas	Radiadores no se ventilan	Operacional	7	2	2	28	
			Motor se detiene	Falla interna en el suministro de energía			8	2	2	32	

Fuente: Araujo y Guanoluisa

5	CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)									
SISTEMA:					FACILITADOR:		FECHA:		HOJA Nº	
COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					Ing. Daniel Venegas		03/03/2011		2	
SUBSISTEMA:					AUDITOR:		FECHA:		DE	
UNIDAD DE REFRIGERACIÓN					Araujo y Guanoluiza		09/03/2011		2	
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR
5.5	Ventilador	Ventila los radiadores de aceite y aire	Aspas rotas	Desbalanceo y vibración	Ventilación defectuosa de radiadores	Operacional	7	3	1	21
			Bajo flujo de aire de enfriamiento	Baja potencia del motor			7	4	3	84
5.6	Purgador de condensados (Bekomat)	Evacua el condensado de zonas en las que se dan fases transitorias de vacío y en las que es necesario evitar que se produzca una reabsorción del mismo	Pérdidas innecesarias de aire comprimido al purgar	Daño en el nivel electrónico del dispositivo	Baja de presión en la descarga	Operacional	8	3	5	120
5.7	Separador ciclónico	Separa del aire comprimido líquidos, aerosoles y partículas solidas, basado en el efecto centrífugo	Aire comprimido de descarga con alta humedad e impurezas	Cumplimiento de vida útil	Presencia de condensado en la red final	Operacional	9	2	6	108

Fuente: Araujo y Guanoluiza

Tabla 4-12 AMFE unidad eléctrica

6	CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)									
SISTEMA:					FACILITADOR:		FECHA:		HOJA Nº	
COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					Ing. Daniel Venegas		10/03/2011		1	
SUBSISTEMA:					AUDITOR:		FECHA:		DE	
UNIDAD ELÉCTRICA					Araujo y Guanoluisa		15/03/2011		2	
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR
6.1	Contactor	Establece o interrumpe el paso de la corriente en forma electromecánica al compresor	Contactos pegados o soldados	Falla interna suministro de energía	No arranca el compresor	Operacional	8	2	2	32
6.2	Transmisor de presión	Acepta una señal de presión de un elemento primario y la convierte en una señal de salida analógica de 4 - 20 mA.	No hay señal de presión	Cables transmisores dañados	No existe lectura de presión del equipo	Operacional	7	3	1	21
6.3	Fusibles	Protege al equipo contra sobre corrientes o corto circuitos	Fusible quemado	Paso de corriente alta	Parada del compresor	Operacional	6	5	1	30
6.4	Transformador	Aumenta o disminuye la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia	Carga de voltaje excesiva	Mala instalación o mal manejo del equipo	No funciona el compresor	Operacional	8	2	2	32

Fuente: Araujo y Guanoluisa

6		CUARO AMFE DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO (COMPRESOR SERIE S BOGE)									
SISTEMA:					FACILITADOR:		FECHA:		HOJA Nº		
COMPRESOR DE TORNILLO "BOGE"					Ing. Daniel Venegas		10/03/2011		2		
SUBSISTEMA:					AUDITOR:		FECHA:		DE		
UNIDAD ELÉCTRICA					Araujo y Guanoluisa		15/03/2011		2		
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	
6.5	Variador de frecuencia	Adapta la revoluciones del motor de accionamiento y la etapa de compresión de manera flexible	No regula las revoluciones del motor	Sobrecarga	No comprime el aire a la presión indicada	Operacional	7	3	3	63	

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.3.5 Tablas de acciones correctivas

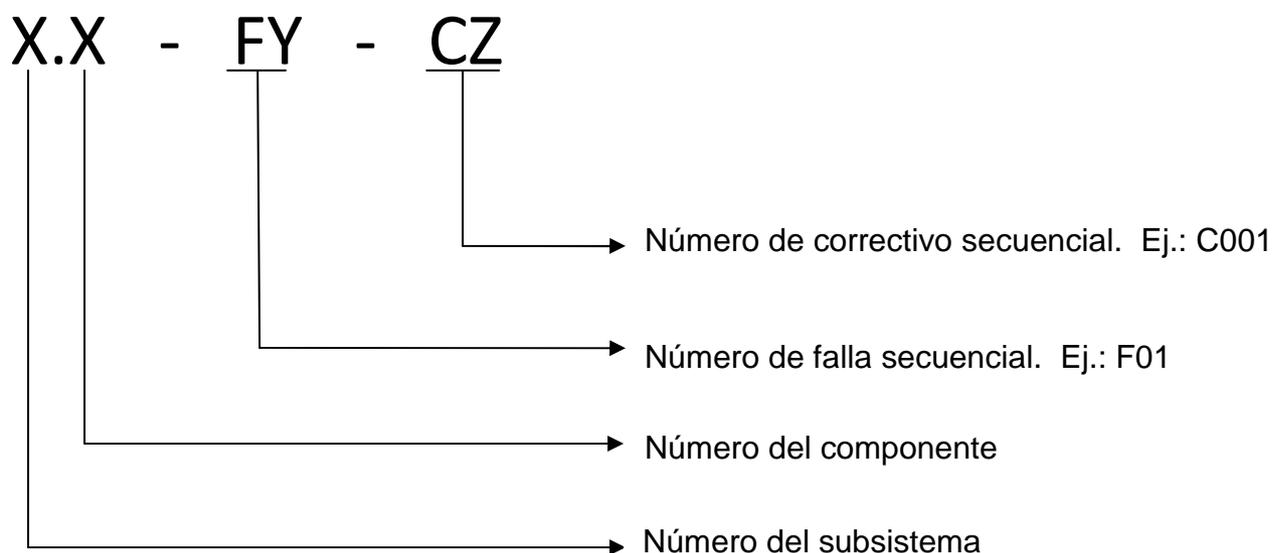
El objetivo de realizar estas tablas es de reducir el índice de prioridad de riesgo (IPR), ya que un índice aceptable tiene que ser menor a 100 de acuerdo al análisis que el RCM nos sugiere.

Los pasos para la creación de las tablas de acciones correctivas son:

- Identificar los componentes que presentan un IPR mayor o igual a 100
- Identificar la causa crítica de funcionamiento
- Plantear las acciones correctivas necesarias para cada caso
- Ubicar los nuevos valores de gravedad, frecuencia y detectabilidad
- Calcular el nuevo IPR que debe ser menor a 100

4.4.3.5.1 Códigos de acciones correctivas

Para tener un orden con la información es importante que cada correctivo presente un código, el código propuesto es el siguiente:



El número de los subsistemas y componentes está expresado en los diagramas sistemáticos y funcionales de los equipos. El número de fallo secuencial se

representa con la letra F para el compresor y FS para el secador y le siguen dos números los mismos que representan la secuencia de fallos. El número de correctivo secuencial se representa por la letra C tanto para compresor y secador y le siguen tres números los mismos que representan la secuencia de correctivos.

Tabla 4-13 Cuadro de acciones correctivas del compresor de tornillo

CUADRO DE ACCIÓN CORRECTIVA												
COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	FALLA CRÍTICA	G	F	D	IPR	CÓDIGO CORRECTIVO	ACCIÓN CORRECTIVA	G	F	D	IPR
1.1	1.1-F01	Sobrecarga eléctrica	7	3	5	105	1.1-F01-C001	Garantizar el suministro de energía apropiado. (Voltaje constante)	3	2	5	30
	1.1-F02	Cortocircuito	8	4	4	128	1.1-F02-C002	Comprobar los contactos de puesta a tierra y las líneas eléctricas	4	2	3	24
1.3	1.3-F03	Desgaste de las bandas	7	5	4	140	1.3-F03-C003	Realizar un correcto ajuste y alineación en cada cambio.	4	2	3	24
2.1	2.1-F04	Disminución de presión	8	4	4	128	2.1-F04-C004	Colocar anillos de empaque de buena calidad y cambiarlos periódicamente	3	3	4	36
2.2	2.2-F05	Fugas de aire	8	4	4	128	2.2-F05-C005	Realizar correctamente el montaje de los anillos y cambiarlos periódicamente	3	4	4	48

Fuente: Araujo y Guanoluisa

COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA CRÍTICA	G	F	D	IPR	CÓDIGO CORRECTIVO	ACCIÓN CORRECTIVA	G	F	D	IPR
2.5	2.5-F06	El aire no se comprime	8	4	4	128	2.5-F06-C006	Revisar las tuberías de aceite y completar adecuadamente el depósito de aceite	3	2	4	24
	2.5-F07	Existe contacto entre tornillos o con la carcasa	9	4	3	108	2.5-F07-C007	Cambiar los cojinetes	3	2	3	18
3.1	3.1-F08	Daño en los tornillos	7	5	4	140	3.1-F08-C008	Inspección periódica del filtro	4	3	3	36
	3.1-F09	Deterioro en el compresor	7	4	4	112	3.1-F09-C009	Cambio permanente del filtro	2	2	5	20
3.3	3.3-F10	Excesiva presión en el sistema	8	3	5	120	3.3-F10-C010	Revise el diafragma en busca de daños. Vuelva a alinear el diafragma o reemplace la válvula	4	2	3	24
3.4	3.4-F11	Mal funcionamiento del compresor	7	4	4	112	3.4-F11-C011	Cambio de sellos de la válvula	3	3	4	36
4.1	4.1-F12	No existe flujo de aire hacia la red	9	4	4	144	4.1-F12-C012	Cambio de la válvula de mínima presión	4	2	4	32
4.3	4.3-F13	Impurezas en el equipo	8	4	4	128	4.3-F13-C013	Cambio de filtro periódicamente	3	2	4	24

Fuente: Araujo y Guanoluisa

COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	CAUSA CRÍTICA	G	F	D	IPR	CÓDIGO CORRECTIVO	ACCIÓN CORRECTIVA	G	F	D	IPR
4.4	4.4-F14	Aire comprimido no apto para uso industrial	9	5	4	180	4.4-F14-C014	Inspección periódica de separadores	5	3	3	45
	4.4-F15	Daño en el radiador de aceite y aire	8	4	4	128	4.4-F15-C015	Cambio de separadores de aceite	3	3	4	36
4.5	4.5-F16	Aumento de temperatura en el aceite	8	4	4	128	4.5-F16-C016	Cambio de válvula termostática	3	2	4	24
5.2	5.2-F17	Temperatura elevada del aire comprimido	9	3	4	108	5.2-F17-C017	Reparación o cambio del radiador	3	2	4	24
5.3	5.3-F18	Aumento de temperatura en el aceite	9	3	4	108	5.3-F18-C018	Reparación o cambio del radiador, rellenar con aceite	3	2	4	24
5.6	5.6-F19	Pérdida de aire comprimido	8	3	5	120	5.6-F19-C019	Cambio del Bekomat	3	1	5	15
5.7	5.7-F20	Averías (corrosión) en la red	9	2	6	108	5.7-F20-C020	Cambio del separador	3	1	5	15

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.3.6 Tareas de mantenimiento

Las actividades de mantenimiento surgen como consecuencia del análisis realizado para la realización de las tablas correctivas, estas acciones están encaminadas a mejorar el IPR.

Para la realización de las actividades de mantenimiento se debe elaborar formatos que permitan recoger información de aspectos muy importantes como: responsable de las actividades, herramientas, insumos, repuestos utilizados, tiempo utilizado y actividad a realizar.

La información contenida en los formatos de actividades de mantenimiento ayudan a realizar el presupuesto que tendría el mantenimiento del equipo.

Las actividades de mantenimiento para los compresores se van a realizar en tiempos de 500, 3000, 6000, 9000, 12000,15000, etc., debido a la recomendación del fabricante. Al realizar las actividades en estos tiempos se cumple con los correctivos para disminuir el IPR, especificadas en las tablas de acciones correctivas, logrando de esta forma mantener al equipo con el diseño normal de operación, objetivo que busca el RCM.

A continuación se muestra un ejemplo de las tareas de mantenimiento para el equipo compresor de tornillo, y más tablas se encuentran en el anexo 5.

Tabla 4-14 Tareas de mantenimiento del equipo compresor de tornillo

 QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuatorianaindustrial.com www.ecuatorianaindustrial.com								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DE TORNILLO		OPERACIÓN	○			129	INSUMOS: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido	
		TRANSPORTE	➔			5		
		ESPERA	D			10		
PERIODO: MANTENIMIENTO UNA VEZ A LAS 500 H DE TRABAJO		INSPECCIÓN	□			7	HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete	
		ALMACENAMIENTO	▽			0		
		TIEMPO (min)						151
		SIMBOLOGÍA						TIEMPO (min)
Nº	DESCRIPCIÓN	○	➔	D	□	▽	OBSERVACIONES	
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar y despresurizar el compresor	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la tapa de la protección del filtro de admisión	●					2	Observar daños en la tapa
10	Sacar el filtro	●					2	Desechar el filtro
11	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Utilizar soplete

12	Colocar el filtro de cambio	●					3	Tener cuidado de no golpear el filtro
13	Colocar la tapa de protección del filtro de admisión	●					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro
14	Colocar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
15	Encender el compresor	●					5	Observar presión de carga
16	Verificar su funcionamiento					●	5	Chequear los parámetros de funcionamiento
17	Comentar situación del equipo					●	10	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
18	Seteo del próximo mantenimiento (3000 h)	●					5	Comprobar que el seteo sea para las horas correctas
19	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
20	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
21	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
22	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo
REPUESTOS: filtro de cambio de aspiración								

4.4.4 R.C.M. PARA EL SECADOR FRIGORÍFICO DE AIRE

4.4.4.1 Funcionamiento del secador frigorífico de aire

Estos secadores actúan a base de medios frigoríficos y tienen como meta reducir la humedad en el aire comprimido, por enfriamiento del mismo, hasta la mínima temperatura funcionalmente posible, que oscila alrededor de +3°C y +4°C, a la presión de servicio (punto de rocío a presión, PRP).

El aire de un compresor posee, a 7 bares, una temperatura de salida 70-80 °C si es rotativo. La refrigeración del mismo se efectúa por etapas. En el refrigerador posterior, se enfría hasta una temperatura de 30-35°C. Después, el aire a dicha temperatura y saturado, pasaría por el secador frigorífico.

Hoy en día los secadores frigoríficos se fabrican como unidades compactas. Son equipos que poseen un refrigerador posterior aire-aire y secador frigorífico en un solo bloque, permitiendo un salto térmico de 77°C entre la temperatura de entrada del aire comprimido (80°C) y la temperatura de salida del mismo (+3°C PRP), con una temperatura ambiente de 25°C. Están adaptados para trabajar con variaciones de caudal del 0 al 100% del nominal.

Están provistos de separadores de condensados y filtros, con la ventaja de eliminar metros de tubería y reducir las necesidades de espacio, integrando los procesos de refrigeración, separación de condensados y secado del aire.

Se describe el funcionamiento en el siguiente esquema:

1. Presostato de control.
2. Evaporador.
3. Compresor frigorífico.
4. Condensador.
5. Refrigerador aire/aire.
6. Separador de condensados.
7. Purga automática.
8. Filtro de líquido.
9. Válvula de expansión.
10. Separador de condensados.

11. Indicador de punto de rocío.
12. Economizador.
13. Postfiltro
14. Desoleador
15. Termostato control

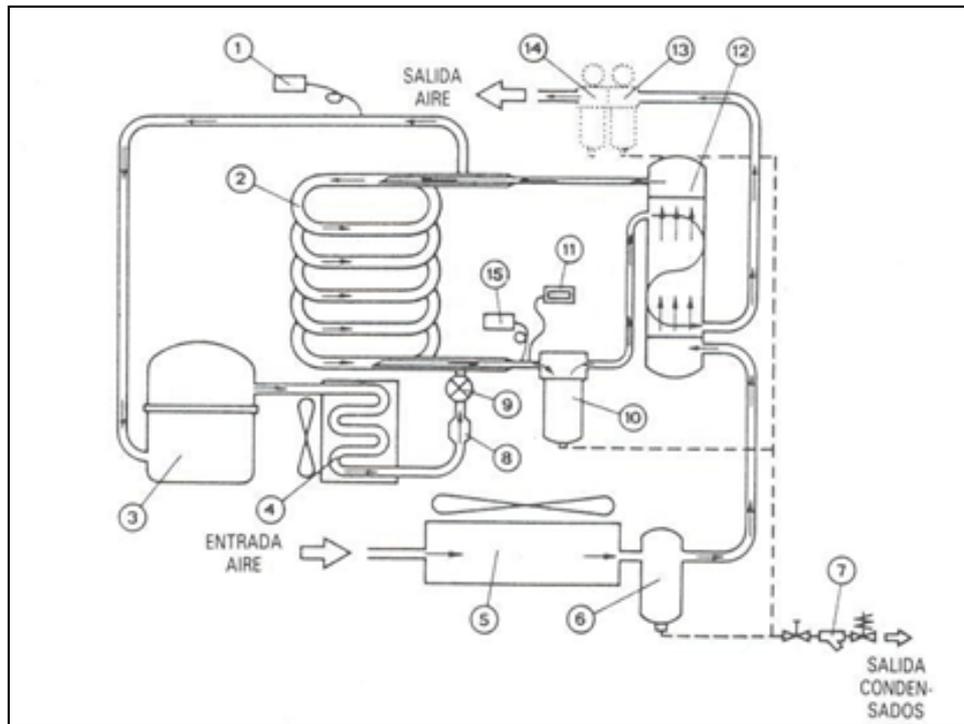


Figura 4-13 Esquema de funcionamiento del secador frigorífico

Fuente: http://www.cabestisrl.com.ar/CABESTIsrl/02_informestecnicos_ad_05.htm

En una fase inicial se disminuye la temperatura del aire comprimido hasta una temperatura próxima a la del aire ambiente, por intermedio del refrigerador aire-aire, provocando una primera condensación que mediante el separador con su purga automática, arrastra una parte importante de los condensados de agua y aceite.

En una segunda fase el aire se preenfía en un economizador, entrando seguidamente en el evaporador, donde se produce el enfriamiento final hasta los $+3^{\circ}\text{C}$. Los condensados de aceite y agua se eliminan a través de un filtro separador. A continuación, el aire pasa por el economizador donde se recalienta a partir del propio flujo de entrada del aire. Finalmente, la última eliminación de partículas de aceite es efectuada por filtros de alta eficacia.

Como característica más interesante, se destaca su reducido consumo de energía, ya que la gastan, en el compresor de freón y en el ventilador del condensador. El gas freón utilizado es ecológico.

Estos secadores están concebidos para alcanzar un grado de sequedad medio. No se aconsejan cuando el ambiente por donde discurra la red de conductos pueda tener una temperatura igual o inferior a $+ 2^{\circ}\text{C}$, ya que aparecerían condensados e incluso se formaría escarcha en el interior de aquellos.

Los secadores frigoríficos nos entregan el aire comprimido a una temperatura de PRP entre $3\text{-}4^{\circ}\text{C}$ para ser distribuido por los conductos de aire hasta los lugares de aplicación. Es evidente que el aire sigue estando saturado a esa temperatura y, por lo tanto, cuando el aire se enfríe por debajo del punto de rocío a presión (PRP) establecido, volverán a producirse condensaciones de humedad en multiformes gotas líquidas que acarrearán inconvenientes en los procesos industriales en que el aire comprimido intervenga, sintiendo la necesidad de acudir a otras técnicas de secado que nos procesen el aire, rebajando todavía más su humedad para hacerlo aprovechable. Estos equipos son los deshidratadores por adsorción que consiguen una deshidratación segura del fluido comprimido, alcanzando puntos de rocío de hasta -100°C a la presión de trabajo.

Igualmente, si el aire comprimido se distribuye por redes situadas al aire libre (en climas fríos), o por naves con temperaturas interiores que puedan alcanzar los 0°C , y, por consiguiente, en los escapes de las herramientas aparece el hielo, es necesario emplear un deshidratador por adsorción. De idéntico modo, la aparición de hielo o escarcha en cualquier otro elemento neumático, o abundancia de agua, será indicio de que el aire está sobrecargado de humedad, desprendiendo excesiva cantidad de agua, debiendo recurrirse a colocar un equipo deshidratador por adsorción que baje la proporción de humedad.

Aunque el aire comprimido se vaya a emplear solamente en redes de aire internas o para accionar herramientas neumáticas o cualquier otro trabajo bajo resguardo, la selección del punto de rocío debe depender de la temperatura ambiente que prevalece alrededor de las tuberías de aire comprimido, a fin de que en las mismas no se originen condensaciones. Por lo tanto siempre se recomienda la utilización de un deshidratador por adsorción.

4.4.4.2 Diagrama funcional del proceso del secador frigorífico

A continuación se muestra el diagrama funcional de bloques del secador frigorífico, indica cómo funciona el equipo. Además permite ver los tipos de fallas que puede tener, ya que cada flecha es una conexión y por ende si una de éstas se corta, la máquina falla.

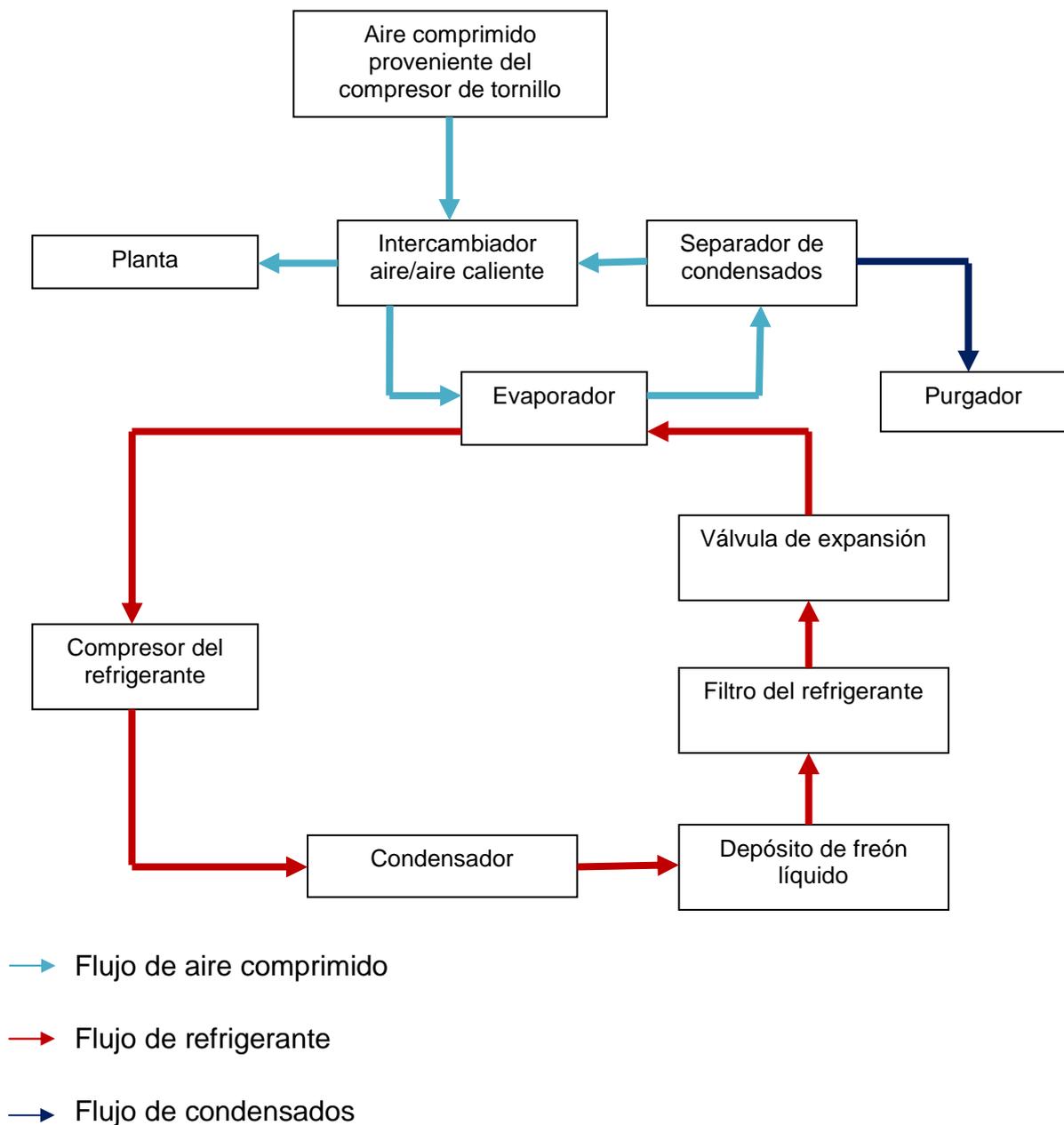


Figura 4-14 Diagrama de bloques del funcionamiento del secador frigorífico

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.4.3 Diagramas sistemáticos funcionales de los componentes del secador frigorífico de aire

En los siguientes diagramas se muestra una clasificación del sistema y subsistemas del secador, además de las funciones que cumplen los diferentes componentes de cada subsistema.

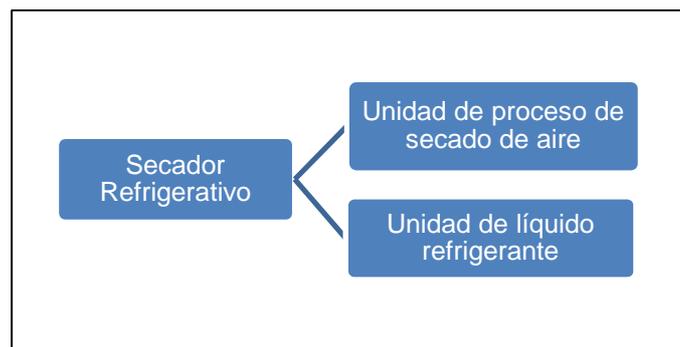


Figura 4-15 Diagrama sistemático del secador frigorífico

Fuente: Araujo y Guanoluisa

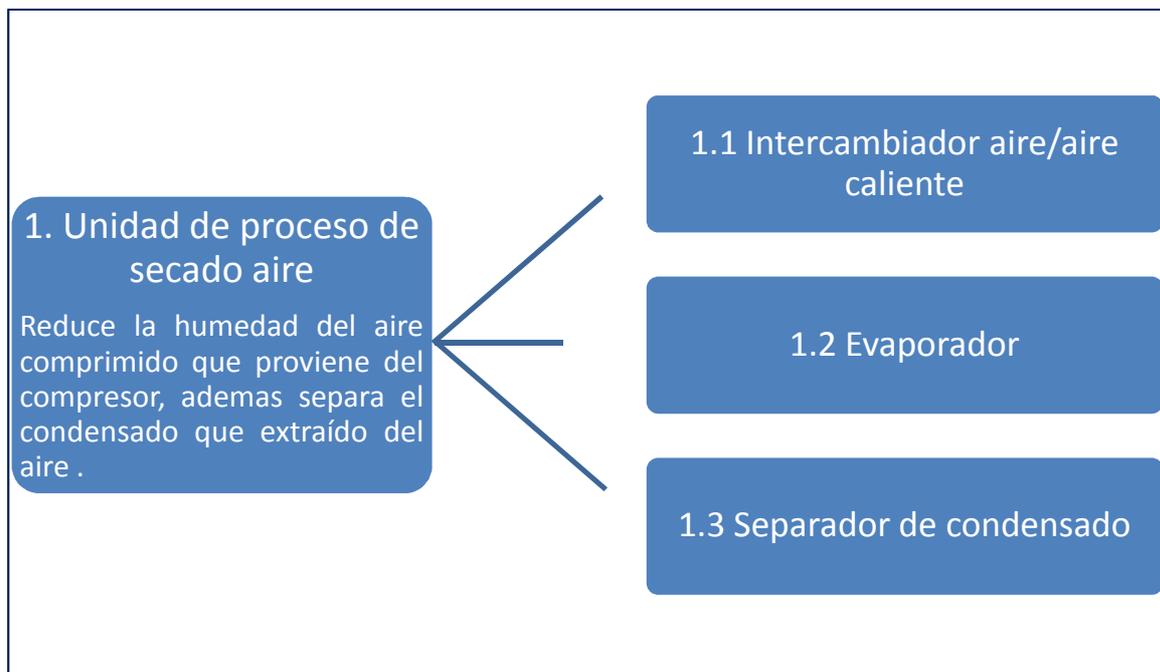


Figura 4-16 Unidad de proceso de secado de aire

Fuente: Araujo y Guanoluisa

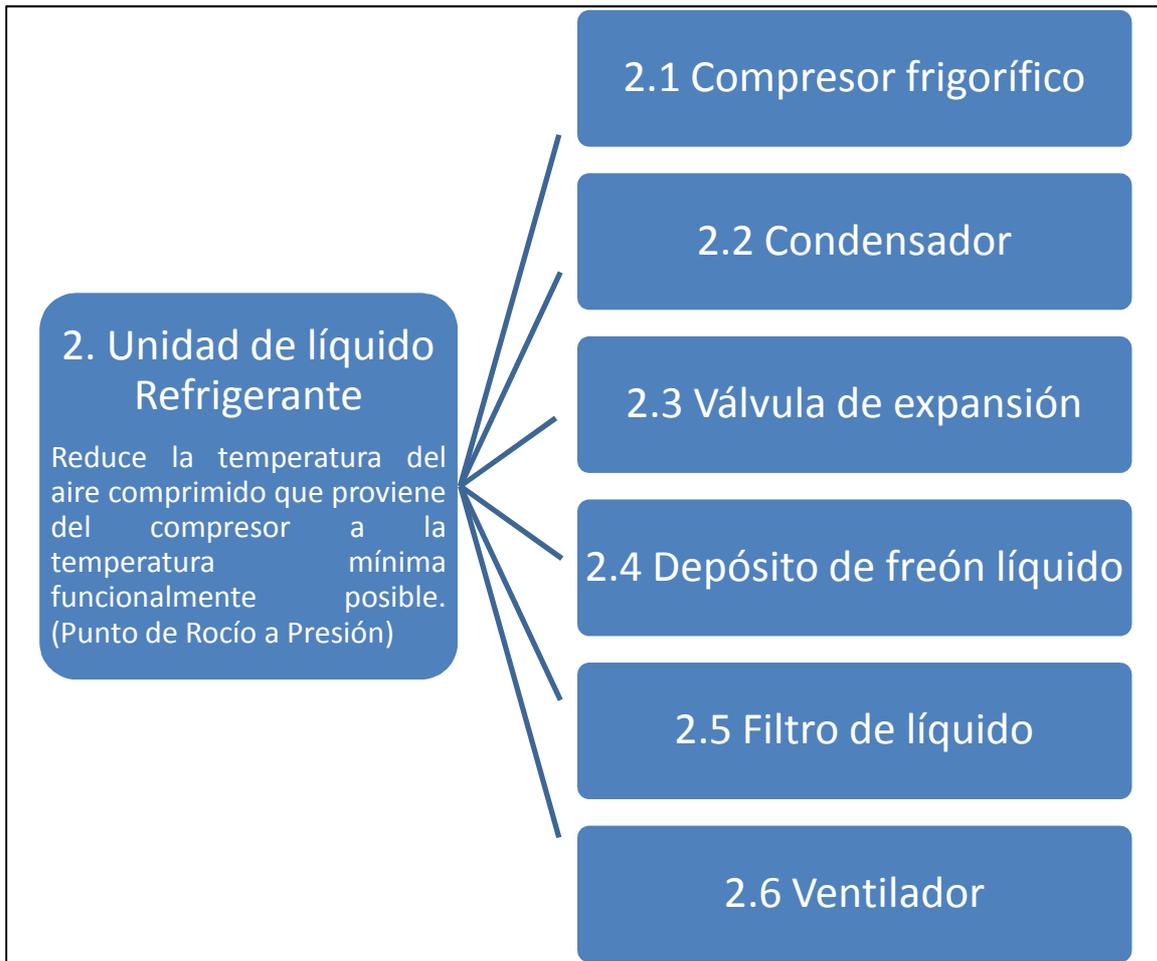


Figura 4-17 Unidad de líquido refrigerante

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.4.4 Ejemplo de tabla AMFE para el secador frigorífico de aire

Tabla 4-15 AMFE unidad de proceso de secado

1 CUARO AMFE DEL SECADOR REFRIGERATIVO BOGE											
SISTEMA: SECADOR FRIGORÍFICO DE AIRE					FACILITADOR: Ing. Daniel Venegas		FECHA: 04/04/2011		HOJA Nº 1		
SUBSISTEMA: UNIDAD DE PROCESO DE SECADO DE AIRE					AUDITOR: Araujo y Guanoluiza		FECHA: 05/04/2011		DE 1		
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR	
1.1	Intercambiador aire/aire caliente	Disminuye la temperatura del aire comprimido hasta una temperatura próxima a la del aire ambiente	Intercambiador obstruido	Suciedad	Pérdida de carga elevada de lado del aire	Operacional	7	5	4	140	
1.2	Evaporador	Enfría el aire comprimido hasta una temperatura final de 3°C	Aire comprimido no se enfría (= 3-4) °C	Válvula de expansión dañada	No existe condensado	Operacional	8	4	4	128	
				Falta de refrigerante			8	2	3	48	
1.3	Separador de condensado	Separa los condensados de aceite y agua del aire comprimido que se produce al enfriarse	No hay condensado en la purga	Cumplimiento de vida útil	Aire húmedo no se seca	Operacional	8	5	3	120	

Fuente: Araujo y Guanoluiza

Tabla 4-16 AMFE unidad de liquido refrigerante

2 CUARO AMFE DEL SECADOR REFRIGERATIVO BOGE										
SISTEMA: SECADOR FRIGORÍFICO DE AIRE					FACILITADOR: Ing. Daniel Venegas		FECHA: 06/04/2011		HOJA Nº 1	
SUBSISTEMA: UNIDAD DE LÍQUIDO REFRIGERANTE					AUDITOR: Araujo y Guanoluisa		FECHA: 12/04/2011		DE 2	
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR
2.1	Compresor frigorífico	Comprime el líquido refrigerante e imprime la circulación de este en un circuito frigorífico.	Compresor ruidoso	Componentes deteriorados	No hay circulación del liquido refrigerante	Operacional	7	4	3	84
2.2	Condensador	Condensa el vapor, utilizando aire mediante el uso de un ventilador.	Condensador sucio	Presencia de impurezas	Temperatura alta de refrigerante, punto de rocío alto, consumo de corriente excesivo	Operacional	8	5	4	140
2.3	Válvula de expansión	Controla el caudal de refrigerante en estado líquido que ingresa al evaporador y sostiene un sobrecalentamiento constante a la salida de este.	No disminuye carga térmica de la temperatura	Muelle fatigado	No existe control del flujo del refrigerante	Operacional	6	4	5	120
2.4	Depósito de freón líquido	Contiene liquido refrigerante (freón)	Fisuras, fugas	Golpes	Pérdida de liquido refrigerante	Operacional	6	1	2	12

Fuente: Araujo y Guanoluisa

2 CUARO AMFE DEL SECADOR REFRIGERATIVO BOGE										
SISTEMA:					FACILITADOR:		FECHA:		HOJA Nº	
SECADOR FRIGORÍFICO DE AIRE					Ing. Daniel Venegas		06/04/2011		2	
SUBSISTEMA:					AUDITOR:		FECHA:		DE	
UNIDAD DE LÍQUIDO REFRIGERANTE					Araujo y Guanoluisa		12/04/2011		2	
COD	COMPONENTE	FUNCIÓN	MODO	CAUSA DE FALLA	EFECTO	CONSECUENCIA	G	F	D	IPR
2.5	Filtro liquido	Filtra el liquido refrigerante y captura los contaminantes sólidos	Filtro saturado	Presencia de impurezas	Daño de la válvula de expansión	Operacional	7	2	3	42
				Cumplimiento de si vida útil			7	5	3	105
2.6	Ventilador	Genera aire de enfriamiento para el condensador	Ventilador no funciona	Aspas rotas	Temperatura del refrigerante alta, punto de rocío alto, alta presión de impulsión del refrigerante	Operacional	6	2	2	24
				Motor dañado			6	4	1	24

Fuente: Araujo y Guanoluisa

4.4.4.5 Acciones correctivas para el secador frigorífico de aire

Tabla 4-17 Cuadro de acciones correctivas del secador

CUADRO DE ACCIÓN CORRECTIVA												
COMPONENTE	CÓDIGO DE FALLA	FALLA CRÍTICA	G	F	D	IPR	CÓDIGO CORRECTIVO	ACCIÓN CORRECTIVA	G	F	D	IPR
1.1	1.1-FS01	Pérdida de carga elevada	7	5	4	140	1.1-FS01-C001	Limpiar el intercambiador (soplar en contracorriente) Instalar un prefiltro	7	2	3	42
1.2	1.2-FS02	No existe condensado	8	4	4	128	1.2-FS02-C002	Cambio de válvula de expansión	8	2	2	32
1.3	1.3-FS03	No se separa el aire del condensado	8	5	3	120	1.3-FS03-C003	Cambio de filtro del separador de condensado	8	2	3	48
2.2	2.2-FS04	No se condensa el refrigerante	8	5	4	140	2.2-FS04-C004	Limpiar el condensador	8	2	3	48
2.3	2.3-FS05	Refrigerante no se evapora	6	4	5	120	2.3-FS05-C005	Cambio de la válvula de expansión	6	2	3	36
2.5	2.5-FS06	Contaminación del refrigerante	7	5	3	105	2.5-FS06-C006	Cambio del filtro del líquido refrigerante	7	3	2	42

4.4.4.6 Tareas de mantenimiento para secador

A continuación se muestra un ejemplo de las tareas de mantenimiento para el equipo secador, y más tablas se encuentran en el anexo 6.

Tabla 4-18 Tareas de mantenimiento del equipo compresor

 QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuadorianaindustrial.com www.ecuadorianaindustrial.com								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SECADOR DE REFRIGERACIÓN		OPERACIÓN	○			162	INSUMOS: Wipe, aire comprimido, agua	
		TRANSPORTE	⇒			20		
		ESPERA	D			20		
PERIODO: MANTENIMIENTO CADA 12 MESES		INSPECCIÓN	□			20	HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, destornilladores.	
		ALMACENAMIENTO	▽			0		
CÓDIGO CORRECTIVO : 1.1 - FS01 - C001		TIEMPO (min)				222	OBSERVACIONES	
		SIMBOLOGÍA						TIEMPO (min)
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽	TIEMPO (min)	
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar el compresor, secador y despresurizar los equipos	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización del secador	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo

8	Verificar limpieza						5	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Desconectar todos los dispositivos que se encuentran sujetos al intercambiador	●					5	Verificar la desconexión
10	Aflojar pernos de sujeción del intercambiador	●					5	Utilizar las llaves correctas
11	Desmontar el intercambiador del secador	●					15	Tener cuidado de no golpear el intercambiador
12	Llevar el intercambiador a una fuente de agua a presión		●				5	Tener cuidado de no golpearlo
13	Lavar el intercambiador con agua a presión y soplar en contracorriente	●					15	Tener cuidado de no golpearlo
14	Dejar secar el intercambiador aire/aire caliente				●		15	Dejarlo secar durante un periodo adecuado
15	Llevar el radiador hacia el equipo secador			●			5	Tener cuidado de no golpearlo
16	Montar el intercambiador en el secador	●					10	Tener cuidado de no golpearlo
17	Colocar y ajustar pernos de sujeción del intercambiador	●					10	Dar el correcto ajuste
18	Conectar los dispositivos que deben estar sujetos al intercambiador	●					5	Revisar todas las conexiones sujetas al intercambiador
19	Inspeccionar trabajo realizado					●	5	Verificar que todo esté en orden
20	Colocar cubierta de insonorización	●					5	Utilizar llave triangular
21	Encender el compresor	●					2	Verificar la presión de carga
22	Verificar su funcionamiento					●	10	Chequear los parámetros de funcionamiento
23	Comentar situación del equipo					●	5	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
24	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
25	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
26	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
27	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo
REPUESTOS: Ninguno								

4.4.5 PROGRAMA COMPUTARIZADO DE MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento se deben distribuir a lo largo de todo el año de acuerdo a los planes de mantenimiento que posee cada empresa-cliente, para lo cual la ayuda de algún programa computacional será la forma más eficiente de lograr los objetivos propuestos.

El programa computacional que se presenta en este proyecto es una programación realizada en la base de datos Microsoft Access 2007, que ha sido diseñado de una manera conceptual y lógica de acuerdo a las necesidades de la empresa “Ecuatoriana Industrial S.A.”, donde se presentan datos relevantes acerca del mantenimiento como son:

- Datos de las empresas-clientes
- Características técnicas de los equipos compresores
- Características técnicas de los equipos secadores
- Tablas AMFE de los equipos compresores y secadores
- Inventario de los repuestos y equipos existentes en bodega
- Repuestos utilizados para cada mantenimiento
- Partes que conforman los equipos compresores
- Tareas de mantenimiento
- Historial de mantenimiento de compresores y secadores

El programa diseñado es de fácil uso, ya que utiliza una plataforma conocida Microsoft Access 2007. A pesar de esto, se elaboró un manual de ejecución de dicho programa que se encuentra en el anexo 7, y además el programa computarizado esta adjunto en un disco digital.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se escogió la estrategia de mantenimiento más adecuada (R.C.M.) para estos tipos de equipos (compresores de tornillo y secadores), esta estrategia preserva el estado normal de diseño o de operación sin presentar novedad alguna durante su funcionamiento.
- El programa computarizado de mantenimiento para los compresores de tornillo y secadores fue diseñado de manera conceptual y lógica, permitiendo al personal de mantenimiento de la empresa manejar fácilmente y además de contar con toda la información necesaria que se requiera para ejecutar el mantenimiento a los equipos.
- La empresa al aplicar el plan de mantenimiento dado, garantizará a sus clientes la conservación de los equipos en buen estado de funcionamiento, adquiriendo mayor prestigio y a su vez aumentará su cartera de clientes.
- Con el plan de mantenimiento realizado, la empresa controlará de una manera eficiente cada equipo vendido a las diferentes empresas del país y tendrá un control de stock en bodega, de esta forma dará el mantenimiento adecuado y oportuno a los equipos sin demoras ni retrasos por la falta de repuestos.
- La ejecución de un plan de mantenimiento adecuado en un equipo garantiza su correcto funcionamiento, además anula cualquier paro imprevisto en la producción, los equipos se vuelven más fiables y productivos, evitando a la empresa o entidad productiva gasto alguno por alguna reparación.
- Se realizó las tablas AMFE, tablas de acciones correctoras y actividades de mantenimiento para un compresor de tornillo en general, ya que todos los

compresores de tornillo vendidos por la empresa poseen las mismas características y funcionamiento, lo que varía es la potencia del motor y el flujo de producción de aire comprimido. De igual forma para los secadores ya que la mayoría de secadores vendidos son refrigerativos.

- Se ve la importancia de contar con un buen historial de fallas de los equipos. Mientras mejor sea el historial más aportes se pueden hacer al plan de mantenimiento. Es por esto que debe existir conciencia de este aspecto dentro de la empresa.
- Al determinar las tareas de mantenimiento para un activo físico de una empresa, reduce la dependencia en un grupo o en una persona del departamento de mantenimiento, puesto que se hace de conocimiento general cada uno de los procedimientos a desarrollarse para ese activo.
- El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) permite, mediante la ponderación, proponer y aplicar las acciones correctivas necesarias para mejorar el proceso de tratar un fallo, y de esta manera reducir el riesgo de que ocurra un fallo en el equipo.
- La aplicación exitosa de un programa de mantenimiento en una empresa depende de algunos factores, como el cambio de mentalidad de los trabajadores, su disposición y colaboración para trabajar de una forma planificada y ordenada, así como también el apoyo incondicional de la gerencia por lo que sin este soporte los esfuerzos realizados serían en vano.
- La realización de las actividades de mantenimiento y el registro de éstas en una bitácora, además de un control de temperaturas, presiones y horas de trabajo por las empresas-clientes, permite a la empresa Ecuatoriana Industrial tener un registro exacto de cada equipo que vende y así poder controlar el estado correcto de funcionamiento.
- Aparte de la ayuda que ofrece el programa de mantenimiento realizado en este proyecto, es importante también la experiencia del personal involucrado en cada actividad de mantenimiento, debido a que se debe conocer el

funcionamiento de los equipos reduciendo así el tiempo de trabajo al momento de realizar los mantenimientos.

- El trabajo de mantenimiento no sólo tiene que ver con el correcto funcionamiento del equipo, sino que encierra otros factores como son: seguridad, integridad del medio ambiente, uso eficiente de energía y calidad del producto final.
- Las tareas de mantenimiento generadas en el presente proyecto, son recomendaciones u órdenes que se deben hacer a los equipos para mantener su funcionalidad, pero no se garantiza completamente, por lo que siempre es necesario aplicar el concepto de mejora continua.

5.2 RECOMENDACIONES

- Implementar la estrategia de mantenimiento RCM en la empresa para garantizar el funcionamiento original de diseño, sobre todo cuando los equipos trabajen en ambientes polvorientos y donde no exista ventilación.
- La planeación de mantenimiento se debe considerar flexible ya que combina varias de las filosofías de mantenimiento, en este caso el trabajo consta del desarrollo del RCM en conjunción con el AMFE para definir las tareas de mantenimiento.
- Se debe realizar la capacitación continua sobre mantenimiento RCM al personal técnico, para resolver problemas que se pueden suscitar en los equipos tanto compresores como secadores.
- Antes de realizar cualquier operación de mantenimiento en los compresores y secadores se debe tomar las medidas de seguridad adecuadas.
- Al momento de cambiar el aceite en los compresores, se debe presurizar el sistema a una presión de más o menos 3 bares, para extraer el aceite del tanque separador fácilmente.
- Al momento de ingresar un equipo al sistema se debe tener en cuenta que el campo Id cliente se encuentre con su número respectivo de cliente ya que este podría generar un error al sistema.
- Organizar reuniones periódicas con el personal técnico para realizar los cambios necesarios en la administración y operación del mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Moubray John, 2004, "Mantenimiento Centrado en confiabilidad" (Reliability Centered Maintenance), Latinoamericana, 1ª Edición en español, España.
2. Aguinaga Álvaro, 2005, "Ingeniería del Mantenimiento", Escuela politécnica Nacional, Ecuador.
3. Jácome Luis, "Ingeniería de Mantenimiento", Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.
4. Greene Richard W, 1988, "Compresores, uso y mantenimiento", McGraw Hill, México.
5. Higgins Lindley R, 1977, "Maintenance engineering handbook", McGraw Hill, New York.
6. BOGE, 2010, Catalogo "Compresores de Tornillo", Alemania
7. BOGE, 2010, Catalogo "Tratamiento de Aire Comprimido", Alemania
8. SAE, 2000, A Guide to the Reliability-Centered Manitenance (RCM) Standard, SAE JA 1011.
9. Ecuatoriana Industrial Ternoal Cia. Ltda., disponible en: <http://www.ecuatorianaindustrial.com/>, (Octubre,2010)
10. BOGE (Compressed Air Systems), disponible en: <http://www.boge.com.es/>, (Noviembre,2010)
11. Cabesti (Secadores Frigoríficos de Aire), disponible en: http://www.cabestisrl.com.ar/CABESTIsrl/02_informestecnicos_ad_05.htm, (Diciembre,2010)
12. Vader (Tratamiento de Aire Comprimido), disponible en: <http://www.vadersl.com/pt/tratamiento-de-aire/secadores/frigorificos>, (Diciembre,2010)

ANEXO 1

**MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR EN LA LABOR DE
MANTENIMIENTO**

MEDIDAS PREVENTIVAS A ADOPTAR EN EL LABOR DE MANTENIMIENTO

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

HERRAMIENTAS MANUALES

Denominaremos herramientas de mano a todos aquellos útiles simples para cuyo funcionamiento actúa única y exclusivamente el esfuerzo físico del hombre, exceptuando las accionadas por energía eléctrica o por medios neumáticos.

RIESGOS

- Proyecciones de partículas a los ojos.
- Cortes y pinchazos.
- Golpes y caídas de las herramientas.
- Explosión o incendio (chispas en ambientes explosivos o inflamables).

MEDIDAS PREVENTIVAS GENERALES

- En cada trabajo se utilizará la herramienta adecuada, empleándola para la función que fueron diseñadas. No se emplearán, por ejemplo, llaves por martillos, destornilladores por cortafríos, etc.
- Cada usuario comprobará el buen estado de las herramientas antes de su uso, inspeccionando cuidadosamente mangos, filos, zonas de ajuste, partes móviles, cortantes y susceptibles de proyección, y será responsable de la conservación tanto de las herramientas que él tenga encomendadas como de las que utilice ocasionalmente. Deberá dar cuenta de los defectos que se observe a su superior inmediato, quien las sustituirá si aprecia cualquier anomalía.

- Las herramientas se mantendrán limpias y en buenas condiciones.
- No se utilizarán herramientas con mangos flojos, mal ajustados y astillados. Se tendrá especial atención en los martillos y mazas.
- Se prohíbe lanzar herramientas; deben entregarse en mano.
- Nunca se deben de llevar en los bolsillos. Transportarlas en cajas portátiles.
- En trabajos en altura se llevarán las herramientas en bolsa o mochila existentes a tal fin o en el cinto portaherramientas, con el fin de tener las manos libres.
- Cuando se trabaje en alturas se tendrá especial atención en disponer las herramientas en lugares desde los que no puedan caerse y originar daños a terceros.
- Las herramientas de corte se mantendrán afiladas y con el corte protegido o tapado mediante tapabocas de caucho, plástico, cuero, etc.
- Las herramientas deberán estar ordenadas adecuadamente, tanto durante su uso como en su almacenamiento, procurando no mezclar las que sean de diferentes características.
- En caso de duda sobre la utilización correcta de una determinada herramienta, se pedirán aclaraciones al jefe inmediato antes de ponerse a su uso.

MANTENIMIENTO DE LA MAQUINARIA

Las operaciones de mantenimiento de maquinas se efectuara siempre con los motores apagados; para evitar la involuntaria puesta en marcha de la maquina averiada, se bloqueara el dispositivo de encendido. El trabajo de mantenimiento o reparación no se concluirá hasta que las defensas y protecciones hayan quedado completamente colocadas, de igual manera limpiar y lavar los líquidos o aceites derramados en el piso.

PROTECCION CONTRA RIESGOS ELÉCTRICOS

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

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

Cabe entonces destacar, la enorme responsabilidad que recae en quien debe supervisar la instalación tanto en el sentido de no aceptar la existencia de ningún riesgo eléctrico que constituya una condición insegura, como así mismo preocuparse de que el personal adquiera los conocimientos necesarios para que no incurra en acciones inseguras atentando contra su seguridad, la del grupo de trabajo o la instalación en si

Recomendaciones básicas de seguridad frente al riesgo eléctrico:

Evitar en lo posible la utilización de bases múltiples, en especial las que no disponen de toma de tierra. No sobrecargar la línea. Evitar que se dañen los conductores eléctricos, protegiéndolos especialmente contra:

- Las quemaduras, por proximidad a una fuente de calor
- Los contactos con productos corrosivos
- Los cortes producidos por útiles afilados, máquinas en funcionamiento, ángulos vivos, etc.

Para utilizar un equipo o instalación eléctrica, maniobrar únicamente los órganos de mando previstos por el fabricante u operario.

Antes de utilizar aparatos o máquinas eléctricas, informarse sobre las precauciones que hay que adoptar para su empleo y respetarlas escrupulosamente.

No abrir nunca las protecciones o cubiertas de las instalaciones o equipos eléctricos y respetar las señalizaciones de advertencia o protección.

Nunca se deberá manipular elementos eléctricos con las manos mojadas, en ambientes húmedos o mojados accidentalmente (labores de limpieza, instalaciones a la intemperie, etc.) y siempre que se carezca de los equipos de protección personal necesarios. Cuando el trabajo en estas zonas sea inevitable, únicamente deberá hacerse uso de aparatos eléctricos portátiles con tensión de seguridad (24 voltios).

En ningún caso se llevarán a cabo trabajos eléctricos sin estar capacitado y autorizado para ello. La instalación, modificación y reparación de las instalaciones y equipos eléctricos, así como el acceso a los mismos, es competencia exclusiva del personal de mantenimiento, que los llevará a cabo en todo caso haciendo uso de los elementos de protección precisos.

VENTILACIÓN

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

Cuando exista contaminación de cualquier naturaleza o condiciones ambientales que pudieran ser perjudiciales para la salud, tales como carga térmica, vapores, gases, nieblas, polvos u otras impurezas en el aire, la ventilación debe contribuir a mantener permanentemente en todo el establecimiento las condiciones ambientales y en especial la concentración adecuada de oxígeno y la de contaminantes dentro de los valores admisibles y evitar la existencia de zonas de estancamiento.

EL LUGAR Y LA SUPERFICIE DE TRABAJO

Es importante que el lugar en que se desarrolla el trabajo esté en buenas condiciones de Seguridad, de esta manera evitaremos accidentes y trabajaremos con la mayor comodidad.

Los accidentes pueden ser evitados si conocemos los peligros del entorno y aplicamos unas elementales medidas preventivas.

Peligros debidos al lugar de trabajo:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Pisadas sobre objetos.
- Choques contra objetos inmóviles.
- Choques contra objetos móviles.
- Atropellos con vehículos.
- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento.

TRABAJOS DE MANTENIMIENTO

Nunca debe realizarse un trabajo de mantenimiento por un trabajador que no tenga la formación adecuada.

La carga de trabajo es un factor de riesgo más a tener en cuenta en la prevención de riesgos laborales. Como carga física, son los esfuerzos físicos, la postura de trabajo y la manipulación manual de cargas los que pueden suponer un riesgo para los trabajadores. Un diseño ergonómico de una actividad laboral donde predomina el trabajo físico exige:

- Combinar los esfuerzos estáticos y dinámicos en el desarrollo de las tareas, para favorecer que el consumo de energía y el aumento del ritmo cardiaco de los trabajadores se mantenga dentro de unos valores razonables.
- Combinar las posturas de trabajo de pie y sentado, así como adecuar la altura del plano de trabajo y el diseño de la silla y la mesa al tipo de tarea que se tiene que desempeñar y a las características del operario.
- Para el cálculo del peso máximo recomendable de la carga cuando su manipulación tenga que ser manual, por falta de medios mecánicos, valorar factores como la forma de la carga, la frecuencia de manipulación, las distancias a recorrer y las características personales de los trabajadores. Y, en cualquier caso, no superar los 25 kg. de peso a ser posible.

Como consecuencia directa de la carga de trabajo física y mental aparece la fatiga. Esta se convierte en crónica cuando las exigencias de la tarea están por encima de las posibilidades de respuesta del trabajador y existe una sobrecarga repetida a la que no puede hacer frente.

De esta manera, la salud del trabajador se ve dañada y su capacidad de trabajo se resiente. La adopción de ciertas medidas preventivas en la planificación de las tareas (control de tiempos, contenido interesante del trabajo a desarrollar, participación, etc.) debería evitar llegar a esta situación.

ROPA DE TRABAJO Y EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

El uniforme debe ser cómodo y adecuado a las condiciones climáticas de trabajo. El equipo de protección individual, debe ser entregado al trabajador, quien se encuentra obligado a utilizarlo, cuando no ha sido posible adoptar alguna otra medida colectiva.

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

El equipo de protección para la función de mantenimiento, está fundamentalmente dirigido a prevenir caídas en alturas, cortes, inhalaciones, radiaciones ionizantes y

riesgos eléctricos, es así que, el equipo básico que cualquier técnico de mantenimiento debe poseer es el siguiente:

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

ANEXO 2

INVENTARIO DE EQUIPOS Y REPUESTOS

	CÓDIGO	CANT.	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIONES
1	133004202P	2	Drenaje Temporizado 0-16 Bar, 1/2-1/8	
2	140700500P	1	Válvula Antiretorno AR38 R1 - 1/2	RM 5000
3	143000303P	3	Filtro de Aire	RM 5000; SLD40
4	2230337671P	2	Kit Mantenimiento Valv. Mínima Presión	S125-2; SD75-2
5	223047167P	2	Kit Mantenimiento Valv. Mínima Presión	S15
6	2230742662P	1	Val. Mínimas Presión Completo S29	Incompleto. Sin (2230742672P)
7	2230742672P	1	Kit Mantenimiento Valv. Mínima Presión	S24-2 G,USA;S29-2 G,USA
8	227010909P	2	Polea del Tornillo (XPZ 112/3/40)	S29-2 G
9	237100500KP	1	Base Dañada S29-2	Cambio de partes S29-2
10	237101200KP	1	Caja de Insonorización S29-2	
11	2420079660P	2	Partes del Kit Mantenimiento Valv. Admisión	S29-2 G,USA;S24-2 G,USA
12	2420079661P	2	Kit Mantenimienmto Valv. Admisión	S29-2 G,USA;S24-2 G,USA
13	2420088670P	1	Partes del Kit Mantenimiento Valv. Admisión	SLDF40
14	2420131671P	1	Kit mantenimiento Valv. Termostática	S125-2
15	2420164671P	2	kit Mantenimiento Valv. Termostática	SD75-2
16	2420269671P	2	Kit de mantenimiento Valv. Admisión	SD75-2
17	2420316671P	3	Kit Mantenimiento Valv. Termostática 3/8	S15
18	243003721P	34	Célula Filtro de Aire 597x805x45	S29-2 G; S100-2
19	243003724P	23	Célula Filtro de Aire	S15
20	243003725P	12	Célula Filtro de Aire 805x805x45	S29-2 G
21	2900001566P	2	Kit Mantenimiento S15	Filtro (Aceite, Aire, Separador)
22	2900001567P	1	Cairpac 3000 S15 - SD15	
23	2900002466P	4	Kit Mantenimiento S24 - S29	Filtro (Aceite, Aire, Separador)
24	2900002866P	2	Kit Mantenimiento C - CLD20	Filtro (Aceite, Aire, Separador)
25	2900002867P	1	Cairpac 3000 C - CLD 20	
26	2900003140P	1	Cairpac 9000 SLDF30 - 40	
27	2900003166P	1	Kin Mantenimiento SD40 - SD50	Filtro (Aceite, Aire, Separador)
28	2900004666P	2	Kit Mantenimiento S61 - S100	Filtro (Aceite, Aire, Separador)
29	2900004667P	1	Cairpac 3000 S61 - 75	
30	2900006166P	2	Kit Mantenimiento S125 - S150	Filtro (Aceite, Aire, Separador)
31	2900006167P	1	Cairpac 3000 S125 - S150	
32	520003300P	6	Perno Booster	SRHV470-12
33	527007301P	1	Codo	SD75-2
34	528000917P	2	Unión Roscada XGE10-LR ST, R1/4	S24-2 USA; S29-2 USA

35	536007700P	6	Empaquetadura Culata Booster	SRHV470-11
36	536701400P	1	Empaquetadura Booster SRHV470-11	Tapa Frontal
37	536703500P	1	Empaquetadura Booster SRHV470-10	Estructura
38	536725100P	1	Empaquetadura Booster SRHV470-12	Tapa Frontal
39	537000449P	6	O-Ring Booster SRHV470-10	Cabezal
40	546755666P	3	Juego de Anillos Booster	SRHV470-10
41	552001201P	10	Tobera + Filtro de Aire	
42	552001401P	2	Boquilla con Retenedor de Suciedad	
43	562005066P	6	Válvula de Laminillas Booster	SRHV470-10
44	563002600P	2	Válvula Antiretorno S24 - S29	
45	564001900KP	1	Válvula de Seguridad 1/4, P 45	SRHV470-10
46	569000726P	1	Filtro de Aire S125	
47	5690034661P	1	Filtro de Aire	S29-2
48	575000101P	2	Filtro Separador	S29-2; S125-2, SD75-2, SLDF 40
49	575051056P	2	Elemento Filtrante 1/50 Para V50	
50	575051058P	1	Elemento Filtrante 1/120 Para V120	
51	5756660036P	2	Elemento Filtrante 2020 XP	
52	5756660037P	2	Elemento Filtrante 2020A	
53	5756660969P	2	Elemento Filtrante 1/2020 ZP	
54	576008500P	13	BEKOMAT 32 (Purga automática)	
55	576051057P	2	Elemento Filtrante 1/80 Para V80	
56	585002900P	1	Acoplamiento	CL20
57	5860001021P	4	Bandas BOGE V Booster	SRHV470-10
58	586000807P	6	Bandas BOGE V (8 Bar)	S15-2
59	586000815P	8	Bandas BOGE V (8 Bar)	S29-2 G 8Bar
60	586000816P	3	Bandas BOGE V	S24 USA 8Bar; S29 G 10Bar
61	586000818P	6	Bandas BOGE V	
62	586000833P	2	Bandas BOGE V	S15
63	586000903P	5	Bandas Boge V	SD75-2
64	586000925P	5	Bandas Boge V	S125-2
65	596039600P	2	Kit Armado Valv. Solenoide	644004601P
66	5980014661P	1	Juego de Empaquetaduras Booster	SKV36 / SRHV470-10
67	599011766P	11	Aceite Syprem 8000K, 10l	
68	599013866P	1	Aceite USDA H1 - 100, 20l	
69	599019300P	6	Aceite Food Lub - H1, 20l	
70	639002802P	1	Sensor de Temperatura PT100	S24 G,USA;S29 G,USA, CL20, S15
71	6440006663P	3	Kit Mantenimiento Valv. Solenoide	S15
72	644003501P	1	Valv. Solenoide 230V, 50/60Hz, G1	RM 5000

73	644004401P	1	Valv. Solenoide 0400-B-12, 230v, 50/60Hz	S125-2
74	644004501P	2	Valv. Solenoide 641400-C-R1, 230V, 50/60Hz	SLDF40, S125-2
75	644004601P	3	Valv. Solenoide 190-240V 50Hz, 220-249V 60Hz, G1/2	RM 5000
76	644005601P	2	Valv. Solenoide Booster	
77	644006101P	3	Valv. Solenoide G1/4, 230V, 50/60Hz	SLDF40
78	644006105P	4	Valv. Solenoide 24V 50/60Hz	S29-2 G
79	644006301P	2	Valv. Solenoide G1/2, 230V, 50/60Hz	SD75-2
80	904902500P	1	Anillo Retenedor Radial Booster	SRHV470-10
81	BOF 0150	1	Filtro BOGE	
82	BOFF 0150	2	Filtro BOGE	
83	BOGE A120	1	Filtro	
84	BOGE A20	2	Filtro BOGE	
85	BOGE A30	1	Filtro	
86	BOGE FP20	2	Filtro BOGE	
87	BOGE V20	2	Microfiltro Boge	
88	BOGE Z90	1	Filtro	
89	BPF 0150	1	Filtro BOGE	
90		1	Funda Empaquetaduras Cobre	
91		1	Ficha de Conexión Válvula Solenoide	
92		1	Funda Repuestos Usados S29-2	Cambio de partes
93		1	Compresor Boge S15 (SN. 5037429)	Incompleto
94		1	Compresor Bottarini KS 22	Taller Tornero

ANEXO 3**BITACORA O LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES**

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO LIBRO DE CONTROL DE ACTIVIDADES (BITÁCORA)						N°	
MÁQUINA:	CÓDIGO CONTA.	INICIO	HORA	FECHA	FIN	HORA	FECHA
FALLA	TIPO:						
	SÍNTOMA:						
	DIAGNÓSTICO:						
SOLUCIÓN	TIPO DE MANTENIMIENTO:						
	PROCEDIMIENTO:						
RECURSOS	HERRAMIENTAS:						
	REPUESTOS/MATERIALES:						
	PERSONAL:						
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES:							
RESPONSABLE:				SUPERVISOR:			
NOMBRE:				NOMBRE:			
_____				_____			

ANEXO 4

**TABLAS DE CONTROL DE TEMPERATURAS, PRESIONES
Y HORAS DE TRABAJO DEL EQUIPO**

ANEXO 5

**TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO
COMPRESOR DE TORNILLO**



QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889
 info@ecuatorianaindustrial.com
 www.ecuatorianaindustrial.com

ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DE TORNILLO		OPERACIÓN	○			129	INSUMOS: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido	
		TRANSPORTE	➔			5		
		ESPERA	D			10		
PERIODO: MANTENIMIENTO UNA VEZ A LAS 500 H DE TRABAJO		INSPECCIÓN	□			7	HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete	
		ALMACENAMIENTO	▽			0		
		TIEMPO (min)						151
		SIMBOLOGÍA						TIEMPO (min)
Nº	DESCRIPCIÓN	○	➔	D	□	▽	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar y despresurizar el compresor	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la tapa de la protección del filtro de admisión	●					2	Observar daños en la tapa
10	Sacar el filtro	●					2	Desechar el filtro
11	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Utilizar soplete
12	Colocar el filtro de cambio	●					3	Tener cuidado de no golpear el filtro
13	Colocar la tapa de protección del filtro de admisión	●					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro

14	Colocar cubierta de insonorización	•					10	Utilizar llave triangular
15	Encender el compresor	•					5	Verificar la presión de carga
16	Verificar su funcionamiento						5	Chequear los parámetros de funcionamiento
17	Comentar situación del equipo						10	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
18	Seteo del próximo mantenimiento (3000 h)	•					5	Comprobar que el seteo sea para las horas correctas
19	Verificación de ejecución de trabajo realizado	•					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
20	Entrega del equipo al cliente	•					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
21	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	•					15	Entregar el informe a gerencia
22	Revisar y archivar informe	•					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo
REPUESTOS: filtro de cambio de aspiración								

 QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuadorianaindustrial.com www.ecuatorianaindustrial.com								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DE TORNILLO		OPERACIÓN	○			255	INSUMOS: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido	
		TRANSPORTE	⇒			10		
		ESPERA	D			15		
PERIODO: MANTENIMIENTO UNA VEZ A LAS 3000 H DE TRABAJO		INSPECCIÓN	□			14	HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, cadena, destornilladores,	
		ALMACENAMIENTO	▽			0		
		TIEMPO (min)						294
		SIMBOLOGÍA						TIEMPO (min)
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽	OBSERVACIONES	
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar y despresurizar el compresor	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la tapa de la protección del filtro de admisión	●					2	Observar daños en la tapa
10	Sacar el filtro	●					2	Desechar el filtro
11	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Utilizar soplete
12	Colocar el filtro de cambio	●					3	Tener cuidado de no golpear el filtro
13	Colocar la tapa de protección del filtro de admisión	●					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro

14	Retirar el filtro de aceite	●					5	Asegurarse que no se derrame aceite
15	Aflojar pernos de seguridad de la válvula termostática	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
16	Aflojar las tuercas que unen la válvula con las cañerías	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
17	Retirar válvula termostática	●					2	Asegurar que no se derrame aceite
18	Realizar cambio de las partes de desgaste de la válvula termostática	●					15	Revisar cada una de las partes de la válvula termostática.
19	Colocar la válvula termostática	●					3	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
20	Ajustar tuercas y pernos de la válvula termostática	●					10	Dar correcto ajuste
21	Colocar filtro de aceite de cambio	●					5	Asegurarse que el empaque este bien colocado y ajustar con las manos
22	Aflojar filtros separadores	●					10	Utilizar llaves adecuadas
23	Retirar filtros separadores	●					2	Evitar que se derrame aceite
24	Colocar filtros separadores de cambio	●					2	Poner aceite en los empaque para garantizar su hermeticidad al colocar en la base
25	Ajustar filtros separadores nuevos	●					10	Se debe ajustar solamente con las manos
26	Aflojar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Aflojar en cruz y todas a un mismo nivel
27	Retirar la válvula de mínima presión	●					2	Tener cuidado con el resorte
28	Cambiar partes de desgaste de la válvula de mínima presión	●					5	Revisar cada una de las partes de la válvula de mínima presión
29	Colocar la válvula de mínima presión	●					2	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
30	Ajustar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Ajustar en cruz y todas a un mismo nivel
31	Presurizar el equipo				●		5	Debe alcanzar una presión de 3 bares
32	Desconexión de la parte eléctrica	●					2	Verificar que no existe paso de corriente
33	Abrir la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Abrir lentamente para evitar derrame
34	Sacar el aceite del equipo	●					15	Tener recipientes extras para evitar que se derrame el aceite
35	Cerrar la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Verificar que esté completamente cerrada
36	Quitar tapón superior del tanque contenedor de aceite	●					2	Usar las llaves adecuadas
37	Poner aceite al equipo	●					15	Utilizar embudo
38	Verificar el nivel adecuado de aceite				●		2	Utilizar barra medidora
39	Colocar tapón	●					2	Dar correcto ajuste

40	Inspeccionar trabajo realizado					5	Verificar que todo esté en orden
41	Colocar cubierta de insonorización	●				10	Utilizar llave triangular
42	Encender el compresor	●				5	Verificar la presión de carga
43	Verificar su funcionamiento				●	5	Chequear los parámetros de funcionamiento
44	Comentar situación del equipo			●		10	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
45	Seteo del próximo mantenimiento (6000 h)	●				5	Comprobar que el seteo sea para las horas correctas
47	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●				5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
48	Entrega del equipo al cliente	●				5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
49	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●				15	Entregar el informe a gerencia
50	Revisar y archivar informe	●				10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo

REPUESTOS:

Filtro de cambio de aire y de aceite, filtros separadores de aceite, partes de desgaste de la válvula de mínima presión y de la válvula termostática, aceite.

 QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuadorianaindustrial.com www.ecuadorianaindustrial.com								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DE TORNILLO		OPERACIÓN	○	255		INSUMOS: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido		
		TRANSPORTE	⇒	10				
		ESPERA	D	15				
PERIODO: MANTENIMIENTO UNA VEZ A LAS 6000 H DE TRABAJO		INSPECCIÓN	□	14		HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, cadena, destornilladores,		
		ALMACENAMIENTO	▽	0				
		TIEMPO (min)			294			
		SIMBOLOGÍA			TIEMPO (min)			
		Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒			D
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●	●				10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar y despresurizar el compresor	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la tapa de la protección del filtro de admisión	●					2	Observar daños en la tapa
10	Sacar el filtro	●					2	Desechar el filtro
11	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Utilizar soplete
12	Colocar el filtro de cambio	●					3	Tener cuidado de no golpear el filtro
13	Colocar la tapa de protección del filtro de admisión	●					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro

14	Retirar el filtro de aceite	●					5	Asegurarse que no se derrame aceite
15	Aflojar pernos de seguridad de la válvula termostática	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
16	Aflojar las tuercas que unen la válvula con las cañerías	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
17	Retirar válvula termostática	●					2	Asegurar que no se derrame aceite
18	Realizar cambio de las partes de desgaste de la válvula termostática	●					15	Revisar cada una de las partes de la válvula termostática.
19	Colocar la válvula termostática	●					3	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
20	Ajustar tuercas y pernos de la válvula termostática	●					10	Dar correcto ajuste
21	Colocar filtro de aceite de cambio	●					5	Asegurarse que el empaque este bien colocado y ajustar con las manos
22	Aflojar filtros separadores	●					10	Utilizar llaves adecuadas
23	Retirar filtros separadores	●					2	Evitar que se derrame aceite
24	Colocar filtros separadores de cambio	●					2	Poner aceite en los empaque para garantizar su hermeticidad al colocar en la base
25	Ajustar filtros separadores nuevos	●					10	Se debe ajustar solamente con las manos
26	Aflojar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Aflojar en cruz y todas a un mismo nivel
27	Retirar la válvula de mínima presión	●					2	Tener cuidado con el resorte
28	Cambiar partes de desgaste de la válvula de mínima presión	●					5	Revisar cada una de las partes de la válvula de mínima presión
29	Colocar la válvula de mínima presión	●					2	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
30	Ajustar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Ajustar en cruz y todas a un mismo nivel
31	Presurizar el equipo				●		5	Debe alcanzar una presión de 3 bares
32	Desconexión de la parte eléctrica	●					2	Verificar que no existe paso de corriente
33	Abrir la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Abrir lentamente para evitar derrame
34	Sacar el aceite del equipo	●					15	Tener recipientes extras para evitar que se derrame el aceite
35	Cerrar la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Verificar que esté completamente cerrada
36	Quitar tapón superior del tanque contenedor de aceite	●					2	Usar las llaves adecuadas
37	Poner aceite al equipo	●					15	Utilizar embudo
38	Verificar el nivel adecuado de aceite				●		2	Utilizar barra medidora
39	Colocar tapón	●					2	Dar correcto ajuste

40	Inspeccionar trabajo realizado						5	Verificar que todo esté en orden
41	Colocar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
42	Encender el compresor	●					5	Verificar la presión de carga
43	Verificar su funcionamiento						5	Chequear los parámetros de funcionamiento
44	Comentar situación del equipo				●		10	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
45	Seteo del próximo mantenimiento (9000 h)	●					5	Comprobar que el seteo sea para las horas correctas
47	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
48	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
49	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
50	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo

REPUESTOS:

Filtro de cambio de aire y de aceite, filtros separadores de aceite, partes de desgaste de la válvula de mínima presión y de la válvula termostática, aceite.

 <p style="text-align: center;">QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuadorianaindustrial.com www.ecuatorianaindustrial.com</p>								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DE TORNILLO		OPERACIÓN	○			448	INSUMOS: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido, agua a presión	
		TRANSPORTE	⇒			20		
		ESPERA	D			30		
PERIODO: MANTENIMIENTO UNA VEZ A LAS 9000 H DE TRABAJO		INSPECCIÓN	□			19	HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, cadena, destornilladores, trinquete, manguera	
		ALMACENAMIENTO	▽			0		
		TIEMPO (min)						517
		SIMBOLOGÍA						TIEMPO (min)
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽	OBSERVACIONES	
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●	●				10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar y despresurizar el compresor	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Aflojar los pernos de la cubierta de las bandas	●					10	Utilizar llaves adecuadas
10	Retirar la cubierta	●					2	Colocarla en un lugar seguro
11	Aflojar el perno que tensiona las bandas	●					2	Utilizar llaves adecuadas
12	Retirar las cinco bandas una por una	●					5	Revisar el desgaste
13	Colocar las cinco bandas nuevas una por una	●					10	Utilizar las herramientas adecuadas
14	Tensor las bandas	●					2	Dar el correcto ajuste

15	Verificar que las poleas estén alineadas y las bandas tengan la tensión adecuada					5	Utilizar las herramientas adecuadas
16	Colocar la cubierta					2	Procurar que no haya contacto con las bandas
17	Ajustar los pernos de la cubierta de las bandas					10	Dar el correcto ajuste
18	Retirar la tapa de la protección del filtro de admisión					2	Observar daños en la tapa
19	Sacar el filtro					2	Desechar el filtro
20	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro					5	Utilizar soplete
21	Colocar el filtro de cambio					3	Tener cuidado de no golpear el filtro
22	Colocar la tapa de protección del filtro de admisión					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro
23	Retirar el filtro de aceite					5	Asegurarse que no se derrame aceite
24	Aflojar pernos de seguridad de la válvula termostática					5	Utilizar las llaves adecuadas
25	Aflojar las tuercas que unen la válvula con las cañerías					5	Utilizar las llaves adecuadas
26	Retirar válvula termostática					2	Asegurar que no se derrame aceite
27	Realizar cambio de las partes de desgaste de la válvula termostática					15	Revisar cada una de las partes de la válvula termostática.
28	Colocar la válvula termostática					3	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
29	Ajustar tuercas y pernos de la válvula termostática					10	Dar el correcto ajuste
30	Colocar filtro de aceite de cambio					5	Asegurarse que el empaque este bien colocado y ajustar con las manos
31	Aflojar filtros separadores					10	Utilizar llaves adecuadas
32	Retirar filtros separadores					2	Evitar que se derrame aceite
33	Colocar filtros separadores de cambio					2	Poner aceite en los empaque para garantizar su hermeticidad al colocar en la base
34	Ajustar filtros separadores nuevos					10	Se debe ajustar solamente con las manos
35	Aflojar tuercas de la válvula de mínima presión					5	Aflojar en cruz y todas a un mismo nivel
36	Retirar la válvula de mínima presión					2	Tener cuidado con el resorte
37	Cambiar partes de desgaste de la válvula de mínima presión					5	Revisar cada una de las partes de la válvula de mínima presión
38	Colocar la válvula de mínima presión					2	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
39	Ajustar tuercas de la válvula de mínima presión					5	Ajustar en cruz y todas a un mismo nivel
40	Desconectar las cañerías de la válvula solenoide					10	Verificar que todas las cañerías estén desconectadas

41	Aflojar los pernos de sujeción de la válvula solenoide	●					10	Utilizar las llaves adecuadas
42	Retirar la válvula solenoide	●					2	Revisar que no exista paso de corriente
43	Colocar la válvula solenoide nueva	●					3	Observar que la válvula se encuentre correctamente ubicada de acuerdo a la dirección del flujo
44	Ajustar los pernos de sujeción de la válvula solenoide	●					10	Dar el correcto ajuste
45	Conectar las cañerías a la válvula solenoide	●					10	Revisar todas las conexiones
47	Desconectar todos los dispositivos que se encuentran sujetos al radiador combinado	●					20	Verificar la desconexión
48	Aflojar pernos de sujeción del radiador	●					15	Utilizar la llave adecuada
49	Desmontar el radiador del compresor	●					15	Tener cuidado de no golpear el radiador
50	Llevar el radiador a una fuente de agua a presión	●	●				5	Tener cuidado de no golpear el radiador
51	Lavar el radiador con agua a presión	●	●				20	Tener cuidado de no golpear el radiador
52	Dejar secar el radiador						15	
53	Llevar el radiador hacia el equipo compresor		●				5	Tener cuidado de no golpear el radiador
54	Montar el radiador en el compresor	●	●				10	Tener cuidado de no golpear el radiador
55	Colocar y ajustar pernos de sujeción del radiador	●					15	Dar el correcto ajuste
56	Conectar los dispositivos que deben estar sujetos al radiador	●					20	Verificar la conexión de cada dispositivo
57	Presurizar el equipo				●		5	Debe alcanzar una presión de 3 bares en el tanque
58	Desconexión de la parte eléctrica	●					2	Verificar que no existe paso de corriente
59	Abrir la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Abrir lentamente para evitar derrame
60	Sacar el aceite del equipo	●					15	Tener recipientes extras para evitar que se derrame el aceite
61	Cerrar la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Verificar que esté completamente cerrada
62	Quitar tapón superior del tanque contenedor de aceite	●					2	Usar las llaves adecuadas
63	Poner aceite al equipo	●					15	Utilizar embudo
64	Verificar el nivel adecuado de aceite				●		2	Utilizar barra medidora
65	Colocar tapón	●					2	Dar correcto ajuste
66	Inspeccionar trabajo realizado				●		5	Verificar que todo esté en orden
67	Colocar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
68	Encender el compresor	●					5	Verificar la presión de carga

69	Verificar su funcionamiento						5	Chequear los parámetros de funcionamiento
70	Comentar situación del equipo						10	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
71	Seteo del próximo mantenimiento (12000 h)						5	Comprobar que el seteo sea para las horas correctas
72	Verificación de ejecución de trabajo realizado						5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
73	Entrega del equipo al cliente						5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
74	Realizar informe de cumplimiento de trabajo						15	Entregar el informe a gerencia
75	Revisar y archivar informe						10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo

REPUESTOS:

Filtro de cambio de aire y de aceite, filtros separadores de aceite, partes de desgaste de la válvula de mínima presión y de la válvula termostática, aceite, válvula solenoide, bandas

 QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuadorianaindustrial.com www.ecuatorianaindustrial.com								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DE TORNILLO		OPERACIÓN	○	255		INSUMOS: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido		
		TRANSPORTE	⇒	10				
		ESPERA	D	15				
PERIODO: MANTENIMIENTO UNA VEZ A LAS 12000 h DE TRABAJO		INSPECCIÓN	□	14		HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, cadena, destornilladores,		
		ALMACENAMIENTO	▽	0				
		TIEMPO (min)			294			
		SIMBOLOGÍA			TIEMPO (min)			
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽	OBSERVACIONES	
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●	●				10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar y despresurizar el compresor	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la tapa de la protección del filtro de admisión	●					2	Observar daños en la tapa
10	Sacar el filtro	●					2	Desechar el filtro
11	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Utilizar soplete
12	Colocar el filtro de cambio	●					3	Tener cuidado de no golpear el filtro
13	Colocar la tapa de protección del filtro de admisión	●					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro

14	Retirar el filtro de aceite	●					5	Asegurarse que no se derrame aceite
15	Aflojar pernos de seguridad de la válvula termostática	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
16	Aflojar las tuercas que unen la válvula con las cañerías	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
17	Retirar válvula termostática	●					2	Asegurar que no se derrame aceite
18	Realizar cambio de las partes de desgaste de la válvula termostática	●					15	Revisar cada una de las partes de la válvula termostática.
19	Colocar la válvula termostática	●					3	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
20	Ajustar tuercas y pernos de la válvula termostática	●					10	Dar el correcto ajuste
21	Colocar filtro de aceite de cambio	●					5	Asegurarse que el empaque este bien colocado y ajustar con las manos
22	Aflojar filtros separadores	●					10	Utilizar llaves adecuadas
23	Retirar filtros separadores	●					2	Evitar que se derrame aceite
24	Colocar filtros separadores de cambio	●					2	Poner aceite en los empaque para garantizar su hermeticidad al colocar en la base
25	Ajustar filtros separadores nuevos	●					10	Se debe ajustar solamente con las manos
26	Aflojar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Aflojar en cruz y todas a un mismo nivel
27	Retirar la válvula de mínima presión	●					2	Tener cuidado con el resorte
28	Cambiar partes de desgaste de la válvula de mínima presión	●					5	Revisar cada una de las partes de la válvula de mínima presión
29	Colocar la válvula de mínima presión	●					2	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
30	Ajustar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Ajustar en cruz y todas a un mismo nivel
31	Presurizar el equipo				●		5	Debe alcanzar una presión de 3 bares
32	Desconexión de la parte eléctrica	●					2	Verificar que no existe paso de corriente
33	Abrir la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Abrir lentamente para evitar derrame
34	Sacar el aceite del equipo	●					15	Tener recipientes extras para evitar que se derrame el aceite
35	Cerrar la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Verificar que esté completamente cerrada
36	Quitar tapón superior del tanque contenedor de aceite	●					2	Usar las llaves adecuadas
37	Poner aceite al equipo	●					15	Utilizar embudo
38	Verificar el nivel adecuado de aceite					●	2	Utilizar barra medidora
39	Colocar tapón	●					2	Dar correcto ajuste

40	Inspeccionar trabajo realizado						5	Verificar que todo esté en orden
41	Colocar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
42	Encender el compresor	●					5	Verificar la presión de carga
43	Verificar su funcionamiento						5	Chequear los parámetros de funcionamiento
44	Comentar situación del equipo						10	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
45	Seteo del próximo mantenimiento (15000 h)	●					5	Comprobar que el seteo sea para las horas correctas
46	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
47	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
48	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
49	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo

REPUESTOS:

Filtro de cambio de aire y de aceite, filtros separadores de aceite, partes de desgaste de la válvula de mínima presión y de la válvula termostática, aceite.

 <p style="text-align: center;">QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuadorianaindustrial.com www.ecuatorianaindustrial.com</p>								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR DE TORNILLO		OPERACIÓN	○	255		INSUMOS: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido		
		TRANSPORTE	⇒	10				
		ESPERA	D	15				
PERIODO: MANTENIMIENTO UNA VEZ A LAS 15000 h DE TRABAJO		INSPECCIÓN	□	14		HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, cadena, destornilladores,		
		ALMACENAMIENTO	▽	0				
		TIEMPO (min)			294			
		SIMBOLOGÍA			TIEMPO (min)			
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽	OBSERVACIONES	
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar y despresurizar el compresor	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la tapa de la protección del filtro de admisión	●					2	Observar daños en la tapa
10	Sacar el filtro	●					2	Desechar el filtro
11	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Utilizar soplete
12	Colocar el filtro de cambio	●					3	Tener cuidado de no golpear el filtro
13	Colocar la tapa de protección del filtro de admisión	●					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro

14	Retirar el filtro de aceite	●					5	Asegurarse que no se derrame aceite
15	Aflojar pernos de seguridad de la válvula termostática	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
16	Aflojar las tuercas que unen la válvula con las cañerías	●					5	Utilizar las llaves adecuadas
17	Retirar válvula termostática	●					2	Asegurar que no se derrame aceite
18	Realizar cambio de las partes de desgaste de la válvula termostática	●					15	Revisar cada una de las partes de la válvula termostática.
19	Colocar la válvula termostática	●					3	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
19	Ajustar tuercas y pernos de la válvula termostática	●					10	Dar el correcto ajuste
20	Colocar filtro de aceite de cambio	●					5	Asegurarse que el empaque este bien colocado y ajustar con las manos
21	Aflojar filtros separadores	●					10	Utilizar llaves adecuadas
22	Retirar filtros separadores	●					2	Evitar que se derrame aceite
23	Colocar filtros separadores de cambio	●					2	Poner aceite en los empaque para garantizar su hermeticidad al colocar en la base
24	Ajustar filtros separadores nuevos	●					10	Se debe ajustar solamente con las manos
25	Aflojar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Aflojar en cruz y todas a un mismo nivel
26	Retirar la válvula de mínima presión	●					2	Tener cuidado con el resorte
27	Cambiar partes de desgaste de la válvula de mínima presión	●					5	Revisar cada una de las partes de la válvula de mínima presión
28	Colocar la válvula de mínima presión	●					2	Asegurarse que los empaques estén bien colocados
29	Ajustar tuercas de la válvula de mínima presión	●					5	Ajustar en cruz y todas a un mismo nivel
30	Presurizar el equipo				●		5	Debe alcanzar una presión de 3 bares
31	Desconexión de la parte eléctrica	●					2	Verificar que no existe paso de corriente
32	Abrir la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Abrir lentamente para evitar derrame
33	Sacar el aceite del equipo	●					15	Tener recipientes extras para evitar que se derrame el aceite
34	Cerrar la llave del tanque contenedor de aceite	●					1	Verificar que esté completamente cerrada
35	Quitar tapón superior del tanque contenedor de aceite	●					2	Usar las llaves adecuadas
36	Poner aceite al equipo	●					15	Utilizar embudo
37	Verificar el nivel adecuado de aceite					●	2	Utilizar barra medidora
38	Colocar tapón	●					2	Dar correcto ajuste

39	Inspeccionar trabajo realizado						5	Verificar que todo esté en orden
40	Colocar cubierta de insonorización	●					10	Utilizar llave triangular
41	Encender el compresor	●					5	Verificar la presión de carga
42	Verificar su funcionamiento						5	Chequear los parámetros de funcionamiento
43	Comentar situación del equipo						10	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
44	Seteo del próximo mantenimiento (18000 h)	●					5	Comprobar que el seteo sea para las horas correctas
45	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
47	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
48	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
49	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo

REPUESTOS:

Filtro de cambio de aire y de aceite, filtros separadores de aceite, partes de desgaste de la válvula de mínima presión y de la válvula termostática, aceite.

ANEXO 6

TAREAS DE MANTENIMIENTO PARA EL EQUIPO

SECADOR



QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889
 info@ecuatorianaindustrial.com
 www.ecuatorianaindustrial.com

ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SECADOR DE REFRIGERACIÓN	OPERACIÓN	○	162		INSUMOS: Wipe, aire comprimido, agua			
	TRANSPORTE	➔	20					
	ESPERA	D	20					
PERIODO: MANTENIMIENTO CADA 12 MESES	INSPECCIÓN	□	20		HERRAMIENTAS: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, destornilladores.			
	ALMACENAMIENTO	▽	0					
CÓDIGO CORRECTIVO : 1.1 - FS01 - C001	TIEMPO (min)					TIEMPO (min)		
	SIMBOLOGÍA							
Nº	DESCRIPCIÓN	○	➔	D	□	▽	OBSERVACIONES	
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar el compresor, secador y despresurizar los equipos	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización del secador	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		5	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Desconectar todos los dispositivos que se encuentran sujetos al intercambiador	●					5	Verificar la desconexión de todos los dispositivos
10	Aflojar pernos de sujeción del intercambiador	●					5	Utilizar las llaves correctas
11	Desmontar el intercambiador del secador	●					15	Tener cuidado de no golpear el intercambiador

12	Llevar el intercambiador a una fuente de agua a presión						5	Tener cuidado de no golpearlo
13	Lavar el intercambiador con agua a presión y soplar en contracorriente						15	Tener cuidado de no golpearlo
14	Dejar secar el intercambiador aire/aire caliente						15	Dejarlo secar por un periodo adecuado
15	Llevar el radiador hacia el equipo secador						5	Tener cuidado de no golpearlo
16	Montar el intercambiador en el secador						10	Tener cuidado de no golpearlo
17	Colocar y ajustar pernos de sujeción del intercambiador						10	Dar el correcto ajuste
18	Conectar los dispositivos que deben estar sujetos al intercambiador						5	Revisar todas las conexiones sujetas al intercambiador
19	Inspeccionar trabajo realizado						5	Verificar que todo esté en orden
20	Colocar cubierta de insonorización						5	Utilizar llave triangular
21	Encender el compresor						2	Verificar la presión de carga
22	Verificar su funcionamiento						10	Chequear los parámetros de funcionamiento
23	Comentar situación del equipo						5	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
24	Verificación de ejecución de trabajo realizado						5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
25	Entrega del equipo al cliente						5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
26	Realizar informe de cumplimiento de trabajo						15	Entregar el informe a gerencia
27	Revisar y archivar informe						10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo
REPUESTOS: Ninguno								



QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889
 info@ecuatorianaindustrial.com
 www.ecuatorianaindustrial.com

ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SECADOR DE REFRIGERACIÓN	OPERACIÓN	○	106		INSUMOS: Wipe, aire comprimido, agua			
	TRANSPORTE	➔	10					
	ESPERA	D	5					
PERIODO: MANTENIMIENTO CADA 12 MESES	INSPECCIÓN	□	25		HERRAMIENTAS: Llave triangular,, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, destornilladores.			
	ALMACENAMIENTO	▽	0					
CÓDIGO CORRECTIVO : 1.2 - FS02 - C002	TIEMPO (min)					146		
	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (min)		
Nº	DESCRIPCIÓN	○	➔	D	□	▽	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar el compresor, secador y despresurizar los equipos	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización del secador	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza					●	5	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Desconectar dispositivos que se encuentren sujetos a la válvula de expansión	●					5	Cerciorarse que no haya fugas del refrigerante al desconectar
10	Retirar la válvula de expansión	●					2	Procurar de no dañar los acoples
11	Colocar la válvula de expansión de cambio	●					2	Verificar ubicación correcta

12	Conectar los dispositivos que deben estar sujetos a la válvula de expansión	●					5	Verificar las conexiones a la válvula de expansión
13	Inspeccionar trabajo realizado					●	10	Verificar que todo esté en orden
14	Colocar cubierta de insonorización	●					5	Utilizar llave triangular
15	Encender el compresor	●					2	Verificar la presión de carga
16	Verificar su funcionamiento					●	10	Chequear los parámetros de funcionamiento
17	Comentar situación del equipo				●		5	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
18	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
19	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
20	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
21	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo

REPUESTOS:

Válvula de expansión de cambio



QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889
 info@ecuatorianaindustrial.com
 www.ecuatorianaindustrial.com

ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SECADOR DE REFRIGERACIÓN	OPERACIÓN	○	110		INSUMOS: Wipe, aire comprimido, agua			
	TRANSPORTE	⇒	10					
	ESPERA	D	5					
PERIODO: MANTENIMIENTO CADA 12 MESES	INSPECCIÓN	□	25		HERRAMIENTAS: Llave triangular,, llaves hexagonales, juego de llaves, destornilladores.			
	ALMACENAMIENTO	▽	0					
CÓDIGO CORRECTIVO : 1.3 - FS03 - C003 2.3 – FS05 – C005	TIEMPO (min)					155		
	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (min)		
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar el compresor, secador y despresurizar los equipos	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización del secador	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		5	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Purgar todo el condensado del separador mediante la purga manual	●					5	Realizar el purgado de acuerdo a las especificaciones del fabricante
10	Retirar la tapa de la protección del filtro del separador de condensados	●					2	Observar daños en la tapa
11	Sacar el filtro	●					2	Desecharlo en el lugar correcto
12	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Limpiar con wipe y aire a presión

13	Colocar el filtro de cambio del separador de condensados	●					2	Verificar ubicación correcta
14	Colocar la tapa de protección del filtro	●					2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro
15	Inspeccionar trabajo realizado				●		10	Verificar que todo esté en orden
16	Colocar cubierta de insonorización	●					5	Utilizar llave triangular
17	Encender el compresor	●					2	Verificar la presión de carga
18	Verificar su funcionamiento				●		10	Chequear los parámetros de funcionamiento
19	Comentar situación del equipo				●		5	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
20	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
21	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
22	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
23	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo
<p>REPUESTOS: Filtro de cambio de separador de condensados</p>								

 Ecuatoriana Industrial Termoval Cia. Ltda. QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889 info@ecuatorianaindustrial.com www.ecuatorianaindustrial.com								
ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SECADOR DE REFRIGERACIÓN		OPERACIÓN	○	132		INSUMOS: Wipe, aire comprimido, agua		
		TRANSPORTE	⇒	20				
		ESPERA	D	5				
PERIODO: MANTENIMIENTO CADA 4 MESES		INSPECCIÓN	□	25		HERRAMIENTAS: Llave triangular, llave de pico, de tubo, llaves hexagonales, juego de llaves, destornilladores.		
		ALMACENAMIENTO	▽	0				
CÓDIGO CORRECTIVO : 2.2 - FS04 - C004		TIEMPO (min)			182	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES	
		SIMBOLOGÍA						
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽		
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar el compresor, secador y despresurizar los equipos	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización del secador	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		5	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Desconectar todos los dispositivos que se encuentran sujetos al condensador	●					5	Cerciorarse que no haya fugas del refrigerante al desconectar
10	Aflojar pernos de sujeción del condensador	●					5	Utilizar la llaves correctas
11	Desmontar el condensador	●					10	Tener cuidado de no golpear el condensador
12	Llevar el condensador a una fuente de aire a presión		●				5	Tener cuidado de no golpearlo

13	Soplar con aire a presión dentro de los tubos del condensador	●					10	Tener cuidado de no golpearlo
14	Llevar el condensador hacia el equipo secador	●	●				5	Tener cuidado de no golpearlo
15	Montar el intercambiador en el secador	●					10	Tener cuidado de no golpearlo
16	Colocar y ajustar pernos de sujeción del condensador	●					5	Dar el ajuste correcto
17	Conectar los dispositivos que deben estar sujetos al condensador	●	●				5	Revisar todas las conexiones sujetas al condensador
18	Inspeccionar trabajo realizado					●	10	Verificar que todo esté en orden
19	Colocar cubierta de insonorización	●					5	Utilizar llave triangular
20	Encender el compresor	●					2	Verificar la presión de carga
21	Verificar su funcionamiento					●	10	Chequear los parámetros de funcionamiento
22	Comentar situación del equipo					●	5	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
23	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●					5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
24	Entrega del equipo al cliente	●					5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
25	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●					15	Entregar el informe a gerencia
26	Revisar y archivar informe	●					10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo
REPUESTOS: Ninguno								



QUITO: CONCEPCIÓN E5-37 Y VALPARAISO TELF: 2952-888 TELEFAX:2281-921 CELULAR: 09-9935889

info@ecuatorianaindustrial.com

www.ecuatorianaindustrial.com

ESTRATEGIA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO		RESUMEN					RESPONSABLE: Operador de Mantenimiento	
		ACTIVIDAD			GENERA			
PROCESO: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SECADOR DE REFRIGERACIÓN	OPERACIÓN	○	111		INSUMOS: Wipe, aire comprimido, agua			
	TRANSPORTE	⇒	10					
	ESPERA	D	5					
PERIODO: MANTENIMIENTO CADA 12 MESES	INSPECCIÓN	□	20		HERRAMIENTAS: Llave triangular, llaves hexagonales, juego de llaves, destornilladores.			
	ALMACENAMIENTO	▽	0					
CÓDIGO CORRECTIVO : 2.5 - FS06 - C006	TIEMPO (min)					146		
	SIMBOLOGÍA					TIEMPO (min)		
Nº	DESCRIPCIÓN	○	⇒	D	□	▽	TIEMPO (min)	OBSERVACIONES
1	Enviar orden de trabajo preventivo a técnicos		●				10	La orden debe ser clara y precisa
2	Poner equipo de trabajo (casco, overol, calzado de seguridad, guantes, gafas)	●					10	Utilizar todos los equipos de seguridad
3	Ubicar mesa de trabajo con herramientas y repuestos	●					5	Poner la mesa en un lugar adecuado para poder trabajar
4	Apagar el compresor, secador y despresurizar los equipos	●					5	Asegurar que el equipo esté completamente apagado
5	Retirar cubierta de insonorización del secador	●					10	Utilizar llave triangular
6	Preparar equipo de limpieza	●					5	Poner el equipo en un lugar adecuado
7	Limpieza general	●					20	Limpiar todo el equipo
8	Verificar limpieza				●		5	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la protección del filtro del refrigerante	●					5	Colocarlo en un lugar seguro
10	Sacar el filtro	●					2	Desecharlo en un lugar seguro
11	Limpiar la cavidad donde se aloja el filtro	●					5	Limpiar con wipe y aire a presión
12	Colocar el filtro de cambio del separador de condensados	●					2	Verificar ubicación correcta
13	Colocar la protección del filtro del refrigerante	●					5	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro

14	Inspeccionar trabajo realizado					5	Verificar que todo esté en orden
15	Colocar cubierta de insonorización	●				5	Utilizar llave triangular
16	Encender el compresor	●				2	Verificar la presión de carga
17	Verificar su funcionamiento				●	10	Chequear los parámetros de funcionamiento
18	Comentar situación del equipo			●		5	Escuchar o ver posibles ruidos o defectos que se puedan presentar
19	Verificación de ejecución de trabajo realizado	●				5	Revisar que el mantenimiento esté completamente realizado por parte del supervisor
20	Entrega del equipo al cliente	●				5	Firma de entrega recepción por parte del cliente
21	Realizar informe de cumplimiento de trabajo	●				15	Entregar el informe a gerencia
22	Revisar y archivar informe	●				10	Realizar los correctivos que se crea necesario en la ejecución del trabajo
REPUESTOS: Filtro de cambio del refrigerante							

ANEXO 7

BASE DE DATOS MICROSOFT ACCESS 2007

DESARROLLO DEL SISTEMA

Con el fin de optimizar el sistema de mantenimiento preventivo, es necesario de contar con una base de datos, la cual ha sido diseñada de acuerdo a las necesidades de la compañía “Ecuatoriana Industrial S.A.” y para un fácil manejo de la misma.

La base de datos fue diseñada en Microsoft Access 2007, la cual cuenta con una serie de formularios e informes donde se puede tener una visión clara de cada equipo, sus características y condiciones de funcionamiento.

El sistema cuenta con un panel de control principal donde podemos realizar las siguientes actividades como se muestra a continuación.

INGRESO DE CLIENTES



Al seleccionar ingresar datos en el panel de control principal se desplegará un panel, en el cual se escogerá la opción clientes. Se desplegará un formulario donde se ingresará toda la información necesaria del cliente:

- IdCliente
- Compañía
- Dirección

- Ciudad
- Código del cliente
- Teléfono
- E-mail
- Contacto
- Equipo adquirido
- Modelo
- Serie

Panel de control CLIENTES

Ecuatoriana Industrial
Termoval Cia. Ltda.
Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

CLIENTES

Compañía: EMPAQPLAST S.A.

Dirección: Dario Figueroa s/n Gral. Enríquez

Ciudad: Sangolquí

Código Cliente: QEMP003

Teléfono: 3967900/330553/333831/ Fax:(3967999)

Email:

Contacto: Ing. Guido Tituaña

Equipo Adquirido: Compresor de Tornillo con inyección de aceite
Compresor Booster 1
Compresor Booster 2
Compresor Booster 3

Máquina: Modelo S 125
Modelo SRHV 470-10
Modelo SRHV 470-10
Modelo SRHV 470-10

Serie: 5031589

Equipo Adquirido: Secador de baja
Secador de alta

Máquina: DR 180
D185-HP

Serie: 091/21032/11
092/21051/04

Registro: 19 de 19 Sin filtro Buscar

Vista Formulario

INGRESO DE EQUIPO COMPRESOR

Seleccionar la opción equipos compresores del panel ingresar datos, se desplegará un formulario en el cual se ingresará toda la información concerniente al compresor. Se debe tener en cuenta que cada equipo posee un campo denominado Id del Cliente, el cual corresponde a la compañía que pertenece y es un número único.

Panel de control EQUIPOS COMPRESORES

Ecuatoriana Industrial
Termoval Cía. Ltda.
Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

EQUIPOS COMPRESORES

EQUIPO HISTORIAL INFORME TÉCNICO

IdEquipo: 1

Compañía: ROYALTEX S.A.

Descripción: Compresor de Tornillo con inyección de aceite

Modelo: Modelo S 29-2

Serie: 5037582

ProcedenciaDeEquipo: Alemania

IdCliente: 1



CONTEXTO OPERACIONAL

Tanque de Presión: Separador de aceite:

Secador Refrigerativo: Filtro:

Secador de Adsorción: Purgador de Condensados:

T(°C) final de compresión: 76 Presión (bar) on/off: 10/9

T(°C) de succión: 23 T(°C) de agua de enfriamiento:

Registro: 1 de 24 Sin filtro Buscar

Vista Formulario

INGRESAR REPUESTOS DE MANTENIMIENTO (COMPRESOR)

En el formulario repuestos de mantenimiento se ingresa todas las partes de cambio que corresponden a su respectivo mantenimiento de acuerdo a las horas de trabajo de cada equipo.

Panel de control HORAS DE MITO

Ecuatoriana Industrial
Termoval Cía. Ltda.
Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

REPUESTOS DE MANTENIMIENTO

IdEquipo: 6

Compañía: EL ORDEÑO

Descripción: Compresor de Tornillo con inyección de aceite

Modelo: Modelo S 15

Serie: 5022840

ProcedenciaDeEquipo: Alemania

Guardar

Horas	Código	Descripción	Contenido del KIT	Cant	Unidad	Costo	Descuer
3000	2900001566P	Mantenimiento del Kit S15 para maxima presión	filtro de aspiración filtro de cambio separador de aceite empaquetaduras	1	u	\$ 1,00	10%
3000	2420316671P	Juego de partes usados en el regulador de aceite 3/8		1	u	\$ 1,00	10%

Registro: 6 de 24 Sin filtro Buscar

Vista Formulario Bloq Mayús

INGRESAR PARTES (COMPRESOR)

En el formulario partes compresor se ingresa todas las partes que conforma el equipo compresor de acuerdo a cada compañía.

Panel de exploración

INGRESAR PARTES

Ecuatoriana Industrial
Termoval Cia. Ltda.
Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

PARTES COMPRESOR

Compañía:

Descripción:

Modelo:

Serie:

Procedencia:

Id Equipo:

DETALLES DE PARTES

Código	DescripciónEsp	Unidades	DescripciónIng
223070301P	Anillo de reducción D60-b5	1	Reducing ring D60-b5
223070303P	Anillo de reducción D62-b4	1	Reducing ring D62-b4
2230742662P	Válvula de mínima presión recambio completo S24/29	1	Minimum pressure valve cpl. replacement S24/29
2230742672P	Partes de desgaste de válvula de mínima presión	1	Wearing parts minimum pressure valve
223095500P	Tuberías de aceite S20-S29	1	Pipework oil S20-S29
223106200P	Tuberías de válvula mínima presión a enfriador	1	Pipework minimum pressure valve to cooler
223106600P	Tuberías de aceite	1	Pipework oil
223106700P	Tubería de aceite de enfriador a regulador	1	Pipework oil cooler to regulator
223125900P	Tubería de aceite	1	Oil pipe
224022700P	Enfriador combinado S20-2- S29-2, S24 - S29	1	Combined cooler S20-2- S29-2, S24 - S29
225052300KP	Marco base S20	1	Base frame S20
225053200P	Platte Perb.65 olbest.	2	Platte Perb.65 olbest.

Registro: 1 de 24 Sin filtro Buscar

Vista Formulario

INGRESO DE EQUIPO SECADOR

Seleccionar la opción equipo secador del panel ingresar datos, se desplegará un formulario en el cual se ingresará toda la información concerniente al secador. Se debe tener en cuenta que cada equipo posee un campo denominado Id del Cliente, el cual corresponde a la compañía que pertenece y es un número único.

Panel de exploración

EQUIPOS SECADORES

Ecuatoriana Industrial
Termoval Cia. Ltda.
Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

SECADOR

Id Equipo:

Compañía:

Descripción:

Modelo:

Serie:

Procedencia:

Id Cliente:

Arranque:

Próximo Mtt:

Observación:

Registro: 19 de 20 Sin filtro Buscar

Vista Formulario

TABLAS AMFE

El sistema cuenta con una base de datos de análisis modal de fallos y efectos para el equipo compresor y secador, al seleccionar la opción tablas AMFE del panel de control principal se abrirá un formulario que contiene las tablas AMFE y las acciones correctivas de cada subsistema para su respectivo equipo. También se puede consultar las tareas de mantenimiento de los equipos compresor y secador, así como también las diferentes alarmas que podría presentar el equipo compresor de tornillo.

AMFE

Equipo: COMPRESOR

Subsistema:

- Motor - Juego tensor
- Deposito combinado - Compresor
- Regulador de admisión
- Regulador de aceite
- Unidad de refrigeración
- Unidad electrica
- Unidad de proceso de secado de aire
- Unidad de liquido refrigerante
- Sentido de rotación incorrecta

Código	Componente	Causa	Efecto
1.1	Motor	Sobrecarga del motor Insuficiente enfriamiento del motor Termistor PTC defectuoso o muy usado Falla en una fase de la línea eléctrica Dos fases de la red principal de alimentación o del motor están invertidas	Disminuye la velocidad, potencia, rendimiento No sube la presión
1.2	Polea	Mala alineación entre poleas	Mal montaje Desgaste excesivo de las bandas
1.3	Bandas	Bandas desgastadas	Tiempo excesivo de uso Mala Calibración de ajuste No transmite correctamente la potencia del motor al tornillo

Registro: 1 de 3

ACCIONES CORRECTIVAS

Registro: 1 de 8

BODEGA

El sistema cuenta con un control completo de Stock, donde se puede ingresar y sacar repuestos generando un historial de los mismos. En el panel de control principal seleccionar la opción bodega, se desplegara un panel secundario que cuenta con las siguientes opciones: Ingresar producto, informe de Stock, Pedido. Estas opciones sirven para tener un control general de los repuestos que existen en bodega.



VISTA PRELIMINAR DE DATOS

Cada formulario cuenta con toda la información necesaria de los equipos compresor y secador, además cuenta con una opción para imprimir el registro que se desee de la base de datos así como también las diferentes opciones que se requieren para realizar el mantenimiento preventivo, tales como planes de mantenimiento para cada equipo, repuestos de mantenimiento para cada intervalo de tiempo de trabajo, tareas de mantenimiento correspondientes a cada intervalo de tiempo de trabajo, historial de mantenimiento de cada equipo.

ANEXO 8

EJEMPLO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BASE DE DATOS MICROSOFT ACCESS 2007

DATOS GENERALES DEL CLIENTE



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921

www.ecuatorianaindustrial.com

CLIENTES

domingo, 22 de mayo de 2011

Compañía:

Dirección: Dario Figueroa s/n Gral. Enriquez Teléfono: 3967900/330553/333831/ Fax:(3967999)

Ciudad: Sangolqui Email:

C Cliente: QEMP003 Contacto: Ing. Guido Tituaña

Equipo: Compresor de Tornillo con inyección de aceite
Compresor Booster 1
Compresor Booster 2
Compresor Booster 3

Tipo: Modelo S 125
Modelo SRHV 470-10
Modelo SRHV 470-10
Modelo SRHV 470-10

N de Máquina: 5031589
5031688
5031687
5031007

Observacion: El compresor de tornillo trabaja 24 horas diarias de lunes a Viernes (prox. Mantenimiento 12000 h)

Máquina: DR 180
D185-HP

Equipo: Secador de baja
Secador de alta

Serie: 091/21032/11
092/21051/04

Observacion:

DETALLES DE FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS COMPRESORES DE TORNILLO



EQUIPOS COMPRESORES

domingo, 22 de mayo de 2011

COMPañIA	PROCEDENCIA	EQUIPO	SERIE	MODELO	HORAS DE SERVICIO
ARROCESA	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5036717	Modelo CL 20	1280
IMPRECEAR	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5037249	Modelo CL 20	
HOLCIM	Alemania	Compresor de Pistón	5038991	Modelo RM 5000	3552
EMPAQPLAST S.A.	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5031589	Modelo S 125	11504
EL ORDEÑO	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5022840	Modelo S 15	6318
FIBRATEX Cia. Ltda	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5037428	Modelo S 15	3140
LABORATORIOS FITOTERAPIA	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5037430	Modelo S 15	3492
AGRIVIB S.A	Estados Unidos	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5036392	Modelo S 20-2	1600
DINSE	Estados Unidos	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5017089	Modelo S 24-2	3330
ARROCESA	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5037584	Modelo S 29-2	1600
EMPAGRAN	Estados Unidos	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5026017	Modelo S 29-2	7073
INDUSTRIAS OMEGA S.A.	Alemania	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	5037583	Modelo S 29-2	2445

DETALLES DEL EQUIPO SECADOR



EQUIPOS SECADORES

domingo, 22 de mayo de 2011

COMPANIA	PROCEDENCIA	DESCRIPCIÓN	SERIE	MODELO
FERRERO DEL ECUADOR S.A	Alemania	Secador Refrigerativo	3868080001	DS40 (SPL040)
IMPRECEAR	Alemania	Secador Refrigerativo	3868070001	DS 22 (CDV120)
EL ORDEÑO	Alemania	Secador Refrigerativo	091/21031/57	DR 17
DINSE	Estados Unidos	Secador Refrigerativo	V1CEP81262	BVF-100
SCHLUMBERGER SURENCO S.A.	Estados Unidos	Secador Refrigerativo	V1CFP81259	BVF-150
NOVACERO	Estados Unidos	Secador de Adsorción	27284572	BHLD 1250
INCASA	Alemania	Secador Refrigerativo	3930350001	DS 180
SERTECPET		Secador Refrigerativo		UVVF 150
EMPAQPLAST S.A.	Alemania	Secador refrigerativo de baja	091/21032/11	DR 180
EMPAQPLAST S.A.	Alemania	Secador refrigerativo de alta	092/21051/04	D185-HP
EMPAQPLAST S.A.	Alemania	Filtro		G11/50 ZXPADD

DATOS GENERALES DEL EQUIPO COMPRESOR DE TORNILLO



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921

www.ecuatorianaindustrial.com

EQUIPOS COMPRESORES

Compañía	EMPAQPLAST S.A.	
IdEquipo:	22	
ProcedenciaDeEquipo:	Alemania	
Descripcion:	Compresor de Tornillo con inyección de aceite	
N de Maquina:	5031589	
Tipo:	Modelo S 125	

CONTEXTO OPERACIONAL

Tanque de Presión:	<input checked="" type="checkbox"/>	Separador de aceite:	<input checked="" type="checkbox"/>
Secador Refrigerativo:	<input checked="" type="checkbox"/>	Filtro:	<input checked="" type="checkbox"/>
Secador de Adsorción:	<input type="checkbox"/>	Purgador de Condensados:	<input checked="" type="checkbox"/>

T(°C) final de compresion:	75
T(°C) de succión:	30
Presión (bar) on/off:	10/9
T(°C) de agua de enfriamiento:	

Nivel de aceite:	<input checked="" type="checkbox"/>	Instalacion de la Maquina:	Buena
Revisión del sistema de Control:	<input checked="" type="checkbox"/>	Toma de aire/Salida de aire:	Buena
Prueba de Funcionamiento:	<input checked="" type="checkbox"/>	Condiciones Ambientales:	Buena

Voltaje (V):	
Corriente (A):	

Arranque : 02/06/2009
Proximo Mtto: 29/04/2011

Calidad de agua de enfriamiento acorde a estandares BOGE:

Intervalo de mantenimiento: 2500h Horas Diarias: 24 Horas de Trab: 11504

Observaciones:

PARTES DE CAMBIO PARA EL MANTENIMIENTO DEL EQUIPO COMPRESOR DE TORNILLO A LAS 9000 h



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax: 2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

PROFORMA

0001

RUC: 1791936574001

Cod Cliente: QFER001

domingo, 22 de mayo de 2011

Nombre: FERRERO DEL ECUADOR S.A

Dirección: Tumbaco Sector El Arenal

Contacto: Ing. Luis Gómez

Teléfono: 2984500

Equipo: Modelo SD75-2

Serie: 5031808

H.Trabajo	Codigo	Descripción	Cant.	Unidad	Precio	Desc.	Total
9000	2230337671P	Partes usadas en la válvula de mínima presión	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90
9000	2900004666P	Kit de mantenimiento S/SD 61-2- S/SD/SF	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90
9000	2420164671P	Juegos de partes usados en el regulador de aceite	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90
9000	242045800P	Regulador de admision	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90
9000	644006301P	Válvula Solenoide	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90
9000	586000902P	Banda V-belt BOGE	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90
9000	599015866P	Aceite para compresor de tornillo BOGE Syprem 80005 20 lit	20	u	\$ 1,00	0,1	\$ 18,00
9000	599015666P	Aceite para compresor de tornillo BOGE Syprem 80005 5 litr	5	u	\$ 1,00	0,1	\$ 4,50
9000		Mantenimiento	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90
9000		Costo de viaje por visita	1	u	\$ 1,00	0,1	\$ 0,90

PARTES DEL EQUIPO COMPRESOR DE TORNILLO



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921

www.ecuatorianaindustrial.com

Compañía: EMPAQPLAST S.A.
 Descripción: Compresor de Tornillo
 Nº Maquina: 5031589
 Tipo: Modelo S 125
 Procedencia: Alemania

domingo, 22 de mayo de 2011

13:10:48

Codigo	Descripción Esp	Descripción Ing	Unidades
528000404P	Tornillo de conexión directa R1/8-D6	Straight screw connection R1/8-D6	1
523000204P	Remache ciego 4 x 7 Al/St	Blind rivet 4 x 7 Al/St	8
528002003P	Tubo en T de conexión D6 latón	T-tube connection D6 brass	1
5280019081P	Atomilladura EVW 28-PLR ST galvanizado R1	Screwed union EVW 28-PLR ST galvanized R1	1
5280019081P	Atomilladura EVW 28-PLR ST galvanizado R1	Screwed union EVW 28-PLR ST galvanized R1	1
5280019071P	Atomilladura EVW 22-PLR ST galvanizado	Screwed union EVW 22-PLR ST galvanized	1
528000919P	Atomilladura XGE15-LR ST galvanizado R1/2	Screwed union XGE15-LR ST galvanized R1/2	1
528000903P	Atomilladura XGE18-LR ST galvanizado R1/2	Screwed union XGE18-LR ST galvanizedR1/2	2
528000903P	Atomilladura XGE18-LR ST galvanizado R1/2	Screwed union XGE18-LR ST galvanizedR1/2	1
528000802P	Atomilladura en L R1/8 D6	L-screwed union R1/8 D6	1

DATOS GENERALES DEL EQUIPO SECADOR



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

EQUIPOS SECADORES

IdEquipo: 6
Compañía: EL ORDEÑO
Descripción: Secador Refrigerativo
Modelo: DR 17
Serie: 091/21031/57
Procedencia: Alemania



Observación:

Fecha:
Número de factura:
Personal de Ecuatoriana Industrial:
Personal de la empresa que adquirió el Equipo:
Observaciones:

PLAN DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO SECADOR FRIGORÍFICO



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE SECADORES FRIGORÍFICOS

Id Equipo:	2	Descripción:	Secador Refrigerativo
Compañía:	FERRERO DEL ECUADOR.S.A	Modelo:	DS40 (SPL040)
Procedencia:	Alemania	Serie:	3868080001

Acciones de Mantenimiento	Diarias	Semanales	4 Meses	Anual
Comprobar que el indicador POWER ON está encendido.	Comprobar			
Comprobar todos los indicadores de panel de control.	Comprobar			
Comprobar el purgador		Comprobar		
Limpia el condensador, rejilla y conexiones			Actuar	
Comprobar consumo eléctrico			Comprobar	
Hacer mantenimiento integral del purgador				Actuar
Sustituir todos los elementos filtrantes de los filtros instalados				Actuar

CONTROL DE BODEGA EGRESOS/INGRESOS



Concepción ES-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax: 2281-921

www.ecuatorianaustrial.com

REPUESTOS SOLICITADOS

Id Pedido: P001

Proveedor: Ing. Rodrigo Castro

Fecha: 22/05/2011

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNI	BENEFICIARIO
BOGE A30	Filtro	1	
586000807P	Bandas BOGE V (8 Bar)	1	
243003721P	Célula Filtro de Aire 597x805x45	2	
2230742672P	Kit Mantenimiento Valv. Mínima Presión	2	
	Ficha de Conexión Válvula Solenoide	1	
	Funda Repuestos Usados S29-2	1	
536007700P	Empaquetadura Culata Booster	2	
2230742662P	Val. Mínimas Presión Completo S29	2	
6440006663P	Kit Mantenimienmto Valv. Solenoide	2	
2420079661P	Kit Mantenimienmto Valv. Admisión	1	
2420164671P	kit Mantenimiento Valv. Termostática	3	



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921

www.ecuatorianaindustrial.com

EGRESOS DE BODEGA

Id Egreso: E001

Proveedor: ECUATORIANA INDUSTRIAL

Fecha: 22/05/2011

CODIGO	DESCRIPCIÓN	UNI	BENEFICIARIO
904902500P	Anillo Retenedor Radial Booster	1	
2900002466P	Kit Mantenimiento S24 - S29	2	
527007301P	Codo	3	
2420316671P	Kit Mantenimiento Valv. Termostática 3/8	2	
237100500KP	Base Dañada S29-2	1	
	Funda Empaquetaduras Cobre	2	
	Compresor Bottarini KS 22	1	

CONTROL DE STOCK



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax:2281-921

www.ecuatorianaindustrial.com

domingo, 22 de mayo de 2011

ID	DESCRIPCIÓN	VENTAS	BODEGA	BENEFICIARIO
12	Kit Mantenimiento Valv. Termostática 3/8	1	3	
TOTAL VENTAS		1	3	
STOCK		2		

ID	DESCRIPCIÓN	VENTAS	BODEGA	BENEFICIARIO
45	Kit Mantenimiento S24 - S29	1	4	
TOTAL VENTAS		1	4	
STOCK		3		

ID	DESCRIPCIÓN	VENTAS	BODEGA	BENEFICIARIO
77	Codo	1	1	
TOTAL VENTAS		1	1	
STOCK		0		

ID	DESCRIPCIÓN	VENTAS	BODEGA	BENEFICIARIO
82	Anillo Retenedor Radial Booster	1	1	
TOTAL VENTAS		1	1	
STOCK		0		

ID	DESCRIPCIÓN	VENTAS	BODEGA	BENEFICIARIO
86	Funda Empaquetaduras Cobre	1	1	
TOTAL VENTAS		1	1	
STOCK		0		

ID	DESCRIPCIÓN	VENTAS	BODEGA	BENEFICIARIO
----	-------------	--------	--------	--------------

TAREAS DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO COMPRESOR DE TORNILLO



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax: 2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

TAREAS DE MANTENIMIENTO DEL COMPRESOR

Estrategia: Mantenimiento Preventivo

Responsable: Jefe de mantenimiento

Proceso: Realizar mantenimiento del compresor de tornillo

Horas: 500

domingo, 22 de mayo de 2011

Nº Tarea	TAREA	TIEMPO (min)	OBSERVACIÓN
8	Verificar limpieza	2	Observar que el compresor quede completamente limpio
9	Retirar la tapa de la protección del filtro	2	
10	Sacar el filtro	2	
13	Colocar la tapa de protección del filtro	2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro

Tiempo Total (min) 8

Insumos: Agua caliente, desengrasante, papel, wipe, aire comprimido

Herramientas: Llave triangular, soplete

Repuestos: filtro de cambio de aspiración

TAREAS DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO SECADOR



Concepción E5-37 y Valparaíso Teléfono: 2952-888 Telefax: 2281-921
www.ecuatorianaindustrial.com

TAREAS DE MANTENIMIENTO DEL SECADOR FRIGORÍFICO

Estrategia: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Responsable: Jefe de mantenimiento

Proceso: REALIZAR MANTENIMIENTO DEL SECADOR DE REFRIGERACIÓN

Acción Correctiva: Cambio de filtro del separador de condensado

domingo, 22 de mayo de 2011

Nº Tarea	TAREA	TIEMPO (min)	OBSERVACIÓN
10	Retirar la tapa de la protección del filtro del separador de condensados	2	
11	Sacar el filtro	2	
13	Colocar el filtro de cambio del separador de condensados	2	
14	Colocar la tapa de protección del filtro	2	Cerciorarse que el filtro quede completamente seguro
17	Encender el compresor	2	

Tiempo Total (min) :

Insumos: Wipe, aire comprimido, agua

Herramientas: Llave triangular, soplete, llaves hexagonales, de pico, de tubo, juego de llaves, destornilladores.

Repuestos: Filtro de cambio de separador de condensados

