



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE
AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS HIDRÁULICAS, FILTROS DE AGUA Y
EXTINTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

Rodolfo Estuardo González Melgar

Asesorado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE
AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS HIDRÁULICAS, FILTROS DE AGUA Y
EXTINTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

RODOLFO ESTUARDO GONZÁLEZ MELGAR

ASESORADO POR LA INGA. NORMA ILEANA SARMIENTO ZECEÑA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS HIDRÁULICAS, FILTROS DE AGUA Y EXTINTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 07 de abril de 2011.



Rodolfo Estuardo González Melgar



Guatemala, 02 de marzo de 2012.
REF.EPS.D.240.03.12

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“PROPUESTA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS HIDRÁULICAS, FILTROS DE AGUA Y EXTINTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Rodolfo Estuardo González Melgar** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo como Asesora-Supervisora y Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS



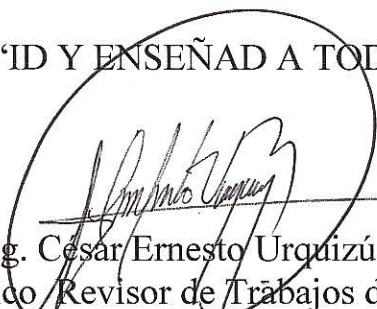
NISZ/ra



REF.REV.EMI.073.012

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS HIDRÁULICAS, FILTROS DE AGUA Y EXTINTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA**, presentado por el estudiante universitario **Rodolfo Estuardo González Melgar**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS HIDRÁULICAS, FILTROS DE AGUA Y EXTINTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**, presentado por el estudiante universitario **Rodolfo Estuardo González Melgar**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2012.

/mgp



DTG. 607.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DEL SERVICIO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, BOMBAS HIDRÁULICAS, FILTROS DE AGUA Y EXTINTORES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA**, presentado por el estudiante universitario **Rodolfo Estuardo González Melgar**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en Funciones

Guatemala, 21 de noviembre de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por nunca haberme abandonado desde el momento de mi nacimiento y por haberme dado la sabiduría para llegar hasta donde estoy ahora.

Mi madre

Mayra Melgar, por todo su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	1
1.1. Reseña histórica	1
1.2. Visión y misión.....	7
1.3. Estructura organizacional	8
1.4. Área de mantenimiento.....	9
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL.....	11
2.1. Situación actual en la división de mantenimiento.....	11
2.1.1. Descripción de la evaluación del equipo trabajado. 11	
2.1.2. Análisis de los procedimientos administrativos para las revisiones y mantenimientos	12
2.1.3. Diagnóstico de los equipos de aire acondicionado. 13	
2.1.4. Diagnóstico de los equipos de bombeo hidráulico.. 19	
2.1.5. Diagnóstico de los equipos de filtración de agua.... 31	
2.1.6. Diagnóstico en los equipos de extinción de incendios.....	34
2.2. Estudio sobre la propuesta del mantenimiento a realizar	38
2.2.1. Mantenimiento preventivo	39

2.2.2.	Mantenimiento correctivo.....	40
2.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	42
2.3.	Fichas técnicas de los equipos.....	45
2.4.	Propuesta de mantenimiento en equipos de aire acondicionado.....	47
2.4.1.	Posibles problemas, causas y diagnóstico del equipo	48
2.4.2.	Mantenimiento preventivo.....	62
2.4.2.1.	Rutina a realizar en función del tiempo.....	64
2.4.2.2.	Herramienta y equipo a utilizar	65
2.4.2.3.	Equipo tipo ventana	81
2.4.2.3.1.	Lugar de ubicación y procedimiento a realizar en cada pieza.....	82
2.4.2.3.2.	Procedimientos de pruebas finales	96
2.4.2.4.	Equipo tipo Split.....	97
2.4.2.4.1.	Lugar de ubicación y procedimiento a realizar en cada pieza.....	97
2.4.2.4.2.	Procedimiento de pruebas finales	110
2.4.2.5.	Equipo tipo mini Split	111
2.4.2.5.1.	Lugar de ubicación y procedimiento a	

		realizar de cada	
		pieza	111
	2.4.2.5.2.	Procedimientos de	
		pruebas finales.....	124
2.4.3.		Ficha de mantenimiento preventivo.....	125
2.4.4.		Mantenimiento correctivo	126
	2.4.4.1.	Materiales utilizados en el	
		mantenimiento correctivo	127
	2.4.4.2.	Recomendación de diagnóstico en	
		el mantenimiento correctivo	128
	2.4.4.3.	Proveedores de los diferentes	
		equipos y datos	130
	2.4.4.4.	Ficha de mantenimiento correctivo..	133
2.4.5.		Mantenimiento predictivo	134
	2.4.5.1.	Herramientas y equipo a utilizar	134
	2.4.5.2.	Procedimientos de análisis.....	135
	2.4.5.3.	Ficha de mantenimiento correctivo..	137
	2.4.5.4.	Proveedores de los diferentes	
		equipos datos.....	138
2.5.		Propuesta de mantenimiento en equipos de bombeo	
		hidráulico sumergido.....	142
2.5.1.		Mantenimiento preventivo	142
2.5.2.		Ficha de mantenimiento preventivo.....	173
2.5.3.		Mantenimiento correctivo	174
	2.5.3.1.	Síntomas y diagnóstico	175
	2.5.3.2.	Ficha de mantenimiento correctivo..	183
	2.5.3.3.	Proveedores de los equipos y	
		datos	184
2.5.4.		Mantenimiento predictivo	187

	2.5.4.1.	Herramientas y equipo a utilizar.....	187
	2.5.4.2.	Procedimiento de análisis	188
	2.5.4.3.	Ficha de mantenimiento correctivo ..	189
	2.5.4.4.	Proveedores de los equipos y datos.....	190
2.6.		Mantenimiento de extintores	193
	2.6.1.	Mantenimiento preventivo.....	193
	2.6.1.1.	Rutina a realizar en función del tiempo.....	195
	2.6.1.2.	Proveedores del servicio de mantenimiento y datos.....	197
	2.6.1.3.	Ficha de mantenimiento preventivo	198
	2.6.2.	Mantenimiento correctivo.....	199
	2.6.2.1.	Síntomas para efectuar el reemplazo del equipo	200
	2.6.2.2.	Ficha de mantenimiento correctivo ..	200
	2.6.2.3.	Proveedores de los equipos y datos.....	202
	2.6.3.	Mantenimiento predictivo.....	203
	2.6.3.1.	Herramientas y equipo a utilizar.....	204
	2.6.3.2.	Procedimiento de análisis	204
	2.6.3.3.	Ficha de mantenimiento correctivo para uso predictivo	205
	2.6.3.4.	Proveedores de los equipos y datos.....	206
2.7.		Mantenimiento de equipo de filtrado de agua	207
	2.7.1.	Mantenimiento preventivo.....	207

2.7.1.1.	Rutina a realizar en función del tiempo	208
2.7.1.2.	Proveedores del servicio de mantenimiento y datos	208
2.7.1.3.	Ficha de mantenimiento preventivo	210
2.7.2.	Mantenimiento correctivo	211
2.7.2.1.	Proseguimiento a seguir.....	211
2.7.2.2.	Ficha de mantenimiento correctivo..	212
2.7.2.3.	Proveedores de los equipos y datos	213
2.7.3.	Mantenimiento predictivo	214
2.7.3.1.	Herramientas y equipo a utilizar	215
2.7.3.2.	Procedimiento de análisis	218
2.7.3.3.	Ficha de mantenimiento correctivo..	219
2.7.3.4.	Proveedores de los equipos y datos	220
2.8.	Costos de la propuesta de mantenimiento	222
3.	FASE DE INVESTIGACIÓN	225
3.1.	Propuesta de un plan de contingencias contra incendios en la Facultad de Ingeniería	225
3.1.1.	Antecedentes de incendios dentro de la facultad .	225
3.1.2.	Diagnóstico de riesgos de incendio en la facultad	226
3.1.3.	Información general y normas sobre extintores....	235
3.1.4.	Legislación guatemalteca.....	258
3.1.5.	Propuesta de clase y cantidad de extintores por edificio en la Facultad de Ingeniería.....	261

3.2.	Costos de la propuesta	269
4.	FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE	271
4.1.	Necesidad de capacitación del personal de mantenimiento ..	271
4.2.	Planificación de la capacitación.....	272
	CONCLUSIONES	275
	RECOMENDACIONES	279
	BIBLIOGRAFÍA	281
	APÉNDICE.....	283

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Motor e impulsor de bomba	20
2.	Motor eléctrico de bomba	20
3.	Panel de control	21
4.	Contactores	22
5.	Protectores	22
6.	Tanque de captación de agua edificio T3	23
7.	Escotilla de acceso	24
8.	Interior del tanque	24
9.	Flotador de mercurio	25
10.	Niveles de agua dentro del tanque	27
11.	Ficha técnica A/C	45
12.	Ficha técnica extintores	46
13.	Ficha técnica filtros de agua	47
14.	Interior de un equipo tipo ventana	82
15.	Interior de la válvula de expansión	87
16.	Sistema de acondicionamiento de aire	88
17.	Conexión al sistema de acondicionamiento de aire	89
18.	Conexión al sistema de acondicionamiento de aire	91
19.	Interior de la válvula de expansión	102
20.	Sistema de acondicionamiento de aire	103
21.	Recarga de refrigerante en el sistema	105
22.	Sistema mini Split	112
23.	Interior de la válvula de expansión	117

24.	Sistema de acondicionamiento de aire	118
25.	Ficha de mantenimiento preventivo A/C.....	126
26.	Ficha de mantenimiento correctivo	133
27.	Ficha de mantenimiento correctivo	138
28.	Estado del motor y cables en relación con su resistencia	143
29.	Líquido detectado y operación a realizar.....	144
30.	Cambio de aceite	148
31.	Mediciones y ajustes de luz	150
32.	Ajuste de luz con camiseta regulable	151
33.	Ajuste de luz con camiseta fija	153
34.	Mediciones y ajustes de luz	154
35.	Luz en el extremo del impulsor	155
36.	Extracción de la brida impulsor	157
37.	Bomba con camiseta de desgaste fija.....	158
38.	Bomba no regulable.....	159
39.	Ajuste de luz con camiseta regulable	160
40.	Bomba con camiseta regulable.....	162
41.	Bombas con camiseta de desgaste fija.....	164
42.	Bomba sin camiseta no regulable	165
43.	Bomba con camiseta regulable.....	167
44.	Sello tipos G y M.....	168
45.	Sello tipo X	170
46.	Instalación del sello tipo M	172
47.	Ficha de mantenimiento preventivo	174
48.	Ficha de mantenimiento correctivo	184
49.	Ficha de mantenimiento correctivo	190
50.	Ficha de mantenimiento preventivo	199
51.	Ficha de mantenimiento correctivo	201
52.	Ficha de mantenimiento correctivo	205

53.	Ficha de mantenimiento preventivo.....	210
54.	Ficha de mantenimiento correctivo.....	212
55.	Ficha de mantenimiento correctivo.....	220
56.	Normativa NFPA 10 para extintores	236

TABLAS

I.	Equipos de aire acondicionado edificio T3.....	14
II.	Equipos de aire acondicionado edificio T5.....	15
III.	Equipo de aire acondicionado edificio T4.....	16
IV.	Equipo de aire acondicionado edificio T1.....	18
V.	Equipos de aire acondicionado edificio T7.....	19
VI.	Información general de los pozos	26
VII.	Información del equipo de bombeo	26
VIII.	Lugares a los que abastece el sistema	26
IX.	Medidas del tanque cisterna en el edificio T3	28
X.	Tiempos de vaciado del tanque	28
XI.	Filtros de agua edificio T3.....	31
XII.	Filtros de agua edificio T5.....	32
XIII.	Filtros de agua edificio T6.....	32
XIV.	Filtros de agua edificio T4.....	33
XV.	Filtros de agua edificio T7.....	33
XVI.	Extintores edificio T3.....	34
XVII.	Extintores edificio T5.....	35
XVIII.	Extintores edificio S12	36
XIX.	Extintores edificio T4.....	37
XX.	Extintores edificio T1.....	37
XXI.	Extintores edificio T7.....	38

XXII.	Posibles problemas, causas y diagnóstico de manejadoras de aire	48
XXIII.	Posibles problemas, causas y diagnóstico de serpentín	49
XXIV.	Posibles problemas, causas y diagnóstico de motor ventilador o FAN	51
XXV.	Posibles problemas, causas y diagnóstico de filtros de aire	53
XXVI.	Posibles problemas, causas y diagnóstico de sistemas de ductos	54
XXVII.	Posibles problemas, causas y diagnóstico de unidad condensadora.....	55
XXVIII.	Síntomas y causas cuando existe presión alta en el cabezal del compresor	56
XXIX.	Síntomas y causas cuando existe carga de refrigerante incorrecta	58
XXX.	Síntomas y causas cuando existe presión baja en el cabezal del compresor.....	58
XXXI.	Diagnóstico y localización de fallas	59
XXXII.	Listado de proveedores de equipos A/C	130
XXXIII.	Listado de técnicos en reparación de equipos A/C	132
XXXIV.	Listado de proveedores de equipos A/C	139
XXXV.	Listado de técnicos en reparación de equipos A/C	141
XXXVI.	Causas y solución cuando no se obtiene el caudal teórico de la bomba	175
XXXVII.	Causas y solución cuando se dispara el protector térmico	178
XXXVIII.	Causas y solución cuando la bomba no arranca	179
XXXIX.	Causas y solución cuando la bomba vibra excesivamente	181
XL.	Causas y solución cuando la bomba arranca pero no bombea..	182
XLI.	Listado de proveedores de equipos de bombeo hidráulico	185
XLII.	Listado de proveedores de equipos de bombeo hidráulico	191

XLIII.	Rutina en función del tiempo.....	195
XLIV.	Listado de proveedores de equipos extintores	197
XLV.	Listado de proveedores de equipos extintores	202
XLVI.	Listado de proveedores de equipos extintores	206
XLVII.	Rutina a realizar en función del tiempo para filtros de agua	208
XLVIII.	Listado de proveedores del servicio de mantenimiento en filtros de agua	209
XLIX.	Listado de proveedores de equipo en filtrado de agua.....	213
L.	Listado de proveedores de equipo en filtrado de agua.....	221
LI.	Antecedentes de incendios en la Facultad de Ingeniería	225
LII.	Riesgos de incendio en el edificio T3.....	226
LIII.	Riesgos de incendio en el edificio T5.....	228
LIV.	Riesgos de incendio en el edificio T6.....	231
LV.	Riesgos de incendio en el edificio S12.....	231
LVI.	Riesgos de incendio en el edificio T4.....	232
LVII.	Riesgos de incendio en el edificio T1	233
LVIII.	Riesgos de incendio en el edificio T7	234
LIX.	Conferencias a impartir en la Facultad de Ingeniería	273

GLOSARIO

Acumulador	Depósito localizado en la tubería de aspiración de un compresor, permitiendo que pequeñas cantidades de refrigerante líquido se evaporen, antes de entrar al compresor. Algunas veces se emplean para almacenar el exceso de refrigerante en los sistemas de bombas de calor durante un período invernal.
Amortiguador del compresor	Absorbedor de ruidos del compresor.
Anemómetro	Instrumento usado para medir la velocidad del aire.
Bimetal	Dos metales no similares que se unen para crear la distorsión del conjunto, ante los cambios de temperatura.
Bomba de calor	Sistema de refrigeración usado para suministrar calor o refrigeración, empleando válvulas que revierten el flujo de refrigerante.
Bomba de condensados	Pequeña bomba empleada para bombear el condensado a un nivel más elevado.

Cambio de estado	Ocurre cuando una sustancia cambia de un estado físico a otro, como de hielo a agua o de agua a vapor.
Capacidad	Sistemas de medición de los equipos usado para el enfriamiento o calentamiento de las sustancias. Término también empleado para describir la facultad de almacenamiento eléctrico de un condensador.
Carga	Cantidad de contenido interno de un equipo ya sea refrigerante, polvo químico o agua.
Compresor	Bomba de vapor que bombea vapor (refrigerante o aire), desde un nivel de presión a otro más alto.
Condensado	Humedad recogida en el serpentín de un evaporador.
Condensador	Componente de un sistema de refrigeración que transfiere calor del sistema por condensación del refrigerante. Elemento que almacena electricidad para poner en marcha un motor condensador de arranque y mejora la eficacia del mismo condensador de trabajo.

Control	Dispositivo para parar, poner en marcha o modular un flujo eléctrico o de fluido, a fin de mantener un estado predeterminado.
Desecante	Substancia secante de un sistema frigorífico que recoge la humedad.
Deshidratador	Dispositivo usado en un sistema frigorífico para absorber la humedad existente.
Detector electrónico de fugas	Instrumento empleado para detectar gases en muy pequeñas porciones usando circuitos y sensores electrónicos.
Entalpía	Cantidad de calor que contiene una sustancia determinada desde una base o un punto fijado.
Evaporación	Condición que se produce cuando se absorbe calor de un líquido y se convierte en vapor.
Evaporador	O serpentín de enfriamiento, es aquella parte del sistema de refrigeración donde se elimina el calor del producto: aire, agua, comestibles, etc. Conforme el refrigerante se introduce en el serpentín del evaporador,

absorbe calor del producto que se esta enfriando, cuando absorbe calor el refrigerante empieza a hervir y se evapora.

Fuerza contraelectromotriz Voltaje generado o inducido, opuesto al voltaje aplicado a un motor.

Gas no condensable Gas que no se convierte en líquido, bajo condiciones de trabajo normales.

Gel de sílice Compuesto químico usado a menudo en los sacadores de refrigerante para extraer la humedad que exista en el mismo.

Halógenos Sustancias químicas que se encuentran en muchos refrigerantes conteniendo cloro, bromo, yodo y flúor.

Hidrocarburos Compuestos orgánicos que contienen hidrógeno y carbono. Se encuentran en muchos fueles de calefacción.

Hidrómetro Instrumento empleado para medir el peso específico de un líquido.

Higrómetro Instrumento usado para medir la cantidad de humedad en el aire.

Humidistato	Control que opera bajo un cambio de la humedad.
Indicador de humedad	Dispositivo para indicar la humedad de un refrigerante.
Lado de alta	Término para indicar la alta presión o lado de condensación de un sistema frigorífico.
Lado de baja	Expresión empleada para referirse a los puntos del sistema frigorífico que trabajan a baja presión, entre el dispositivo de expansión y el compresor.
Lámpara halógena	Detector de tipo antorcha usado para detectar los refrigerantes halógenos.
Línea de líquido	En la industria del frío se aplica para referirse a las tuberías que van desde el condensador al dispositivo de expansión.
Monoclorodiflourmetano	Refrigerante R-22.
Monóxido de carbono	Gas venenoso, sin color, olor ni sabor, generado en combustiones incompletas.
Ohmiómetro	Aparato para medir las resistencias eléctricas.

Presión absoluta	Presión manométrica más la presión de la atmósfera que presionan la tierra, igual a 14,696 Psi al nivel del mar a 68 grados Fahrenheit (20 grados Celsius).
Presión atmosférica	Peso de los gases de la atmósfera que presionan la tierra. Igual a 14,696 Psi al nivel del mar y 70 grados Fahrenheit (21,1 grados Celsius).
Protección de sobrecarga	Dispositivo para proteger un sistema donde existe un exceso de corriente.
Sensor de aire	Dispositivo que registra los cambios en las condiciones del aire, como son: presión, velocidad, temperatura y contenido de humedad.
Sistema remoto	Llamado también sistema separado, en el que la unidad condensadora está localizada lejos del evaporador.
Subenfriamiento	Temperatura de un líquido cuando se enfría por debajo de la temperatura de condensación.
Sublimación	Cuando un cuerpo cambia el estado sólido al de vapor sin pasar a través del estado líquido.

Temperatura ambiente	La temperatura del aire que nos rodea.
Temperatura cero absoluta	La temperatura más baja obtenida al cesar el movimiento molecular. -460 grados Fahrenheit o -273 grados Celsius.
Termia	Cantidad de calor equivalente a 100 000 BTU (20 000 frigorías).
Termistor	Dispositivo semiconductor electrónico que cambia la resistencia ante una variación de temperatura.
Tonelada de refrigeración	Cantidad de calor requerida para fundir una tonelada de hielo a 32 grados Fahrenheit (0 grados Celsius), 288,00 BTU/24horas, 12 000 BTU/hora o 200 BTU/minuto (72,00 frig/día, 3 000 frig/hora o 50 frig/minuto).
Transferencia de calor	Transmisión del calor de un cuerpo caliente a otro más frío.
Tubería ACR	Tubería para aire acondicionado o refrigeración muy limpia, deshidratada y normalmente con carga de nitrógeno seco. Los tubos están sellados en sus extremos para contener el nitrógeno.

Tubo Bourdon	Tubo en forma de C, de metal fino cerrado por un extremo. Cuando la presión aumenta en su interior tiende a estirarse. Se emplea en el manómetro para indicar la presión.
Tubo pitot	Parte de un instrumento destinado a medir la velocidad del aire.
Unidad compacta	Sistema de refrigeración en que la mayoría de componentes se hallan localizados en el interior de una misma carcasa.
Unidad de ventana	Acondicionador de aire compacto instalado en una ventana que extrae el aire caliente del interior al exterior.
Unidad hermética	Término empleado para describir un sistema frigorífico incluyendo el compresor, que es del tipo totalmente cerrado. Las presiones son accesibles por medio de válvulas de asiento.
Válvula de expansión termostática	Válvula usada en los sistemas de refrigeración para controlar el recalentamiento de un evaporador calibrando el flujo de refrigerante líquido al mismo tiempo.

Válvula SCHRADER	Válvula semejante a la de un neumático que permite cargar o descargar refrigerante de un sistema.
Velocímetro	Aparato usado para detectar la velocidad de los fluidos, aire o agua.
Visor	Ventana en una línea de fluido.
Volumen específico	Volumen ocupado por una libra de fluido.
Zona	Porción de un edificio, cuya temperatura queda controlada por un solo termostato.

RESUMEN

El Área de Mantenimiento de la Facultad de Ingeniería está a cargo de la Secretaría Adjunta.

Los objetivos del Área de Mantenimiento son:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precisados.
- Planear y programar en forma conveniente la labor de mantenimiento.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de la actividad docente y administrativa.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al presupuesto existente en la facultad.
- Proporcionar servicios de aseo y limpieza a toda la facultad.
- Solicitar herramientas, accesorios, piezas especiales de repuesto para las máquinas y todo el equipo necesario para efectuar con éxito la función de mantenimiento.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes en la facultad.

En el presente trabajo desarrollado a través de EPS se diagnosticó el estado de los equipos con el servicio actual de mantenimiento y se elaboró la propuesta del servicio de mantenimiento más adecuado para los equipos dentro de la facultad, teniendo en cuenta el tipo de uso de cada equipo así como su manipulación y el tipo de mantenimiento más recomendable para estos dando como resultado recomendaciones, rutinas de mantenimiento, fichas técnicas y de mantenimiento de los equipos, sugerencia de proveedores del servicio y reparación de cada tipo de equipo.

OBJETIVOS

General

Generar un servicio de mantenimiento apto para los equipos de aire acondicionado, bombeo hidráulico, filtrado de agua y extintores estructurándolo en un proceso estandarizado para la Facultad de Ingeniería.

Específicos

1. Buscar un mejor estado de los equipos mecánicos en la Facultad de Ingeniería.
2. Inventariar físicamente los equipos mecánicos de aires acondicionados, bombas hidráulicas, filtros de agua y extintores dentro de la Facultad de Ingeniería.
3. Establecer la adecuada rutina de mantenimiento para cada tipo de equipo en base a su clasificación.
4. Diseñar una guía bien formada de los equipos por marca, tipo y estado como referencia para cada equipo.
5. Establecer nuevos tipos de mantenimientos adecuados para la Facultad de Ingeniería.

6. Diseñar la correcta proporción de extintores en los edificios de la Facultad de Ingeniería.

INTRODUCCIÓN

Se elabora un diagnóstico de la condición actual de los sistemas mecánicos de aire acondicionado, bombas hidráulicas, filtros de agua y extintores, constatando el estado del servicio de mantenimiento actual y efectuando el análisis de la propuesta nueva.

En la propuesta del servicio de mantenimiento se incluyen los datos y las fichas de especificaciones de cada equipo así como su inventario y responsabilidad de los encargados de cada equipo de aire acondicionado, bombas hidráulicas y filtros de agua, así como la rutina de mantenimiento preventivo y las fichas de mantenimiento de cada equipo de estos registrados, datos de las empresas distribuidoras de estos equipos y recomendaciones del mantenimiento correctivo con dichas empresas.

La rutina de mantenimiento fue diseñada en base al tipo de equipo y el rango de utilización que este posea, así como la herramienta que se necesita para elaborar el mantenimiento.

En las fichas de mantenimiento se registrará la información referente al estado y tipo así como en el tiempo de mantenimiento de todas las unidades a tratar en sus respectivas etapas por cada año.

Se proporciona un esquema de diagnósticos de los equipos por utilización mecánica la cual pretende apoyar al técnico en un posible mantenimiento correctivo de los equipos mecánicos que están incluidos en este trabajo.

1. FACULTAD DE INGENIERÍA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

1.1. Reseña histórica

“En 1834, siendo Jefe del Estado de Guatemala don Mariano Gálvez, se creó la Academia de Ciencias, sucesora de la Universidad de San Carlos, implantándose la enseñanza de Álgebra, Geometría, Trigonometría y Física. Se otorgaron títulos de agrimensores; siendo los primeros graduados Francisco Colmenares, Felipe Molina, Patricio de León y nuestro insigne poeta José Batres Montúfar.

Desde 1676, en sus primeras épocas, la Universidad de San Carlos graduaba teólogos, abogados, y más tarde, médicos. Hacia 1769 se crearon cursos de Física y Geometría, paso que marcó el inicio de la enseñanza de las ciencias exactas en el Reino de Guatemala.

La Academia de Ciencias funcionó hasta 1840, año en que bajo el gobierno de Rafael Carrera, volvió a transformarse en la universidad. En ese año, la Asamblea publicó los estatutos de la nueva organización, exigiendo que para obtener el título de Agrimensor, era necesario poseer el título de Bachiller en Filosofía, tener un año de práctica y aprobar el examen correspondiente.

La Revolución de 1871 hizo tomar un rumbo distinto a la enseñanza técnica superior. Y, no obstante que la universidad siguió desarrollándose, se fundó la Escuela Politécnica en 1873 para formar ingenieros militares, topógrafos y de telégrafos, además de oficiales militares.

Decretos gubernativos específicos de 1875 son el punto de partida cronológico para considerar la creación formal de las carreras de ingeniería en la recién fundada Escuela Politécnica; carreras que más tarde se incorporaron a la universidad.

En 1879 se estableció la Escuela de Ingeniería en la Universidad de San Carlos de Guatemala y por decreto del gobierno en 1882 se elevó a la categoría de facultad dentro de la misma universidad, separándose así de la Escuela Politécnica. El Ing. Cayetano Batres del Castillo fue el primer Decano de la Facultad de Ingeniería, siendo sustituido dos años más tarde por el Ing. José E. Irungaray, que fue cuando se reformó el programa de estudios anterior, reduciéndose a seis años la carrera de ingeniería, que era de ocho.

En 1894, por razones de economía, la Facultad de Ingeniería fue adscrita nuevamente a la Escuela Politécnica, iniciándose un período de inestabilidad para esta Facultad, que pasó alternativamente de la Politécnica a la Universidad y viceversa, varias veces, ocupando diversos locales, incluyendo el edificio de la Escuela de Derecho y Notariado.

Dentro de esas vicisitudes cabe mencionar que en 1895 se iniciaron nuevamente los estudios de Ingeniería en la Escuela Politécnica, ofreciendo las carreras de Ingeniero Topógrafo, Ingeniero Civil e Ingeniero Militar; habiéndose graduando 11 ingenieros civiles y militares.

La anterior inestabilidad terminó con la supresión de la Escuela Politécnica en 1908, a raíz de los acontecimientos políticos acaecidos en ese año. El archivo de Facultad siguió en el mismo lugar hasta 1912, año en que fue depositado temporalmente en la Facultad de Derecho.

A partir de 1908 la facultad tuvo una existencia ficticia. Hasta 1918, la universidad fue reabierta por Estrada Cabrera y a la Facultad de Ingeniería se le denominó Facultad de Matemáticas.

Entre 1908 y 1920, a pesar de los esfuerzos de los ingenieros guatemaltecos, y por causa de la desorganización imperante, apenas pudieron incorporarse 3 ingenieros que habían obtenido títulos en el extranjero.

En 1920 la facultad reinicia sus labores en el edificio que ocupó durante muchos años frente al parque Morazán, ofreciendo únicamente la carrera de Ingeniero Topógrafo hasta 1930. Es interesante observar que durante ese período se incorporaron 18 ingenieros de otras especialidades, entre ellos 4 ingenieros electricistas.

En 1930 se reestructuraron los estudios estableciéndose la Carrera de Ingeniería Civil. De este hecho arranca la época moderna de esta facultad.

Debido a la preocupación imperante entre profesores y alumnos, en 1935 se impulsaron más reformas, elevando el nivel académico y la categoría del currículum. El nuevo plan incluía conocimientos de Física, Termodinámica, Química, Mecánica y Electricidad; que en resumen, constituían los conocimientos fundamentales para afrontar las necesidades de desarrollo de Guatemala en el momento en que se daba el primer impulso a la construcción moderna y a una naciente industria.

En 1944 sobresale por el reconocimiento de la autonomía universitaria y la asignación de sus recursos financieros del presupuesto nacional fijados por la Constitución de la República. A partir de entonces, la Facultad de Ingeniería se

independiza de las instituciones gubernamentales y se integra al régimen autónomo estrictamente universitario.

Este desarrollo de la Facultad también provocó un incremento progresivo de la población estudiantil; por lo que fue necesario su traslado. En 1947, la Facultad ofrecía solamente la carrera de Ingeniería Civil; en este año se cambiaron los planes de estudios al régimen semestral en el que, en lugar de seis años, se establecieron 12 semestres para la carrera.

La Escuela Técnica de la Facultad de Ingeniería fue fundada en 1951 con el fin de capacitar y ampliar los conocimientos de los operarios de la construcción. Cuando el Instituto Técnico Vocacional incluyó dentro de sus programas esta labor, la Escuela Técnica para evitar duplicidad de esfuerzos, orientó sus actividades hacia otros campos, siempre dentro del área de la ingeniería, en cumplimiento de las funciones de extensión universitaria que les son propias.

Una de tales actividades fue la creación en 1968, del curso de Capacitación de Maestros de Obra con un plan de estudios de un año, dividido en dos semestres al final de los cuales se extiende el diploma correspondiente.

Además, dentro de la Facultad de Ingeniería fue creada la carrera de Ingeniero Arquitecto en 1953, pasó que condujo, posteriormente, a la creación de la Facultad de Arquitectura.

Así también, en 1959 se creó el Centro de Investigaciones de Ingeniería, para fomentar y coordinar la investigación científica con participación de varias instituciones públicas y privadas.

En 1965 se puso en funcionamiento el Centro de Cálculo Electrónico, dotado de computadoras y del equipo periférico necesario. Poniendo al servicio de catedráticos, investigadores y alumnos, los instrumentos necesarios para el estudio y aplicación de los métodos modernos de procesamiento de la información. Constituyendo un evento importante a nivel nacional y regional.

En 1966 se estableció en la Facultad de Ingeniería un primer programa regional (centroamericano) de estudios a nivel de pos grado, creándose la Escuela Regional de Ingeniería a Sanitaria y la Maestría en Ingeniería Sanitaria. Estos estudios son reconocidos internacionalmente. Posteriormente, ese mismo programa se amplió, con la Maestría en Recursos Hidráulicos.

La Escuela de Ingeniería Química, que estaba funcionando en la Facultad de Farmacia desde 1939, se integró a la Facultad de Ingeniería en 1967, año en que se creó también la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial teniendo a su cargo las carreras de Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica y la combinada de Ingeniería Mecánica Industrial.

Por su parte la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica se creó en 1968 teniendo a su cargo las carreras de Ingeniería Eléctrica y la combinada de Ingeniería Mecánica Eléctrica. Posteriormente, en 1970, se creó la carrera de Ingeniería en Ciencias y Sistemas a nivel de Licenciatura.

Al final de la década de los 60's se realizaron estudios para la reestructuración y modernización del Plan de Estudios de la Facultad. El nuevo plan fue conocido y aprobado por la Junta Directiva de la Facultad y por el Honorable Consejo Superior Universitario en octubre y noviembre de 1970. Fue así como en 1971 se inició la ejecución del Plan de Reestructuración de la Facultad de Ingeniería (Planderest), que impulsaba la formación integral de los

estudiantes de Ingeniería para una participación cada vez más efectiva de la ingeniería en el desarrollo del país. El plan incluía la aplicación de un *pensum* flexible que permite la adaptación al avance tecnológico, a las necesidades de desarrollo productivo del país, así como a la vocación de los estudiantes.

En 1974 se creó la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado para todas las carreras de la Facultad de Ingeniería.

En 1975 fueron creados los estudios de Pos grado en Ingeniería de Recursos Hidráulicos, en tres opciones: Calidad del Agua, Hidrología e Hidráulica.

En 1976 se creó la Escuela de Ciencias para atender la etapa básica común para las diferentes carreras de Ingeniería.

En 1980 se establecieron, dentro de la Escuela de Ciencias, las carreras de Licenciatura en Matemática Aplicada y Licenciatura en Física Aplicada.

En 1984 fue creado el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas, que inició sus actividades con un programa de estudios de hidrocarburos y varios cursos sobre exploración y explotación minera, geotecnia, pequeñas centrales hidroeléctricas e investigación geotérmica, con el apoyo del Ministerio de Energía y Minas.

Por aparte, con el fin de mejorar su administración docente, en 1986, la carrera de Ingeniería Mecánica se separó de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

Así mismo, debido al avance tecnológico en las ramas de Ingeniería Eléctrica, en 1989 se creó la carrera de Ingeniería Electrónica a cargo de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

En 1994 se creó la unidad académica de Servicio de Apoyo al Estudiante (SAE) y de Servicio de Apoyo al Profesor (SAP), llamada por sus siglas SAE-SAP, que tiene como fin prestar apoyo al estudiante por medio de la ejecución de programas de orientación y tutorías en el plano académico, administrativo y social y para facilitar la labor docente y de investigación de los profesores.

Finalmente, en 1995 se expande la cobertura académica de la Escuela de Pos grado con los nuevos estudios a nivel de Maestría en Sistemas de Construcción y en Ingeniería Vial, y en 1996 aún más, con los correspondientes a la Maestría en Sistemas de Telecomunicaciones.

A partir del primer semestre 2007 se creó la carrera de Ingeniería Ambiental.”¹

1.2. Visión y Misión

Visión

“Ser una institución académica con incidencia en la solución de la problemática nacional, formando profesionales emprendedores en las distintas áreas de ingeniería, con sólidos conceptos científicos, tecnológicos, éticos y sociales, fundamentados en la investigación y promoción de procesos innovadores orientados hasta la excelencia profesional.

¹ <https://www.ingeniería-usac.edu.gt/historia.php>. [20 de junio de 2010].

Facultad de Ingeniería es líder en la formación de: Ingenieros Mecánico Industrial, Industrial, Civil, Mecánico Eléctrico, Eléctrico, en Sistemas, Electrónico, Ambiental, Químico, Mecánico, Licenciados en Física y Matemática.”

Misión

“Formar profesionales de Ingeniería con valores éticos, capaces de generar y adaptarse a los cambios del entorno, consistentes de la realidad nacional y comprometidos con la sociedad, para que a través de la aplicación de la ciencia y tecnología apropiada contribuyan al bien común y desarrollo sostenible del país y la región.”

1.3. Estructura organizacional

La estructura organizacional de la Facultad de Ingeniería consta de:

Junta directiva: a su cargo se encuentran Decanatura y Secretaria Académica.

Secretaria Académica: a su cargo se encuentran la Unidad de Planificación, Difusión y Divulgación, funciones de docencia e investigación, función extensión y servicio, función administrativa.

Funciones a la Docencia e Investigación: a su cargo se encuentran la Escuela de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, Escuela de Ciencias, Escuela de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, Escuela regional de Ingeniería Sanitaria, Escuela de

Postgrados, Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas, Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Función de extensión y servicio: a su cargo se encuentran: Escuela Técnica y la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado.

Función administrativa: a su cargo se encuentran: Secretaría Adjunta, Centro de Cálculo e Investigación Educativa, Oficina de Junta Directiva, Control Académico.

Secretaria Adjunta: a su cargo se encuentran: Tesorería, Mantenimiento, Reproducción, Archivo, Biblioteca, Oficina de nombramientos, información al estudiante.

Oficina de junta directiva: a su cargo se encuentran: asuntos específicos y académicos, asuntos estudiantiles.

1.4. Área de mantenimiento

Esta área está bajo la supervisión directa de Secretaria Adjunta y es el área encargada del buen funcionamiento de la Facultad de Ingeniería y sus instalaciones, las tareas de mantenimiento se aplican sobre las instalaciones fijas y móviles.

Máquinas, herramientas aparatos e instrumentos, a los edificios y todas sus instalaciones auxiliares como: agua potable, desagües, pozos de agua y sistemas de bombeo, instalaciones eléctricas, sistemas de aire acondicionado y de telefonía, equipos, aparatos y muebles de oficina, jardinería y limpieza general.

Los objetivos generales del área de mantenimiento son:

- Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
- Planear y programar en forma conveniente la labor de mantenimiento.
- Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
- Evitar detenciones inútiles o paros de la actividad docente y administrativa.
- Evitar accidentes.
- Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.
- Balancear el costo del mantenimiento con el correspondiente al presupuesto existente en la facultad.
- Proporcionar servicios de aseo y limpieza a toda la facultad.
- Solicitar herramientas, accesorios, piezas especiales de repuesto para máquinas y, en fin, todo el equipo necesario para efectuar con éxito la función de mantenimiento.
- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes en la facultad.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Situación actual en la división de mantenimiento

Se describe la situación actual del Departamento de Mantenimiento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, el cual sería el departamento encargado de brindar el mantenimiento a dichos equipos.

2.1.1. Descripción de la evaluación del equipo trabajado

En la actualidad en la Facultad de Ingeniería se tienen alrededor de 68 equipos de aire acondicionado, 9 filtros purificadores de agua, 2 bombas de agua sumergibles y 45 extintores.

Para la evaluación del equipo se utilizaron las herramientas de:

Inspección física visual: esta consiste en un análisis visual del estado del equipo la cual indica el nivel de deterioro que este posee.

Análisis de ruidos: este análisis consiste en una atenta inspección de los ruidos normales de operación del equipo, pudiendo así encontrar ruidos inusuales que sean resultado de un mal funcionamiento o deterioro de éste.

Prueba de funcionamiento: esta consiste en manipular el equipo para verificar el estado de funcionamiento del equipo y constatar posibles pérdidas de funciones en éste.

2.1.2. Análisis del procedimiento administrativo para las revisiones y mantenimientos

➤ Inspecciones programadas

Este tipo de inspecciones se realizan esporádicamente con el propósito de verificar el correcto funcionamiento del equipo y son calendarizadas por el equipo de la división de mantenimiento.

Se tiene que dar notificación verbal de la misma a la persona encargada del área o equipo donde se va a realizar la inspección y después procederá la inspección.

➤ Inspecciones solicitadas

Este tipo de inspecciones son solicitadas por los usuarios del equipo, al constatar un mal funcionamiento o anomalía en el mismo.

Se tiene que confirmar el porqué de la solicitud de la inspección y quien solicito la misma, se dará paso a la inspección dejando constancia escrita de la misma.

➤ Mantenimiento preventivo o correctivo interno

Este mantenimiento ya sea correctivo o preventivo está a cargo del equipo de la división de mantenimiento y su objetivo es prolongar la vida útil del equipo. Se deberá realizar la inspección necesaria al equipo.

Se tiene que confirmar por escrito a la persona encargada del equipo antes de empezar el trabajo en el equipo.

➤ **Mantenimiento preventivo o correctivo subcontratado**

Este mantenimiento ya sea correctivo o preventivo no está a cargo del equipo de la división de mantenimiento y su objetivo es prolongar la vida útil del equipo.

Se deberá cotizar el trabajo a realizar con diferentes empresas y escoger la más conveniente.

Se deberá realizar la requisición de pago a la empresa que efectuará el servicio, adjuntando la cotización de este servicio y la descripción de los equipos a trabajar incluyendo su número de inventario el cual es indispensable.

No se podrá empezar el trabajo hasta que no salga la autorización de pago para la empresa que efectuará dicho mantenimiento.

Se tiene que confirmar por escrito a la persona encargada del equipo antes de empezar el trabajo en el equipo.

2.1.3. Diagnóstico de los equipos de aire acondicionado

➤ **Edificio T3**

En este edificio en particular se tiene problemas con el cableado eléctrico del edificio, por esta situación los *flipones* de algunos equipos se disparan continuamente como es el caso del área de reproducción.

A los equipos de este edificio nunca se les ha dado mantenimiento y casi nunca se les efectúa una limpieza de la manejadora, por lo que están funcionando a una capacidad baja y poco efectiva en algunos casos para el equipo que se maneja en los laboratorios de cómputo y en las oficinas.

Tabla I. **Equipos de aire acondicionado edificio T3**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD y Marca	ESTADO
0	Reproducción	03 A/C	Funcionando
0	Audiovisuales	al menos 02 A/C	
0	Salones nuevos (013 Y 014)	02 A/C	
1	Geomática	01 A/C COMFORT STAR Mod. NE060SC	Funcionando
2	Guatemala-Corea Internet Plaza, final pasillo	01 A/C COMFORT STAR	Funcionando , se activa el <i>flipon</i>
2	Guatemala-Corea Internet Plaza, La Isla	01 A/C TGM	Funcionando
2	Guatemala-Corea Internet Plaza, IT <i>Traning Lab</i>	01 A/C TGM	Funcionando
2	Guatemala-Corea Internet Plaza, <i>Administrative Office</i>	02 A/C COMFORTIME Mod. kf320W/C	Funcionando
2	Guatemala-Corea Internet Plaza, <i>SeminarRoom</i>	01 A/C TGM	Funcionando
3	LCE (Bodega, 301 y 302)	03 A/C TGM	Funcionando
4	Centros Tecnológicos 1 y 2 (408 y 409)	02 A/C YAMABISHI	
4	SAE/SAP (415)	01 A/C COMFORT STAR Mod. NE060SC	

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T5

En este edificio se tienen 2 equipos descompuestos y todos necesitan mantenimiento preventivo, están funcionando a una capacidad baja y poco efectiva, con riesgo de sobrecarga.

Tabla II. Equipos de aire acondicionado edificio T5

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	TIPO	MARCA	ESTADO
1	Sección de Calidad CII	1	Ventana	York	Funcionando
1	EIQ	1	Ventana	York, 8C-25047/03	Funcionando
2	Metrología	2	Ventana		No funcionan
2	Secretaría	1	Ventana	York	Funcionando
2	Secretaría	1	MiniSplit	TGM	Funcionando
2	CICON	1	Ventana	Airtemp	Funcionando
2	Laboratorio Unificado Química y Micro Biología Sanitaria	5	Ventana		Funcionando
2	Laboratorio Unificado Química y Micro Biología Sanitaria	2	Ventana	York	Funcionando
2	Laboratorio Unificado Química y Micro Biología Sanitaria	1	Ventana	Airtemp	Funcionando
2	Laboratorio Unificado Química y Micro Biología Sanitaria	1	Ventana	Amana	Funcionando
2	Laboratorio Unificado Química y Micro Biología Sanitaria	1	Ventana	Tappan	No funciona

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T4

Todos los equipos de este edificio necesitan mantenimiento preventivo, están funcionando a una capacidad baja y poco efectiva, con riesgo de sobrecarga, a dos de los equipos de la biblioteca y a uno de control académico se les quemó el compresor, con el equipo del área de inglés se tiene el inconveniente que no funciona el panel de control eléctrico y este es un equipo Tappan ya obsoleto, el equipo de tesorería no funciona bien, el panel de control provisional que le colocaron el equipo dejó de funcionar, el equipo del decanato tiene problemas con la tarjeta de control dado que los mandos funcionan en diferentes botones de ésta, en los controles remotos de los equipos inspeccionados se notó que necesitan un cambio de baterías.

Tabla III. **Equipo de aire acondicionado edificio T4**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	TIPO	MARCA	ESTADO
0	Departamento de Matemáticas	1	Ventana	General Electric	Funciona
0	Departamento de Matemáticas	1	<i>Minisplit</i>	Lenox	Funciona
1	Decanato	1	<i>Minisplit</i>	York	Funciona
1	Decanato	1	Ventana	Haier, Mod. ESA3085, 8C-26481/05	Problemas con la tarjeta de control
1	Secretaría Académica	1	Ventana	York, Mod. Y4USI2-6R1, 8C-25046/03	Funciona

Continuación de la tabla III.

1	Control Académico	2	Ventana	York	No funciona el compresor de uno
1	Secretaría Adjunta	1	Ventana	Haier, Mod. HWR08XC5, 8C-26363/05	Funciona
1	Tesorería	1	Ventana	Goldstar	El control necesita baterías
1	Tesorería	1	Ventana	Fedders	No funciona el panel de control
2	Delegación Personal	1	Ventana	Haier, 8C-26364/05	Funciona
2	Nombramientos	1	Ventana	York, 8C-23829/02	Funciona
2	Delegación Auditoría	1	Ventana	Haier, 8C-26365/05	Problemas con la tarjeta de control, des configurada.
2	Inglés	1	Ventana	Tappan	No Funciona
2	Planificación	1	Ventana	Confort Star	Funciona
2	Centro de Cálculo	3	Ventana	York, 8C-25042/03, 8C-25043/03, 8C-25044/03	Funcionan
2	Centro de Cálculo	1	<i>Split</i>		Funciona
4	Biblioteca		<i>MiniSplit</i>	TGM,8C-26539/05	Funcionan se necesita mantenimiento

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T1

Todos los equipos de este edificio necesitan mantenimiento preventivo, están funcionando a una capacidad baja y poco efectiva, con riesgo de sobrecarga, en la biblioteca del departamento de física se tiene el inconveniente que los toma corrientes que les brindaban energía a los equipos están sin electricidad por esta razón no los pueden poner a funcionar, en el laboratorio de electrónica nunca se efectuó la instalación eléctrica de los equipos tipo *mini Split* que se montaron ya hace 2 años por esta razón no se pueden poner a funcionar.

Tabla IV. **Equipo de aire acondicionado edificio T1**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	TIPO	MARCA	ESTADO
2	Biblioteca Depto. Física	2	Ventana	Amana	Funcionan, tomacorrientes sin electricidad
2	LAB 2, Marie Curie (5) de Licenciatura en Física Aplicada	1	Ventana	York	Funciona
3	Dirección EMI	1	Ventana	Carrier	Funciona
3	Salón de Sesiones EMI	1	<i>Minisplit</i>	Carrier	Funciona
3	Laboratorio de Electrónica	2	<i>Minisplit</i>	Airone	Sin instalación eléctrica (Facultad)

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T7

Este equipo es relativamente nuevo pero ya necesita su correcto mantenimiento preventivo y está funcionando correctamente.

Tabla V. **Equipos de aire acondicionado edificio T7**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	TIPO	MARCA	ESTADO
1	Laboratorio de Maquinado CNC	1	<i>Minisplit</i>	Comfort Star	Funcionando

Fuente: elaboración propia.

2.1.4. Diagnóstico de los equipos de bombeo hidráulico

El sistema de bombeo que abastece a la población estudiantil y administrativa de la Facultad de Ingeniería consta de:

Dos bombas sumergibles localizadas en la parte trasera del edificio T7 en el área de parqueo, una en uso y la otra en reserva, funcionan de la siguiente manera: son electrobombas sumergibles las cuales tienen que mantenerse y trabajar siempre dentro del fluido de trabajo para evacuar el calor de trabajo, estas bombean el líquido hacia su contenedor de distribución siendo un máximo aceptable de 10 arranques por hora.

Figura 1. **Motor e impulsor de bomba**



Fuente: bodega de mantenimiento edificio T7.

Figura 2. **Motor eléctrico de bomba**



Fuente: bodega de mantenimiento edificio T7.

El panel de control de las bombas en el cual se encuentran las conexiones, contactores, fusibles y protectores eléctricos necesarios para el buen funcionamiento y protección del equipo mecánico.

Figura 3. **Panel de control**



Fuente: edificio de control en el parqueo del T7.

Figura 4. **Contactores**



Fuente: edificio de control en el parqueo del T7.

Figura 5. **Protectores**



Fuente: edificio de control en el parqueo del T7.

Un tanque de captación y distribución de agua ubicado en la terraza del edificio T3, el cual tiene una capacidad de 16,67 metros cúbicos o 4410 galones.

Figura 6. **Tanque de captación de agua edificio T3**



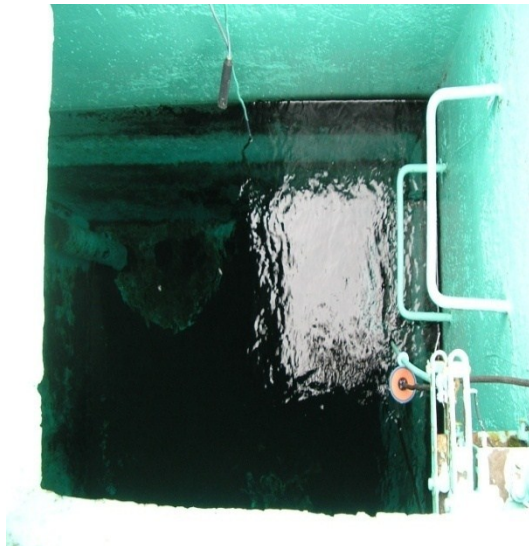
Fuente: terraza del edificio T3.

Figura 7. Escotilla de acceso



Fuente: terraza del edificio T3.

Figura 8. Interior del tanque



Fuente: terraza del edificio T3.

El interruptor de flotador de mercurio ubicado adentro del tanque, funciona de la siguiente manera: se cierra (encendiendo el motor de la bomba) cuando los extremos del flotador bajan unos pocos grados por debajo de la posición horizontal y se abre (apagando el motor de la bomba), cuando los extremos flotan unos pocos grados por encima de la posición horizontal, haciendo que se llene el tanque de captación de agua y luego ésta es distribuida por gravedad a los edificios T3, T4, T5, T6, T7 y T1 en el segundo y tercer nivel.

Figura 9. **Flotador de mercurio**



Fuente: terraza del edificio T3.

Para elaborar el diagnóstico de este sistema se analizó lo siguiente:

Tabla VI. **Información general de los pozos**

Ubicación	Parqueo del edificio T7
Nivel estático	360 pies
Nivel dinámico	400 pies
Diámetro de los pozos	8 pulgadas
Profundidad de los pozos	450 pies
Caudal de explotación	200 galones por minuto

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Información del equipo de bombeo**

Potencia de los motores	Principal 30HP Reserva 25HP
Voltaje	220 voltios trifásico
Diámetro de la tubería de succión	4 pulgadas tubo hg
Cantidad de tubos	20 tubos
Presión de trabajo	40 psi

Fuente: elaboración propia.

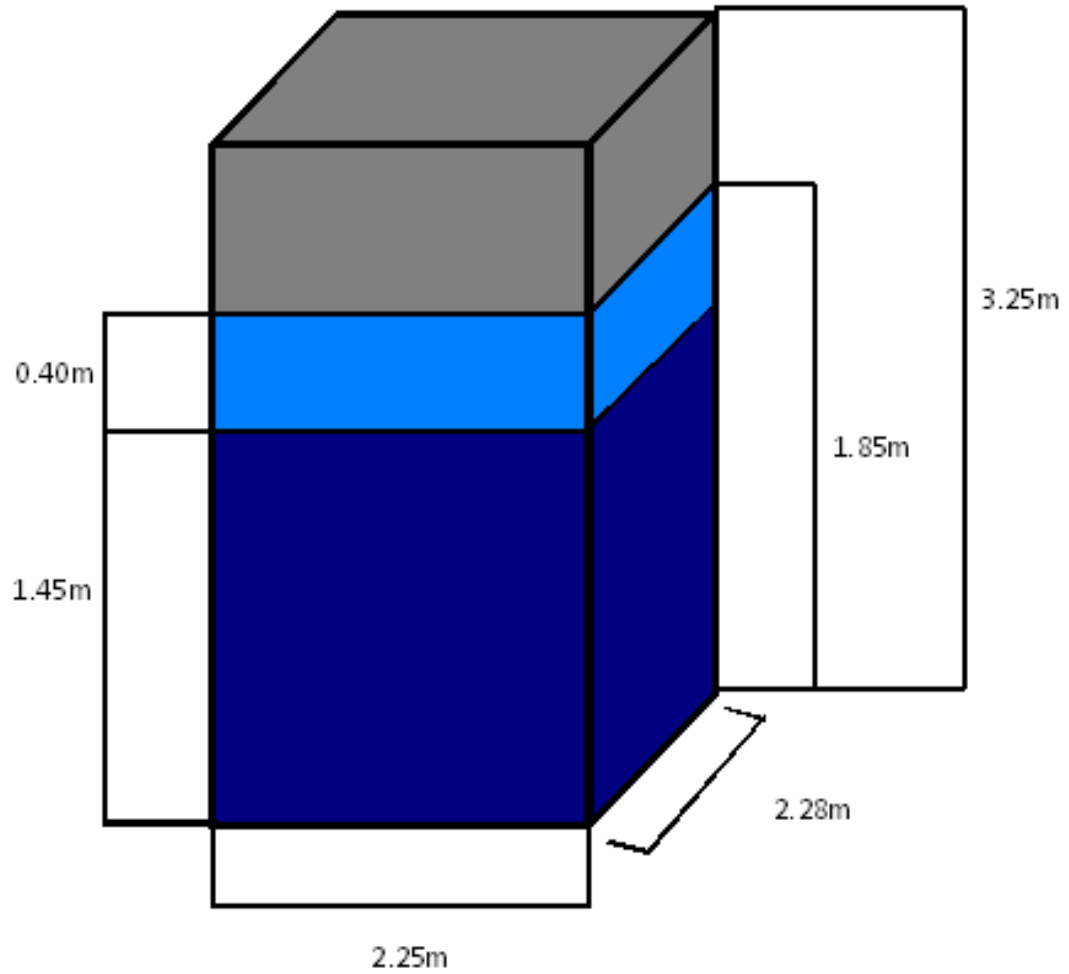
Tabla VIII. **Lugares a los que abastece el sistema**

Edificios	T3, T4, T5, T6, T7 y T1 en el 2do y 3er nivel
-----------	---

Fuente: elaboración propia.

El tanque de captación de agua y sus niveles de trabajo.

Figura 10. **Niveles de agua dentro del tanque**



Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Medidas del tanque cisterna en el edificio T3**

Alto	3,25 metros
Ancho	2,25 metros
Largo	2,28 metros
Nivel superior de trabajo	1,85 metros
Nivel inferior de trabajo	1,45 metros
Nivel de aprovechamiento del tanque	0,40 metros
Nivel no aprovechado del tanque por debajo del nivel inferior	1,45 metros
Volumen del tanque	16,67 metros cúbicos
Volumen aprovechado	2,05 metros cúbicos
Volumen no aprovechado por debajo del nivel inferior	7,43 metros cúbicos

Fuente: elaboración propia.

Se realizó la medición de las demandas durante el mes de julio del 2010 a diferentes horas del transcurso del día, el volumen de vaciado de la demanda es de 2,05 metros cúbicos, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla X. **Tiempos de vaciado del tanque**

Día	Hora	Tiempo de vaciado
1/07/2010	1:00 PM	7 minutos, 20 segundos
2/07/2010	1:30 PM	10 minutos
5/07/2010	2:00 PM	8 minutos, 34 segundos
6/07/2010	2:50 PM	6 minutos, 10 segundos

Continuación de la tabla X.

7/07/2010	4:00 PM	5 minutos, 45 segundos
8/07/2010	10:00 AM	5 minutos, 50 segundos
9/07/2010	9:23 AM	4 minutos, 47 segundos
12/07/2010	11:00 AM	5 minutos, 38 segundos
13/07/2010	12:00 PM	5 minutos, 40 segundos
14/07/2010	8:30 AM	6 minutos
15/07/2010	9:30 AM	4 minutos, 20 segundos
16/07/2010	5:00 PM	7 minutos, 10 segundos
19/07/2010	4:00 PM	5 minutos, 32 segundos
20/07/2010	4:30 PM	5 minutos, 35 segundos
21/07/2010	5:30 PM	6 minutos, 10 segundos
22/07/2010	10:00 AM	4 minutos, 05 segundos
23/07/2010	9:00 AM	3 minutos, 45 segundos
26/07/2010	9:35 AM	3 minutos, 35 segundos
27/07/2010	9:35 AM	3 minutos, 37 segundos
28/07/2010	4:30 PM	5 minutos, 17 segundos
29/07/2010	10:40 AM	3 minutos, 30 segundos
30/07/2010	10:00 AM	3 minutos, 40 segundos

Fuente: elaboración propia.

Se tomó el tiempo mínimo de vaciado de las mediciones aleatorias del mes de julio el cual fue de 3 minutos con 30 segundos que es para fines de cálculo del caudal 3,5 minutos.

El volumen de trabajo es de 2,05 metros cúbicos que para fines de cálculo del caudal es 542, 33 galones.

Por lo tanto el caudal de demanda mayor fue de 154,95 galones / minuto.

En el aforo que se le realizó al sistema se tuvo un tiempo de llenado de 3 minutos con 30 segundos a una demanda de 5 minutos con 35 segundos.

Por lo tanto el caudal de succión en ese momento es de 97,19 galones / minuto, y el caudal de llenado en el tanque es de 154,95 galones / minuto.

El caudal de explotación real de la bomba es de 252,14 galones / minuto.

En el análisis efectuado al sistema se puede diagnosticar lo siguiente:

- La bomba sumergible principal está en perfecto estado de funcionamiento y el caudal real excede al caudal teórico, no se detectan ruidos inusuales ni caída de corriente en el panel de control. La bomba necesita su respectivo mantenimiento preventivo dado que ya cumplió con las 10 000 horas de funcionamiento desde su instalación.
- El flote del tanque cisterna no es el adecuado dejando como resultado un pobre aprovechamiento de éste de tan solo 40 centímetros de todo el tanque, forzando el arranque de la bomba a cada 3:30 minutos lo cual es perjudicial para la vida útil del equipo.

2.1.5. Diagnóstico de los equipos de filtración de agua

➤ Edificio T3

Los tres equipos de este edificio necesitan mantenimiento preventivo, dado que ya hace más de 6 meses que se les realizó el último, el equipo del pasillo del segundo nivel necesita mantenimiento correctivo y se tiene el inconveniente de que las boquillas de salida de estos están contaminadas por la manipulación de los usuarios.

Tabla XI. **Filtros de agua edificio T3**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	MARCA	TIPO DE FILTRO	ESTADO
0	Pasillo	Filtro de agua	Ozonofil	Grande 10pulgadas	Funcionando
1	Pasillo	Filtro de agua	Ozonofil	Grande 10pulgadas	Funcionando
2	Pasillo	Filtro de agua	Ozonofil	Grande 10 pulgadas	Descompuesto

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T5

El equipo de este edificio necesita mantenimiento preventivo, dado que ya hace más de 6 meses que se les realizó el último, se tiene el inconveniente de que las boquillas de éste están contaminadas por la manipulación de los usuarios.

Tabla XII. **Filtros de agua edificio T5**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	MARCA	TIPO DE FILTRO	ESTADO
1	Pasillo	1	Ozonofil	Grande 10pulgadas	Funcionando

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T6

El equipo de este edificio necesita mantenimiento preventivo, dado que ya hace más de 6 meses que se les realizó el último, se tiene el inconveniente de que las boquillas de éste están contaminadas por la manipulación de los usuarios.

Tabla XIII. **Filtros de agua edificio T6**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	MARCA	TIPO DE FILTRO	ESTADO
1	Pasillo Francisco Vela	1	Ozonofil	Grande 10pulgadas	Funcionando

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T4

El equipo de este edificio necesita mantenimiento correctivo, actualmente está desconectado.

Se requerirá un reemplazo de todos los botones de funcionamiento del equipo y una limpieza interna de ésta, así como la revisión y si fuese necesario el reemplazo del mecanismo interno de éste, dado que presentaba síntomas de acumulación de nata y micro organismos en el agua analizada.

Tabla XIV. **Filtros de agua edificio T4**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	MARCA	TIPO DE FILTRO	ESTADO
2	Enfrente a Biblioteca	1	Ártico	Grande 10pulgadas	Descompuesto

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T7

Los dos equipos de este edificio necesitan mantenimiento preventivo, dado que ya hace más de 6 meses que se les realizó el último.

Tabla XV. **Filtros de agua edificio T7**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	ESTADO
2	Exterior Salón 201	1	Funcionando
1	Exterior Coordinación Laboratorios	1	Funcionando

Fuente: elaboración propia.

2.1.6. Diagnóstico en los equipos de extinción de incendios

➤ Edificio T3

En este edificio se tienen 8 colocadores de extintores con señalización de equipos ABC, todos ubicados en los pasillos del edificio, pero solo uno de estos colocadores contiene extintor y éste no se ha revisado o se le ha brindado mantenimiento alguno.

Tabla XVI. **Extintores edificio T3**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	ESTADO
0	Pasillo	01 caja para extintor	Cajas vacías
1	Pasillo	02 cajas para extintores	Cajas vacías
2	Pasillo	01 caja para extintor	Caja vacía
3	Pasillo	02 cajas para extintores	Cajas vacías
4	Pasillo	02 cajas para extintores	01 vacía y 01 con extintor

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T5

En este edificio se tienen 26 equipos extintores, repartidos entre todas las áreas del edificio, se tienen 3 equipos sin carga en el Laboratorio de Química, un equipo con sobrecarga en el área de Laboratorio de Resistencia de Materiales, 2 equipos sin carga en el área de Laboratorio Unificado Química y Micro Biología Sanitaria.

Se observó que en la mayoría de áreas de este edificio los equipos no cuentan con su apropiado contenedor y los mantienen en el suelo o en lugares de poco acceso.

Los equipos ya tienen más de un año desde que se efectuó el último mantenimiento y nunca se efectúan revisiones periódicas.

Tabla XVII. Extintores edificio T5

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	TIPO	ESTADO
1	Sección de Calidad	2	ABC	Con carga
1	Sección de Metales	1	ABC	Con carga
1	Coordinación Área de Química	3	ABC	Con carga
1	Laboratorio Química	4	ABC	Solo uno con carga
1	Laboratorio Físico Química	0	ABC	Con carga
1	Laboratorio de Hidráulica	1	ABC	Con carga
1	Agregados y Concretos	1	ABC	Con carga
1	EIQ, área de laboratorios	3	ABC	Con carga
1	Área de Laboratorios de Resistencia de Materiales	2	ABC	Uno con carga y otro con sobrecarga
1	Área de Laboratorios de Suelos	1	ABC	Con carga
2	Secretaría	1	ABC	Con carga
2	CICON	1	ABC	Con carga
2	Laboratorio Unificado Química y Micro Biología Sanitaria	6	ABC	Dos sin carga

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio S12

En este edificio se cuenta con 8 equipos marca AMEREX en buen estado y con sus correctos contenedores, todos están con sus correctas medidas de carga pero se tiene el inconveniente que nunca se les ha dado un mantenimiento desde que se instalaron.

Tabla XVIII. **Extintores edificio S12**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	EQUIPO	ESTADO
1	Pasillos	2	AMEREX	Cargado
2	Pasillos	2	AMEREX	Cargado
3	Pasillos	2	AMEREX	Cargado
4	Pasillos	2	AMEREX	Cargado

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T4

En este edificio solo se cuenta con un equipo en el área de archivo y nunca se le ha brindado el mantenimiento adecuado, si tiene su correcto contenedor.

Tabla XIX. **Extintores edificio T4**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	EQUIPO	ESTADO
1	Archivo	1	No determinado	Cargado

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T1

En este edificio se tienen 3 contenedores de equipos, 2 en el tercer nivel y 1 en el segundo nivel, pero solo uno del tercer nivel cuenta con un equipo instalado y con su carga correcta.

En este edificio se tiene el inconveniente de que no se cuenta con la seguridad adecuada y por ello se roban los equipos instalados.

Tabla XX. **Extintores edificio T1**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	TIPO	MARCA	ESTADO
2	Afuera de Coordinación de Física	1	No determinado	No determinado	Caja vacía
3	Afuera de EMI	1	No determinado	No determinado	Caja vacía
3	Afuera de EIME	1	ABC	Sentron	Con carga

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T7

En este edificio se cuenta con 6 equipos de los cuales se tienen equipos sin carga en el área de Laboratorios de Procesos de Manufactura, Coordinación de Laboratorios, interior Laboratorio de Metalurgia y Metalografía.

A estos equipos nunca se les ha brindado un mantenimiento preventivo.

Tabla XXI. **Extintores edificio T7**

NIVEL	ÁREA	CANTIDAD	TIPO	MARCA	ESTADO
1	Laboratorios de Procesos de Manufactura	2	ABC	No determinado	Solo uno con carga
1	Exterior Laboratorio de Metalurgia y Metalografía	1	ABC	No determinado	Carga
1	Interior Laboratorio de Metalurgia y Metalografía	1	ABC	No determinado	Sin carga
1	Coordinación de laboratorios	2	ABC	No determinado	Sin carga

Fuente: elaboración propia.

2.2. Estudio sobre la propuesta del mantenimiento a realizar

Los mantenimientos que se estudian para esta propuesta son preventivo, correctivo y predictivo, haciendo una pequeña sinopsis sobre ellos a continuación.

2.2.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo permite detectar fallos repetitivos, disminuir los puntos muertos por paradas, aumentar la vida útil de equipos, disminuir costos de reparaciones, detectar puntos débiles en la instalación entre una larga lista de ventajas.

El primer objetivo de este mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que éstas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que éstos ocurran.

Cubre todo el mantenimiento programado que se realiza con el fin de prevenir la ocurrencia de fallas. Se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la confiabilidad de los equipos (MTTF) sin considerar las peculiaridades de una instalación dada. Ejemplos: limpieza, lubricación, recambios programados.

Las fuentes internas: están constituidas por los registros o historiales de reparaciones existentes en la empresa, los cuales informan sobre todas las tareas de mantenimiento que el bien ha sufrido durante su permanencia en nuestro poder.

- Herramienta
 - Equipo de medición
 - Equipo de desarme de los equipos a tratar

- **Stock** de repuestos
 - Lubricantes, filtros, refrigerantes, materiales de recarga en el equipo, etc.

- **Aptitud**
 - Técnico en equipo mecánico.

2.2.2. Mantenimiento correctivo

Comprende el que se lleva a cabo con el fin de corregir (reparar) una falla en el equipo. Se clasifica en:

- **No planificado**

El correctivo de emergencia deberá actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar costos y daños materiales y/o humanos mayores.

Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa que hay que satisfacer (problemas de seguridad, de contaminación, de aplicación de normas legales, etc.).

Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

También para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad. Tiene como inconvenientes, que la falla puede sobrevenir en cualquier momento, muchas

veces, el menos oportuno, debido justamente a que en esos momentos se somete al bien a una mayor exigencia.

Otro inconveniente de este sistema, es que debería disponerse inmovilizado un capital importante invertido en piezas de repuesto visto que la adquisición de muchos elementos que pueden fallar, suele requerir una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo con la necesidad de contar con el bien en operación (por ejemplo: caso de equipos discontinuados de fabricación, partes importadas, desaparición del fabricante).

➤ Planificado

Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuestos y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

Al igual que el anterior, corrige la falla y actúa ante un hecho cierto.

La diferencia con el de emergencia, es que no existe el grado de apremio del anterior, sino que los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo, sin interferir con las tareas de producción. En general, se programa la detención del equipo, pero antes de hacerlo, se van acumulando tareas a realizar sobre el mismo y se programa su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento.

Lógicamente, se aprovechan para las paradas, horas en contra turno, períodos de baja demanda, fines de semana, períodos de vacaciones, etc.

- Herramienta
 - Herramienta de desarme del equipo a tratar
 - Herramienta de ensamble del equipo a tratar

- *Stock* de repuestos
 - Depende del tipo de avería que sufra el equipo a tratar por lo que no se puede tener un stock destinado para este mantenimiento y si las condiciones del equipo lo ameritan tienen que ser las piezas más escasas y difíciles de adquirir.

- Aptitud
 - Técnico mecánico del equipo a tratar

2.2.3. Mantenimiento predictivo

Es el servicio de seguimiento del desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

El mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad o la forma sistemática de como preservar el rendimiento requerido basándose en las características físicas, la forma como se utiliza, especialmente de cómo puede fallar y evaluando sus consecuencias para así aplicar las tareas adecuadas de mantenimiento (preventivas o correctivas).

Detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura u otras interferencias. Está basado en inspecciones, medidas y control del nivel de condición de los equipos.

También conocido como mantenimiento predictivo, preventivo indirecto o mantenimiento por condición -CBM (*Condition Based Maintenance*). A diferencia del mantenimiento preventivo directo, que asume que los equipos e instalaciones siguen cierta clase de comportamiento estadístico, el mantenimiento predictivo verifica muy de cerca la operación de cada máquina operando en su entorno real. Sus beneficios son difíciles de cuantificar ya que no se dispone de métodos tipo para el cálculo de los beneficios o del valor derivado de su aplicación.

Por ello, muchas empresas usan sistemas informales basados en los costos evitados, indicándose que por cada dólar gastado en su empleo, se economizan 10 dólares en costos de mantenimiento.

En realidad, ambos mantenimientos preventivos no están en competencia, por el contrario, el mantenimiento predictivo permite decidir cuándo hacer el preventivo.

En algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, indicios que pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertir la tendencia a entrar en falla de un bien, mediante el monitoreo de condición, es decir, mediante la elección, medición y seguimiento, de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del bien en análisis.

Muchas veces, las fallas no están vinculadas con la edad del bien. En otras palabras, con este método, se trata de acompañar o seguir, la evolución de las futuras fallas.

Los aparatos e instrumentos que se utilizan son de naturaleza variada y pueden encontrarse incorporados en los equipos de control de procesos (automáticos), a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumental específico.

Actualmente existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites aislantes o espesores de chapa, mediante las aplicaciones de la electrónica en equipos de ultrasonidos, cromatografía líquida y gaseosa, y otros métodos.

- Herramienta
 - Equipo de análisis de vibraciones
 - Equipo de análisis de lubricantes
 - Equipo de análisis por medio de ultrasonido
 - Equipo de termografía


- *Stock* de repuestos
 - Depende del tipo de avería que sufra el equipo a tratar por lo que no se puede tener un *stock* destinado para este mantenimiento y si las condiciones del equipo lo ameritan tienen que ser las piezas más escasas y difíciles de adquirir.


- Aptitud
 - Técnico especialista en equipos de mantenimiento predictivo.

2.3. Fichas técnicas de los equipos

Son referencias archivadas de las características, dimensiones, accesorios y funciones de los equipos, las cuales sirven para los diagnósticos en el mantenimiento, así como de referencia sobre el historial de dicho equipo.


Figura 11. Formato de la ficha técnica de los equipos de aire acondicionado

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA			
FICHA TECNICA			
			NO. <input type="text"/>
NOMBRE:	Equipo de Aire Acondicionado Tipo Mini Split		
AREA:	Biblioteca de la Facultad de Ingeniería		
UBICACIÓN:	Edificio T-4, 2do. Nivel		
CARACTERISTICAS			
Marca:	TGM	Proveedor:	
Modelo:		Dirección:	
No. Serie:		Teléfono:	
Voltage:		Nivel sonoro:	(decibeles)
Potencia:		Incerteza:	
Presion:		Tension:	
Temperatura:		Torque:	
Dimensiones:		Accesorios:	
Alto			
Largo			
Ancho			
FUNCION			
Suministrar aire fresco en el área donde se encuentra instalado.			
OBSERVACIONES			



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Formato de la ficha técnica de los equipos de extintores

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA		
FICHA TECNICA		
		NO. <input type="text"/>
NOMBRE:	Extintor 1	
AREA:	T3	
UBICACIÓN:	Pasillo	
CARACTERISTICAS		
Marca:	AMEREX	Proveedor:
Modelo:		Dirección:
No. Serie:		Teléfono:
Presion:		
Dimensiones:	Accesorios:	
Alto		
Largo		
Ancho		
FUNCION		
OBSERVACIONES		



Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Formato de la ficha técnica de los equipos de filtrado de agua

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA			
FICHA TECNICA			
		NO. <input type="text"/>	
NOMBRE:	Filtro Purificador de Agua		
AREA:	Corredor Interior		
UBICACIÓN:	Edificio T-5, 1er. Nivel		
CARACTERISTICAS			
Marca:	Artico	Proveedor:	
Modelo:		Dirección:	
No. Serie:		Teléfono:	
Voltage:		Nivel sonoro:	(decibeles)
Potencia:		Incerteza:	
Presion:		Tension:	
Temperatura:		Torque:	
Dimensiones:	Accesorios:		
Alto			
Largo			
Ancho			
FUNCION			
Purificar agua para el consumo.			
OBSERVACIONES			

Fuente: elaboración propia.

2.4. Propuesta de mantenimiento en equipos de aire acondicionado

Se estructura una rutina de mantenimiento en base a las necesidades de cada tipo de equipo (*split*, *minisplit*, ventana) ubicado en la Facultad de Ingeniería.

2.4.1. Posibles problemas, causas y diagnóstico del equipo

Un análisis de diagnóstico preciso es esencial en un mantenimiento, para una mejor referencia se proporciona una lista de las posibles fallas de los equipos de aire acondicionado.

➤ Manejadora de aire

Cuando la temperatura está muy alta y tiene los siguientes síntomas:

- Evaporador bloqueado con hielo
- Bota agua de la bandeja de drenaje
- El ventilador no trabaja

Tabla XXII. Posibles problemas, causas y diagnóstico de manejadoras de aire

Causas	Diagnóstico	Ubicación de fallas
<i>Flipon</i> de corriente abierto.	Subir <i>flipon</i> y restaurar la corriente eléctrica.	En el tablero eléctrico del suministro de corriente.
Bobina del contactor quemada.	Reemplazar el contactor.	Área de accesorios eléctricos ubicados en la salida del aire frío.
Motor del ventilador defectuoso.	Reemplazar el motor ventilador.	Área entre la caja de accesorios eléctricos y el evaporador.
Filtros de aire sucio o saturado.	Reemplazar el filtro desechable o lavar el filtro reutilizable.	Entrada del aire en la manejadora.
Drenaje de condensado tapado.	Limpiar y sopletear el drenaje.	La parte de abajo del evaporador y salida de la tubería de P.V.C.

Fuente: elaboración propia.

➤ El serpentín

Cuando el suministro de refrigerante es bajo y tiene los siguientes síntomas:

- Baja capacidad del sistema
- Baja temperatura de succión saturada
- Sobre calentamiento alto del gas de succión
- Bajo consumo de energía del compresor (kW)
- Baja temperatura de condensación saturada
- Caída medible de temperatura en la tubería de líquidos
- Burbujas visibles en la mirilla de la tubería de líquidos
- Alta temperatura del aire de suministro
- Evaporador con escarcha o hielo
- Sobre calentamiento alto del gas de descarga

Tabla XXIII. Posibles problemas, causas y diagnóstico de serpentín

Causas	Diagnostico	Ubicación de fallas
<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas con baja carga. • Tubería de líquidos doblada o aplastada. • Tubo del evaporador aplastado. • Fuga del refrigerante en el sistema. • Dispositivo de medición defectuoso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reparación de tubería. • Reparación de fuga. • Cargar refrigerante. • Un bajo suministro de refrigerante a menudo puede estar originado por un filtro secador obstruido. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tubería • Serpentín • Dispositivos de medición • Filtros de deshidratadores

Continuación de la tabla XXIII.

<ul style="list-style-type: none"> • Elemento de alimentación TXV bajo de carga. • Dispositivo de medición pequeño. • Tobera de distribuidor pequeña. • Control de la presión en el cabezal defectuosa a baja temperatura ambiente exterior. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un bajo suministro de refrigerante a menudo puede estar originado por un filtro secador obstruido. 	
--	--	--

Fuente: elaboración propia.

➤ El motor ventilador o FAN

Esto se da cuando hay un flujo de aire excesivo en la manejadora y tiene los siguientes síntomas:

- Temperatura alta del aire de suministro
- Temperatura alta de succión saturada
- Consumo alto de energía del compresor (kW)
- Sistema muy ruidoso
- Manejador de aire muy ruidoso
- Agua escurriendo del ventilador del ducto de suministro cerca de la manejadora de aire.

Tabla XXIV. Posibles problemas, causas y diagnóstico de motor ventilador o FAN

Causas	Diagnóstico	Ubicación de fallas
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad del motor del ventilador ajustada demasiado alta. • Ajuste equivocado de impulsión del ventilador. • Serpentín demasiado pequeño. • Condensadores sopladados sobre el manejador de aire hacia ventilador y el ducto de suministro. • Turbina floja. • Rotación equivocada del motor ventilador. • Turbina en malas condiciones. • Turbina que es muy pequeña para el equipo. 	<p>Un flujo excesivo de aire puede bajar la eficiencia, interferir con el nivel de confort y o producir una operación ruidosa.</p> <p>Para un flujo de aire adecuado, la caída de temperatura en el serpentín deberá estar entre los 18 a 22 grados Fahrenheit. Al reducir la velocidad del ventilador, el factor ruido mejorará de manera importante.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ajuste y apretar • Corrección de rotación • Reemplazar turbina 	<ul style="list-style-type: none"> • Las rejillas de salida de aire • La toma de presión de succión • El contador eléctrico • En la manejadora • Sistema de ductos

Fuente: elaboración propia.

➤ Filtros de aire

Uno de los puntos más importantes del mantenimiento y al que no se le toma mucha atención son los filtros de aire, un filtro de aire limpio aumenta la eficiencia natural de los equipos y disminuyen costos de operación.

En los nuevos sistemas a menudo son desechables, pero un buen número de sistemas los traen lavables.

Algunos de los síntomas son:

- Baja temperatura de succión saturada
- Bajo sobrecalentamiento del gas de succión
- Baja temperatura de condensación saturada
- Bajo consumo de energía del compresor (kW)
- Temperatura baja del aire de alimentación
- Baja capacidad del sistema
- Temperatura alta del aire del espacio
- Evaporador con hielo o escarcha
- Émbolos de líquido en el compresor
- Inundación hacia atrás del líquido del compresor

Tabla XXV. Posibles problemas, causas y diagnóstico de filtros de aire

Causas	Diagnóstico	Ubicación de fallas
<ul style="list-style-type: none"> • Filtros sucios 	Probablemente la causa principal de un bajo flujo de aire es un filtro sucio, en sistemas grandes se puede usar un medidor detector de diferencial de presión, que indique la caída de presión a través de los filtros y cuando sea necesario su cambio.	<ul style="list-style-type: none"> • Las rejillas de salida de aire. • La toma de presión de succión. • El cortador eléctrico. • En la manejadora. • Compresor.

Fuente: elaboración propia.

➤ El sistema de ducto

Esto se da cuando no hay un flujo de aire uniforme sobre el serpentín y tiene los siguientes síntomas:

- Baja capacidad del sistema
- Baja temperatura de succión saturada
- Cobertura no uniforme de condensadores sobre la superficie del serpentín.
- Inundación hacia atrás de refrigerante, hacia el compresor
- Émbolos de líquido al compresor

Tabla XXVI. Posibles problemas, causas y diagnóstico de sistemas de ductos

Causas	Diagnóstico	Ubicación de fallas
<ul style="list-style-type: none"> • Diseños defectuosos de los ductos cerca del serpentín del evaporador. • Colocación inadecuada del serpentín. • Turbulencia del aire en el serpentín. • Falta de los deflectores de aire necesarios. • Obstrucción dentro de la manejadora de aire. • Obstrucción en los ductos cerca de la manejadora de aire. • Que el serpentín y la manejadora no concuerdan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un mal cálculo en el sistema de ductería y diseño. • Instalación incorrecta del sistema de ductería. • Falta de accesorios de ductos. • Mal pegado de fibra de vidrio interna. • <i>Dámper</i> mal asegurado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente • Línea de succión • Serpentín • Compresor

Fuente: elaboración propia.

➤ Unidad condensadora

La unidad condensadora está formada por un serpentín, ventilador y un compresor, al condensador llega el refrigerante a alta temperatura y a alta presión dentro del serpentín donde el calor es evacuado por medio del

ventilador y el encargado de bombear el refrigerante al sistema es el compresor.

Tabla XXVII. **Posibles problemas, causas y diagnóstico de unidad condensadora**

Síntomas	Causas
<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de eficiencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Filtración de líquido en el compresor. • Válvulas de descarga con fuga. • Válvula de succión con fuga. • Pistones flojos. • Cojinetes desgastados, especialmente bielas y muñones flojos. • Deslizamiento de fajas, por estar viejas y gastadas.
<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga del motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas mecánicos como pistones flojos, operación inadecuada de la válvula de succión o un excesivo volumen del cabezal (reducción de carga del motor). • Cámara de succión o una malla de admisión obstruida. El resultado es una presión real mucho menor en los cilindros al final de la carrera de succión que la presión registrada en la tubería de succión, de ser así el resultado será una carga anormalmente baja del motor. • Una operación inadecuada de la válvula de descarga, puertos parcialmente obstruidos en la placa de válvula, por lo común se verán acompañados por una carga elevada en el motor.

Continuación de la tabla XXVII.

<ul style="list-style-type: none"> • Operación ruidosa del sistema 	<ul style="list-style-type: none"> • Émbolos de líquido. • Émbolos de aceite lubricante • Poleas sueltas. • Montajes del compresor mal ajustados.
---	---

Fuente: elaboración propia.

- Posibles fallas y diagnóstico de la unidad condensadora
 - Presión alta en el cabezal del compresor, temperatura de condensación saturada o temperatura de descarga saturada.

Tabla XXVIII. **Síntomas y causas cuando existe presión alta en el cabezal del compresor**

Síntomas en la unidad	Causas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ El compresor se conecta y desconecta de manera intermitente debido al interruptor de alta presión aunque el sistema pida enfriamiento. ➤ El compresor se conecta y desconecta de manera intermitente debido al interruptor de protección del motor del compresor. ➤ Temperatura alta de condensación saturada. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dispositivo de control de presión del cabezal defectuoso. ➤ Serpentín del condensador sucio. ➤ Motor del condensador defectuoso. ➤ Daños extensos en aletas. ➤ Recirculación del aire del condensador. ➤ Ventilador del condensador sucio. ➤ Flujo del aire del condensador bloqueado.

Continuación de la tabla XXVIII.

<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sobrecalentamiento alto del gas de descarga. ➤ El compresor se sobrecalienta. ➤ El compresor se traba. ➤ El motor del compresor se quema. ➤ Alto consumo de energía del compresor (kW). ➤ Baja capacidad del sistema. ➤ Temperatura de succión saturada de normal a alta. ➤ Velocidad excesiva de flujo de agua en el condensador. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Los vientos prevalecientes no permiten un flujo adecuado del aire a través del serpentín. ➤ Rotación inadecuada del ventilador del condensador. ➤ Resbala la faja del motor ventilador del condensador. ➤ Aspas del ventilador del condensador dobladas o rotas. ➤ Tubos y mallas del condensador con incrustaciones. ➤ Vapor del condensador bloqueado por tubería de condensados de refrigerante pequeña o mal dispuesta, que impide que el refrigeramiento drene con libertad hacia el receptor. ➤ Sistema sobrecargado.
---	---

Fuente: elaboración propia.

- Carga de refrigerante incorrecta, al sistema de refrigeración

Tabla XXIX. Síntomas y causas cuando existe carga de refrigerante incorrecta

Síntomas en la unidad	Causas
1.1.4. Alta presión en el cabezal.	1.1.4. Sistemas sobrecargados.
2.1.4. Alto subenfriamiento de líquidos.	2.1.4. Sistemas no suficientemente cargados.
3.1.4. Baja capacidad del sistema.	
4.1.4. Alta temperatura de succión saturada.	
5.1.4. Alto consumo de energía del compresor (kW).	
6.1.4. Baja presión en el cabezal.	
7.1.4. Baja capacidad del sistema.	
8.1.4. Baja temperatura de succión saturada.	
9.1.4. Subenfriamiento de líquidos bajo o no existente.	
10.1.4. Gases emergentes a la entrada del dispositivo de medición.	

Fuente: elaboración propia.

- Baja presión del cabezal del compresor

Tabla XXX. Síntomas y causas cuando existe presión baja en el cabezal del compresor

Síntomas en la unidad	Causas
<ul style="list-style-type: none"> • Baja temperatura de condensación saturada. • Baja capacidad del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo de control de presión en el cabezal defectuoso.

Continuación de la tabla XXX.

<ul style="list-style-type: none"> • Baja temperatura de succión saturada. • Bajo consumo de energía en el compresor (kW). 	<ul style="list-style-type: none"> • Fuga en el sistema de refrigerante. • Sistema con baja carga.
--	--

Fuente: elaboración propia.

- Diagnóstico y localización de las fallas

Tabla XXXI. **Diagnóstico y localización de fallas**

Diagnóstico	Localización de las fallas
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reparación de fuga. ➤ Cargar refrigerante. ➤ Reemplazo del dispositivo de medición. ➤ Hacer vacío para eliminar gases no condensables. ➤ Mantenimiento preventivo. ➤ Reparación de tubería. ➤ Reemplazo de válvula de expansión. ➤ Reemplazo de ventiladores. ➤ Reemplazo de motor ventilador. ➤ Reemplazo de componentes eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Tablero eléctrico ➤ Controles, presostato y termostato. ➤ Sistema sellado. ➤ Contactores y <i>relays</i>. ➤ Motor eléctrico y ventiladores. ➤ Circuito eléctrico de control y fuerza.

Fuente: elaboración propia.

- Ruidos, golpes y vibraciones fuera de lo normal en el compresor

- Insuficiente lubricación

El nivel de aceite puede ser demasiado bajo, para la adecuada lubricación de todos los cojinetes. Si tiene incorporada una bomba de aceite, quizá no esté funcionando correctamente o quizá haya fallado por completo. Los puertos de aceite pueden haberse obstruido con materias extrañas o con aceite, convertido en cieno por presencia de humedad y de ácidos del sistema.

- Excesivo nivel de aceite

El nivel puede ser suficientemente alto, como para causar bombeo excesivo del aceite o embolismo.

- Pistones o cojinetes apretados

Un pistón o un cojinete apretado pueden hacer que otro cojinete golpee, incluso si tiene el juego necesario. Algunas veces en un nuevo compresor, éste se asentará después de unas cuantas horas de operación. En un compresor en operación durante cierto tiempo, un pistón o un cojinete apretado puede deberse a un depósito superficial de cobre, resultado de humedad dentro del sistema.

- Montajes internos defectuosos

En un compresor montado sobre resortes internos, los montajes pueden haberse torcido, haciendo que el cuerpo del compresor golpee contra la carcasa.

- Cojinetes sueltos

Una biela, muñón o cojinete principal flojo, naturalmente creara ruido excesivo. La falta de alineación de los cojinetes principales, de flecha, a muñones o excéntricas, de los cojinetes principales a las paredes del cilindro, también puede causar ruido y desgaste rápido.

- Válvulas rotas

Una válvula de succión o de descarga rota puede incrustarse en la parte superior del pistón, y golpear la placa de válvulas al llegar al fin de cada carrera del compresor. Partículas o rebabas metálicas, escamación o cualquier material extraño, que se deposite sobre la corona del pistón, pueden causar ese mismo efecto.

- Rotor o excéntricas flojas

En compresores herméticos, un rotor flojo sobre la flecha, pueden causar juego entre cuña y cuñero resultando una operación ruidosa. Si la flecha y la excéntrica no son integrales, un dispositivo de sujeción suelto puede ser la causa del golpeteo.

- Vibración de las válvulas de descarga

Algunos compresores, bajo ciertas condiciones, especialmente a bajas presiones de succión, generan un ruido inherente debido a la vibración de la lengüeta o disco de descarga, durante la carrera de compresión. No resultara en un daño, pero si el ruido no es aceptable, el fabricante del compresor pudiera tener disponible alguna modificación de la válvula de descarga.

- Pulsación del gas

Bajo ciertas condiciones, el evaporador, el condensador o la tubería de succión, pueden emitir ruido. Podría sonar como un golpe y/o un silbido transmitido y amplificado, a través de la tubería de succión o del tubo de descarga. De hecho no existirá golpe mecánico, sino una simple pulsación causada por succión y carrera de compresión intermitente, junto con ciertos fenómenos asociados con el tamaño y longitud de las tuberías de refrigerante, el número de dobleces y otros factores.

➤ Causas de compresores muertos

- Contactos de control abiertos
- Contactos de sobrecarga disparados
- Alambrado inadecuado
- Dispositivo de corte por sobrecarga destruido
- Falta de refrigerante
- Bajo voltaje
- Capacitor de arranque defectuoso o equivocado
- Capacitor de marcha defectuoso o equivocado
- Presión alta de cabezal
- Devanado del compresor quemado
- Obstrucción de tuberías

2.4.2. Mantenimiento preventivo

Se deben seguir ciertas operaciones de mantenimiento rutinario las cuales se muestran a continuación:

- Limpieza y evacuación de las bandejas de drenaje de condensados y tuberías de drenaje. Limpiar, lubricar y probar las bombas de condensados.
- Revisar las fajas de los ventiladores. Reemplazar por nuevas las deterioradas y dar ajuste a la tensión de este si es necesario.
- Lubricar los cojinetes, si son lubricados con aceite, utilice un aceite no detergente (no un aceite de motor automotriz), de la viscosidad especificada por el fabricante del equipo. En los cojinetes utilice el tipo de grasa especificada por el fabricante del equipo, no se exceda en grasa, si se excede los cojinetes y sellos se pueden dañar. Donde exista un drenaje o tapón de ventilación, siga las instrucciones y permita que el excedente de lubricante escape.
- Limpiar el equipo eliminando cualquier derrame de aceite o grasa. Un equipo limpio facilita la detección de fugas de aceite, que a veces son, a su vez, indicadores de fugas de refrigerante, problemas de chumaceras y cojinetes. Asegúrese de apretar los empaques en las válvulas de refrigerante y vuelva a colocar las cubiertas protectoras de las válvulas.
- Revisar y apretar todas las conexiones de energía. Las conexiones flojas sobrecalentaran dañando el aislamiento de los alambres, pudiendo causar fallas en el motor.
- Examinar los contactos del contactor, para ver si están quemados o demasiado dañados. Verifique una operación sin obstrucciones de la armadura. Reconstruirlas o reemplazarlas.

- Examinar los filtros de aire. Sustituya los filtros desechables o sucios y limpiar los filtros lavables. Los filtros de aire desechables ordinarios solo tienen una eficiencia nominal del 5% al 10%. A menudo es posible instalar un mejor filtro del mismo tamaño, con una eficiencia de limpieza del 30%, con solo un modesto incremento en costo.
- Revisar los circuitos de refrigeración. Coloque un múltiple de manómetros indicadores y registre las presiones de operación. Convierta las presiones del refrigerante a sus correspondientes temperaturas de refrigerante. Inspeccione la mirilla de refrigerante, para ver si la carga es adecuada. Revise la mirilla de aceite del compresor (si existe), para verificar que la carga de lubricante sea la adecuada.
- Realizar una limpieza general del equipo para que los filtros no se vuelvan a saturar con la suciedad que el equipo contenga después del mantenimiento.

2.4.2.1. Rutina a realizar en función del tiempo

Los procedimientos a realizarse en función del tiempo se conocen como rutina de mantenimiento, en esta propuesta se tiene rutina mensual y semestral la cual se muestra a continuación.

- Mensual
 - Limpieza de la manejadora de aire
 - Limpieza de los filtros de aire
 - Registro de las temperaturas de habitación

➤ Semestral

- Registrar presiones de succión
- Registrar presiones de descarga
- Registrar del consumo de amperaje del compresor
- Revisar el estado del condensador enfriado por aire
- Revisar el estado del evaporador
- Revisión de todas las conexiones eléctricas
- Registrar todas las temperaturas ambiente
- Registrar voltajes en el compresor
- Revisar el estado general del equipo como: fugas de aceite, fugas de agua y fugas de refrigerante.
- Revisar los motores y si no son sellados y se evidencia una falta de lubricación lubricar y limpiar.
- Limpiar y evacuar las bandejas de drenaje de condensados
- Revisar fajas de los ventiladores

2.4.2.2. Herramienta y equipo a utilizar

En la herramienta y el equipo necesario se encuentran herramientas de ensamble, de golpe y específicas, las cuales son necesarias para un correcto manejo de las piezas del equipo así como para un monitoreo de este.

➤ Herramienta de ensamble

- Llaves
 - ✓ Allen: son llaves que vienen en su mayoría en presentación en “L” y en “T”, con forma hexagonal en sus extremos,

necesaria para quitar o ajustar poleas, aspas de ventiladores y otros. La llave se inserta en el interior del tornillo de ajuste y cualquiera de sus extremos puede ser utilizado si su presentación es en "L", estas llaves vienen en juegos y miden de 3 a 5 pulgadas de largo, que son las medianas y las largas que son de 5 a 7 pulgadas de largo. La presentación en "T" es utilizada cuando los tornillos se encuentran en espacios distantes a más de 7 pulgadas, por el largo de esta llave, que mide 12 pulgadas es ideal para quitar turbinas de los aires acondicionados.

- ✓ De caja: también llamadas juego de *racht*, son utilizadas para colocarlas sobre las cabezas de tuercas y pernos en forma de hexagonal. Están hechas de acero y los tamaños comunes van desde 5/32 pulgadas hasta 2 pulgadas mientras más estrías o picos una copa, es más fácil utilizarla en espacios reducidos, están compuestas por un juego de copas, un *racht*, una extensión del *racht*, un reductor del *racht* para las copas más pequeñas y un destornillador de punta cuadrada para ser utilizado con las copas. La cantidad de copas y accesorios dependerá del tamaño del juego que se adquiera.

- ✓ Llaves fijas: se le llama llaves fijas porque su quijada es fija, no cambia de tamaño y se utilizan para apretar o ajustar tuercas o pernos, vienen en presentaciones de tipo cola, tipo corona y en combinación tipo cola-corona y los tamaños más comunes son de ¼ de pulgada hasta 1 ½

pulgadas, por su largo las llaves fijas dan una mayor fuerza de torsión a los tornillos.

- ✓ Llave ajustable: conocida en nuestro medio como cangrejo, permite ajustar las mordazas a cualquier tamaño de tuerca que se requiera. Los tamaños típicos van desde 4 pulgadas a 12 pulgadas, esta herramienta es utilizada únicamente cuando no se cuenta con otro tipo de llave (copas o llaves fijas).
- Destornilladores
 - ✓ Destornillador de copa: es un tipo de destornillador con la cabeza interior hexagonal, tipo de copa, el cual viene en un conjunto de diferentes medidas. Es muy útil para quitar las tapaderas de los equipos de aire acondicionado, vienen en medidas de $\frac{1}{4}$ de pulgada, $\frac{5}{16}$ de pulgadas, $\frac{1}{2}$ de pulgada, $\frac{3}{8}$ de pulgada.
 - ✓ Destornillador Phillips: también llamado destornillador de cruz, es muy utilizado en trabajos de tipo eléctrico, es conveniente tener tres diferentes medidas y uno de precisión, para graduar controles.
 - ✓ Destornillador plano: es el más común y se recomienda tener un juego completo. Este tipo de destornillador se adapta a tornillos de una sola ranura, es conveniente tener tres diferentes medidas y uno de precisión para graduar controles.

➤ Herramienta de servicio

- Llave de torque o torquímetro: al apretar una tuerca o perno existe siempre el riesgo de ruptura al apretarlo más allá de la presión que pueda soportar. Los fabricantes de equipo, principalmente compresores, recomienda utilizar una llave de torsión para apretar tornillos, este tipo de llave tiene un indicador para marcar la presión que se está aplicando sobre la tuerca, en los catálogos de los compresores viene la cantidad de presión que necesita cada tornillo.
- Racht: usado en los compresores para refrigeración, las válvulas de servicio, por lo general, están construidas con un vástago cuadrado y necesitan una llave especial, la llave de servicio entra en el extremo del vástago, para hacerlo girar con rapidez, en cualquier sentido. Según sea la necesidad, para abrir una llave de servicio hay que girarla con el sentido de las manecillas del reloj, metiendo el vástago y se cierra en contra de las manecillas del reloj, sacando el vástago. Esta llave es muy útil para graduar válvulas de expansión, siempre y cuando sea de la medida del vástago de la válvula.

➤ Herramienta de golpe

- Destornillador de impacto: se utiliza para tornillos muy apretados u oxidados, está construido de un metal pesado y resistente al impacto ocasionado por el golpe de un martillo, requerido para aflojar los tornillos.

- Martillos
 - ✓ Martillo de bola: la cabeza está fabricada con hierro fundido y es maleable, el resto del cuerpo está hecho de hierro sólido, se utiliza para romper o quebrar materiales hechos de concreto.
 - ✓ Martillo de hule: la cabeza está fabricada de caucho, se utiliza para golpear lámina, plástico y piezas de metal, sin lastimar las partes y para enderezar o ensamblar ductos de lámina.
 - ✓ Martillo plástico: la cabeza está fabricada de plástico a alta presión, por ser más rígido que el martillo de hule, el golpe puede ser más seco y fuerte, su dureza se encuentra en una posición intermedia en relación con el martillo de hule y el martillo de hierro, se utiliza para golpear lámina y piezas de metal sin lastimar las partes.
 - ✓ Martillo de carpintero: la cabeza está fabricada de hierro fundido y es maleable, la uña y el resto del cuerpo están hechos de hierro sólido, se utiliza para éter y sacar clavos.

➤ Herramientas de corte y de presión

- Alicata universal: herramienta utilizada para sujetar tubos de diámetros menores, cortar alambres y sujetar piezas.

- Corta-alambre: herramienta de corte diagonal, para cables y alambres de cobre.
- Alicata de mecánico: herramienta de mordazas ajustables, auxiliar para trabajos generales.
- Pinza o alicata de puntas: herramienta útil para trabajos en circuitos eléctricos.
- Alicata ajustable: herramienta de uso general, de quijadas ajustables, útil para sostener tubos, llamado en el medio pico de loro.
- Alicata de presión: tiene un mecanismo para dejarlo fijo sosteniendo alguna pieza, por ejemplo en soldadura y así dejar libres las manos.

➤ Herramienta auxiliar

- Cepillos de alambre: es recomendable para limpiar la parte interna de tuberías y acoplamientos. Estos cepillos vienen en tamaños desde $\frac{1}{4}$ de pulgada hasta $2 \frac{1}{8}$ pulgadas, correspondiendo al diámetro exterior del acoplamiento que se está soldando.
- Brocha de pintura: también es útil para eliminar la tierra o el polvo de una caja de control, por ejemplo pueden ser utilizadas para aplicar solvente a una pieza.

- Cinta para medir tipo flexible, de acero de 10 a 12 pies (2 ó 3 metros): es un instrumento muy útil para medir diámetros de tubos, longitudes cortas de tubos, tamaños de filtros, ductos, entre otros. Para medir extensiones largas de tubería es esencial una cinta de acero o de fibra de vidrio de 50 o 100 pies (15 a 30 metros). Se recomiendan las de fibra de vidrio cuando se trabaje cerca de equipo eléctrico, ya que no son conductoras de corriente eléctrica.
- Reglas para tornero: de acero inoxidable, para mediciones más precisas, así como una regla plegadiza de madera de 6 pies de largo.
- Limas: existen diversas formas y tamaños; planas o rectangulares, redondas, de media caña, triangulares, cuadradas, etc. En el trabajo de refrigeración se utiliza la lima plana común y la de media caña para preparar las tuberías para soldadura, dejando a escuadra el extremo de los tubos y eliminar las rebabas. Una lima de corte sencilla se utiliza para realizarle operaciones de acabado a una superficie, como en la preparación de un tubo de cobre para soldar. Una lima de doble corte es más áspera y se utilizara donde se requiere la remoción de metal más profunda y rápida. Una raspa en una lima de doble corte extremadamente áspera, para trabajo muy burdo.

➤ Herramienta específica

- Atornilladores de tuerca: para ahorrar tiempo al abrir gabinetes.

- Bombas rociadoras de agua: para limpieza de serpentines, ya sea de tipo manual o eléctrico. Las bombas rociadoras manejan detergentes limpiadores, que disolverán acumulaciones en la superficie y entre las aletas de los serpentines del vapor y del condensador.
- Llaves de caja: de un cuarto de pulgada y sus dados, para ajustar válvulas.
- Unidades de recuperación y renovación de refrigerante, son esenciales para retirar o evacuar refrigerante del sistema y permitir la reparación y reemplazo de componentes.
- Bomba de vacío: de alto rendimiento capaz de arrancar con rapidez y de realizar una total evacuación de gases de refrigerantes. Las especificaciones de esta bomba se dan como sigue: desplazamiento de aire: 6 pies cúbicos por minuto, número de pasos: 2, clasificación de micrones de fábrica: 20 micrones.

➤ Equipo para mantenimiento preventivo

- Equipo de acceso
 - ✓ Escalera de mano o dos bandas: es una escalera que en su presentación tiene 2 hojas o bandas, unidas por bisagras en la parte superior, al abrirla da la forma de una A mayúscula, solo se puede subir por una hoja de la escalera, el otro lado es únicamente de apoyo y no tiene escalones, a los lados tiene 2 brazos unidos por un remache para sujetar las 2

hojas y no permite que se habrá más, estas varían en tamaño que van desde 3 a 30 pies de altura.

- ✓ Escalera de extensión: este tipo de escalera se fabrican en aluminio o fibra de vidrio, ya que tiene dos hojas, una atrás de la otra y están unidas por un riel que le permite extenderse hacia arriba formando una sola hoja, la hoja de atrás tiene dos anclajes en forma de “J” invertida que se anclan a los peldaños, usted puede graduar el largo de la escalera dependiendo en el peldaño que coloque el anclaje.

- ✓ Andamios: están hechos de tubos de hierro y van formando rectángulos por nivel, se ensamblan los lados por medio de piezas en forma de equis (X) y hacia arriba con reducidos que tienen en las patas, formando secciones, es más seguro trabajar con andamios que con escaleras.

- ✓ Espejo pequeño: se necesita un espejo de diámetro de $\frac{3}{4}$ de pulgada a 1 pulgada con una extensión, útil para rastrear fugas en lugares difíciles de las soldaduras que han quedado abajo o atrás de un tubo, donde su visión no pueda llegar.

- ✓ Compresor de aire: está compuesto por un depósito de aire, un compresor acoplado a un motor eléctrico, un regulador para la salida de aire, una manguera, una pistola para pintar y un pitón para sopletar serpentines y accesorios, no regule la presión a más de 80 Psi para sopletar.

- ✓ Extensión eléctrica con bombilla: es muy útil para revisar los equipos de aires acondicionados que se encuentran en lugares oscuros y dentro del cielo falso, vienen en medidas de 10 a 50 pies de largo, están provistos de 3 cables, dependiendo del largo de la extensión así será el grosor del cable, cuentan con una caratula que protege a la bombilla y en el cuerpo trae 2 tomas de corriente útiles para conectar a la bomba de vacío y el barreno eléctrico se recomienda para extensiones de 10 a 20 pies, utilizar calibre # 12.

- Equipo de medición
 - ✓ Manómetros: son unidades que se utilizan para medir el refrigerante, como unidades de carga por peso o unidades de carga de carátula, se utilizan para cargar el refrigerante con precisión a unidades tipo paquete, *split*, *minisplit* y unidades de ventana y supervisar el refrigerante utilizado como reemplazo. El manómetro o múltiple de indicadores es una de las herramientas más útiles en la caja del técnico, utilizándose para verificar las presiones de operación, para agregar o quitar refrigerante, para añadir aceite lubricante y llevar a cabo otras operaciones necesarias.

 - ✓ Regulador de presión para nitrógeno: es utilizado como un depósito de nitrógeno para purgar tuberías mientras se están soldando, para presurizar un sistema y someterlo a pruebas.

- ✓ Termómetro: los aparatos medidores de temperaturas sirven para medir la temperatura de vapores, líquidos y sólidos. El aire, el agua y el refrigerante que circulan por las tuberías de cobre son las sustancias más corrientes a las que se les mide su nivel de temperatura. Independientemente del medio que van a medir, los métodos para comprobar la precisión de los instrumentos son similares.

Los especialistas deben disponer de termómetros con graduaciones desde -50 grados Fahrenheit hasta 50 grados Fahrenheit (-45 grados Celsius a +10 grados Celsius), para poder medir las temperaturas del aire del ambiente, así como las presiones de trabajo de los condensadores, se pasa a experimentar con las altas temperaturas. Los especialistas en calefacción y acondicionamiento de aire, deben controlar temperaturas que van desde 40 grados Fahrenheit hasta 150 grados Fahrenheit (4,4 grados Celsius a 65,6 grados Celsius), así como temperaturas del agua que pueden llevar a 200 grados Fahrenheit (93,3 grados Celsius), en condiciones normales de servicio, lo cual requiere tener a mano una gama muy amplia de instrumentos.

Por ejemplo, para estas temperaturas superiores a los 250 grados Fahrenheit (121 grados Celsius), el análisis de los gases de combustión o en los quemadores de aceite, se requieren termómetros especiales. En el pasado muchos especialistas tenían confianza en los termómetros de cristal

con alcohol o mercurio. Estos termómetros son muy fáciles de emplear cuando se insertan dentro del fluido; pero en cambio, su utilización es muy difícil cuando se trata de medir la temperatura de un cuerpo sólido. Actualmente están siendo reemplazados por termómetros de tipo electrónico, cuyo uso se ha hecho popular. Los termómetros electrónicos son sencillos, económicos y precisos. Son adecuadas las versiones analógicas (con la escala y la aguja indicadora) y la digital (con pantalla digital). Aunque el tipo digital es de costo más elevado, mantiene su exactitud durante mucho más tiempo, en condiciones adversas.

- ✓ El termómetro de bolsillo con esfera, se usa frecuentemente para efectuar lecturas en la propia instalación. No se trata de un instrumento de alta precisión. La escala de esta unidad va desde 0 grados Fahrenheit hasta 220 grados Fahrenheit (-18 grados Celsius a +104 grados Celsius), con graduaciones muy cortas. La distancia que se mueve la aguja, desde el final al principio de la escala, es solamente de unas 2,5 pulgadas (63 milímetros), que es la circunferencia de la esfera.

- ✓ Multímetro: mide voltajes, intensidad de corriente y resistencia, es una herramienta especial para el técnico, por medio del multímetro usted verificará el paso de corriente y resistencia de los diferentes accesorios. Las características de este instrumento son las siguientes:

- ❖ Posee un interruptor giratorio que mide voltajes (AC y DC).
 - ❖ Mide resistencia en ohmios y corriente eléctrica en amperios.
 - ❖ Protección contra sobrecarga en cada rango de voltaje (AC y DC).
- ✓ Amperímetro de mordazas: se puede abrir y colocar alrededor del alambre cuya corriente se va a medir. Se cierran de manera automática por la presión de un resorte al soltar el gatillo. Las escaleras de rango se seleccionan con una perilla, que hace girar las escalas que aparecen a través de una ventanilla. Algunos amperímetros tienen escalas en voltios y en ohmios. Para utilizarlo como voltímetro se insertan las puntas de prueba en la parte inferior del instrumento. Para medir ohmios incluye una punta extra con un fusible y una batería y se conecta al costado del instrumento. La forma del instrumento ayuda a sujetarlo y operarlo con una mano. Tiene incluido un bloqueador de aguja cuando se utilice en ubicaciones donde sea difícil de leer la escala. Están disponibles varias escalas con rangos distintos.
- ✓ Termómetro digital (pirómetro) con sonda de prueba retráctil: la unidad indica temperaturas por una pantalla de cristal, ya sean en grados Fahrenheit o en Celsius. Esta alimentada por una batería de 9 voltios reemplazable y se puede comprar como un conjunto con tres tipos distintos de

sondas detectoras y un estuche. Incluye un indicador de superposición de escalas y de batería baja.

- ✓ Termómetro infrarrojo: estos termómetros trabajan por radiación, a través de rayos infrarrojos, no necesitan tener contacto físico con el objeto o superficie donde se está midiendo la temperatura. Son ideales para lugares de difícil acceso o peligrosos, al estar en contacto con ellos.

- ✓ Indicador de presión diferencial tipo diafragma: estos indicadores son adecuados para leer aplicaciones de baja presión (en pulgadas de agua), tales como la caída de presión de un lado a otro del filtro de aire. Comúnmente los filtros deben ser reemplazados cuando la caída de presión llega a ciertos límites. En las instalaciones con ductos se utiliza un tubo *pitot* y un manómetro, para medir la velocidad y el flujo de aire.

- ✓ Balanceador de caudal de aire: este aparato toma mediciones directas del caudal en pies cúbicos por minuto, en sistemas de aire acondicionado residenciales. Puede ser utilizado sobre rejillas, registros y difusores. Promedia las condiciones existentes en la salida. No requiere de energía ni de mantenimiento. El volumen es en metros cúbicos partido minuto.
Se coloca el embudo de lona o caucho en la salida de aire de la rejilla y realiza la medición, graduando el tipo de lectura que necesita por medio de los botones indicadores

de velocidad o flujo de aire, así como temperatura y el tipo de escala en grados Fahrenheit o Celsius.

- ✓ Anemómetro: un anemómetro manual de baterías tiene un indicador de batería baja y escalas de 0 a 600 pies por minuto, y de 500 a 6 000 pies por minuto, que se utiliza para hacer mediciones de velocidad de aire, este aparato se debe utilizar cuando: los equipos de aire acondicionado lleven ductos y deberán graduar el caudal de aire de salida de cada rejilla por medio de *dampers* que llevan los ductos y las cantidades de que les indica los planos de diseño.

- ✓ Indicador de flujo de aire: el indicador de flujo de aire de bolsillo tiene una escala de 0 a 1 000 pies por minuto, con una precisión de 5 pies por minuto, lecturas instantáneas desde cualquier posición, sin necesidad de ponerlo a nivel, ni balancearlo.

- ✓ Equipo de medición de aire: se muestra un equipo de medición de aire de lectura directa completo, con medidor, sondas y calculador de aire y velocidad.

- ✓ Psicrómetro: para medir temperaturas de bulbo húmedo y seco, requeridos para determinar la humedad relativa, se utilizan dos tipos de psicómetros. También las lecturas del bulbo húmedo y seco, son usadas para trazar propiedades de aire acondicionado sobre la gráfica psicométrica. El psicrómetro giratorio es un instrumento manual.

El movimiento del aire a través de los bulbos, se genera haciendo girar el termómetro sobre su maneral. En un psicrómetro, se utiliza un ventilador para hacer pasar el aire por los bulbos del termómetro.

➤ Materiales a utilizar en el mantenimiento

El técnico en aire acondicionado necesita de un conjunto de materiales, que le sirven para realizar el servicio de mantenimiento preventivo, el cual consiste en la limpieza, lubricación y ajuste en los niveles de aceite y agua, de las partes de los equipos y herramientas, la mayoría de los materiales son consumibles y se tienen que cambiar periódicamente.

- Materiales para limpieza

- ✓ Brocha
- ✓ Jabón o detergente en polvo
- ✓ *Pashte*
- ✓ Lija abrasiva
- ✓ Limpiador de contactos
- ✓ Químico comercial con contenido de amoníaco
- ✓ Thiner
- ✓ *Wipe*

- Materiales para aislar

- ✓ Aislante armaflex para tubería
- ✓ Fibra de vidrio
- ✓ Rollo de cinta de aislar

- Materiales para lubricar
 - ✓ Aceite lubricante, para exteriores y sistemas de refrigeración de uso interno.
 - ✓ Grasa grafitada
 - ✓ Grasa para rodamientos

2.4.2.3. Equipo tipo ventana

Se debe elaborar una inspección con el equipo encendido para verificar que esté trabajando correctamente, si se detecta alguna anomalía se debe proceder a diagnosticar el problema.

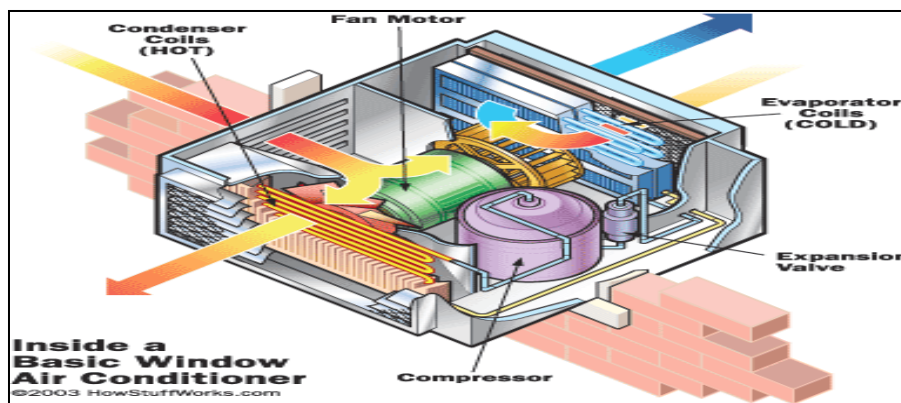
Después de la revisión operacional del equipo y de cerciorarse de que no hay ningún problema, desconecte el equipo con el termostato y el equipo del tomacorriente. Desmante el equipo de su base metálica de montaje y se recomienda llevarlo a un lugar que permita un manejo del mantenimiento más ideal si no hubiere suficiente espacio disponible en el lugar en el que está instalado. Ahora si puede proceder a realizar el mantenimiento del equipo.

En el equipo tipo ventana todos los componentes del sistema de refrigeración vienen encapsulados en un paquete compacto el cual se instala en una base metálica la que permite que una cuarta parte la cual está ubicada al frente se mantenga adentro del edificio y tres cuartas partes del equipo que están en la parte trasera de este se ubiquen afuera del edificio, con el propósito de que la parte frontal sirva de manejadora de aire para el usuario y la parte trasera de mecanismo de refrigeración del refrigerante dado que en esta parte está ubicado el serpentín del condensador.

2.4.2.3.1. Lugar de ubicación y procedimiento a realizar de cada pieza

El orden en el que se proporcionan los procedimientos es por comodidad, el técnico es libre de realizarlos en el orden que lo desee, habiendo tomado las precauciones de desconexión del equipo ya antes mencionado.

Figura 14. Interior del equipo tipo ventana



Fuente: <http://www.tecnoclimas.com.mx/main/index.php?tipos-de-equipo-de-aire-acondicionado-residencial.html>. Consulta: 20 de octubre de 2011.

- Filtro de aire, turbina, motor eléctrico, evaporador, bandeja y drenaje

En el equipo tipo ventana las conexiones mecánicas vienen en la parte frontal del paquete, protegidas por la parte frontal que hace el papel de manejadora de aire, la cual va atornillada. Desatornille esa parte del equipo, generalmente traen tornillos de cabeza hexagonal, para ser retirados con el desatornillador de copa de 5/16 pulgadas o de ¼ de pulgada, dependiendo del equipo. En el extremo derecho se encuentran las conexiones mecánicas del

evaporador, revise que no haya rastros de aceite, principalmente en las conexiones de la válvula de expansión o de los tubos capilares, lo que llevaría a una fuga de refrigerante.

Revise que no haya signos de desgaste o rotura de tubería, debidos a las vibraciones o contactos con el cuerpo del evaporador o con otro tubo o con las tapaderas del equipo.

Se debe de tener mucho cuidado al momento de lavar el serpentín del evaporador dado que el paquete es compacto y no se quiere estropear el equipo eléctrico ni electrónico de éste.

- Filtros de aire

Éstos por lo general están en la parte frontal del paquete el cual hace el papel de la manejadora de aire y van a presión, se sacan y revisan, si son desechables se limpian con aire a una presión de 60-70 Psi y si están demasiado sucios deben cambiarse, en el caso de que fueran filtros lavables, con un marco de lámina galvanizada, se prepara una solución con agua y detergente en polvo, para lavarlos y dejarlos secar, después de 20 a 30 minutos se pueden instalar nuevamente.

- Turbina y motor eléctrico

El motor ventilador del evaporador va acoplado a un caracol con una turbina o jaula de ardilla, que sirve para el empuje del aire en el ambiente acondicionado, antes de desmontar el motor eléctrico se identifican las conexiones eléctricas con cinta o *masking tape* y lapicero con una codificación par, de números y letras, con esto se eliminan riesgos de confusión y posibles

daños al motor, para desmontar el caracol en conjunto con el motor y la turbina, desatornillelo del resto del equipo, por lo general es el mismo tipo de tornillos que los de las tapaderas laterales, retire todo el caracol. Desatornille los motores ventiladores, dependiendo del tipo de base, así serán los tornillos de sujeción del motor, sáquelos del compartimiento.

Las turbinas vienen atornilladas al eje del motor ventilador, con tornillos hexagonales, utilice una llave Allen o hexagonal para aflojarlas y sacarlas. Esto dejara al descubierto los motores, para un mantenimiento más completo y facilitará la revisión y limpieza de las hélices.

Limpie el con un limpiador dieléctrico, para eliminar residuos de grasa o aceite, retire el tapón del canal de lubricación de los motores y con una aceitera aplicar moderadamente, hasta que el canal se llene. Vuelva a limpiar el motor de restos de aceite, con un paño limpio y seco.

Actualmente los motores para los ventiladores del evaporador traen cojinetes sellados, por lo que la lubricación de éstos ya no es necesaria.

Lave las turbinas con agua y jabón, luego séquelas con un *wipe* limpio y seco e instáelas. Revise que los tornillos fijadores de las turbinas queden en su lugar y con la presión de agarre adecuada con el torquímetro, es importante ajustar bien las turbinas, si se deja un tornillo medio ajustado este se aflojara con el movimiento, logrando que la turbina se desprenda y el eje de esta se dañe. Verifique que el caracol quede bien ajustado.

- Evaporador

Para la limpieza del evaporador se encienda el compresor de aire y se conecte la manguera y la tobera de aire a éste, regúlelo a una presión de 80 a 90 Psi y aplique la presión de aire a la entrada del evaporador para desprender la basura, polvo y restos sólidos que estén pegados en la superficie. Limpie los motores haciendo pasar aire a presión a través de las entradas de aire de la carcasa.

Diluya el limpiador de serpentines de acuerdo a las especificaciones del químico que se use y aplíquelo en la superficie de entrada del aire, normalmente estos limpiadores funcionan de 2 maneras; el limpiador se aplica a la superficie y se deja durante unos 8 minutos, luego se desagua con agua limpia. La otra forma de aplicar el limpiador es con el sistema de refrigeración funcionando, el agua de condensado del serpentín provoca una reacción química que limpia el serpentín.

- Bandeja y drenaje

Para limpiar la bandeja y el drenaje del equipo de aire acondicionado tipo ventana, se quitan las tapaderas del evaporador, el acceso quedara libre para limpiar la bandeja de algas o restos de desprendidos, y echar agua potable de manera que la bandeja quede limpia.

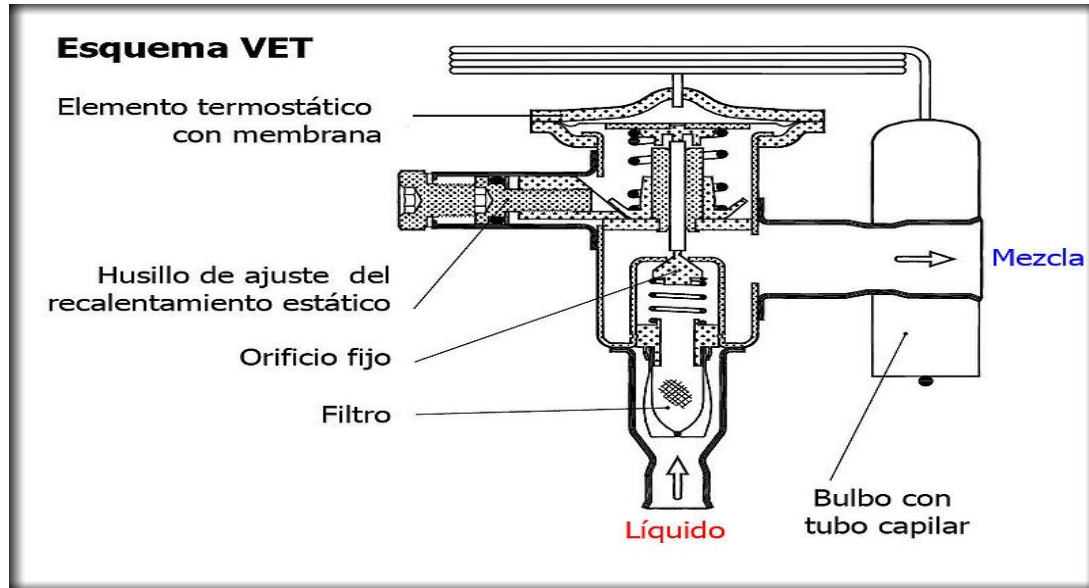
El drenaje tiene un sifón, hay que retirar el tapón del sifón y limpiarlo, puede inyectarse presión de aire para empujar o eliminar algas que impidan el paso de agua, así garantizara la libre circulación del agua del condensador, durante el trabajo normal. Si limpia el drenaje y la bandeja con frecuencia estará más limpio y no será tan difícil.

➤ Válvula de expansión

Los fabricantes de los equipos de aire acondicionado, les instalan válvulas de expansión a los sistemas de refrigeración (ubicadas en la entrada del evaporador), esto lo hacen cuando los equipos son demasiado grandes de 10 toneladas en adelante, lo que permite que el técnico pueda cargar al sistema el refrigerante que necesita el evaporador (R-22 o el 134a).

El mecanismo de la válvula de expansión es muy fino y preciso, un filtro de malla protege a este componente y al sistema en general, contra impurezas o sólidos que estén circulando en él, quedando atrapados en la entrada de la válvula, lo que puede bloquear, parcial o totalmente, el paso de refrigerante, generando problemas con el enfriamiento. El filtro secador, instalado en la línea de líquido, retiene impureza y humedad, pero cuando no se ha hecho una instalación mecánica con los cuidados básicos, este es uno de los problemas que presenta el sistema. El mantenimiento preventivo de la válvula de expansión consiste en limpiar este filtro.

Figura 15. Interior de la válvula de expansión

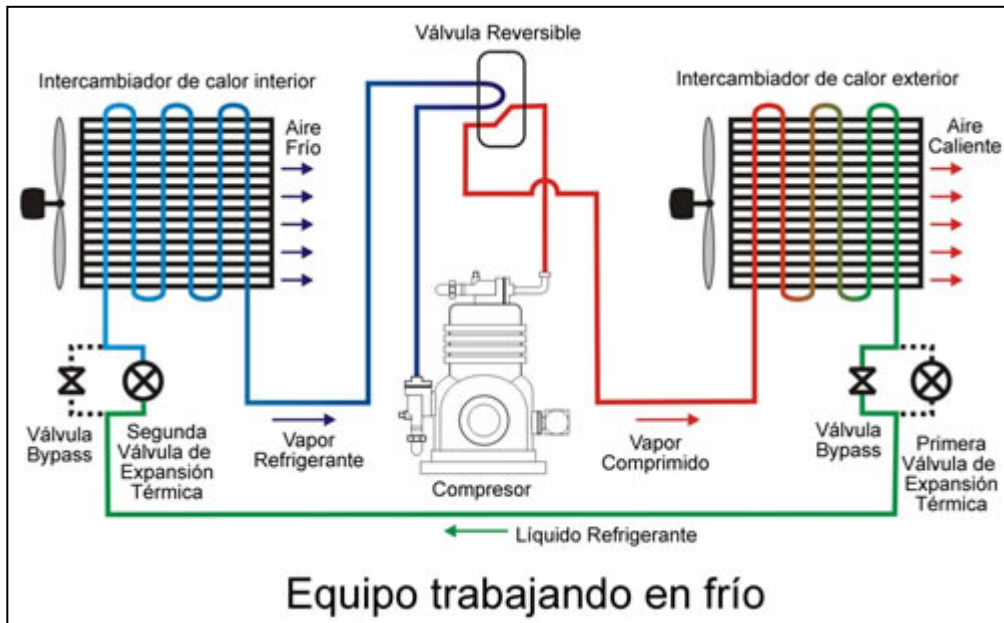


Fuente: <http://raaaispuopeinadoezequiel.blogspot.com/2010/11/valvula-de-expansiontermostatica.html>. Consulta: 10 de agosto de 2010.

- Paso 1

Conecte el manómetro de baja presión en la válvula de servicio de succión del compresor y abra la válvula para tener acceso al sistema, siempre con el depósito de refrigerante en la válvula central de los manómetros. Utilizando un cable de cobre de 15 centímetros y 2 lagartos conectores. Haga un puente en el presostato, arranque el compresor, cierre la válvula de servicio a la salida del tanque de almacenaje. Cuando el manómetro marque 3 Psi, desconecte el compresor, lo cual puede hacer abriendo el interruptor del control del circuito eléctrico.

Figura 16. Sistema de acondicionamiento de aire



Fuente: <http://www.thermocold.cl/web2/aire.htm>. Consulta: 10 de agosto de 2010.

- Paso 2

Cierre el paso entre el compresor y la tubería de succión del sistema, girando el vástago de la válvula de servicio en el sentido de las agujas del reloj, hasta que tope la válvula en el asiento, lo cual es sensible al dejar de girar el vástago. El propósito de esto es exponer el sistema al medio ambiente lo menos posible. El vástago de la válvula de servicio se acciona con la llave de servicio o un *Racht*.

Figura 17. Conexión al sistema de acondicionamiento de aire



Fuente: repara-tu-mismo.webcindario.com. Consulta: 5 de junio de 2010.

- Paso 3

Desenrosque la tuerca que entra a la válvula de expansión localizada a la entrada del evaporador, saque el filtro halándolo con los dedos y vuelva a poner la tuerca en su lugar, apretándola con la mano. La tubería se quedará con presión por lo tanto al retirar la tuerca y el filtro la presión se escapa, esta es la razón de haber dejado 3 Psi en la tubería. Ejecute este paso lo más rápido posible. La limpieza del filtro puede hacerse con aire a presión, para retirar la basura sólida, inmediatamente lave el filtro con algún solvente líquido, el *thiner* es efectivo por su fuerza limpiadora y por ser volátil.

- Paso 4

Antes de colocar el filtro en la válvula de expansión límpielo con nitrógeno y proceda a colocar la válvula de expansión en su lugar, enrosque la tuerca y apriete a presión moderada, utilizando llaves fijas de las medidas de las tuercas. La tubería de líquidos se quedara sin refrigerante.

Para instalar un filtro secador nuevo, desenrosque el filtro que estaba instalado, utilizando llaves fijas y coloque el nuevo, apretándolo moderadamente. Es importante que no le quite los tapones de embalaje al filtro nuevo hasta el preciso momento en que lo instale.

- Paso 5

Abra la válvula de servicio de succión del compresor, dejando abierto el paso hacia la manguera del manómetro de baja presión, conecte la manguera del cilindro de nitrógeno, al conector central del manómetro, habrá la llave del manómetro y la del cilindro, lo que provocará que la presión de la tubería aumente, presurice hasta que la presión sea de 100 Psi, detecte fugas en la tubería y en las tuercas que desenrosco de la válvula de expansión y en las tuercas del filtro secador. Corrija si es necesario, para lo cual es suficiente con reapretar las tuercas. Retire el cilindro de nitrógeno y deje escapar la presión, conecte la bomba de vacío al lado de baja presión y hágale vacío.

Figura 18. **Conexión al sistema de acondicionamiento de aire**



Fuente: terraza de la biblioteca de la Facultad de Ingeniería, edificio T4, condensador equipo mini Split.

- Paso 6

Abra la llave del tanque de líquido o condensador, donde quedo acumulado el refrigerante y la llave de servicio de alta presión del compresor. Arranque el sistema y ajuste refrigerante, de acuerdo a las presiones de trabajo de aplicación.

- Condensador y sus componentes

El serpentín del condensador enfriado por aire está instalado en el ambiente exterior, este está expuesto a cubrirse de polvo, basura y partículas

que son arrastradas por el aire. El serpentín condensador es el componente clave para el mantenimiento de la unidad condensadora.

Las conexiones eléctricas y mecánicas vienen en el extremo frontal del condensador cubiertas por una tapadera atornillada.

- Motor ventilador

Los motores ventiladores del condensador traen una rejilla de seguridad, que impide el acceso de las manos o herramientas, para evitar accidentes personales y daños en el equipo.

Desmonte la cubierta interior del condensador y esta saldrá con la rejilla de seguridad y el motor ventilador, llévelo a un lugar seguro para trabajar y proceda a desmontar el ventilador de la rejilla de seguridad y el motor ventilador, por lo regular traen los mismos tornillos que la tapadera de seguridad de las conexiones eléctricas y mecánicas.

Identifique las conexiones eléctricas con *masking tape* y un lapicero, por medio de números o letras pares, así evitara hacer cortocircuitos o quemar el motor.

Limpie el motor con un *wipe* y un limpiador dieléctrico para eliminar rastros de grasa y aceite, retire el tapón protector del canal de lubricación del motor y con una aceitera aplique moderadamente hasta que el canal se llene. Vuelva a limpiar el motor de restos de aceite, con un paño limpio y seco. Si el motor es de cojinetes sellados omita la lubricación.

- Serpentín del condensador

Si el condensador está expuesto a humos o grasa, la limpieza debe hacerse con químicos para desprender estos contaminantes. Normalmente para la limpieza es suficiente usar detergente en polvo y suficiente agua.

Prepare una mezcla de detergente en polvo con agua, disolviéndolo bien para evitar que queden restos obstruidos en la tubería o aletas, llene la pistola para lavado a presión y aplique en todo el serpentín, en ambas superficies, esto es posible ya que tiene el espacio que ocupa el motor ventilador que desmontó y se puede hacer desde el exterior del paquete por la parte de atrás.

La única preocupación que debe tener es evitar mojar los controles eléctricos como: presostatos y la caja de conexiones.

Llene el depósito de la pistola con agua limpia y desagüe. El trabajo se facilita si se dispone de una manguera y un chorro de agua potable. Seque la unidad condensadora con aire a presión y limpie finalmente con *wipes* limpios.

- Compresor

Inspeccione y limpie el compresor de refrigeración, si tiene fugas en las conexiones con las tuberías de refrigerante diagnostique y proceda al mantenimiento correctivo. Si tiene compresor semihermético revise el nivel de aceite, con compresor hermético o semihermético, revise los amortiguadores y tornillos de las bases del compresor. Las conexiones eléctricas para el motor

del compresor vienen incorporadas a una caja de conexiones fijada al mismo. Retire la tapadera de esta caja, revise las conexiones y apriételas.

➤ Circuito eléctrico

Es necesario que usted sea observador y revise minuciosamente todas las conexiones eléctricas para evitar falsos contactos y cortocircuitos. Al realizar el arranque del equipo tendrá el cuidado de revisar que no le queden cables sueltos.

Revise los contactos eléctricos y *relays* quitando las tapaderas de los contactos en el extremo superior del condensador, así como los contactos en la cara frontal del paquete, si existe presencia de óxido o desgastes en su mecanismo, proceda a limpiar con una rocha y aplique limpiador de contactos, en el caso de los transformadores, revisar la entrada y salida de corriente, si ha cambiado de color el barniz, es señal de que se está recalentando por lo que hay que proceder a su cambio. Revise las conexiones eléctricas, reapriételas y aplique limpiador de contactos. En el caso del termostato análogo de pared, revise que estén bien nivelados, su mecanismo es una gota de mercurio, al estar desnivelado mentiría al censar la temperatura. Los controles de seguridad como los presostatos y los retardadores de corrientes de los equipos de aire acondicionado son sellados, por lo que están libres de ajustes.

➤ Mantenimiento de la tubería y presiones de refrigerante

El mantenimiento para un sistema de aire acondicionado además de la limpieza, engrase y ajuste, incluye la revisión de las condiciones de la tubería para evitar rupturas y fugas de refrigerante, ocasionadas por la vibración de la tubería.

Es importante que revise el aislante, tuercas, soldaduras, soportería, llaves de servicio y tapones del sistema de refrigeración del equipo de aire acondicionado, siga los siguientes pasos que se le muestran a continuación.

- Paso 1

Para el servicio de mantenimiento de tuberías, conecte los manómetros a las válvulas de servicio de baja y alta presión respectivamente. Esto le dará un indicio de las condiciones iniciales de la operación del equipo, luego compare las lecturas y verifique, si le hace falta refrigerante. Apague el equipo desde el termostato y corte la energía, para inspeccionar con seguridad accesorios mecánicos propios de la tubería como el filtro secador, el visor de líquido y las condiciones del aislante.

- Paso 2

Utilice cualquier tipo de equipo detector de fugas, una lámpara haloidea o un detector electrónico. Concentre la búsqueda de fugas en lugares donde haya presencia de aceite y en conexiones mecánicas del filtro y visor, repare las fugas evidentes, apretando las tuercas tipo *flare*.

- Paso 3

La tubería de refrigeración está en constante vibración, debido a la circulación de refrigerante en forma de líquido, vapor o una mezcla de ambos, lo que provoca que el sistema de fijación pueda sufrir daños y posibles fracturas. Realice un recorrido y revise los soportes, la fijación y aislamiento de la tubería, para asegurarse de que no esté roto o incompleto.

➤ Presiones ideales de trabajo

Deje la tapadera del condensador abierta donde se encuentra las válvulas de servicio, coloque los manómetros de alta y baja presión y mida presiones de acuerdo a las especificaciones del fabricante, en el lado de baja presión que no se encuentre debajo de 60 Psi ni arriba de 75 Psi y en el lado de alta presión que no se encuentre debajo de 200 Psi ni arriba de 350 Psi, las presiones dependen de la temperatura exterior del lugar, tenga mucho cuidado, ya que al caer la tapadera del condensador, el equipo se dispara por alta condensación.

2.4.2.3.2. Procedimientos de prueba finales

Deje abierta la tapadera del condensador donde estén las conexiones eléctricas para hacer mediciones de amperaje y voltaje, active el suministro eléctrico, subiendo el *flipon* y arranque primeramente solo ventilación, a través del termostato, para comprobar su normal funcionamiento, luego de arrancar la unidad condensadora, mida el amperaje y el voltaje con el amperímetro y el voltímetro y seguidamente compare las lecturas con el de la placa de especificaciones del equipo.

Ponga atención a ruidos inusuales como vibraciones y comportamientos irregulares del equipo ya en operación.

Revise que los comandos electrónicos del equipo estén trabajando correctamente y respondan a los mandos que se le den ya sea manuales o a control remoto.

2.4.2.4. Equipo tipo *Split*

Se debe elaborar una inspección con el equipo encendido para verificar que esté trabajando correctamente, si se detecta alguna anomalía se debe proceder a diagnosticar el problema.

Después de la revisión operacional del equipo y de cerciorarse de que no hay ningún problema, desconecte el equipo con el termostato y baje los *flipones* correspondientes.

Ahora si puede proceder a realizar el mantenimiento del equipo.

2.4.2.4.1. Lugar de ubicación y procedimiento a realizar de cada pieza

El orden en el que se proporcionan los procedimientos es por comodidad, el técnico es libre de realizarlos en el orden que lo desee, habiendo tomado las precauciones de desconexión del equipo ya antes mencionado.

- Filtro de aire, turbina, motor eléctrico, evaporador, bandeja y drenaje

En el equipo *Split* las conexiones mecánicas vienen a un lado de la torre en el equipo, protegidas por una tapadera atornillada. Desatornille esa tapadera, generalmente traen tornillos de cabeza hexagonal, para ser retirados con el desatornillador de copa de 5/16 pulgadas o de ¼ de pulgada, dependiendo del equipo. En el extremo derecho se encuentran las conexiones mecánicas del evaporador, revise que no haya rastros de aceite, principalmente

en las conexiones de la válvula de expansión o de los tubos capilares, lo que llevaría a una fuga de refrigerante.

Revise que no haya signos de desgaste o rotura de tubería, debidos a las vibraciones o contactos con el cuerpo del evaporador o con otro tubo o con las tapaderas del equipo.

Se debe de tener mucho cuidado al momento de lavar el serpentín del evaporador dado que se puede mojar cualquier otro equipo o mobiliario del lugar en el cual se está trabajando.

- Filtros de aire

Estos por lo general están en la parte más baja de la torre del *Split* y van a presión, sáquelos y revíselos, si son desechables límpielos con aire a una presión de 60-70 Psi y si están demasiado sucios cámbielos, en el caso de que fueran filtros lavables, con un marco de lámina galvanizada, preparar una solución con agua y detergente en polvo, lávelos y déjelos secar, después de 20 a 30 minutos puede instalarlos nuevamente.

- Turbina y motor eléctrico

El motor ventilador del evaporador va acoplado a un caracol con una turbina o jaula de ardilla, que sirve para el empuje del aire en el ambiente acondicionado, antes de desmontar el motor eléctrico identifique las conexiones eléctricas con cinta o *masking tape* y lapicero con una codificación par de números y letras, con esto se eliminan riesgos de confusión y posibles daños al motor, para desmontar el caracol en conjunto con el motor y la turbina, destorníllelo del resto del equipo, por lo general es el mismo tipo de tornillos que

los de las tapaderas laterales, retire todo el caracol. Desatornille los motores ventiladores, dependiendo del tipo de base, así serán los tornillos de sujeción del motor, sáquelos del compartimiento.

Las turbinas vienen atornilladas al eje del motor ventilador, con tornillos hexagonales, utilice una llave Allen o hexagonal para aflojarlas y sacarlas. Esto dejará al descubierto los motores, para un mantenimiento más completo y facilitará la revisión y limpieza de las hélices.

Limpie el motor con un limpiador dieléctrico, para eliminar residuos de grasa o aceite, retire el tapón del canal de lubricación de los motores y con una aceitera aplique moderadamente, hasta que el canal se llene, vuelva a limpiar el motor de restos de aceite, con un paño limpio y seco.

Actualmente los motores para los ventiladores del evaporador traen cojinetes sellados, por lo que la lubricación de estos ya no es necesaria.

Lave las turbinas con agua y jabón, luego séquelas con un *wipe* limpio y seco e instálelas. Revise que los tornillos fijadores de las turbinas queden en su lugar y con la presión de agarre adecuada con el torquímetro, es importante ajustar bien las turbinas, si se deja un tornillo medio ajustado este se aflojara con el movimiento, logrando que la turbina se desprenda y el eje de esta se dañe. Verifique que el caracol quede bien ajustado.

- Evaporador

Para la limpieza del evaporador encienda el compresor de aire y conecte la manquera y la tobera de aire a éste, regúlelo a una presión de 80 a 90 Psi y

aplique la presión de aire a la entrada del evaporador para desprender la basura, polvo y restos sólidos que estén pegados en la superficie.

Limpie los motores haciendo pasar aire a presión a través de las entradas de aire de la carcasa.

Diluya el limpiador de serpentines de acuerdo a las especificaciones del químico que se use y aplíquelo en la superficie de entrada del aire, normalmente estos limpiadores funcionan de 2 maneras; el limpiador se aplica a la superficie y se deja durante unos 8 minutos, luego se desagua con agua limpia. La otra forma de aplicar el limpiador es con el sistema de refrigeración funcionando, el agua de condensado del serpentín provoca una reacción química que limpia el serpentín.

- Bandeja y drenaje

Para limpiar la bandeja y el drenaje del equipo de aire acondicionado tipo *Split*, quite las tapaderas del evaporador, el acceso quedará libre para limpiar la bandeja, límpiela de algas o restos de desprendidos, eche agua potable de manera que la bandeja quede limpia.

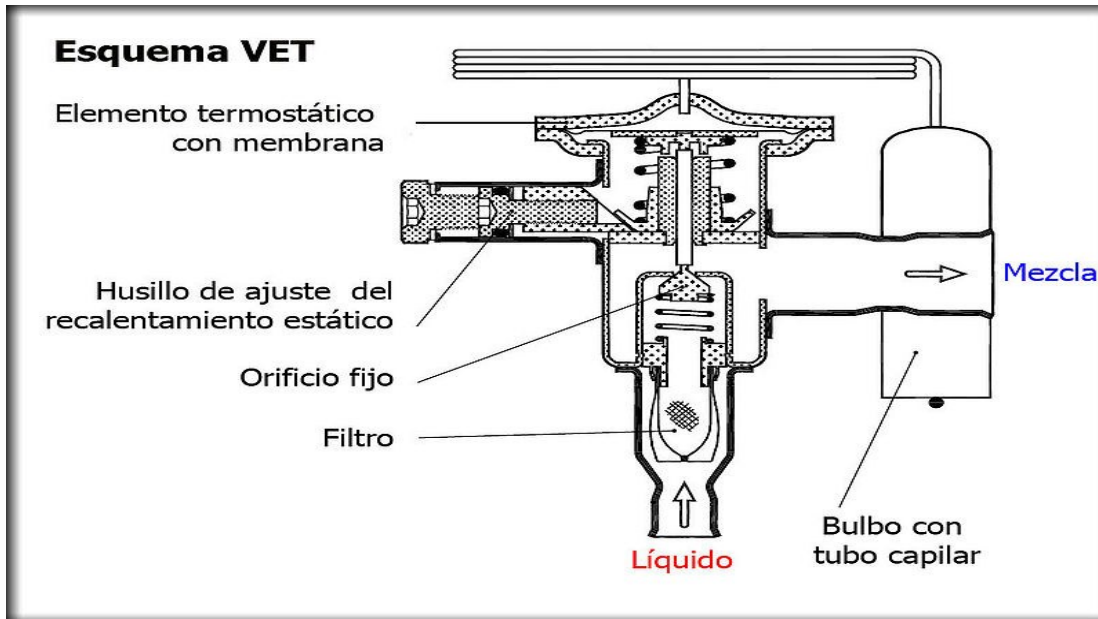
El drenaje tiene un sifón, retire el tapón del sifón y límpielo, puede inyectarse presión de aire para empujar o eliminar algas que impidan el paso de agua, así garantizará la libre circulación del agua del condensador, durante el trabajo normal. Si limpia el drenaje y la bandeja con frecuencia estará más limpio y no será tan difícil.

➤ Válvula de expansión

Los fabricantes de los equipos de aire acondicionado, les instalan válvulas de expansión a los sistemas de refrigeración (ubicadas en la entrada del evaporador), esto lo hacen cuando los equipos son demasiado grandes de 10 toneladas en adelante, lo que permite que el técnico pueda cargar al sistema el refrigerante que necesita el evaporador (R-22 o el 134a).

El mecanismo de la válvula de expansión es muy fino y preciso, un filtro de malla protege a este componente y al sistema en general, contra impurezas o sólidos que estén circulando en él, quedando atrapados en la entrada de la válvula, lo que puede bloquear, parcial o totalmente, el paso de refrigerante, generando problemas con el enfriamiento. El filtro secador, instalado en la línea de líquido, retiene impureza y humedad, pero cuando no se ha hecho una instalación mecánica con los cuidados básicos, este es uno de los problemas que presenta el sistema. El mantenimiento preventivo de la válvula de expansión consiste en limpiar este filtro.

Figura 19. Interior de la válvula de expansión

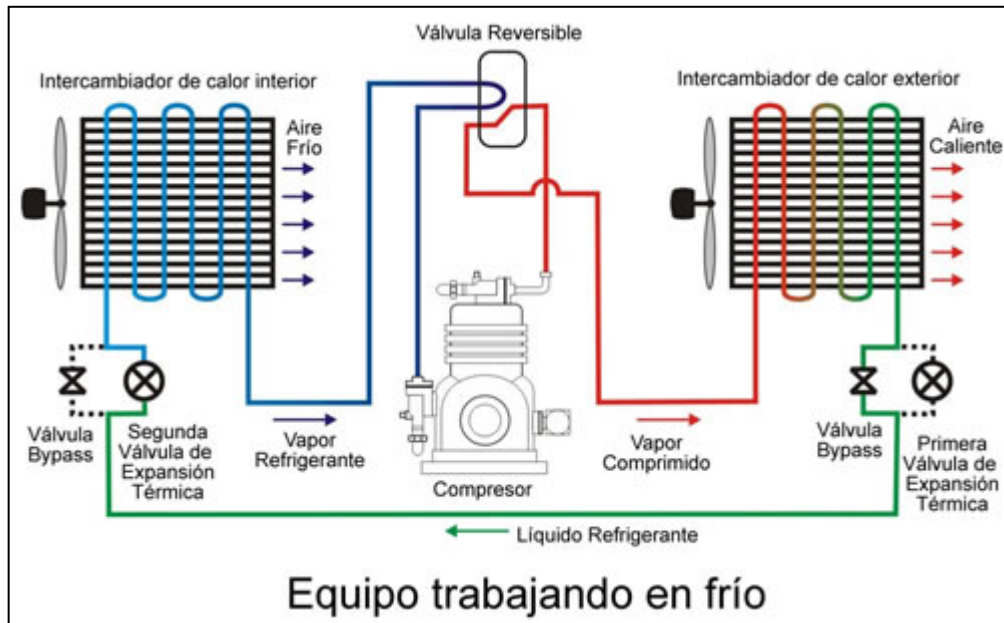


Fuente: <http://raaaispuopeinadoezequiel.blogspot.com/2010/11/valvula-de-expansion-termostatica.htm>. Consulta: 20 de junio de 2010.

- Paso 1

Conecte el manómetro de baja presión en la válvula de servicio de succión del compresor y abra la válvula para tener acceso al sistema, siempre con el depósito de refrigerante en la válvula central de los manómetros. Utilizando un cable de cobre de 15 centímetros y 2 lagartos conectores. Haga un puente en el presostato, arranque el compresor, cierre la válvula de servicio a la salida del tanque de almacenaje. Cuando el manómetro marque 3 Psi, desconecte el compresor, lo cual puede hacer abriendo el interruptor del control del circuito eléctrico.

Figura 20. Sistema de acondicionamiento de aire



Fuente: <http://www.thermocold.cl/web2/aire.htm>. Consulta: 20 de junio de 2010.

- Paso 2

Cierre el paso entre el compresor y la tubería de succión del sistema, girando el vástago de la válvula de servicio en el sentido de las agujas del reloj, hasta que tope la válvula en el asiento, lo cual es sensible al dejar de girar el vástago. El propósito de esto es exponer el sistema al medio ambiente lo menos posible. El vástago de la válvula de servicio se acciona con la llave de servicio o un *Racht*.

- Paso 3

Desenrosque la tuerca que entra a la válvula de expansión localizada a la entrada del evaporador, saque el filtro halándolo con los dedos y vuelva a poner la tuerca en su lugar, apretándola con la mano. La tubería se quedará con presión por lo tanto al retirar la tuerca y el filtro la presión se escapa, esta es la razón de haber dejado 3 Psi en la tubería. Ejecute este paso lo más rápido posible. La limpieza del filtro puede hacerse con aire a presión, para retirar la basura sólida, inmediatamente lave el filtro con algún solvente líquido, el *thiner* es efectivo por su fuerza limpiadora y por ser volátil.

- Paso 4

Antes de colocar el filtro en la válvula de expansión límpielo con nitrógeno y proceda a colocar la válvula de expansión en su lugar, enrosque la tuerca y apriete a presión moderada, utilizando llaves fijas de las medidas de las tuercas. La tubería de líquidos se quedara sin refrigerante.

Para instalar un filtro secador nuevo, desenrosque el filtro que estaba instalado, utilizando llaves fijas y coloque el nuevo, apretándolo moderadamente. Es importante que no le quite los tapones de embalaje al filtro nuevo hasta el preciso momento en que lo instale.

- Paso 5

Abra la válvula de servicio de succión del compresor, dejando abierto el paso hacia la manguera del manómetro de baja presión, conecte la manguera del cilindro de nitrógeno, al conector central del manómetro, habrá la llave del manómetro y la del cilindro, lo que provocará que la presión de la tubería

aumente, presurice hasta que la presión sea de 100 Psi, detecte fugas en la tubería y en las tuercas que desenroscó de la válvula de expansión y en las tuercas del filtro secador. Corrija si es necesario, para lo cual es suficiente con reapretar las tuercas. Retire el cilindro de nitrógeno y deje escapar la presión, conecte la bomba de vacío al lado de baja presión y hágale vacío.

Figura 21. **Recarga de refrigerante en el sistema**



Fuente: terraza biblioteca de Ingeniería edificio T4, condensador equipo *miniSplit*.

- Paso 6

Abra la llave del tanque de líquido o condensador, donde quedó acumulado el refrigerante y la llave de servicio de alta presión del compresor.

Arranque el sistema y ajuste refrigerante, de acuerdo a las presiones de trabajo de aplicación.

➤ Condensador y sus componentes

El serpentín del condensador enfriado por aire está instalado en el ambiente exterior, este está expuesto a cubrirse de polvo, basura y partículas que son arrastradas por el aire. El serpentín condensador es el componente clave para el mantenimiento de la unidad condensadora.

Las conexiones eléctricas y mecánicas vienen en el extremo superior del condensador cubiertas por una tapadera atornillada.

- Motor ventilador

Los motores ventiladores del condensador traen una rejilla de seguridad, que impide el acceso de las manos o herramientas, para evitar accidentes personales y daños en el equipo.

Desmunte la cubierta superior del condensador y esta saldrá con la rejilla de seguridad y el motor ventilador, llévelo a un lugar seguro para trabajar y proceda a desmontar el ventilador de la rejilla de seguridad y el motor ventilador, por lo regular traen los mismos tornillos que la tapadera de seguridad de las conexiones eléctricas y mecánicas.

Identifique las conexiones eléctricas con *masking tape* y un lapicero, por medio de números o letras pares, así evitara hacer cortocircuitos o quemar el motor.

Limpie el motor con un *wipe* y un limpiador dieléctrico para eliminar rastros de grasa y aceite, retire el tapón protector del canal de lubricación del motor y con una aceitera aplique moderadamente hasta que el canal se llene. Vuelva a limpiar el motor de restos de aceite, con un paño limpio y seco. Si el motor es de cojinetes sellados omita la lubricación.

- Serpentín del condensador

Si el condensador está expuesto a humos o grasa, la limpieza debe hacerse con químicos para desprender estos contaminantes. Normalmente para la limpieza es suficiente usar detergente en polvo y suficiente agua.

Prepare una mezcla de detergente en polvo con agua, disolviéndolo bien para evitar que queden restos obstruidos en la tubería o aletas, llene la pistola para lavado a presión y aplique en todo el serpentín, en ambas superficies, esto es posible ya que tiene el espacio que ocupa el motor ventilador que desmontó.

La única preocupación que debe tener es evitar mojar los controles eléctricos como: presostatos y la caja de conexiones.

Llene el depósito de la pistola con agua limpia y desagüe. El trabajo se facilita si se dispone de una manguera y un chorro de agua potable. Seque la unidad condensadora con aire a presión y limpie finalmente con *wipes* limpios.

- Compresor

Inspeccione y limpie el compresor de refrigeración, si tiene fugas en las conexiones con las tuberías de refrigerante diagnostique y proceda al mantenimiento correctivo.

Si tiene compresor semihermético revise el nivel de aceite, con compresor hermético o semihermético, revise los amortiguadores y tornillos de las bases del compresor. Las conexiones eléctricas para el motor del compresor vienen incorporadas a una caja de conexiones fijada al mismo. Retire la tapadera de esta caja, revise las conexiones y apriételas.

➤ Circuito eléctrico

Es necesario que usted sea observador y revise minuciosamente todas las conexiones eléctricas para evitar falsos contactos y cortocircuitos. Al realizar el arranque del equipo tendrá el cuidado de revisar que no le queden cables sueltos.

Revise los contactos eléctricos y *relays* quitando las tapaderas de los contactos en el extremo superior del condensador, si existe presencia de óxido o desgastes en su mecanismo, proceda a limpiar con una rocha y aplique limpiador de contactos, en el caso de los transformadores, revisar la entrada y salida de corriente, si ha cambiado de color el barniz, es señal de que se está recalentando por lo que hay que proceder a su cambio. Revise las conexiones eléctricas, reapriételas y aplique limpiador de contactos. En el caso del termostato análogo de pared, revise que estén bien nivelados, su mecanismo es una gota de mercurio, al estar desnivelado mentiría al censar la temperatura. Los controles de seguridad como los presostatos y los retardadores de corrientes de los equipos de aire acondicionado son sellados, por lo que están libres de ajustes.

➤ Mantenimiento de la tubería y presiones de refrigerante

El mantenimiento para un sistema de aire acondicionado además de la limpieza, engrase y ajuste, incluye la revisión de las condiciones de la tubería para evitar rupturas y fugas de refrigerante, ocasionadas por la vibración de la tubería.

Es importante que revise el aislante, tuercas, soldaduras, soportería, llaves de servicio y tapones del sistema de refrigeración del equipo de aire acondicionado, siga los siguientes pasos que se le muestran a continuación.

- Paso 1

Para el servicio de mantenimiento de tuberías, conecte los manómetros a las válvulas de servicio de baja y alta presión respectivamente. Esto le dará un indicio de las condiciones iniciales de la operación del equipo, luego compare las lecturas y verifique, si le hace falta refrigerante. Apague el equipo desde el termostato y corte la energía eléctrica desde los *flipones*, para inspeccionar con seguridad accesorios mecánicos propios de la tubería como el filtro secador, el visor de líquido y las condiciones del aislante.

- Paso 2

Utilice cualquier tipo de equipo detector de fugas, una lámpara haloidea o un detector electrónico. Concentre la búsqueda de fugas en lugares donde haya presencia de aceite y en conexiones mecánicas del filtro y visor, repare las fugas evidentes, apretando las tuercas tipo *flare*.

- Paso 3

La tubería de refrigeración está en constante vibración, debido a la circulación de refrigerante en forma de líquido, vapor o una mezcla de ambos, lo que provoca que el sistema de fijación pueda sufrir daños y posibles fracturas. Realice un recorrido y revise los soportes, la fijación y aislamiento de la tubería, para asegurarse de que no esté roto o incompleto.

➤ Presiones ideales de trabajo

Deje la tapadera del condensador abierta donde se encuentra las válvulas de servicio, coloque los manómetros de alta y baja presión y mida presiones de acuerdo a las especificaciones del fabricante, en el lado de baja presión que no se encuentre debajo de 60 Psi ni arriba de 75 Psi y en el lado de alta presión que no se encuentre debajo de 200 Psi ni arriba de 350 Psi, las presiones dependen de la temperatura exterior del lugar, tenga mucho cuidado, ya que al caer la tapadera del condensador, el equipo se dispara por alta condensación.

2.4.2.4.2. Procedimientos de prueba finales

Deje abierta la tapadera del condensador donde estén las conexiones eléctricas para hacer mediciones de amperaje y voltaje, active el suministro eléctrico, subiendo el *flipon* y arranque primeramente solo ventilación, a través del termostato, para comprobar su normal funcionamiento, luego de arrancar la unidad condensadora, mida el amperaje y el voltaje con el amperímetro y el voltímetro y seguidamente compare las lecturas con el de la placa de especificaciones del equipo.

Ponga atención a ruidos inusuales como vibraciones y comportamientos irregulares del equipo ya en operación.

Revise que el sistema de ductos esté libre de fugas de aire, en las uniones del sistema o en los acoples de los ductos, si hubiera fugas utilice la cinta laminada para reparar los ductos.

Revise que los comandos electrónicos del equipo estén trabajando correctamente y respondan a los mandos que se le den ya sea manuales o a control remoto.

2.4.2.5. Equipo tipo *mini Split*

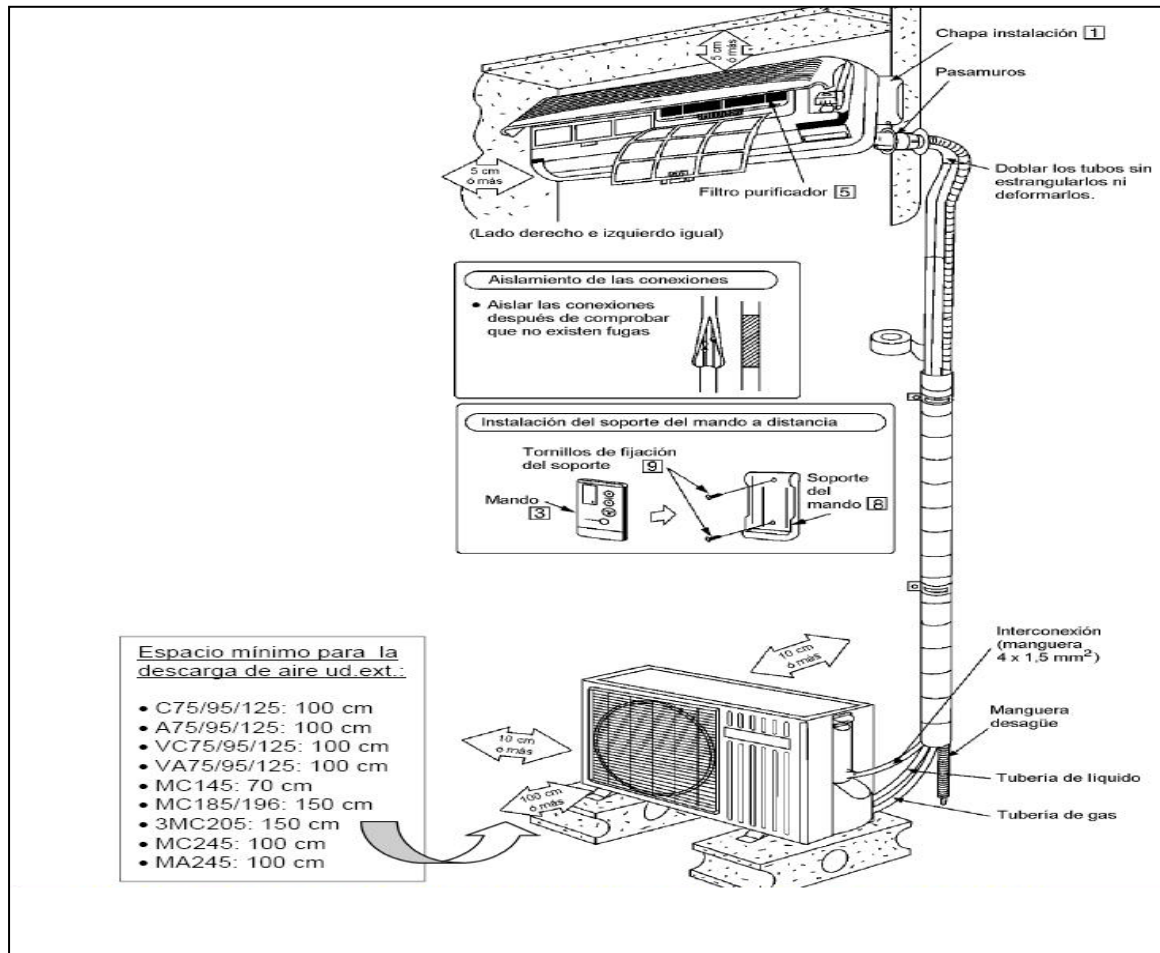
Se debe elaborar una inspección con el equipo encendido para verificar que esté trabajando correctamente, si se detecta alguna anomalía se debe proceder a diagnosticar el problema. Después de la revisión operacional del equipo y de cerciorarse de que no hay ningún problema, desconecte el equipo con el termostato y baje los *flipones* correspondientes.

Ahora si puede proceder a realizar el mantenimiento del equipo.

2.4.2.5.1. Lugar de ubicación y procedimiento a realizar de cada pieza

El orden en el que se proporcionan los procedimientos es por comodidad, el técnico es libre de realizarlos en el orden que lo desee, habiendo tomado las precauciones de desconexión del equipo ya antes mencionado.

Figura 22. Sistema mini Split



Fuente: <http://www.tecnoclimas.com.mx/main/index.php?tipos-de-equipo-de-aire-acondicionado-residencial.html>. Consulta: 20 de junio de 2010.

➤ Filtro de aire, turbina, motor eléctrico, evaporador, bandeja y drenaje

En el equipo *mini Split* las conexiones mecánicas vienen en la parte de abajo de la manejadora de aire, protegidas por unas tapaderas atornilladas. Desatornille esa tapadera, generalmente traen tornillos de cabeza hexagonal, para ser retirados con el desatornillador de copa de 5/16 pulgadas o ¼

depulgada, dependiendo del equipo. En el extremo derecho se encuentran las conexiones mecánicas del evaporador, revise que no haya rastros de aceite, principalmente en las conexiones de la válvula de expansión o de los tubos capilares, lo que llevaría a una fuga de refrigerante.

Revise que no haya signos de desgaste o rotura de tubería, debidos a las vibraciones o contactos con el cuerpo del evaporador o con otro tubo o con las tapaderas del equipo.

Se debe de tener mucho cuidado al momento de lavar el serpentín del evaporador dado que se puede mojar cualquier otro equipo o mobiliario del lugar en el cual se está trabajando.

- Filtros de aire

Estos por lo general están en la parte más baja de la manejadora de aire del *mini Split* y van a presión, sáquelos y revíselos, si son desechables límpielos con aire a una presión de 60-70 Psi y si están demasiado sucios cámbielos, en el caso de que fueran filtros lavables, con un marco de lámina galvanizada, preparar una solución con agua y detergente en polvo, lávelos y déjelos secar, después de 20 a 30 minutos puede instalarlos nuevamente.

- Turbina y motor eléctrico

El motor ventilador del evaporador va acoplado a un caracol con una turbina o jaula de ardilla, que sirve para el empuje del aire en el ambiente acondicionado, antes de desmontar el motor eléctrico identifique las conexiones eléctricas con cinta o *masking tape* y lapicero con una codificación par de números y letras, con esto se eliminan riesgos de confusión y posibles daños al

motor, para desmontar el caracol en conjunto con el motor y la turbina, destorníllelo del resto del equipo, por lo general es el mismo tipo de tornillos que los de las tapaderas laterales, retire todo el caracol. Desatornille los motores ventiladores, dependiendo del tipo de base, así serán los tornillos de sujeción del motor, sáquelos del compartimiento.

Las turbinas vienen atornilladas al eje del motor ventilador, con tornillos hexagonales, utilice una llave Allen o hexagonal para aflojarlas y sacarlas. Esto dejará al descubierto los motores, para un mantenimiento más completo y facilitara la revisión y limpieza de las hélices.

Limpie el motor con un limpiador dieléctrico, para eliminar residuos de grasa o aceite, retire el tapón del canal de lubricación de los motores y con una aceitera aplique moderadamente, hasta que el canal se llene, vuelva a limpiar el motor de restos de aceite, con un paño limpio y seco.

Lave las turbinas con agua y jabón, luego séquelas con un *wipe* limpio y seco e instálelas. Revise que los tornillos fijadores de las turbinas queden en su lugar y con la presión de agarre adecuada con el torquímetro, es importante ajustar bien las turbinas, si se deja un tornillo medio ajustado este se aflojara con el movimiento, logrando que la turbina se desprenda y el eje de esta se dañe. Verifique que el caracol quede bien ajustado.

- Evaporador

Para la limpieza del evaporador encienda el compresor de aire y conecte la manguera y la tobera de aire a este, régúlelo a una presión de 80 a 90 Psi y aplique la presión de aire a la entrada del evaporador para desprender la basura, polvo y restos sólidos que estén pegados en la superficie. Limpie los

motores haciendo pasar aire a presión a través de las entradas de aire de la carcasa.

Diluya el limpiador de serpentines de acuerdo a las especificaciones del químico que se use y aplíquelo en la superficie de entrada del aire, normalmente estos limpiadores funcionan de 2 maneras; el limpiador se aplica a la superficie y se deja durante unos 8 minutos, luego se desagua con agua limpia. La otra forma de aplicar el limpiador es con el sistema de refrigeración funcionando, el agua de condensado del serpentín provoca una reacción química que limpia el serpentín.

- Bandeja y drenaje

Para limpiar la bandeja y el drenaje del equipo de aire acondicionado tipo mini Split, quite las tapaderas del evaporador, el acceso quedara libre para limpiar la bandeja, límpiela de algas o restos de desprendidos, eche agua potable de manera que la bandeja quede limpia.

El drenaje tiene un sifón, retire el tapón del sifón y límpielo, puede inyectarse presión de aire para empujar o eliminar algas que impidan el paso de agua, así garantizara la libre circulación del agua del condensador, durante el trabajo normal. Si limpia el drenaje y la bandeja con frecuencia estará más limpio y no será tan difícil.

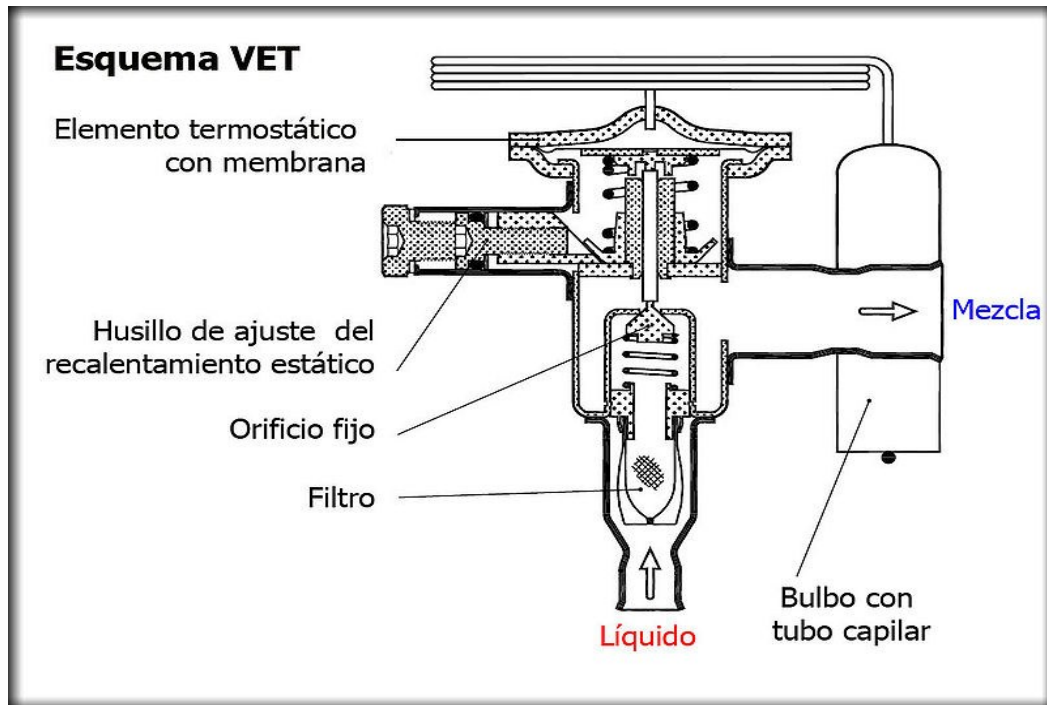
- Válvula de expansión

Los fabricantes de los equipos de aire acondicionado, les instalan válvulas de expansión a los sistemas de refrigeración (ubicadas en la entrada del evaporador), esto lo hacen cuando los equipos son demasiado grandes de 10

toneladas en adelante, lo que permite que el técnico pueda cargar al sistema el refrigerante que necesita el evaporador (R-22 o el 134a).

El mecanismo de la válvula de expansión es muy fino y preciso, un filtro de malla protege a este componente y al sistema en general, contra impurezas o sólidos que estén circulando en él, quedando atrapados en la entrada de la válvula, lo que puede bloquear, parcial o totalmente, el paso de refrigerante, generando problemas con el enfriamiento. El filtro secador, instalado en la línea de líquido, retiene impureza y humedad, pero cuando no se ha hecho una instalación mecánica con los cuidados básicos, este es uno de los problemas que presenta el sistema. El mantenimiento preventivo de la válvula de expansión consiste en limpiar este filtro.

Figura 23. Interior de la válvula de expansión



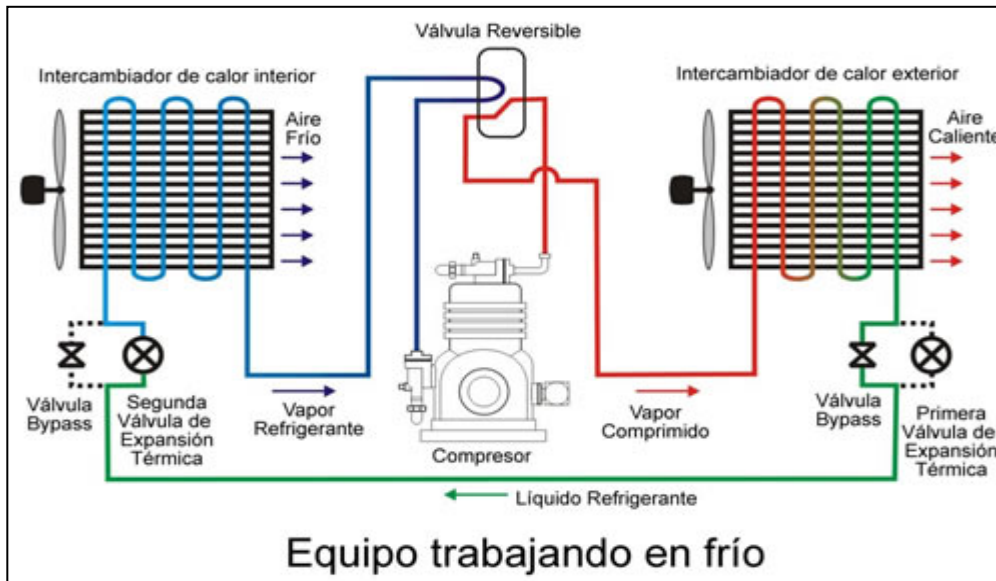
Fuente: <http://raaispuopeinadoezequiel.blogspot.com/2010/11/valvula-de-expansion-termostatica.html>. Consulta: 20 de junio de 2010.

- Paso 1

Conecte el manómetro de baja presión en la válvula de servicio de succión del compresor y abra la válvula para tener acceso al sistema, siempre con el depósito de refrigerante en la válvula central de los manómetros. Utilizando un cable de cobre de 15 centímetros y 2 lagartos conectores.

Haga un puente en el presostato, arranque el compresor, cierre la válvula de servicio a la salida del tanque de almacenaje. Cuando el manómetro marque 3 psicómetros, desconecte el compresor, lo cual puede hacer abriendo el interruptor del control del circuito eléctrico.

Figura 24. Sistema de acondicionamiento de aire



Fuente: <http://www.thermocold.cl/web2/aire.htm>. Consulta: 20 de junio de 2010.

- Paso 2

Cierre el paso entre el compresor y la tubería de succión del sistema, girando el vástago de la válvula de servicio en el sentido de las agujas del reloj, hasta que tope la válvula en el asiento, lo cual es sensible al dejar de girar el vástago. El propósito de esto es exponer el sistema al medio ambiente lo menos posible. El vástago de la válvula de servicio se acciona con la llave de servicio o un *Racht*.

- Paso 3

Desenrosque la tuerca que entra a la válvula de expansión localizada a la entrada del evaporador, saque el filtro halándolo con los dedos y vuelva a poner la tuerca en su lugar, apretándola con la mano. La tubería se quedara con

presión por lo tanto al retirar la tuerca y el filtro la presión se escapa, esta es la razón de haber dejado 3 Psi en la tubería. Ejecute este paso lo más rápido posible. La limpieza del filtro puede hacerse con aire a presión, para retirar la basura sólida, inmediatamente lave el filtro con algún solvente líquido, el *thiner* es efectivo por su fuerza limpiadora y por ser volátil.

- Paso 4

Antes de colocar el filtro en la válvula de expansión límpielo con nitrógeno y proceda a colocar la válvula de expansión en su lugar, enrosque la tuerca y apriete a presión moderada, utilizando llaves fijas de las medidas de las tuercas. La tubería de líquidos se quedará sin refrigerante.

Para instalar un filtro secador nuevo, desenrosque el filtro que estaba instalado, utilizando llaves fijas y coloque el nuevo, apretándolo moderadamente. Es importante que no le quite los tapones de embalaje al filtro nuevo hasta el preciso momento en que lo instale.

- Paso 5

Abra la válvula de servicio de succión del compresor, dejando abierto el paso hacia la manguera del manómetro de baja presión, conecte la manguera del cilindro de nitrógeno, al conector central del manómetro, habrá la llave del manómetro y la del cilindro, lo que provocará que la presión de la tubería aumente, presurice hasta que la presión sea de 100 Psi, detecte fugas en la tubería y en las tuercas que desenroscó de la válvula de expansión y en las tuercas del filtro secador. Corrija si es necesario, para lo cual es suficiente con reapretar las tuercas. Retire el cilindro de nitrógeno y deje escapar la presión, conecte la bomba de vacío al lado de baja presión y hágale vacío.

- Paso 6

Abra la llave del tanque de líquido o condensador, donde quedó acumulado el refrigerante y la llave de servicio de alta presión del compresor. Arranque el sistema y ajuste refrigerante, de acuerdo a las presiones de trabajo de aplicación.

- Condensador y sus componentes

El serpentín del condensador enfriado por aire está instalado en el ambiente exterior, éste está expuesto a cubrirse de polvo, basura y partículas que son arrastradas por el aire. El serpentín condensador es el componente clave para el mantenimiento de la unidad condensadora.

Las conexiones eléctricas y mecánicas vienen en el extremo superior del condensador cubiertas por una tapadera atornillada.

- Motor ventilador

Los motores ventiladores del condensador traen una rejilla de seguridad, que impide el acceso de las manos o herramientas, para evitar accidentes personales y daños en el equipo.

Desmunte la cubierta superior del condensador y ésta saldrá con la rejilla de seguridad y el motor ventilador, llévelo a un lugar seguro para trabajar y proceda a desmontar el ventilador de la rejilla de seguridad y el motor ventilador, por lo regular traen los mismos tornillos que la tapadera de seguridad de las conexiones eléctricas y mecánicas.

Identifique las conexiones eléctricas con *masking tape* y un lapicero, por medio de números o letras pares, así evitara hacer cortocircuitos o quemar el motor.

Limpie el motor con un *wipe* y un limpiador dieléctrico para eliminar rastros de grasa y aceite, retire el tapón protector del canal de lubricación del motor y con una aceitera aplique moderadamente hasta que el canal se llene. Vuelva a limpiar el motor de restos de aceite, con un paño limpio y seco. Si el motor es de cojinetes sellados omita la lubricación.

- Serpentín del condensador

Si el condensador está expuesto a humos o grasa, la limpieza debe hacerse con químicos para desprender estos contaminantes. Normalmente para la limpieza es suficiente usar detergente en polvo y suficiente agua.

Prepare una mezcla de detergente en polvo con agua, disolviéndolo bien para evitar que queden restos obstruidos en la tubería o aletas, llene la pistola para lavado a presión y aplique en todo el serpentín, en ambas superficies, esto es posible ya que tiene el espacio que ocupa el motor ventilador que desmontó.

La única preocupación que debe tener es evitar mojar los controles eléctricos como: presostatos y la caja de conexiones.

Llene el depósito de la pistola con agua limpia y desagüe. El trabajo se facilita si se dispone de una manguera y un chorro de agua potable. Seque la unidad condensadora con aire a presión y limpie finalmente con *wipes* limpios.

- Compresor

Inspeccione y limpie el compresor de refrigeración, si tiene fugas en las conexiones con las tuberías de refrigerante diagnostique y proceda al mantenimiento correctivo.

Si tiene compresor semihermético revise el nivel de aceite, con compresor hermético o semihermético, revise los amortiguadores y tornillos de las bases del compresor. Las conexiones eléctricas para el motor del compresor vienen incorporadas a una caja de conexiones fijada al mismo. Retire la tapadera de esta caja, revise las conexiones y apriételas.

- Circuito eléctrico

Es necesario que usted sea observador y revise minuciosamente todas las conexiones eléctricas para evitar falsos contactos y cortocircuitos. Al realizar el arranque del equipo tendrá el cuidado de revisar que no le queden cables sueltos.

Revise los contactos eléctricos y *relays* quitando las tapaderas de los contactos en el extremo superior del condensador, si existe presencia de óxido o desgastes en su mecanismo, proceda a limpiar con una brocha y aplique limpiador de contactos, en el caso de los transformadores, revisar la entrada y salida de corriente, si ha cambiado de color el barniz, es señal de que se está recalentando por lo que hay que proceder a su cambio. Revise las conexiones eléctricas, reapriételas y aplique limpiador de contactos. En el caso del termostato análogo de pared, revise que estén bien nivelados, su mecanismo es una gota de mercurio, al estar desnivelado mentiría al censar la temperatura. Los controles de seguridad como los presostatos y los retardadores de

corrientes de los equipos de aire acondicionado son sellados, por lo que están libres de ajustes.

➤ Mantenimiento de la tubería y presiones de refrigerante

El mantenimiento para un sistema de aire acondicionado además de la limpieza, engrase y ajuste, incluye la revisión de las condiciones de la tubería para evitar rupturas y fugas de refrigerante, ocasionadas por la vibración de la tubería.

Es importante que revise el aislante, tuercas, soldaduras, soportería, llaves de servicio y tapones del sistema de refrigeración del equipo de aire acondicionado, siga los siguientes pasos que se le muestran a continuación.

- Paso 1

Para el servicio de mantenimiento de tuberías, conecte los manómetros a las válvulas de servicio de baja y alta presión respectivamente. Esto le dará un indicio de las condiciones iniciales de la operación del equipo, luego compare las lecturas y verifique, si le hace falta refrigerante. Apague el equipo desde el termostato y corte la energía eléctrica desde los *flipones*, para inspeccionar con seguridad accesorios mecánicos propios de la tubería como el filtro secador, el visor de líquido y las condiciones del aislante.

- Paso 2

Utilice cualquier tipo de equipo detector de fugas, una lámpara haloidea o un detector electrónico. Concentre la búsqueda de fugas en lugares donde haya

presencia de aceite y en conexiones mecánicas del filtro y visor, repare las fugas evidentes, apretando las tuercas tipo *flare*.

- Paso 3

La tubería de refrigeración está en constante vibración, debido a la circulación de refrigerante en forma de líquido, vapor o una mezcla de ambos, lo que provoca que el sistema de fijación pueda sufrir daños y posibles fracturas. Realice un recorrido y revise los soportes, la fijación y aislamiento de la tubería, para asegurarse de que no esté roto o incompleto.

- Presiones ideales de trabajo

Deje la tapadera del condensador abierta donde se encuentra las válvulas de servicio, coloque los manómetros de alta y baja presión y mida presiones de acuerdo a las especificaciones del fabricante, en el lado de baja presión que no se encuentre debajo de 60 Psi ni arriba de 75 Psi y en el lado de alta presión que no se encuentre debajo de 200 Psi ni arriba de 350 Psi, las presiones dependen de la temperatura exterior del lugar, tenga mucho cuidado, ya que al caer la tapadera del condensador, el equipo se dispara por alta condensación.

2.4.2.5.2. Procedimientos de prueba finales

Deje abierta la tapadera del condensador donde estén las conexiones eléctricas para hacer mediciones de amperaje y voltaje, active el suministro eléctrico, subiendo el *flipon* y arranque primeramente solo ventilación, a través del termostato, para comprobar su normal funcionamiento, luego de arrancar la unidad condensadora, mida el amperaje y el voltaje con el amperímetro y el

voltímetro y seguidamente compare las lecturas con el de la placa de especificaciones del equipo.

Ponga atención a ruidos inusuales como vibraciones y comportamientos irregulares del equipo ya en operación.

Revise que los comandos electrónicos del equipo estén trabajando correctamente y respondan a los mandos que se le den ya sea manuales o a control remoto.

2.4.3. Ficha de mantenimiento preventivo

Estas fichas recopilan la información de lo que se le tiene que realizar y lo que se le ha realizado al equipo en cada mantenimiento ya sea preventivo, predictivo o correctivo.

Figura 25. Ficha de mantenimiento preventivo A/C

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
FECHA											
Equipos de Aire Acondicionado											
BIMESTRAL	<input type="checkbox"/>	Lavado a presión del sistema.									
	<input type="checkbox"/>	Limpieza y lubricación de motores eléctricos.									
	<input type="checkbox"/>	Limpieza y lubricación de piezas móviles.									
	<input type="checkbox"/>	Limpieza de aspas.									
	<input type="checkbox"/>	Chequeo y limpieza de circuito eléctrico.									
	<input type="checkbox"/>	Verificación de voltajes y amperajes de consumo.									
	<input type="checkbox"/>	Chequeo de presiones de trabajo.									
	<input type="checkbox"/>	Chequeo de controles eléctricos.									
	<input type="checkbox"/>	Limpieza gabinete.									
	<input type="checkbox"/>	Limpieza de Filtros									
	<input type="checkbox"/>	Chequeo de Filtros y Prefiltros para el buen funcionamiento de los equipos									
	<input type="checkbox"/>	Limpieza de rejilla.									
<input type="checkbox"/>	Verificación general de eficiencia. Etc.										
OBSERVACIONES											
ENCARGADO _____											
FIRMA _____											

Fuente: elaboración propia.

2.4.4. Mantenimiento correctivo

En Guatemala, las empresas distribuidoras de repuestos de refrigeración monopolizan el servicio de instalación por lo que para los fines de un mantenimiento correctivo en estos equipos, se enfocará en el diagnóstico, reparaciones menores, las fichas de mantenimiento correctivo y los métodos de contacto de las empresas y técnicos que surten el servicio de mantenimiento correctivo que se necesita.

2.4.4.1. Materiales utilizados en el mantenimiento correctivo

➤ Materiales de sellados

Como su nombre lo indica sirve para el sellado de juntas, roscables, ranuras, uniones de 2 o más materiales, como por ejemplo en las ranuras de las bandejas con fugas de condensado se utiliza silicón, en los accesorios de PVC teflón y pegamento y en las fugas de aire, en los ductos cinta de aluminio.

- Pegamento de contacto
- Pegamento para tubo PVC
- Pegamento para aluminio
- Rollo de teflón
- Silicón

➤ Materiales para reparación

Los materiales de reparación son los que se anticipan a una deficiencia en los equipos, el técnico en su inspección verifica que los accesorios no estén dañados, flojos o propensos de sufrir algún desgaste, por lo que deberán incluir conectores o terminales y estaño para soldar.

- Terminales o conectores
- Estaño en alambre
- Pasta para soldar
- Cautín o soldador de estaño-cobre

2.4.4.2. Recomendación de diagnóstico en el mantenimiento correctivo

El diagnóstico de fallas se refiere al proceso de determinar la causa del mal funcionamiento de un equipo y debe estar combinado con antecedentes sobre la operación normal y la condición actual las cuales se pueden encontrar en las fichas técnicas y de mantenimiento de los equipos. Esto exige, dependiendo del tipo o magnitud de la falla, conocimientos teóricos, habilidad y experiencia.

Un recorrido físico por toda la instalación observando y detectando ruidos o condiciones anormales de funcionamiento, como por ejemplo ciclos intermitentes de funcionamiento del compresor o motores sin funcionar.

Pruebas y mediciones de presión, temperatura, amperaje de motores y revisión de controles.

➤ Proceso de diagnóstico

El procedimiento más eficiente para la solución de problemas mecánicos en la operación de los sistemas de refrigeración es un procedimiento sistemático. Es posible saltarse pasos, dependiendo del problema, el tipo del mismo y de la experiencia de la persona que lo diagnostique, pero por lo general es útil seguir un procedimiento paso a paso.

➤ Reúna información con relación al problema

- Descripción del problema en el momento de recibir el aviso de avería del equipo.

- Información directa sobre el problema mediante una entrevista con el encargado del equipo.
 - Conducción de una inspección visual preliminar del sistema desconectado.
 - Conducción de una inspección preliminar del sistema conectado.
- Lectura y cálculo de los signos vitales del sistema
- Lea y registre los signos vitales, incluyendo presiones de succión y descarga, relativos al tipo de refrigerante que se está utilizando.
 - Calcule el subenfriamiento del líquido refrigerante en el dispositivo de medición.
 - Calcule el sobrecalentamiento del gas refrigerante en el compresor.
- Compare valores típicos contra reales
- Determine los valores típicos en relación con las condiciones y el sistema.
 - Compare las condiciones típicas con las reales.
- Consulte los procedimientos de prueba y diagnóstico del equipo página 39.

En comparación de los 5 valores medidos en el sistema con los típicos, utilice la sección de prueba y diagnóstico del equipo (página 39) para poder diagnosticar.

2.4.4.3. Listado de proveedores de los equipos de A/C

El listado contiene proveedores de los equipos y servicios de mantenimiento de equipos de aire acondicionado y modo de contacto: dirección de correo electrónico, teléfono, dirección física de instalaciones de las empresas.

Tabla XXXII. Listado de proveedores de equipos A/C

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
Carrier-Caelsa	3a calle 6-24, zona 9 GM. 20 calle 12-84, zona 10, Plaza Ferco.	2360-7633 Carrier@carriercaelsa.com
Airetec	Bulevard Liberación 4-42 zona 13.	2423-3000 ventas@airetec.com.gt
Airetecnica	3a avenida 13-78 zona 10 Torre Citigroup, nivel 6, oficina 602.	2367-1991 airetecnica@itelgua.com
Unirefri	7a avenida 20-23 zona 1. Calzada Roosevelt 18-29 zona 11. 3a calle 4-11 zona 9.	2220-6434 2475-5775 2362-4264 www.unirefri.com
Aires del sur	12 calle 1-25 zona 10. Edificio Géminis 10, Torre sur, oficina 613.	5517-5018 2335-3198 airesdelsurgt@hotmail.com
Autofrío	20 calle 20-84 zona 10.	2311-0222 www.autofrio.com

Continuación de la tabla XXXII.

Optimus	9a avenida 4-10 zona 1.	2251-2365 2232-4897 2232-4876 www.almacenderefrigeracion.com.gt
ARMECS	17 calle 6-30 zona 12 local 3-4. Guatemala	2473-3988 2473-3565 4640-8200 5853-9024 armecs@hotmail.com
ConstruAire	4a calle "A" 3-04, zona 2 Mixco, Molino las Flores III	2485-2139 construair@gmail.com
CIRAIRE S.A.	Calzada Roosevelt zona 11. Calzada Aguilar Batres zona 11. 7a avenida, 3a calle zona 9.	2327-2500 2327-2455 ventas@ciraire.com
Jireh	10a calle 31-99 zona 4 Mixco, colonia Bosques de San Nicolás.	2434-3125 2436-0367 2484-8334 2484-8335 jirehcsa@gmail.com
Distribuidora Granada	5a avenida 6-71 zona 9 Guatemala. Guatemala	2332-1591 ventas@distgranada.com

Fuente: elaboración propia.

➤ Listado de técnicos en reparación de equipos A/C

Tabla XXXIII. **Listado de técnicos en reparación de equipos A/C**

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
Tecnicontrol del frio	6a avenida 6-05, zona 19, colonia La Florida, ciudad de Guatemala.	5512-4214 6636-6993
CORINCO	2a calle 21-29 zona 1.	2253-1777
CLIMATEC	15 avenida 1-33 "A" zona 1, avenida Los Árboles.	2220-2303 55084340 proyectos@climatec.com
DISMEC	7a avenida 7-44 zona 7, colonia Landívar, interior 2.	2440-9961 2471-7626 www.dismec.com.gt
MEGA CLIMA	14 calle 15-13 zona 13.	2361-8945 2361-8218 5326-9046
MULTISERVICIOS M&M	Kilómetro 22 ruta al Atlántico manzana "C", lote 16, Villas de Oriente.	2259-6328 2259-6329 5719-7478 4144-4478 www.multiserviciosmym.com
J.M. SERVICIOS	1a calle 33-06 zona 11 colonia Toledo.	5502-5282 5524-1429

Fuente: elaboración propia.

2.4.4.4. Ficha de mantenimiento correctivo

Después de efectuar un diagnóstico proceda a cotizar y efectuar la selección del personal que efectuará la venta y reparación del equipo, para tener un control técnico detallado del diagnóstico y del encargado de la reparación del equipo a tratar se efectuará un formato a seguir, una ficha de mantenimiento correctivo, el cual se muestra a continuación.

Figura 26. Ficha de mantenimiento correctivo

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA		NO. <input type="text"/>	
FICHA DE MANTENIMIENTO			
NOMBRE:	Equipo de Aire Acondicionado Tipo Mini Split		
AREA:	Biblioteca de la Facultad de Ingeniería		
UBICACIÓN:	Edificio T-4, 2do. Nivel		
FALLOS MAS FRECUENTES			
Fallos	Posibles Causas	Soluciones	
Proveedor:	mail:		Observaciones:
Teléfono:			
Dirección:			

Fuente: elaboración propia.

2.4.5. Mantenimiento predictivo

Para los equipos de aire acondicionado se requiere un método efectivo a distancia que permita revisar periódicamente el equipo eficientemente y de una forma segura, en los equipos de acondicionamiento de aire se tienen muchos componentes eléctricos como mecánicos los cuales son susceptibles al análisis térmico y sonoro, para un análisis predictivo de estos equipos se estudiarán las ramas de termografía y ultrasonido; las cuales son las que en estos equipos demostrarían una mejor efectividad en la detección de posibles fallas.

El análisis de los equipos se deberá realizar de manera bimestral, anexándose a los procedimientos de mantenimiento preventivo que se han contemplado en este mismo programa, al final se deberá llenar una ficha de mantenimiento correctivo si se encontrara algún síntoma fuera de lo normal en el aparato analizado.

2.4.5.1. Herramienta y equipo a utilizar

➤ **Equipo de termografía**

- Termómetro digital (pirómetro) con sonda de prueba retráctil: la unidad indica temperaturas por una pantalla de cristal, ya sean en grados Fahrenheit o en Celsius. Esta alimentada por una batería de 9 voltios reemplazable y se puede comprar como un conjunto con tres tipos distintos de sondas detectoras y un estuche. Incluye un indicador de superposición de escalas y de batería baja.
- Termómetro infrarrojo: estos termómetros trabajan por radiación, a través de rayos infrarrojos, no necesitan tener contacto físico con el

objeto o superficie donde se está midiendo la temperatura. Son ideales para lugares de difícil acceso o peligrosos, al estar en contacto con ellos.

➤ Equipo de ultrasonido

- Localizador de fugas y defectos mecánicos.
- Son equipos robustos y muy sensibles de detección de fugas y localizador de desperfectos mecánicos.
- Muy eficaces dado que funcionan con ondas sonoras y dado que mide la impedancia de dichas ondas es capaz de dar una distancia clara de la discontinuidad de éstas.

2.4.5.2. Procedimiento de análisis

Por comodidad y por la forma en que funcionan estos equipos se separará el análisis por partes las cuales se clasificarán en: manejadora y evaporador, condensador y compresor, componentes eléctricos y por último tubería de refrigerante.

➤ Manejadora y evaporador

En esta área se usará el equipo de detección térmica directamente sobre el motor eléctrico del FAN y sus conexiones, para poder detectar fricción en los cojinetes y rodamientos del motor así como una conexión eléctrica floja o un devanado del motor dañado.

Se usará el equipo de detección térmica directamente sobre el serpentín del evaporador y en la salida de aire de la manejadora para corroborar un

intercambio de calor estable y el estado del indicador térmico del equipo de aire acondicionado.

Se usará el equipo de detección térmica directamente sobre las conexiones electrónicas de la manejadora de aire para verificar el estado de estas conexiones y poder evitar un falso contacto o un componente dañado.

Se usará el equipo de ultrasonido en el serpentín del evaporador y sus conexiones con la tubería de refrigerante para detectar posibles fugas, si se detectan fugas por conexiones flojas se deberán apretar y si se detectan agujeros en la tubería se deberá aplicar un mantenimiento correctivo y sellarlos.

➤ Condensador y compresor

En esta área se usará equipo de detección térmica sobre las conexiones eléctricas del compresor y sobre el compresor para detectar falsos contactos, suciedad o cortocircuitos, así como un sobrecalentamiento por sobrecarga del compresor.

Se usará equipo de detección térmica directamente sobre el serpentín del condensador para corroborar una transferencia térmica normal en éste.

Se usará equipo de ultrasonido directamente en el compresor para poder detectar golpes internos por algún componente defectuoso en el compresor.

Se usará el equipo de ultrasonido en el serpentín del condensador y sus conexiones con la tubería de refrigerante para detectar posibles fugas, si se detectan fugas por conexiones flojas se deberán apretar y si se detectan agujeros en la tubería se deberá aplicar un mantenimiento correctivo y sellarlos.

➤ Componentes eléctricos

En esta área se usará equipo de detección térmica para detectar altas temperaturas en los cables y componentes así como en las conexiones de éstos, si se encontrara algún componente sobrecalentado en el equipo se deberá seguir el procedimiento de mantenimiento correctivo de este mismo programa y remplazarlo.

➤ Tuberías de refrigerante

En esta área se usará equipo de ultrasonido para detectar fugas, si se detectan fugas por conexiones flojas se deberán apretar y si se detectan agujeros en la tubería se deberá aplicar un mantenimiento correctivo y sellarlos.

2.4.5.3. Ficha de mantenimiento correctivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento correctivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de los fallos de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Tabla XXXIV. Listado de proveedores de equipos A/C

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
Carrier-Caelsa	3a calle 6-24 zona 9 GM. 20 calle 12-84 zona 10 Plaza Ferco.	2360-7633 Carrier@carriercaelsa.com
Airetec	Bulevard Liberación 4-42 zona 13.	2423-3000 ventas@airetec.com.gt
Airetecnica	3a avenida 13-78 zona 10 Torre Citigroup, nivel 6, oficina 602.	2367-1991 airetecnica@itelgua.com
Unirefri	7a avenida 20-23 zona 1. Calzada Roosevelt 18- 29 zona 11. 3a calle 4-11 zona 9.	2220-6434 2475-5775 2362-4264 www.unirefri.com
Aires del sur	12 calle 1-25 zona 10. Edificio Géminis 10, Torre sur, oficina 613.	5517-5018 2335-3198 airesdelsurgt@hotmail.com
Autofrío	20 calle 20-84 zona 10.	2311-0222 www.autofrio.com
Optimus	9a avenida 4-10 zona 1.	2251-2365 2232-4897 2232-4876 www.almacenderefrigeracion.com.gt

Continuación de la tabla XXXIV.

ARMECS	17 calle 6-30 zona 12 local 3-4, Guatemala.	2473-3988 2473-3565 4640-8200 5853-9024 armecs@hotmail.com
ConstruAire	4a calle "A" 3-04, zona 2 Mixco, Molino Las Flores III.	2485-2139 construair@gmail.com
CIRAIRES.A.	Calzada Roosevelt zona 11. Calzada Aguilar Batres zona 11. 7a avenida, 3a calle zona 9.	2327-2500 2327-2455 ventas@ciraire.com
Jireh	10a calle 31-99 zona 4 Mixco colonia Bosques de San Nicolás.	2434-3125 2436-0367 2484-8334 2484-8335 jirehcsa@gmail.com
Distribuidora Granada	5a avenida 6-71 zona 9 Guatemala. Guatemala	2332-1591 ventas@distgranada.com

Fuente: elaboración propia.

➤ Listado de técnicos en reparación de equipos A/C

Se tomaron en cuenta los técnicos en reparación más confiables y su desempeño en el mercado nacional así como el resultado de los proyectos realizados en el pasado para la Facultad en caso los hubiere.

Tabla XXXV. **Listado de técnicos en reparación de equipos A/C**

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
Tecnicontrol del frio	6a avenida 6-05 zona 19, colonia la Florida, ciudad de Guatemala.	5512-4214 6636-6993
CORINCO	2a calle 21-29 zona 1.	2253-1777
CLIMATEC	15 avenida 1-33 "A" zona 1 avenida Los Árboles.	2220-2303 55084340 proyectos@climatec.com
DISMEC	7a avenida 7-44 zona 7 colonia Landívar interior 2	2440-9961 2471-7626 www.dismec.com.gt
MEGA CLIMA	14 calle 15-13 zona 13	2361-8945 2361-8218 5326-9046
MULTISERVICIOS M&M	Kilómetro 22 ruta al Atlántico manzana "C", lote 16, Villas de Oriente.	2259-6328 2259-6329 www.multiserviciosmym.com
J.M. SERVICIOS	1a calle 33-06 zona 11 colonia. Toledo.	5502-5282 5524-1429

Fuente: elaboración propia.

2.5. Propuesta de mantenimiento en equipos de bombeo hidráulico sumergido

Estos equipos por su manera de operación están sumergidos en el líquido a bombear de ahí el nombre de equipo de bombeo hidráulico sumergido, la colocación y la extracción se hace con equipo especial.

2.5.1. Mantenimiento preventivo

Antes de empezar cualquier tipo de mantenimiento en la bomba o en el sistema, corte el suministro de electricidad, al desconectar los cables del tablero, tenga cuidado de que el extremo del cable no entre en contacto con el agua.

➤ Inspección visual

Después de retirar la bomba del sumidero, lave la bomba con agua a presión y compruebe lo siguiente:

- El motor y el cable no han sufrido daños físicos.
- El espacio o luz entre el impulsor y la tapa o camiseta de desgaste sea el adecuado.
- Revisión del nivel de arranque y parada de la bomba.

➤ Revisión del aislamiento

- Revise el aislamiento de los bobinados del motor y cables con un megómetro.

- Revise el aislamiento entre las líneas de fuerza de distintas bobinas (para motores con 6 o más cables) y entre cada línea de fuerza con tierra.

No mida el aislamiento de los cables de control con los sensores instalados. Estos pueden dañarse por los altos voltajes.

Figura 28. **Estado del motor y cables en relación con su resistencia**

ESTADO DEL MOTOR Y CABLES	VALOR (Kohm)
Motor nuevo	Más de 2'000,000
Motor usado que puede ser instalado nuevamente en el pozo.	Más de 1'000,000
Motor en el pozo. Motor y cables en buenas condiciones	150000 - 1'000,000
Conductores levemente dañados. No hace falta sacar la bomba del pozo.	20,000 - 150000
Cables o devanado del motor dañados. La bomba debe ser izada y el cable o motor deberán secarse o ser reemplazados. El motor no fallará por esa sola razón, pero en esas condiciones no operará por largo tiempo.	10,000 - 20,000
Un motor que ha fallado o tiene el aislamiento del cable completamente destruido. Debe izarse la bomba y repararse o reemplazarse los cables y el motor.	Menos de 10,000

Fuente: Manual del usuario Hidrosta de bomba sumergible centrífuga helicoidal, sección de mantenimiento.

➤ Revisión de aceite

- Revisión de la cámara del *floatswitch*

Esta revisión evalúa la condición del sello mecánico superior y las empaquetaduras. Ponga la bomba en posición vertical sobre su brida de succión. Remueva el tapón de la carcasa con posición 536d (y si es necesario puede retirar la tapa de inspección retirando los pernos con posición 568). Para drenar algo de líquido. Haga las reparaciones necesarias de acuerdo al líquido encontrado según la tabla.

Figura 29. **Líquido detectado y operación a realizar**

LIQUIDO DETECTADO	OPERACION A REALIZAR
AGUA	Mantenimiento general con cambio de o-rings, rodamientos y sellos.
MEZCLA AGUA/ACEITE	Mantenimiento general con cambio de rodamientos y sellos.
ACEITE	Cambio del sello mecánico superior (Pos. 516).
SIN LIQUIDO	Ninguna reparación.

Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

Es estricto que el tapón selle herméticamente la carcasa del motor. Las superficies de sellado deben estar limpias y lisas. Una vez hecha la inspección, coloque el tapón en su lugar, remplazando la arandela de cobre.

- Revisión del nivel

Esta prueba se realiza para evaluar la condición del sello mecánico inferior. Aunque el sensor de humedad detectará el ingreso de agua a la cámara de sellado, esta prueba detectará con mayor anticipación la falla del sello mecánico inferior.

La revisión de aceite deberá realizarse después de 1 000 horas de funcionamiento y una vez al año en adelante.

Pare la bomba con el eje vertical (sobre la brida de succión) y remueva el tapón marcado con *OIL*. El refrigerante deberá estar cerca de este tapón.

Si el refrigerante está en un nivel mucho menor, el sello mecánico inferior puede haber fallado y requerir reemplazo. Si el nivel de aceite está un par de centímetros por debajo, vierta aceite hasta el nivel correcto y revise el nivel de aceite después de 200 a 500 horas.

- Revisión de la calidad del aceite

Inmediatamente antes de efectuar la revisión, haga funcionar la bomba por algunos minutos para distribuir las impurezas en el aceite.

Ponga la bomba en posición horizontal con la descarga hacia arriba. Remueva el tapón de aceite marcado *OIL* (posición 536a) y desenrosque poco

a poco el tapón marcado con O (posición 536c) hasta que por *OIL* empiece a fluir el aceite: extraiga la cantidad suficiente en un vaso como para efectuar una inspección visual. Coloque el tapón *OIL* y proceda a hacer la evaluación la que mostrará una de estas tres condiciones:

- ✓ Si el aceite está limpio, no existen problemas con el sello inferior. Vuelva a poner el tapón (deberá remplazarse el anillo de cobre por uno nuevo).

- ✓ Si el aceite tiene una pequeñísima cantidad de agua pero el aceite está limpio, no es necesario una reparación de la bomba. El aceite con una pequeña cantidad de agua tiene una apariencia lechosa, pero aún tiene una baja viscosidad (casi como la del *kerosene*). Extraiga todo el aceite y separe el agua. Regrese el aceite ahora limpio y coloque el tapón *OIL* con un anillo de cobre nuevo. Sin embargo deberá realizar una inspección del aceite después de 500 horas de operación. En el caso de instalar sellos mecánicos nuevos, una pequeña cantidad de agua puede filtrarse mientras el sello se sienta y así ingresar en la cámara de sellado.

- ✓ Si mucha agua ingreso al aceite la viscosidad será mucho menor. En este caso, o cuando se detecte en el aceite olor a desagüe, el sello mecánico inferior (posición 515) deberá ser reparado o cambiado.

- Cambio de aceite

Cambie el aceite solamente cuando esté muy contaminado, de otra forma basta con separar el agua del aceite.

Aceite recomendado: Shell Morlina10.

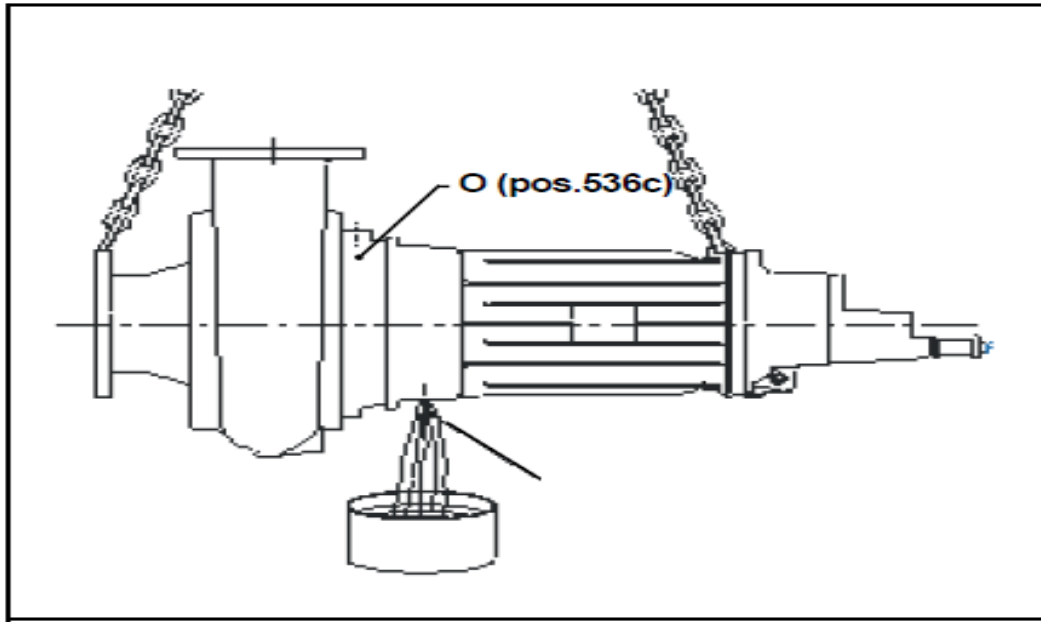
Características del aceite recomendado:

- ✓ Punto de flama: 170 grados Celsius
- ✓ Viscosidad @ 100 grados Celsius: 25 cSt
- ✓ Viscosidad @ 40 grados Celsius: 10 cSt
- ✓ Punto de fluidez: -42 grados Celsius

En ningún caso mezcle aceites diferentes o de marcas distintas.

Para hacer el cambio de aceite desmonte la bomba de su base, colóquela en posición horizontal con la descarga hacia arriba y retire el tapón inferior marcado con *OIL* (posición 536a) y el tapón marcado con *O* (posición 536c) de la pieza intermedia, cuando ambas cámaras estén completamente vacías coloque el tapón inferior *OIL* de la cámara de aceite y proceda al llenado de la cámara de aceite por *O* con un embudo cuya boquilla debe ser de menor diámetro que la del agujero, para que permita la salida del aire al momento del llenado, el nivel de aceite debe llegar a una altura ligeramente por debajo de este tapón, terminado el llenado de la cámara de aceite coloque el tapón *O* , y monte la bomba sobre su base.

Figura 30. **Cambio de aceite**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífuga helicoidal, sección de mantenimiento.

➤ **Lubricación de rodamientos**

La mayoría de los motores usan rodamientos lubricados por grasa. Para la lubricación de los rodamientos se recomienda:

Grasa SKF LGHT 3.

Características típicas:

- Aceite base: aceite mineral.
- Espesante: jabón de litio complejo.

- Temperaturas: hasta 150 grados Celsius (funcionamiento continuo).
- Viscosidad del aceite base: 110 milímetros cuadrados por segundo.
- Consistencia: NLGI2.

En algunos motores el engrase sólo se puede dar cuando se le realice mantenimiento mayor al motor dado el procedimiento de desarme de éste.

En otros modelos de motores se cuenta con graseras para lubricar los rodamientos inferiores que soportan toda la carga.

➤ Medición y ajuste de la luz

El desempeño del equipo depende de gran medida del espacio (luz) existente entre el impulsor y la camiseta. En caso de notarse un cambio en los parámetros de caudal y presión de la bomba, o al realizar el mantenimiento de la bomba se recomienda verificar la luz existente. Con un calibrador de lanas mida la luz entre el impulsor y la tapa (o camiseta) y compare las medidas con las proporcionadas por el fabricante del equipo y en el caso de los equipos Hidrostal se deberá comparar con los valores de la siguiente figura.

Figura 31. **Mediciones y ajustes de luz**

TAMAÑO DE LA BOMBA	LUZ (mm)	B (mm)
A/B	0.2	0.2 - 1.0
C	0.3	0.2 - 1.0
D	0.3	0.2 - 1.2
E	0.4	0.2 - 1.5
F	0.6	0.2 - 1.8
H	0.8	0.2 - 1.8
I	1.0	0.2 - 2.5
L/M	1.5	0.2 - 2.5

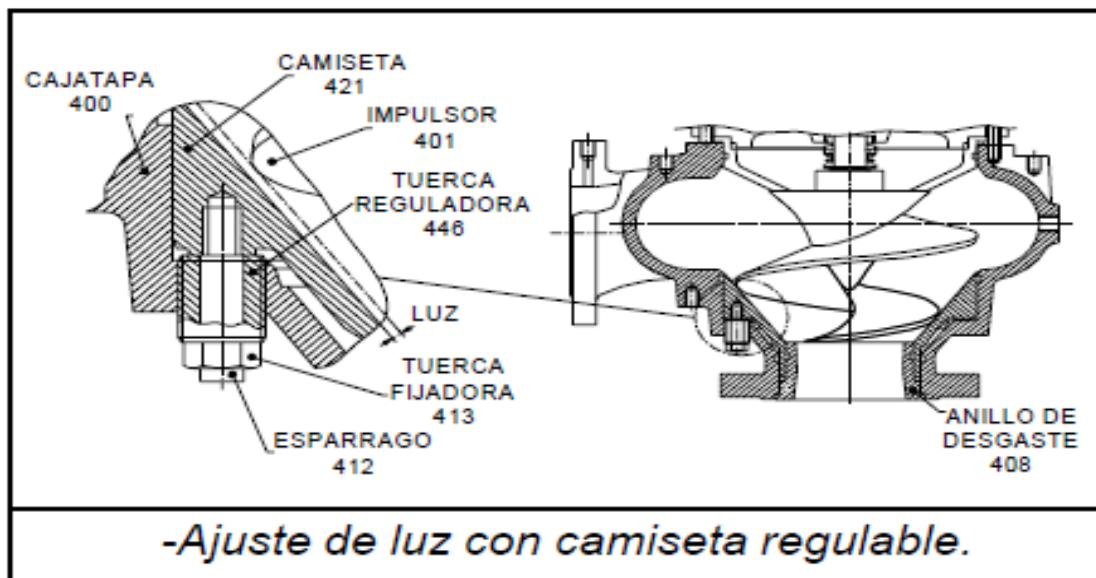
Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

La medición debe hacerse en varios puntos de la hélice del impulsor y en varias posiciones de éste (realizar varias mediciones girando el impulsor). Si el valor medido es muy diferente al que figura en los datos del fabricante, entonces será necesario realizar el ajuste de la luz del impulsor según los procedimientos descritos en las siguientes secciones.

- Modelo con camiseta regulable
 - ✓ Suelte y retire las contratuercas (posición 413) del extremo de cada tuerca reguladora (posición 446).
 - ✓ Gire las tuercas de regulación hasta que el impulsor ya no pueda girar. Esto eliminará la luz entre el impulsor y la carcasa. Asegúrese de girar en forma pareja los pernos para desplazar concéntricamente la camiseta.

- ✓ Si la punta del impulsor choca o rosa con el anillo de desgaste (posición 408), o hay una luz menor a 1 milímetro (y el borde espiral del impulsor ya está asentado sobre el cono del interior de la caja o camiseta).
- ✓ Gire un poco las tuercas de regulación para alejar la camiseta del impulsor y ajuste las contratuercas. Mida entonces la luz y compare con los datos proporcionados por el fabricante.
- ✓ Repita el paso anterior las veces que sea necesario, hasta lograr la luz adecuada según el fabricante.

Figura 32. **Ajuste de luz con camiseta regulable**



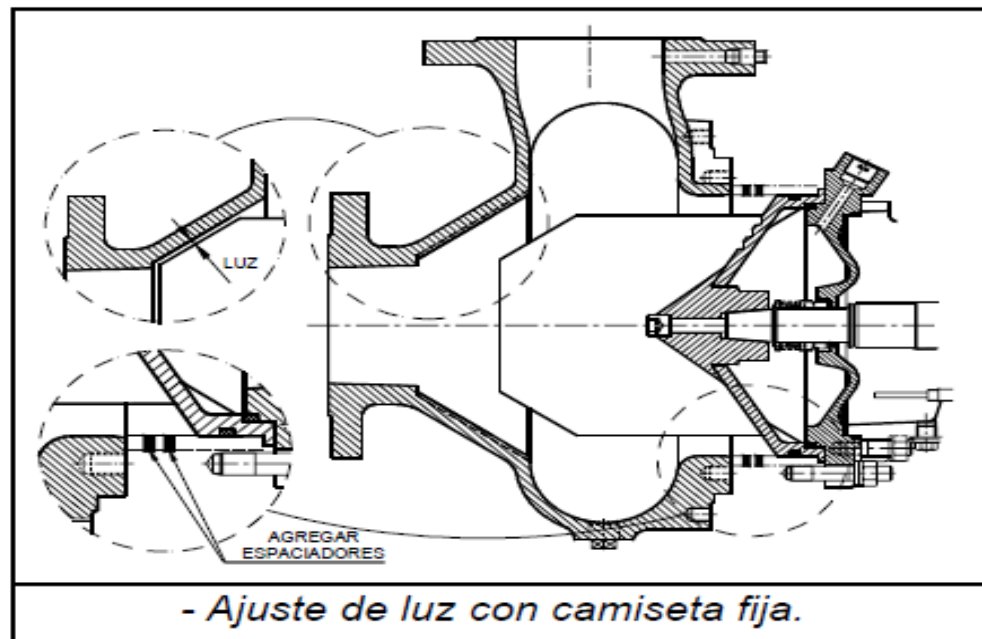
Fuente: Manual del usuario Hidrostal de bomba sumergible centrífuga helicoidal, sección de mantenimiento.

- Modelo sin camiseta o con camiseta fija
 - ✓ Apoye la bomba sobre la brida de succión, suelte todas las tuercas entre la caja y el motor; eleve parte del motor y retire los espaciadores o lainas (*shims*).
 - ✓ En las bombas Hidrostal a partir del tamaño E ejemplo: (E5K), (E6Q), la caja (posición 400) y la tapa de succión (posición 402), son 2 piezas distintas, por lo que la regulación de la luz puede hacerse retirando la tapa (con la bomba en forma horizontal) y extrayendo los espaciadores o lainas.
 - ✓ Para estimar el espesor correcto de los espaciadores, baje la bomba hasta que el impulsor choque con la camiseta. El espesor aproximado de los espaciadores será igual al espacio promedio entre la caja más la distancia B mostrada en la tabla.
 - ✓ En las bombas a partir del tamaño E mida el espacio entre la tapa y la caja con el cono inferior de la tapa apoyada en el impulsor. El espesor aproximado de los espaciadores será igual al espacio promedio entre la caja y el motor más la distancia B mostrada en la tabla.
 - ✓ Si la punta del impulsor choca o rosa con la caja, o hay una luz menor a 1 milímetro (y el borde espiral del impulsor está sentado sobre el cono inferior de la caja o camiseta) entonces la punta del impulsor deberá ser limada hasta obtener la luz de 1 a 2 milímetros.
 - ✓ Coloque los espaciadores o lainas uniformemente distribuidos (estos pueden ser láminas de metal o un alambre de metal colocado alrededor del asiento en el

motor). Fije el motor sobre la caja ajustando fijamente las tuercas.

- ✓ Con calibrador de lanas verifique a través de la succión de la bomba la luz real del impulsor. Si ésta es considerablemente diferente a la que figura en las especificaciones del fabricante, es posible que el desgaste sea excesivo o no uniforme. Desarme la bomba para una inspección minuciosa. Es posible que se requiera un reemplazo de la pieza desgastada (tapa o camiseta).

Figura 33. **Ajuste de luz con camiseta fija**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífuga helicoidal, sección de mantenimiento.

Figura 34. Mediciones y ajustes de luz

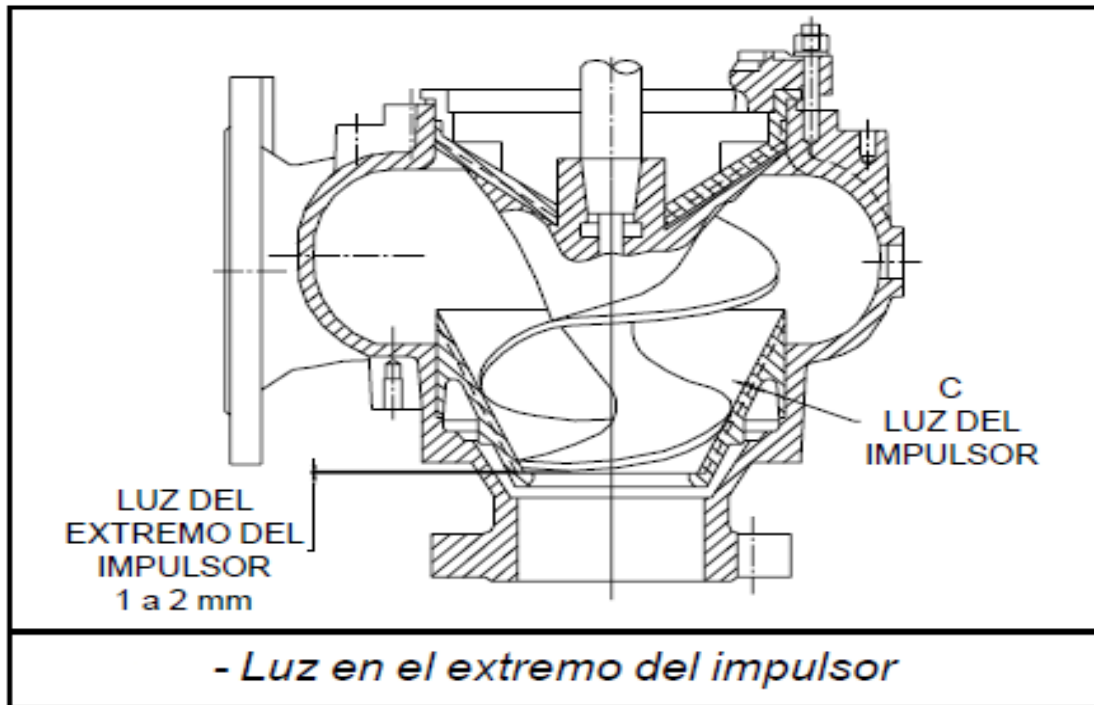
TAMAÑO DE LA BOMBA	LUZ (mm)	B (mm)
A/B	0.2	0.2 - 1.0
C	0.3	0.2 - 1.0
D	0.3	0.2 - 1.2
E	0.4	0.2 - 1.5
F	0.6	0.2 - 1.8
H	0.8	0.2 - 1.8
I	1.0	0.2 - 2.5
L/M	1.5	0.2 - 2.5

Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- Verificación final

Si la punta del impulsor rosa el anillo de desgaste (posición 408 en el caso de la camiseta regulable), o el labio de la tapa (caso de la camiseta fija), o si hay una luz menor a 1 milímetro, entonces la punta del impulsor deberá ser limada hasta obtener una luz de 1 a 2 milímetros.

Figura 35. Luz en el extremo del impulsor



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífuga helicoidal, sección de mantenimiento.

- Desarmado de la parte hidráulica
 - Desarmado para inspección

Coloque la bomba verticalmente sobre su brida de succión. Remueva las tuercas y levante el conjunto motor impulsor. Las áreas a ser examinadas en busca de desgaste son: la superficie del impulsor, especialmente los bordes y el cono interior mecanizado en la tapa o camiseta de desgaste. Un desgaste uniforme puede ser compensado hasta cierto punto mediante un cambio de

laminas; sin embargo un desgaste no uniforme o excesivo requerirá de un reemplazo de las piezas desgastadas.

- Extracción del impulsor

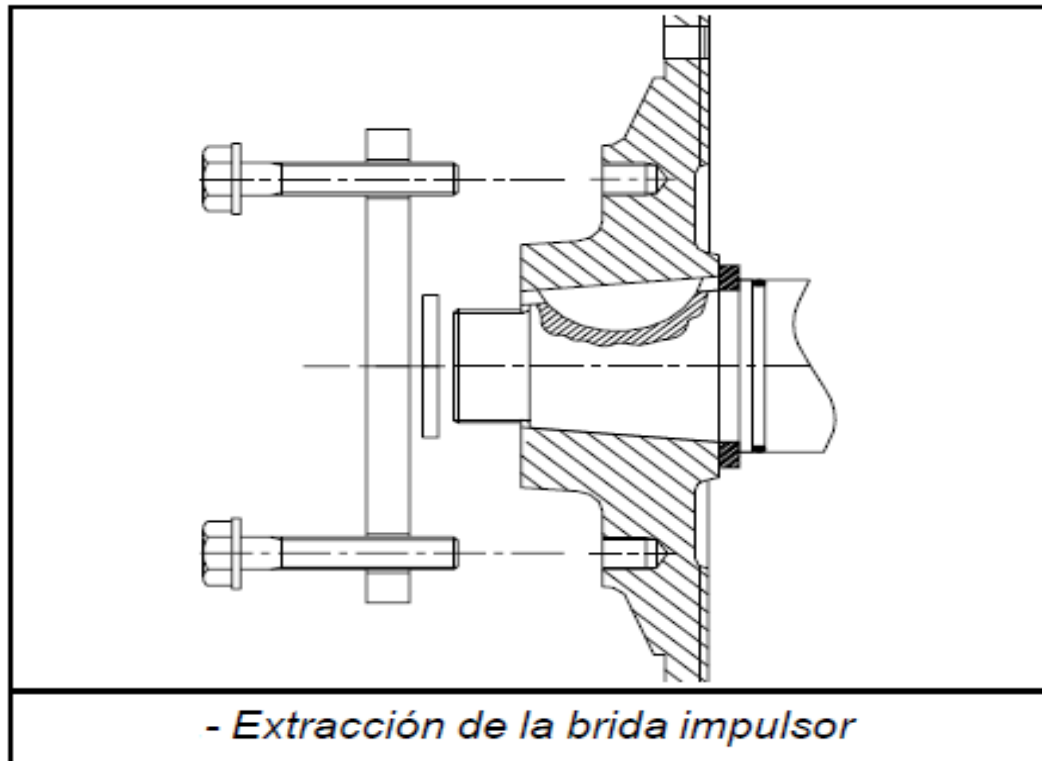
Sujetando el impulsor para que no gire, inserte una llave hexagonal tipo Allen en el perno central y con un martillo afloje el perno en forma anti horaria. Golpee con una comba de plomo hasta liberar el impulsor.

- Extracción de la brida impulsor

Sólo en algunos modelos se cuenta con brida impulsor. Sólo es necesario extraerla para el cambio del sello mecánico inferior.

Enderece la lengüeta doblada de la arandela de seguridad y extraiga la tuerca de seguridad. Extraer seguidamente la brida impulsor del eje, usando un extractor.

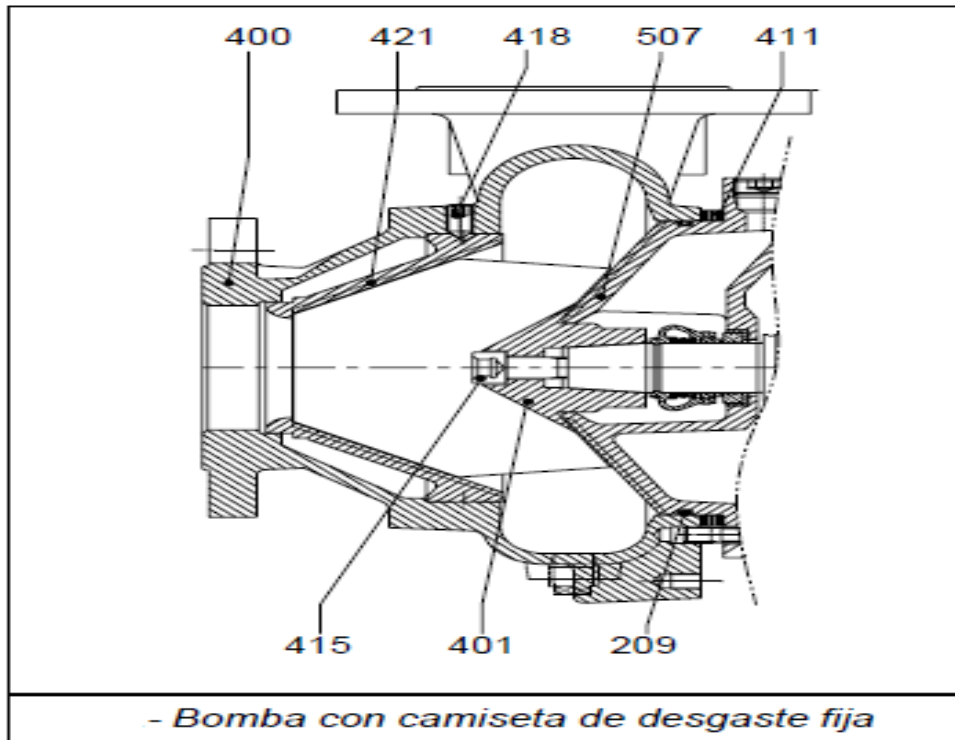
Figura 36. **Extracción de la brida impulsor**



Fuente: Manual del usuario Hidrostal de bomba sumergible centrífuga helicoidal, sección de mantenimiento.

- Extracción de la tapa o camiseta de desgaste
 - ✓ Bombas con camiseta de desgaste fija.
La camiseta de desgaste (posición 421) se encuentra fija en su posición dentro de la caja mediante prisioneros (posición 418). Para extraer la camiseta de desgaste sólo es necesario sacar los prisioneros. Si la superficie cónica se encuentra excesivamente desgastada, es necesario reemplazar sólo la camiseta de desgaste.

Figura 37. **Bomba con camiseta de desgaste fija**

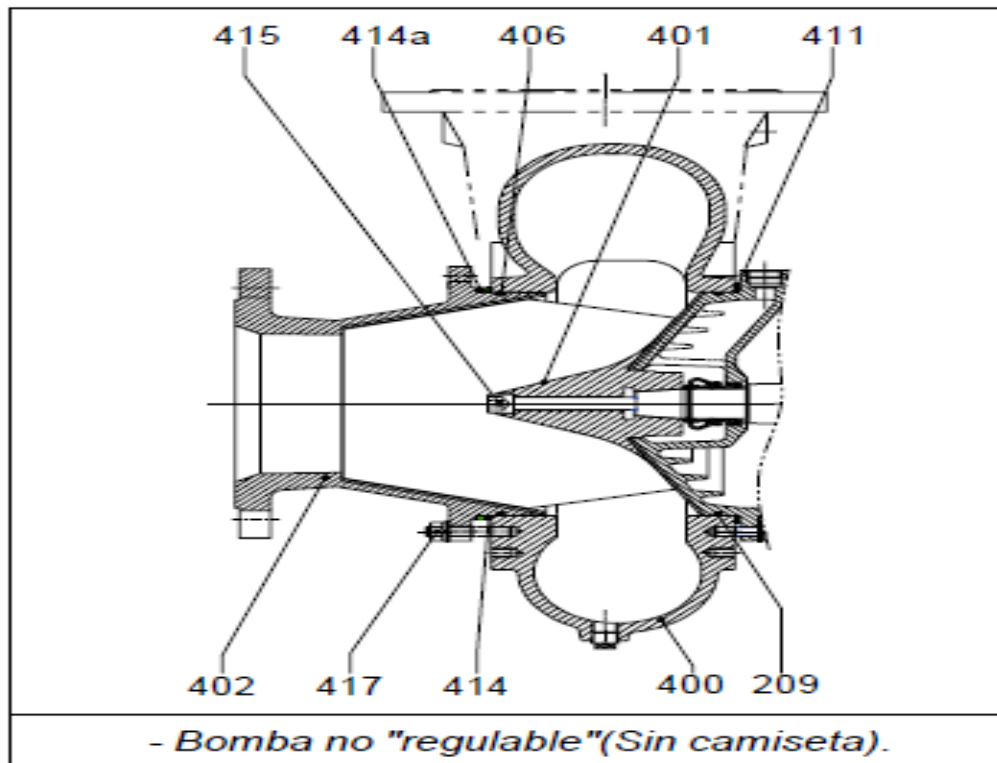


Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- ✓ Bombas sin camiseta de desgaste (sin la opción regulable). Estas bombas tienen una tapa de succión de una sola pieza (posición 402) empernada en la caja (posición 400) mediante espárragos y tuercas (posición 417). El ajuste de la luz se hace mediante lanas (posición 411) entre la caja y el conjunto motor. En ciertos modelos puede haber un anillo espaciador (posición 414b) entre las superficies de la caja de succión y la caja. Cuando hay un desgaste excesivo de

la superficie cónica, la tapa de succión (posición 402) deberá ser remplazada.

Figura 38. **Bomba no regulable**



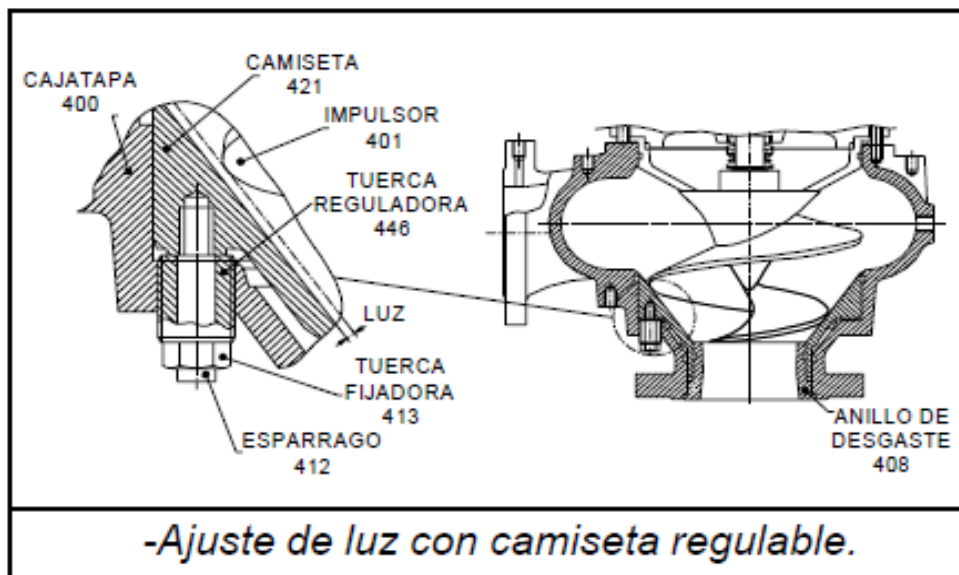
Fuente: Manual del usuario Hidrostal de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- ✓ Bombas con camisa regulable.
Para los modelos más pequeños la tapa y la caja forman una sola pieza.
Estas bombas tienen una camisa de desgaste ajustable exteriormente (posición 421) dentro de la tapa de succión posición (402) o caja (posición 400). Esta construcción se

reconoce fácilmente por la presencia de tuercas reguladoras (posición 446) visibles en el exterior de la tapa de succión justo debajo de la brida de succión.

Si la superficie cónica inferior se encuentra desgastada, sólo es necesario cambiar la camiseta de desgaste. Para mayor comodidad, remueva la tapa de succión (con la camiseta de desgaste en su posición) de la caja soltando las tuercas (posición 417) (en el caso que la tapa de succión y la caja sean una sola pieza esto no es posible).

Figura 39. **Ajuste de luz con camiseta regulable**



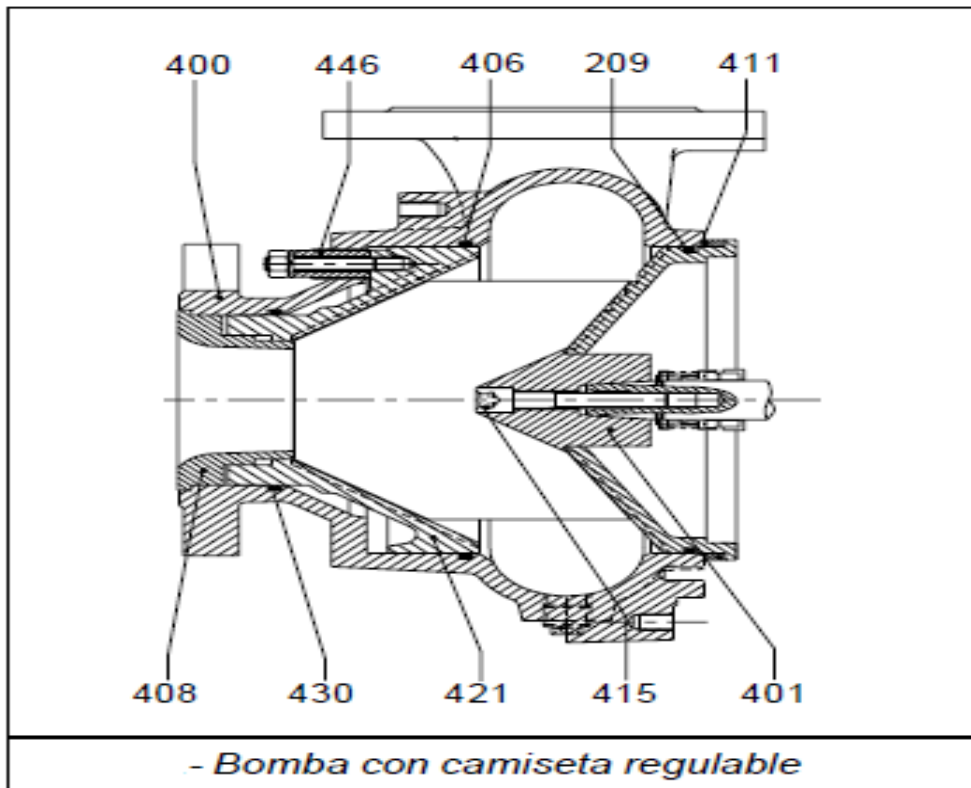
Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífuga helicoidal, sección de mantenimiento.

Para extraer la camiseta de desgaste, extraiga las tuercas (posición 413) al final de las tuercas reguladoras (posición 446), luego empuje los tres espárragos a través de los

agujeros en las tuercas reguladoras. Si esto no empuja a la camiseta de desgaste hacia afuera, enrosque las tuercas reguladoras hacia adentro. No debe intentar extraer los espárragos (posición 446) de la camiseta de desgaste hasta que ésta no esté fuera de la tapa de succión: estos están fijos con adhesivo, deben ser calentados para poder extraerse.

El anillo de desgaste (posición 408) no suele requerir desensamblaje; sólo en el caso que se encuentre seriamente dañado (será necesario calentar ambas piezas para romper el adhesivo. Luego con ayuda de una prensa extráigalo de su lugar).

Figura 40. **Bomba con camiseta regulable**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- Armado de la parte hidráulica

Al terminar el armado, es importante revisar la luz entre el impulsor y la tapa o camiseta de desgaste.

- Armado de la brida impulsor e impulsor

Sólo para algunos modelos de bombas. Limpie con solvente las superficies del cono y el canal con chavetero. Lubrique las superficies del cono

en el eje y en la brida impulsor, con aceite ligero (no use grasa). Coloque la chaveta *woodruff* y a continuación coloque la brida impulsor sobre el eje. Luego coloque la arandela de seguridad y la tuerca de seguridad. Ajuste la tuerca y doble la pestaña de la arandela de seguridad. A continuación limpie los asientos del impulsor y asegúrese de que los 2 pines de arrastre estén fijos a él. Coloque el impulsor, asegurándose de que los pines han encajado correctamente en sus respectivos alojamientos sobre la brida impulsor y fíjelos con el perno central. El ajuste correcto del perno central se da dando golpes secos con un martillo al extremo largo de la llave Allen.

- Armado del impulsor

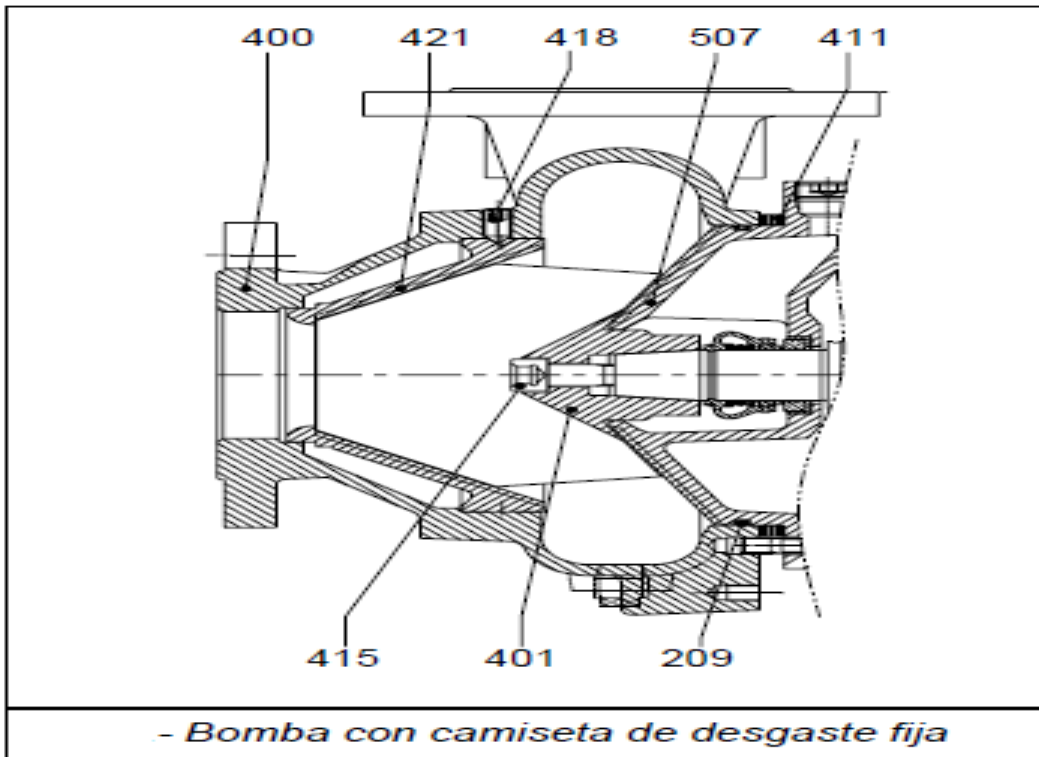
Limpie con solventes las superficies del cono y el canal chavetero. Lubrique las superficies del cono con el eje y la brida impulsor, con aceite ligero (no use grasa). Coloque la chaveta *woodruff* y el impulsor sobre el eje. A continuación fije el impulsor mediante el perno central. El ajuste correcto del perno central se da dando golpes secos con un martillo al extremo largo de la llave Allen.

- Reemplazo de la camiseta de desgaste o tapa de succión

- ✓ Bombas con camiseta de desgaste fija.

Con cuidado coloque la camiseta de desgaste (posición 421) dentro de la caja (caja y tapa son una sola pieza en estos modelos) en su posición (use un martillo de plomo). Asegúrela en su lugar con los prisioneros (posición 418). Debe sellar la rosca de los prisioneros para evitar fugas de agua a través de ellos.

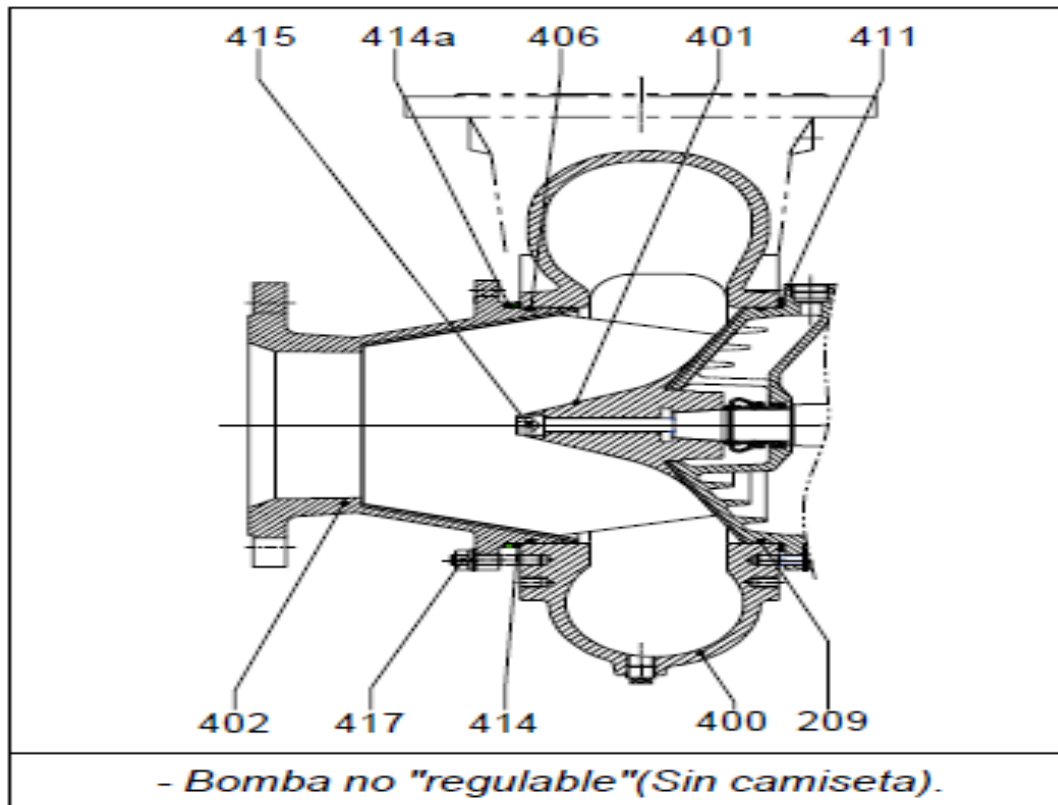
Figura 41. **Bombas con camiseta de desgaste fija**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- ✓ Bombas sin camiseta de desgaste
Coloque el anillo espaciador (posición 414) sobre el resalte de la tapa de succión (posición 402). Después engrase e instale el *O-ring* (posición 406) en su ranura en la tapa de succión. Instale la tapa de succión en la parte inferior de la caja.

Figura 42. **Bomba sin camiseta no regulable**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrifugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- ✓ Bombas con camiseta regulable
Para los modelos más pequeños, la tapa y la caja forman una sola pieza. Instale los tres espárragos (posición 412) en la camiseta de desgaste. Utilice adhesivo *loctite* para espárragos.

Engrase el *O-ring* (posición 430) e instálelo en la ranura de la tapa (posición 416) o caja (posición 400). Este *O-ring*, en

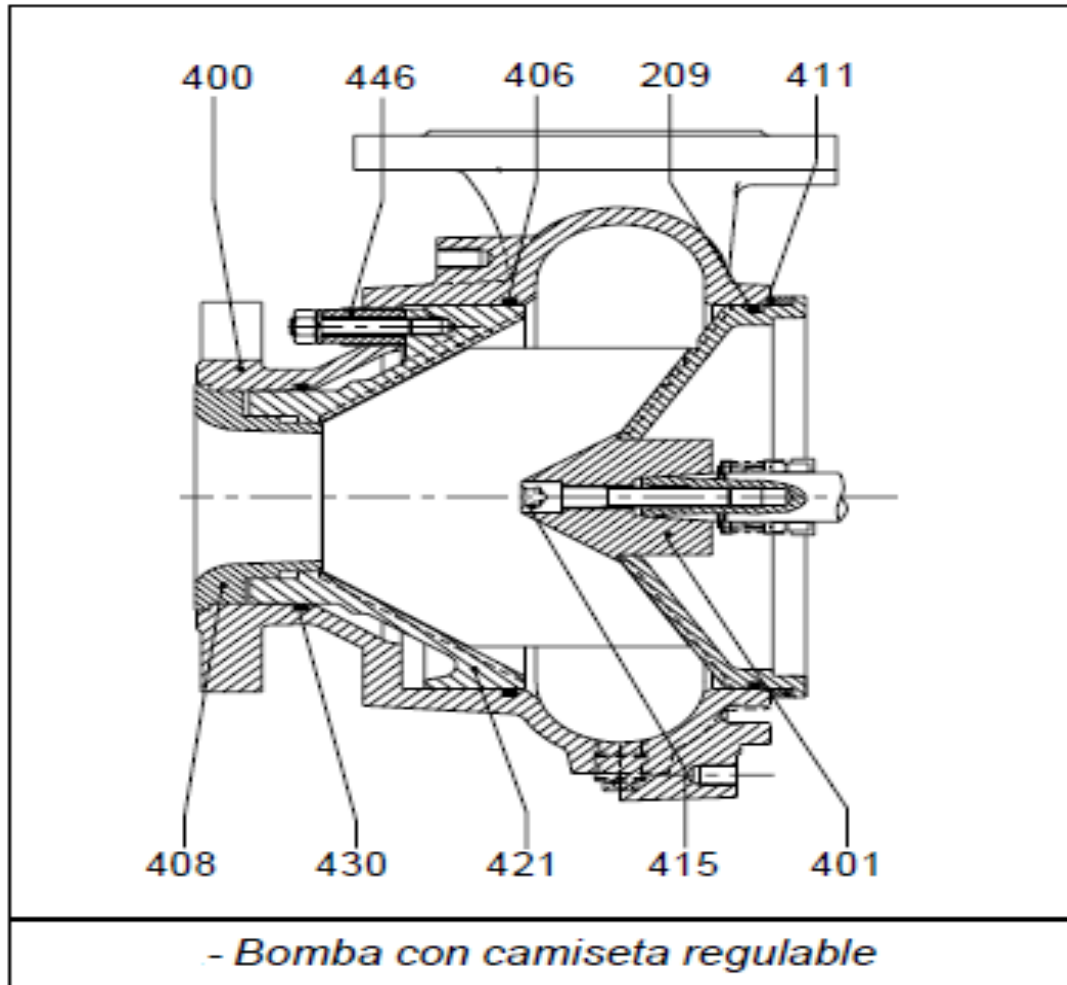
algunos modelos, se encuentra casi escondido por el anillo de desgaste. Recubra la rosca exterior de las tuercas reguladoras (posición 446) con grasa e instálelas en la tapa o caja. Ahora engrase y coloque el *O-ring* (posición 406) en la ranura en la tapa o caja. Coloque la camiseta de desgaste en su lugar dentro de la tapa con un martillo de plomo.

Asegúrese de que la posición de los espárragos coincida con la de las tuercas reguladoras (las tuercas reguladoras no están espaciadas uniformemente, por lo que sólo hay una posición correcta de la camiseta).

Para bombas con tapa (posición 406) ahora engrase el *O-ring* (posición 406) e instálelo en la ranura de la tapa. Instale la tapa (posición 416) en el lado de la caja (posición 400) con la flecha en sentido anti horario y asegúrelo con el conjunto de fijación (posición 417).

En algunos modelos ambos lados de la caja son iguales, por lo que existe la posibilidad de ensamblar la caja en sentido inverso. Ponga la atención a la flecha impresa en la caja para su correcto ensamble.

Figura 43. **Bomba con camiseta regulable**



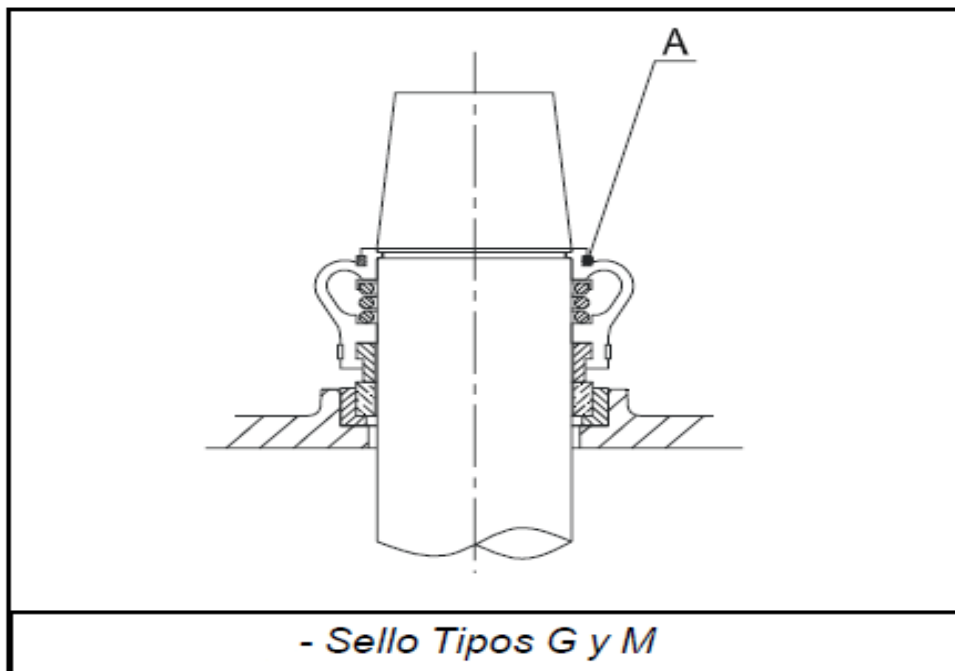
Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- Reemplazo del sello mecánico
 - Extracción del sello mecánico inferior
 - ✓ Sello de resorte interno de tipo G o M

Retire el anillo de retención A del fuelle de jebe del sello haciendo palanca con 2 destornilladores en dos lados opuestos, entre el fuelle y el anillo de retención.

Use solamente destornilladores sin filo para no dañar los sellos mecánicos. No tuerza los destornilladores pues podría pinchar los jebes.

Figura 44. **Sello tipos G y M**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

Asegúrese de que el eje no tenga filos cortantes de tal manera que las partes de jebe puedan extraerse sin posibilidad de recibir daño. Unte con aceite el eje de la

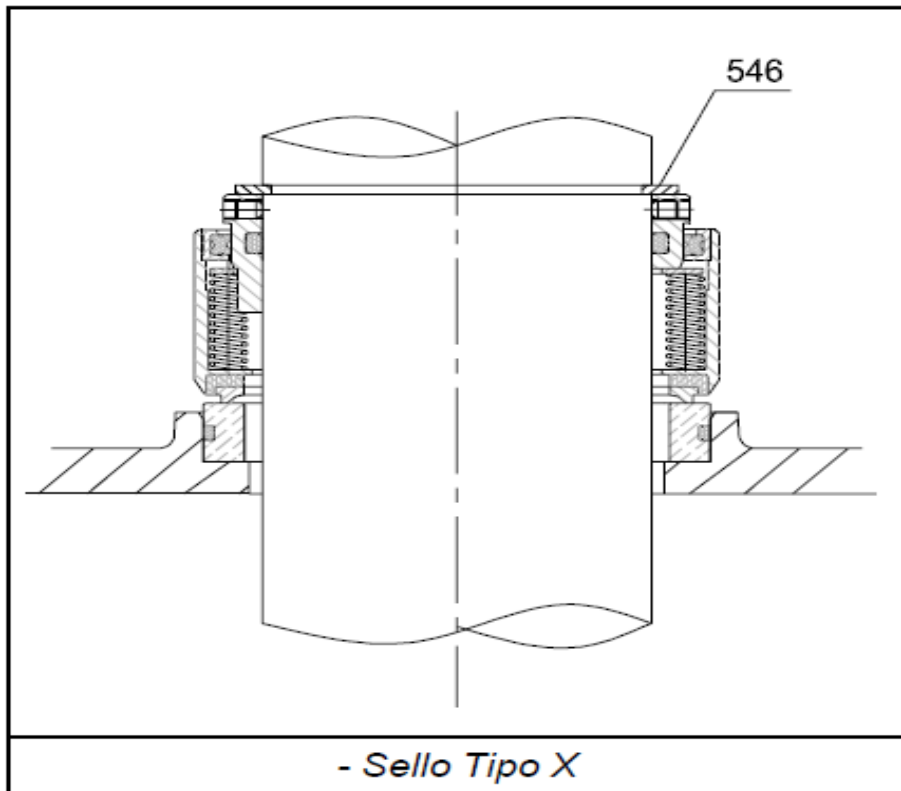
cubierta para un fácil desarmado. Inserte firmemente un destornillador entre el eje y la cubierta del jebe.

Girando los destornilladores alrededor del eje, los labios de la cubierta del jebe pueden ser retirados de su alojamiento en el eje. Una vez que la cubierta está libre de su alojamiento, el sello mecánico puede ser extraído del eje. Si es necesario, use 2 destornilladores para soltar la superficie del sello.

- ✓ Sello de acero inoxidable tipo X.

Extraiga los 3 pequeños prisioneros de la parte rotativa. Remueva el anillo elástico (posición 546). Aceite el eje para un fácil desarmado. Ahora las partes rotantes del sello pueden extraerse a mano.

Figura 45. **Sello tipo X**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

- ✓ Asiento estacionario (todos los tipos)

Extraiga las partes estáticas de los sellos mecánicos de la siguiente manera: retire las tuercas (posición 534) y cuidadosamente remueva la cubierta de la pieza intermedia (posición 507) de la cámara de aceite. Asegúrese que la parte estacionaria del sello (posición 515) no golpee el eje para que el anillo no se dañe.

Ahora las partes estáticas del sello pueden ser extraídas cuidadosamente de la parte trasera de la cámara.

- Extracción del sello mecánico superior

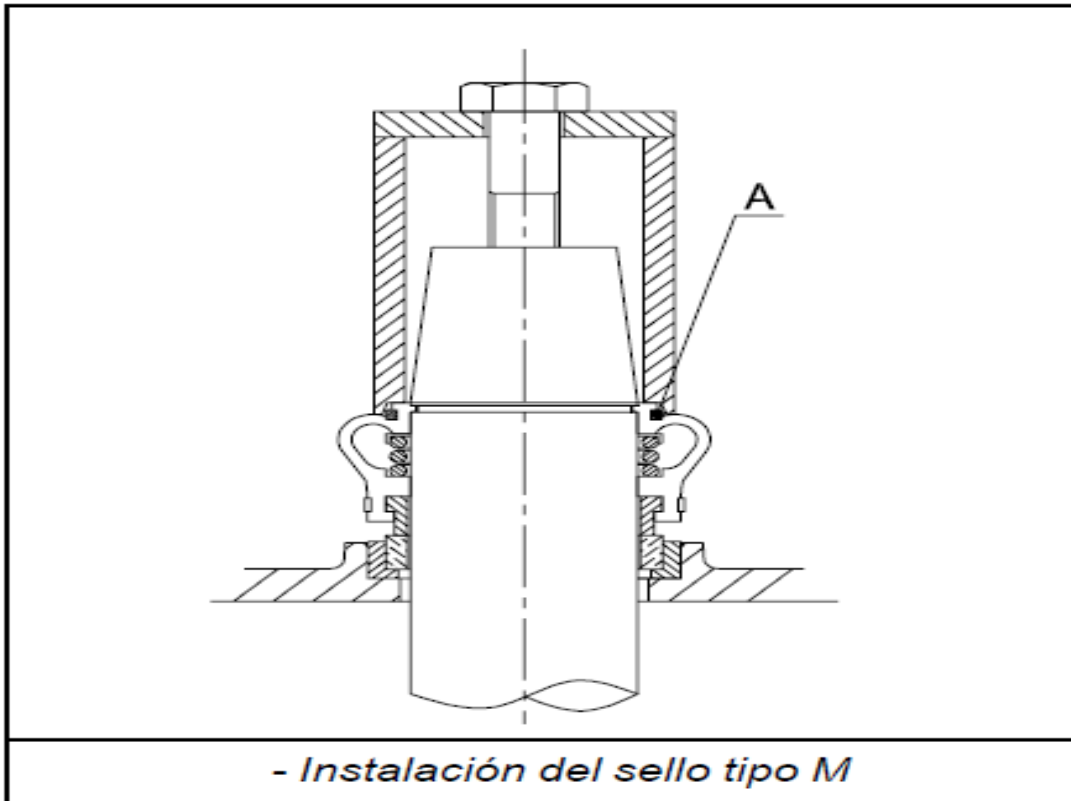
La extracción de este sello no puede ser intentado en el campo. Si se detecta alguna fuga de la carcasa del motor mediante las pruebas descritas anteriormente, el motor entero deberá ser mandado al centro de servicio certificado y autorizado más cercano para una completa inspección.

- Reemplazo del sello mecánico inferior

Lubrique con aceite la circunferencia del jebe de la parte estática del sello mecánico y colóquelo cuidadosamente en su asiento en la pieza intermedia. El anillo debe calzar apretadamente en su asiento. Proteja la cara del sello durante la operación. Examine el espacio entre el eje y el diámetro interior de la cara del sello. Cuando el sello está instalado correctamente, este espacio es uniforme.

Las caras del sello son muy frágiles pueden dañarse fácilmente si no se le aplica una presión uniforme durante la instalación. Se sugiere colocar el sello con un tubo PVC o acero preparado para este fin tal como se muestra a continuación:

Figura 46. **Instalación del sello tipo M**



Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de mantenimiento.

✓ Sello de resorte interno tipo M

Lubrique con aceite la parte rotativa del sello mecánico y coloque el anillo de retención A en la cubierta del jebe con la cara redondeada hacia ella. Empuje con la mano el conjunto hacia su posición sobre el eje lo más que se pueda. Coloque el tubo PVC o el acero y comprima el sello hasta que el labio de la cubierta del jebe y no se encuentra

montado sobre esta. Luego intente empujar la cubierta del jebe con la mano para asegurarse que el labio está en su posición dentro de la ranura del eje.

- ✓ Sello de acero inoxidable tipo X

Lubrique los *O-rings* interiores del sello y del eje con aceite ligero. Coloque el sello sobre el eje y empuje hasta que encaje en su ranura. Puede ser necesario utilizar el tubo PVC o acero como herramienta. A continuación coloque los 3 tornillos prisioneros en la parte rotatoria del eje y ajuste firmemente.

2.5.2. Ficha de mantenimiento preventivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento preventivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de los fallos de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Figura 47. **Ficha de mantenimiento preventivo**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO												
	FECHA											
Bombas Hidráulicas Tipo Sumergible												
10,000 Horas	Período Largo:											
	Extraer el equipo											
	Revisión mecánica completa											
	Cambio o sustitución de piezas en malas condiciones											
	Montaje del equipo reparado											
OBSERVACIONES												
ENCARGADO 												
FIRMA 												

Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Mantenimiento correctivo

Para fines técnicos el mantenimiento correctivo de esta propuesta de mantenimiento se centra en *tips* de síntomas y sus posibles diagnósticos de la causa del problema.

2.5.3.1. Síntomas y diagnóstico

- La bomba funciona pero no suministra el caudal o altura solicitados

Tabla XXXVI. **Causas y solución cuando no se obtiene el caudal teórico de la bomba**

Causas del problema	Como se verifica	Como se corrige
Ingreso de aire en la bomba.	En el instante en el que ocurre el problema: con la bomba en funcionamiento revise la superficie del agua en la poza de succión en busca de vórtices. Si estos existen, entonces está ingresando aire a la bomba. Un indicador de ingreso de aire a la bomba es el hecho de que esto suceda solo cuando el nivel de agua está muy cerca al nivel mínimo de la poza. También puede estar ingresando aire arrastrado por una caída de agua al interior de la poza.	Aumentando la sumergencia de la bomba. Temporalmente puede corregirse colocando varios trozos o pelotas de tecnopor o de madera en la superficie de agua para tapar el ingreso de aire. Corrigiendo el ingreso de agua al pozo no debe caer ningún chorro cerca de la succión de la bomba. Esto arrastrara aire a la succión de la bomba.

Continuación de la tabla XXXVI.

Contenido excesivo de gases en el líquido bombeado.	Revise el contenido de gases del líquido.	Reduciendo el contenido de gases del líquido.
Altura dinámica total mayor a la calculada.	Calculando el punto de operación real (requiere de mediciones de presión y caudal) con la curva de operación de la bomba.	Si la disminución del caudal corrige el problema deje la válvula, dejé la válvula graduada en esta posición. También deje la bomba si existe espacio suficiente, pero no si existe arena.
Succión de la bomba parcialmente atascada.	Revise la succión de la bomba	Limpie la succión y coloque una rejilla a la entrada del pozo.
Piezas de la bomba desgastadas.	La presencia de abrasivos en el agua puede dañar las piezas inferiores. Cierre totalmente la descarga por un instante y mida la presión desarrollada. Compare los parámetros en la puesta en marcha.	Retire la bomba y repárela.

Continuación de la tabla XXXVI.

	Si es sensiblemente menor, posiblemente la falla se deba a desgaste en las piezas.	
Luz excesiva entre el impulsor y la bomba.	Mida la luz entre el impulsor y la bomba.	Corrija según las especificaciones del fabricante.
La bomba gira en sentido contrario.	Verifique el sentido de giro de la bomba.	Si el sentido de giro de la bomba no es el correcto invierta las fases de alimentación de la electricidad (considere el tipo de arranque).
Altura dinámica total mayor a la calculada	Calcule nuevamente el sistema y compare con los datos iniciales.	Consulte a la fábrica por un impulsor de mayor diámetro o por otro modelo de bomba.

Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de problemas de funcionamiento.

- La bomba funciona pero se dispara el protector térmico o el fusible

Tabla XXXVII. **Causas y solución cuando se dispara el protector térmico**

Causa del problema	Como se verifica	Como se corrige
Voltaje incorrecto.	Mida el voltaje y verifique que se encuentre dentro de los límites indicados por las condiciones de garantía del fabricante.	Si el voltaje no es el adecuado. Contacte con la compañía de suministro eléctrico para corregirlo.
Bomba atascada.	Retire la bomba del pozo y revise la succión y caja de la bomba en búsqueda de objetos extraños.	Extraiga los objetos extraños y tome precauciones para que esto no vuelva a ocurrir (asegúrese de que la rejilla a la entrada del pozo sea la adecuada).
Bobinado del motor o cable de bajada defectuoso.	Verifique la resistencia del embobinado del motor empleando un megóhmetro. Si es demasiado bajo el bobinado del motor puede estar en corto; si la lengua del megóhmetro no se mueve, indicando una alta o infinita resistencia, entonces existe un circuito abierto en el motor.	Si el cable de bajada o el bobinado del motor no presentan defecto alguno (corto a tierra o abierto), entonces el equipo de bombeo debe ser levantado y revisado.

Continuación de la tabla XXXVII.

Consumo desequilibrado.	La tensión no es la misma en las tres fases, uno de los conductores está conectado a tierra o una de las fases del bobinado está conectada a tierra.	Mida el voltaje para las tres fases y revise la resistencia de los cables de alimentación con respecto al cable de tierra.
Aislamiento del cable defectuoso.	Mida el aislamiento de los cables y de la bomba.	Reemplace los cables o repare el motor según corresponda.
Conexión Y/D defectuosa.	La conexión Y/D del motor en el tablero no es la correcta.	Revise y corrija la conexión de ser necesario.

Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de problemas de funcionamiento.

➤ La bomba no arranca

Tabla XXXVIII. **Causas y solución cuando la bomba no arranca**

Causa del problema	Como se verifica	Como se corrige
Nivel de la poza de succión por debajo del mínimo.	Revise el nivel del pozo de succión.	Espere a que el nivel del agua suba.

Continuación de la tabla XXXVIII.

<p>Sensor de temperatura del motor detectó en el anterior arranque una temperatura excesiva.</p>	<p>Vea luz indicadora de sobre calentamiento del motor en el tablero.</p>	<p>La alarma se resetea desde el tablero. Permitiendo un nuevo arranque. Si vuelve a suceder, primero revise las condiciones de operación (temperatura ambiente y del agua no deben ser mayores a 40 grados centígrados, gravedad específica no mayor a 1) y extraiga la bomba para su revisión.</p>
<p>Protector térmico disparado.</p>	<p>Revise los fusibles y los protectores térmicos para determinar si están operando correctamente.</p>	<p>Si los fusibles están quemados, replácelos. Si el protector ha sido disparado, reactívelo.</p>
<p>No hay suministro eléctrico.</p>	<p>Verifique que existe suministro eléctrico en el tablero empleando un voltímetro en las líneas de energía. El voltaje deberá estar dentro del rango de operación.</p>	<p>Si no existe suministro eléctrico en el tablero busque la causa y corríjala o contacte a la empresa eléctrica.</p>

Continuación de la tabla XXXVIII.

Tablero de mando defectuoso.	Revise el cableado en el tablero eléctrico y verifique que todos los contactos se encuentren bien ajustados. Con un voltímetro verifique que voltaje es el adecuado.	Corregir cuidadosamente el cableado o ajustar los contactos firmemente. Contacte al proveedor del tablero.
Cable del motor cortado.	Verifique continuidad en las líneas.	Reemplace los cables dañados.

Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de problemas de funcionamiento.

- La bomba vibra excesivamente o tiene un funcionamiento irregular

Tabla XXXIX. **Causas y solución cuando la bomba vibra excesivamente**

Causa del problema	Como se verifica	Como se corrige
Altura total muy baja.	Revise la presión de descarga y compárela con la del diseño.	Cierre parcialmente la válvula de descarga hasta llegar a valores de descarga de presión cercanos a los de diseño.
La bomba cavita.	La presión de descarga cae y oscila. Se percibe ruido y vibraciones inusuales.	Asegúrese que la altura de succión es la de diseño y revise la succión en búsqueda de cuerpos extraños.

Continuación de la tabla XXXIX.

Piezas mecánicas desgastadas.	Examine las partes giratorias en contacto de la bomba en búsqueda de componentes desgastados.	Reemplace las piezas desgastadas.
Ingreso constante de aire a la bomba.	Nivel de agua cercano a la succión.	Baje la bomba si es posible o reduzca el caudal para que el nivel dinámico del pozo se eleve.

Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de problemas de funcionamiento.

➤ La bomba arranca pero no bombea

Tabla XL. **Causas y solución cuando la bomba arranca pero no bombea**

Causas del problema	Como se verifica	Como se corrige
La válvula <i>check</i> en la descarga está instalada en sentido contrario.	Examine la flecha en la válvula <i>check</i> que indica la dirección del flujo.	Corrija si es necesario.
Válvula de descarga cerrada.	Verifique la posición de la válvula a la descarga de la bomba.	Corrija si es necesario.
Succión obstruida.	Revise la succión de la bomba.	Limpie la succión de la bomba.

Continuación de la tabla XL.


No hay líquido en el pozo.	Revise el nivel del pozo. Revise también los sensores de nivel (la bomba no debe arrancar si el nivel del agua está por debajo del nivel mínimo preestablecido).	Corrija o instale un sensor de nivel mínimo en el pozo de succión.
Altura dinámica total mayor a la calculada.	Calcule nuevamente el sistema y compare con los datos iniciales.	Consulte a la fábrica por un impulsor de mayor diámetro o por otro modelo de bomba.

Fuente: Manual del usuario Hidrostral de bomba sumergible centrífugo helicoidal, sección de problemas de funcionamiento.

2.5.3.2. Ficha de mantenimiento correctivo

Después de efectuar un diagnóstico proceda a cotizar y efectuar la selección del personal que efectuará la venta y reparación del equipo, para tener un control técnico detallado del diagnóstico y del encargado de la reparación del equipo a tratar se efectuará un formato a seguir, una ficha de mantenimiento correctivo, el cual se muestra a continuación.

Figura 48. **Ficha de mantenimiento correctivo**

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA		
FICHA DE MANTENIMIENTO		
		NO. <input type="text"/>
NOMBRE:	<input type="text"/>	
AREA:	<input type="text"/>	
UBICACIÓN:	<input type="text"/>	
FALLOS MAS FRECUENTES		
Fallos	Posibles Causas	Soluciones
Proveedor:	Observaciones:	
Teléfono:	mail:	
Dirección:		

Fuente: elaboración propia.

2.5.3.3. Proveedores de los equipos y datos

El listado contiene proveedores de equipos y servicios de mantenimiento de equipos de bombeo hidráulico y modo de contacto, la dirección de correo electrónico, teléfono, dirección física de instalaciones de las empresas.

Tabla XLI. **Listado de proveedores de equipos de bombeo hidráulico**

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
AQUATECNIA.	Ciudad.	7775-7873 5482-0653 5212-3585
ABS BOMBAS.	1a avenida 5-26 zona 4, Villa Nueva colonia Valencia 1.	6636-9223 6635-7558 5704-9645 absventas@gmail.com
BBS bombas y básculas del sur, S.A.	Calzada San Juan 13-90 zona 7, comercial la Quinta local 22. 15 avenida 8-76 zona 11, colonia Carabanchel.	2474-1081 , 2474-3206 5204-5428 2440-8544 , 24752897 2440-8370
BOMBAS Y SERVICIOS, S.A.	3a avenida 2-26 zona 9.	2360-1487 2362-1727 2433-6680 bys@intelnett.com
CONSTRUCTORA PERFORADORA.	15 avenida 2-94 sector B-1 ciudad San Cristóbal Z-8 de Mixco.	2485-4198 2485-4199 5067-6318 5061-6885

Continuación de la tabla XLI.

AQUASISTEMAS.	41 calle 6-55, zona 8 frente a Boulevard Liberación.	PBX: 2387-5500 Ventas: 2387-5555 Servicio: 2387-5550 www.aquasistemas.com.gt
IMPORTADORA HIDRAULICA DUBON, S.A.	2a calle 3-32 zona 9. 5a avenida 1-82 zona 9. 7a avenida 1-30 zona 9.	2382-9000 2334-5644 / 6667 2332-1623 / 7845 www.importadoradubon.com ventas@importadoradubon.com
EI MANANTIAL BRM.	6a avenida "A" 0-67 zona 2.	5401-5638 4186-8155 4378-0589
HIDRITECNIA.	Avenida La Castellana 39- 36 zona 8	PBX: 2384-8400
Electrohidráulica.	5a avenida 3-38 zona 9.	PBX: 2361-8772 2334-1471 eh.bombas@hotmail.com
HIDROMEX.	3a avenida 9-14 zona 9.	2334-1353 2334-3084 2334-3087
Técnica Hidráulica, S.A.	Avenida La Castellana 40- 26 zona 8.	PBX: 2472-0687
HIDROBOMBAS, S.A.	Ciudad	5851-1835 Telefax: 78394805

Continuación de la tabla XLI.

HIDROSISTEMAS.	12 calle Montúfar 3-38 zona 9.	2334-2285 2361-2853 al 55 Fax: 2332-5004 www.hidrosistemas.com.gt ventas@hidrosistemas.com .gt
----------------	-----------------------------------	---

Fuente: elaboración propia.

2.5.4. Mantenimiento predictivo

En estos equipos, dado la profundidad a la que se encuentran y en las condiciones de trabajo dificulta usar equipos de medición como lo son ultrasonidos y termografía, teniendo un indicador más confiable de algún mal funcionamiento y económico, como lo es el caudal de la misma bomba y sus especificaciones.

Para el equipo hidráulico sumergible en particular se estudiarán aforos de la bomba cada 3 meses, los resultados del caudal suministrado en el aforo deberá compararse con los datos del fabricante suministrados en la sección de diagnóstico de este programa de mantenimiento.

2.5.4.1. Herramienta y equipos a utilizar

- Cronómetro
- Papel y pluma
- Metro

- Tabla de conversión
- Fórmulas de áreas

2.5.4.2. Procedimiento de análisis

Se tomará el tiempo del vaciado del tanque de captación, seguido de esto se deberá tomar el tiempo de llenado al nivel de trabajo inicial del tanque.

Utilizando fórmulas de área calcule el volumen de trabajo actual del tanque, utilizando tablas de conversión efectúe la conversión del resultado del volumen a galones.

Divida el volumen en galones por el tiempo de vaciado del volumen de trabajo dado en minutos. Repita este procedimiento con el tiempo de llenado del volumen de trabajo dado en minutos.

El volumen de trabajo dividido el tiempo de vaciado de éste es la demanda.

El volumen de trabajo dividido el tiempo de llenado de este es el caudal bombeado por el equipo de bombeo menos la demanda.

Sume el caudal de demanda al caudal de llenado del nivel de trabajo y se obtendrá el caudal real de bombeo del equipo.

Comparar éste con el caudal teórico de las especificaciones del equipo dadas en el apartado de diagnóstico de este programa.

Si el caudal real es mayor o igual al caudal teórico, el equipo está en perfectas condiciones.

Si el caudal real es ligeramente menor al caudal teórico, el equipo no está en perfectas condiciones pero no es necesaria la extracción de éste para una revisión.

Si el caudal real es 50% menor o menor al 50% del caudal teórico, se deberá de abocar al apartado de síntomas y diagnósticos del mantenimiento correctivo sección 2.6.3.1.página 202 de este trabajo.

2.5.4.3. Ficha de mantenimiento correctivo para uso predictivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento correctivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de las fallas de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Tabla XLII. **Listado de proveedores de equipos de bombeo hidráulico**

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
AQUATECNIA.	Ciudad.	7775-7873 5482-0653 5212-3585
ABS BOMBAS.	1a Avenida 5-26 zona 4 Villa Nueva, colonia Valencia 1.	6636-9223 6635-7558 5704-9645 absventas@gmail.com
BBS bombas y básculas del sur, S.A.	Calzada San Juan 13-90 zona 7, comercial la Quinta local 22. 15 avenida 8-76 zona 11, colonia Carabanchel.	2474-1081 , 2474-3206 5204-5428 2440-8544 , 24752897 2440-8370
BOMBAS Y SERVICIOS, S.A.	3a Avenida 2-26 zona 9.	2360-1487 2362-1727 2433-6680 bys@intelnett.com
CONSTRUCTORA PERFORADORA.	15 avenida 2-94 sector B-1 ciudad San Cristóbal zona 8 de Mixco.	2485-4198 2485-4199 5067-6318 5061-6885

Continuación de la tabla XLII.

AQUASISTEMAS.	41 calle 6-55 zona 8 frente a Boulevard Liberación.	PBX: 2387-5500 Ventas: 2387-5555 Servicio: 2387-5550 www.aquasistemas.com.gt
IMPORTADORA HIDRAULICA DUBON, S.A.	2a calle 3-32 zona 9. 5a avenida 1-82 zona 9. 7a avenida 1-30 zona 9.	2382-9000 2334-5644 / 6667 2332-1623 / 7845 www.importadoradubon.com ventas@importadoradubon.com
EI MANANTIAL BRM.	6a avenida "A" 0-67 zona 2.	5401-5638 4186-8155 4378-0589
HIDRITECNIA.	Avenida La Castellana 39-36 zona 8.	PBX: 2384-8400
Electrohidráulica.	5a avenida 3-38 zona 9.	PBX: 2361-8772 2334-1471 eh.bombas@hotmail.com
HIDROMEX.	3a avenida 9-14 zona 9.	2334-1353 2334-3084 2334-3087
Técnica Hidráulica, S.A.	Avenida La Castellana 40-26 zona 8.	PBX: 2472-0687

Continuación de la tabla XLII.

HIDROBOMBAS, S.A.	Ciudad.	5851-1835 Telefax: 78394805
HIDROSISTEMAS.	12 calle Montúfar 3-38 zona 9.	2334-2285 2361-2853 al 55 Fax: 2332-5004 www.hidrosistemas.com.gt ventas@hidrosistemas.com .gt

Fuente: elaboración propia.

2.6. Mantenimiento de extintores

Se estructura una rutina de mantenimiento en base a las necesidades de cada tipo de equipo de extintores ubicado en la Facultad de Ingeniería.

2.6.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo en materia de extintores es indispensable y está normado para un correcto funcionamiento de éstos, entre las normas más reconocidas que se pueden mencionar están: Norma CPI/96, Norma NFPA 10 y la Norma de la ITC-MIE-AP5 (Institución Técnica Complementaria Sobre Extintores de Incendios).

El mantenimiento consta de procesos de inspección el cual puede efectuar el dueño del equipo y el proceso de la manipulación del equipo el cual sólo puede ser realizado por una empresa certificada para el mismo, en este

proceso se tiene: la recarga del material extintor y revisión de los componentes del equipo así como las pruebas mínimas necesarias de seguridad en los equipos.

➤ Proceso de inspección

Este proceso se realizara cada 3 meses como mínimo y la persona encargada deberá efectuar las siguientes corroboraciones:

- Ha de comprobarse la accesibilidad, el buen estado aparente de conservación, los seguros, precintos, inscripciones, manguera, etc.
- Se comprobará el estado de la carga (peso y presión) del extintor y del botellín de gas impulsor (si existe) el estado de las partes mecánicas (boquilla, válvulas, manguera, etc.).

➤ Proceso de manipulación del equipo

Es un procedimiento más complejo que examina a fondo las condiciones de los extintores. Para los extintores portátiles, la Norma NFPA 10 recomienda un período de mantenimiento de un año o cuando sea indicado específicamente por alguna inspección. Por medio del mantenimiento se debe determinar si el extintor ha perdido presión en algún grado (por mínimo que sea).

Todos los extintores deben ser recargados después de ser utilizados o cuando sea indicado por una inspección o cuando se ejecuten procedimientos de mantenimiento.

La recarga y mantenimiento de los extintores portátiles se realizará por las empresas mantenedoras que cumplan los requisitos establecidos en las ITC-MIE-AP5 y estén autorizadas regionalmente.

El mantenimiento incluye un chequeo completo de partes mecánicas, agente extintor y medios expelentes.

En todos los casos, tanto el mantenedor como el titular de la instalación, conservarán constancia documental del cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo, indicando, como mínimo: las operaciones efectuadas, el resultado de las verificaciones y pruebas y la sustitución de elementos defectuosos que se hayan realizado.

2.6.1.1. Rutina a realizar en función del tiempo

En función del tiempo de operación se designó una rutina a realizar para un mantenimiento efectivo de los equipos la cual se muestra con detalle de tiempo en que se debe efectuar su realización.

Tabla XLIII. Rutina en función del tiempo

Tiempo	Rutina	Elaborado por
Trimestral	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ha de comprobarse la accesibilidad, el buen estado aparente de conservación, los seguros, precintos, inscripciones, manguera, etc. ➤ Se comprobará el estado de la carga (peso y presión) del extintor y del botellín de gas impulsor (si existe) el estado de las partes mecánicas (boquilla, válvulas, manguera). 	Personal interno

Continuación de la tabla XLIII.

<p>Anual</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desmonte general del extintor para examinar todos sus componentes. ➤ Efectuar limpieza. ➤ Reemplazar las piezas defectuosas para proceder nuevamente a su montaje. ➤ Recargar con la cantidad de agente químico extintor indicado, de primera calidad que cumple con la norma. ➤ Reemplazar el agente expulsor con la presión y cantidad indicada. ➤ Realizar pruebas de escape sensitivas para asegurar que los extintores permanezcan en estado operables. ➤ Colocar sellos nuevos y etiquetas de recarga con la fecha de realización del mantenimiento, numerada que garantiza la trazabilidad del mantenimiento realizado. ➤ A todos los extintores que se les haga mantenimiento, se les colocará en el cuello un anillo de verificación, de servicio de uso anual el cual garantiza una revisión y mantenimiento adecuados según la última edición de la Norma NFPA – 10 (Exija este anillo a su proveedor). ➤ Las partes que requieran ser remplazadas serán de calidad reconocida y autorizadas por el cliente. Las partes remplazadas serán devueltas al cliente. 	<p>Empresa certificada encargada</p>
<p>Cada 5 años</p>	<p>Retimbrado del extintor.</p>	<p>Empresa certificada encargada</p>

Fuente: elaboración propia.

2.6.1.2. Proveedores del servicio de mantenimiento y datos

El listado contiene proveedores de equipos y servicios de mantenimiento de equipos extintores y modo de contacto, la dirección de correo electrónico, teléfono y dirección física de instalaciones de las empresas.

Tabla XLIV. Listado de proveedores de equipos extintores

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
ABR de Guatemala SA.	6a avenida 9-31 zona 2.	2329-9100 www.abrdeguatemala.com
Extinguidores de Guatemala	9a calle 33-68 zona 7 Tikal II.	2438-3278 extinguidoresdeguatemala@gmail.com
F. Mansilla	7a avenida 0-70 zona 13.	2386-6999 ventas@fmansilla.com
Fuego & seguridad	34 calle 10-25 zona 11 Las Charcas.	2269-2345 al 47 2442-1193 al 97 www.fuegoyseguridad.com
Servext		2448-4556 5205-4777 ventas@servext.tk
Servicentro de extinguidores		6635-7884 6636-0551 5318-2451 5318-4882
Productos del Aire	41 calle 6-27 zona 8.	2421-0400 productosdelaire@fabrigas.com

Continuación de la tabla XLIV.

Servicio Técnico de Extinguidores	1a calle 10-50 zona 1.	2232-0888 2253-1653 2220-0011 2220-0013 www.serviciotecnicodeextinguidores.com
-----------------------------------	------------------------	--

Fuente: elaboración propia.

2.6.1.3. Ficha de mantenimiento preventivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento preventivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de las fallas de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Figura 50. **Ficha de mantenimiento preventivo**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO									
FECHA									
Extintores									
Trimestral	inspeccion rutinaria Comprobacion de accesibilidad. Buen estado aparente de conservación, los seguros, precintos, inscripciones, manguera. Se comprobará el estado de la carga (peso y presión) del extintor . Estado de las partes mecánicas (boquilla, válvulas, manguera, etc.).								
ANUAL	Según establece la Norma CPI/96 es indispensable mantener en condiciones óptimas de funcionamiento los extintores, por lo que se debe realizar, como mínimo y siempre por personal autorizado para ello por Industria, una revisión anual de éstos para comprobar que mantienen la presión adecuada, que sus componentes no han sido manipulados, que la carga es la correcta, etc.								
5 AÑOS	Cada cinco años se debe proceder al retimbrado de los extintores. Las mangueras de las Bocas de Incendio Equipadas (BIEs), también deben ser revisadas cada año y es obligatoria una prueba hidráulica cada cinco años.								
OBSERVACIONES									
ENCARGADO									
FIRMA									

Fuente: elaboración propia.

2.6.2. **Mantenimiento correctivo**

Los equipos de extinción de incendios son muy importantes dado que éstos puede causar pérdidas humanas al no funcionar bien en una emergencia, en el caso de un mantenimiento correctivo de estos equipos sólo la empresa certificada para cada equipo lo puede efectuar, con esto se asegura un buen funcionamiento de estos en cualquier circunstancia.

Dependiendo del daño que tenga el equipo se podrá reparar o no, esta decisión quedara a cargo de la empresa certificada aunque a continuación se proporcionará un listado de las características que tienen que tener los equipos para desecharlos.

2.6.2.1. Síntomas para efectuar el reemplazo del equipo

En el caso de que el cilindro de un extintor presente una o más de las condiciones registradas a continuación de inmediato deberá ser rechazado para su reposición:

- Cuando existan reparaciones por soldadura, latonería o utilización de parches.
- Cuando las roscas del cilindro o de la cápsula están dañadas.
- Cuando exista una corrosión que haya causado agujeros, incluso bajo los cinturones de identificación removibles.
- Cuando el extintor haya sido quemado en un incendio.
- Cuando se haya utilizado un agente extintor basándose en cloruro de calcio en un extintor de acero inoxidable.
- Cuando el recipiente sea de cobre o bronce unido por soldadura blanda o ribetes.

2.6.2.2. Ficha de mantenimiento correctivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento correctivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de los fallos de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Figura 51. **Ficha de mantenimiento correctivo**

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA	
FICHA DE MANTENIMIENTO		
		NO. <input style="width: 50px;" type="text"/>
NOMBRE:	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
AREA:	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
UBICACIÓN:	<input style="width: 95%;" type="text"/>	
FALLOS MAS FRECUENTES		
Fallos	Posibles Causas	Soluciones
Proveedor:	Observaciones:	
Teléfono:	mail:	
Dirección:		

Fuente: elaboración propia.

2.6.2.3. Proveedores de los equipos y datos

El listado contiene proveedores de equipos y servicios de mantenimiento de equipos extintores y modo de contacto, la dirección de correo electrónico, teléfono y dirección física de instalaciones de las empresas.

Tabla XLV. Listado de proveedores de equipos extintores

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
ABR de Guatemala SA.	6a avenida 9-31 zona 2.	2329-9100 www.abrdeguatemala.com
Extintores de Guatemala	9a calle 33-68 zona 7 Tikal II.	2438-3278 extintoresdeguatemala@gmail.com
F. Mansilla	7a avenida 0-70 zona 13.	2386-6999 ventas@fmansilla.com
Fuego & seguridad	34 calle 10-25 zona 11 Las Charcas.	2269-2345 al 47 2442-1193 al 97 www.fuegoyseguridad.com
Servext		2448-4556 5205-4777 ventas@servext.tk
Servicentro de extintores		6635-7884 6636-0551 5318-2451, 5318-4882

Continuación de la tabla XLV.

Productos del Aire	41 calle 6-27 zona 8.	2421-0400 productosdelaire@fabrigas.com
Servicio Técnico de Extinguidores	1 calle 10-50 zona 1.	2232-0888 2253-1653 2220-0011 2220-0013 www.serviciotecnicodeextinguidores.com

Fuente: elaboración propia.

2.6.3. Mantenimiento predictivo

En estos equipos por el constante recelo y control que se tiene del buen funcionamiento y la exactitud de sus componentes, así como el ambiente poco exigente del lugar de almacenaje y acompañado de una buena calidad de parte de los fabricantes dado que tienen que seguir las normas pertinentes, con los mantenimientos preventivos y las inspecciones es suficiente, un mantenimiento predictivo de éstos en muchos casos está de más pero si se cuenta con un equipo ultrasónico de detección de fugas se puede elaborar un mantenimiento predictivo en estos aparatos y con ello brindar una mayor fidelidad y confianza en el uso de éstos en cualquier eventualidad, contribuyendo a una mayor seguridad de los usuarios.

2.6.3.1. Herramienta y equipo a utilizar

➤ **Equipo de ultrasonido**

Localizador de fugas y defectos mecánicos. Son equipos robustos y muy sensibles de detección de fugas y localizador de desperfectos mecánicos.

2.6.3.2. Procedimiento de análisis

El análisis ultrasónico se realizará acuerpando las inspecciones del mantenimiento preventivo trimestralmente en cada equipo, cubriendo todos los ángulos de éste y en toda su periferia poniendo especial énfasis en la válvula de conexión entre la boquilla de salida y el cilindro.

Si el equipo no presenta indicios de fuga y el manómetro de control de éste está en el área de recargado que por lo general está de color verde, se seguirá la inspección rutinaria sin afectar el proceso de ésta.

Si por el contrario se detectase indicios de fuga se llenará una ficha de mantenimiento correctivo e inmediatamente se deberá contactar a la empresa que brindo el último mantenimiento, ésta se encuentra en el cuerpo del cilindro del aparato, un adhesivo que lleva la fecha y la empresa que lo efectuó.

La empresa en mención deberá encargarse del análisis del equipo y deberá dar una explicación de porqué la fuga no fue encontrada en el último mantenimiento que se le brindó a dicho equipo.

2.6.3.3. Ficha de mantenimiento correctivo para uso predictivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento correctivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de los fallos de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Figura 52. Ficha de mantenimiento correctivo

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA																																	
FICHA DE MANTENIMIENTO			NO. <input type="text"/>																														
NOMBRE:																																	
AREA:																																	
UBICACIÓN:																																	
FALLOS MAS FRECUENTES																																	
Fallos	Posibles Causas	Soluciones																															
<table border="1"><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr></table>											<table border="1"><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr></table>											<table border="1"><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr><tr><td> </td></tr></table>											
Proveedor:		Observaciones:																															
Teléfono:	mail:																																
Dirección:																																	

Fuente: elaboración propia.

2.6.3.4. Proveedores de los equipos y datos

El listado contiene proveedores de equipos y servicios de mantenimiento de equipos extintores y modo de contacto, la dirección de correo electrónico, teléfono y dirección física de instalaciones de las empresas.

Tabla XLVI. **Listado de proveedores de equipos extintores**

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
ABR de Guatemala SA.	6a avenida 9-31 zona 2.	2329-9100 www.abrdeguatemala.com
Extinguidores de Guatemala	9a calle 33-68 zona 7 Tikal II.	2438-3278 extinguidoresdeguatemala@gmail.com
F. Mansilla	7a avenida 0-70 zona 13.	2386-6999 ventas@fmansilla.com
Fuego & seguridad	34 calle 10-25 zona 11 Las Charcas.	2269-2345 al 47 2442-1193 al 97 www.fuegoyseguridad.com
Servext		2448-4556 5205-4777 ventas@servext.tk
Servicentro de extinguidores		6635-7884 6636-0551 5318-2451 5318-4882
Productos del Aire	41 calle 6-27 zona 8.	2421-0400 productosdelaire@fabrigas.com
Servicio Técnico de Extinguidores	1a calle 10-50 zona 1.	2232-0888, 2253-1653 2220-0011 2220-0013 www.serviciotecnicodeextinguidores.com

Fuente: elaboración propia.

2.7. Mantenimiento de equipo de filtrado de agua

Se estructura una rutina de mantenimiento en base a las necesidades de cada equipo de filtrado de agua ubicado en la Facultad de Ingeniería.

2.7.1. Mantenimiento preventivo

El equipo de filtrado y ozonización de agua trabaja por medio de un filtro por lo general de carbón activado o algún otro material utilizado en filtración y por un dispositivo que obtiene el ozono ya sea partiendo del aire o del oxígeno puro, se obtiene por descarga eléctrica alterna de alta tensión y/o frecuencia, para evitar la formación de un arco eléctrico (descarga eléctrica silenciosa) entre dos electrodos, éstos están separados por un medio dieléctrico, generalmente vidrio.

El dispositivo de ozonización por su diseño está libre de mantenimiento preventivo, en cambio el filtro tiene un periodo de efectividad de 6 meses dependiendo la calidad del agua suministrada y la calidad del filtro en mención, por lo que el mantenimiento preventivo en estos equipos consta de una inspección mensual y un cambio de candela semestral que por razones de garantía y fidelidad del equipo lo tiene que realizar el distribuidor certificado de dicho equipo.

2.7.1.1. Rutina a realizar en función del tiempo

En función del tiempo de operación se designo una rutina a realizar para un mantenimiento efectivo de los equipos la cual se muestra con detalle de tiempo en que se debe efectuar su realización.

Tabla XLVII. Rutina a realizar en función del tiempo para filtros de agua

Tiempo	Procedimiento	Elaborado por
Mensual	<ul style="list-style-type: none">➤ Diagnóstico visual del estado del equipo.➤ Prueba de los botones y el funcionamiento del equipo.➤ Recolección de muestra del agua para el respectivo análisis.	Personal interno
Semestral	<ul style="list-style-type: none">➤ Cambio de candela del filtro.➤ Revisión del estado del equipo.➤ Prueba del funcionamiento del equipo.	Empresa certificada encargada

Fuente: elaboración propia.

2.7.1.2. Proveedores del servicio de mantenimiento y datos

El listado contiene proveedores de equipos y servicios de mantenimiento de equipos de filtración de agua y modo de contacto, la dirección de correo electrónico, teléfono y dirección física de instalaciones de las empresas.

Tabla XLVIII. **Listado de proveedores del servicio de mantenimiento en filtros de agua**

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
American-ozone Filter	20 calle 15-80 zona 10.	2366-4598 5510-0380 2367-6649 american_ozonefilter@yahoo.com
Purificala		2388-7575 purificala@gmail.com
Ozonofil	29 avenida y 15 calle "B" 5-56 zona 7. Kaminaljuyú 1.	2389-6400 2485-7360 2485-7680 www.dispufil.com dispufirm50@yahoo.com
Ecofiltro	Centro Comercial Escala Roosevelt, kiosco en sótano 1	2250-7224 www.ecofiltro.com
Ozono-o-matic	21 avenida 16-02 16-02 zona 10.	2376-8888 2385-6969 www.starlinedigital.com starlineadmongua@gmail.com
Álamo Wáter		2423-3737 2423-3747
AGUATECMA	12 avenida 24-55 zona 5. Carretera a El Salvador kilómetro 13.5.	2331-1121 5510-4623
ACQUAOZON- AGUINTER, SA.	12 avenida 15-37 zona 10.	2367-1934 2367-1936 2470-1251 2470-1252 www.ackerlandgruppe.com

Fuente: elaboración propia.

2.7.1.3. Ficha de mantenimiento preventivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento correctivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de los fallos de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Figura 53. **Ficha de mantenimiento preventivo**

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO											
	FECHA										
Filtros Purificadores De Agua											
MENSUAL	Inspeccion rutinaria.										
	Diagnostico visual del estado del equipo.										
	Recoleccion de muestra del agua para el respectivo analisis.										
SEMESTRAL	Su mantenimiento es sencillo y se limita al cambio de la bujía de filtración de acuerdo al estado de esta (1 o 2 veces por año aproximadamente). Y por supuesto verificar se se encuentren en buen estado, sin fugas, sin daños en su estructura y limpios en su superficie.										
OBSERVACIONES											
			ENCARGADO								
			FIRMA								

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo se aplicará por medio de subcontrato con las empresas que se autoricen por parte de las autoridades de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2.7.2.1. Procedimiento a seguir

Cuando en alguna inspección se tiene el inconveniente en particular de que el equipo no enciende, primero se deberá revisar el conector de electricidad de éste, así como el respectivo fusible el cual está ubicado en uno de los lados del equipo, si se descubre que el conector de electricidad del aparato no está en su sitio, se proseguirá a conectarlo en su respectivo lugar y en el caso de que el fusible estuviere quemado se proseguirá al reemplazo de éste, una vez solventados estos inconvenientes se proseguirá a la prueba del equipo y si éste no funcionara, se tomará como un equipo con desperfecto y se proseguirá a llenar la ficha de mantenimiento correctivo y a contactar a la empresa que brinda el servicio de mantenimiento del equipo.

Cuando en alguna inspección se detecte algún desperfecto en el aparato o en su funcionamiento. Así como en el análisis del agua, se deberá contactar con la empresa encargada de proporcionar el mantenimiento, dado que esto es una señal de que la candela, el mecanismo ozonizador o los 2 no están funcionando correctamente en el equipo.

Se elaborará una ficha de mantenimiento correctiva para ese equipo indicando el desperfecto por el cual se requiere la reparación o el ajuste y la empresa encargada deberá solucionarlo eficientemente.

2.7.2.3. Proveedores de los equipos y datos

El listado contiene proveedores de equipos y servicios de mantenimiento de equipos de filtración de agua y modo de contacto, la dirección de correo electrónico, teléfono y dirección física de instalaciones de las empresas.

Tabla XLIX. Listado de proveedores de equipo en filtrado de agua

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
American-ozone Filter	20 calle 15-80 zona 10.	2366-4598 5510-0380 2367-6649 american_ozonefilter@yahoo.com
Purificala		2388-7575 purificala@gmail.com
Ozonofil	29 avenida y 15 calle "B" 5-56 zona 7, Kaminaljuyú 1	2389-6400 2485-7360 2485-7680 www.dispufil.com dispufirm50@yahoo.com
Ecofiltro	Centro Comercial Escala Roosevelt, kiosco en sótano 1.	2250-7224 www.ecofiltro.com
Ozono-o-matic	21a avenida 16-02 zona 10.	2376-8888 2385-6969 www.starlinedigital.com starlineadmongua@gmail.com
Álamo Wáter		2423-3737 2423-3747

Continuación de la tabla XLIX.

AGUATECMA	12 avenida 24-55 zona 5. Carretera a El Salvador kilómetro 13.5.	2331-1121 5510-4623
ACQUAOZON-AGUINTER, SA.	12 avenida 15-37 zona 10.	2367-1934 2367-1936 2470-1251 2470-1252 www.ackerlandgruppe.com

Fuente: elaboración propia.

2.7.3. Mantenimiento predictivo

En estos equipos por su naturaleza de funcionamiento continuo e indispensable para la población estudiantil, docente y administrativa de esta facultad se tiene que habituar a un análisis predictivo para asegurar su buen funcionamiento y el análisis más efectivo y que abarca todos los componentes del equipo de purificación de agua por ozonización y filtración, es el análisis de laboratorio del agua de cada equipo.

La calidad del agua, se determina a partir de análisis físicos, químicos y bacteriológicos, los cuales pueden variar desde análisis sencillos donde se determinan los principales elementos, hasta análisis complejos que incluyen la determinación de una gran variedad de especies presentes en el agua.

Se considera al agua potable, como aquella cuyo uso y consumo no causa efectos nocivos al ser humano ya que debe cumplir los requisitos del reglamento oficial, mientras que el agua purificada es agua sometida a un proceso físico y químico, es considerada óptima para el consumo humano, su ingestión no causa efectos nocivos a la salud, se encuentra libre de gérmenes y patógenos.

Este análisis se lleva a cabo en el área de análisis de agua en el área del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria ubicado en el segundo nivel del edificio T5.

2.7.3.1. Herramientas y equipo a utilizar

➤ Turbidímetro

El turbidímetro es un instrumento nefelométrico que mide la turbidez causada por partículas suspendidas en un líquido. Haciendo pasar un rayo de luz a través de la muestra se mide la luz reflejada por las partículas en un ángulo de 90 grados con respecto al rayo incidente. Las lecturas se dan en NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

➤ Potenciómetro

También conocido como pH-metro, un instrumento que mide la diferencia de potencial entre dos electrodos: un electrodo de referencia (generalmente de plata/cloruro de plata) y un electrodo de vidrio que es sensible al ión hidrógeno.

A pesar de que muchos potenciómetros tienen escalas con valores que van desde 1 hasta 14, los valores de pH también pueden ser aún mayores que

14 o aún menores que 1. Por ejemplo el ácido de batería de automóviles tiene valores cercanos de pH menores que uno, mientras que el hidróxido de sodio 1 M varía de 13,5 a 14.

Un pH igual a 7 es neutro, menor que 7 es ácido y mayor que 7 es básico a 25 grados Celsius. A distintas temperaturas, el valor de pH neutro puede variar debido a la constante de equilibrio del agua (K_w).

➤ Colorímetro

Se puede definir como colorímetro es cualquier herramienta que identifica el color y el matiz (cada uno de los distintos grados o niveles de intensidad que se realizan en uno o varias frecuencias de la luz) para una medida más objetiva del color.

El colorímetro también es un instrumento que permite la absorbencia de una solución en una específica frecuencia de luz a ser determinada. Es por eso, que hacen posible descubrir la concentración de un soluto (que es la sustancia minoritaria en una solución) conocido que sea proporcional a la absorbencia.

Diferentes sustancias químicas absorben diferentes frecuencias de luz. Los colorímetros se basan en el principio de que la absorbencia de una sustancia es proporcional a su concentración, y es por eso que las sustancias más concentradas muestran una lectura más elevada de absorbencia. Se usa un filtro en el colorímetro para elegir el color de luz que más absorberá el soluto, para maximizar la precisión de la lectura. Note que el color de luz absorbida es lo opuesto del color del espécimen, por lo tanto un filtro azul sería apropiado para una sustancia naranja.

Los sensores miden la cantidad de luz que atravesó la solución, comparando la cantidad entrante y la lectura de la cantidad absorbida.

➤ Caldo lactosado

El caldo lactosado es utilizado para el cultivo de Salmonella y organismos coliformes en agua, productos lácteos, alimentos y productos farmacéuticos.

El caldo lactosado frecuentemente es utilizado como un medio de preenriquecimiento en la búsqueda de Salmonella en alimentos y derivados lácteos. En alimentos deshidratados o procesados pueden encontrarse Salmonellas dañadas y en bajo número; adicionalmente, la presencia de otras bacterias o componentes de los alimentos puede enmascarar el crecimiento y recuperación de las mismas. El preenriquecimiento en un medio no selectivo como el caldo lactosado, permite reparar el daño celular y diluir las sustancias tóxicas e inhibitoras proporcionando factores nutricionales especialmente para el desarrollo de Salmonella. El caldo lactosado está incluido en varios procedimientos de los métodos estándar para el análisis de alimentos, lácteos y otros materiales.

En este medio el extracto de carne y la peptona proporcionan la fuente de carbono y nitrógeno. La lactosa es el carbohidrato fermentable.

- Fórmula

Peptona de Gelatina 5.0

Extracto de Carne 3.0

Lactosa 5.0

pH 6.9 ± 0.2

- Método

Suspender 13 gramos del medio en un litro de agua purificada. Calentar con agitación suave hasta su completa disolución y hervir durante un minuto. Dispensar en tubos con campanas de Durham. Esterilizar en autoclave a 121 grados Celsius (15 libras de presión) durante 15 minutos. Dejar enfriar lo más pronto posible.

2.7.3.2. Procedimiento de análisis

Este procedimiento se realizará cada mes en conjunto con la inspección rutinaria del mantenimiento preventivo.

Se asignará un recipiente previamente esterilizado para cada equipo, se localizará cada equipo en el listado de ubicación de los equipos, se tomará una muestra de agua de cada equipo en los recipientes correspondientes a éstos y se llevará correctamente identificado a las instalaciones del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria ubicado en el segundo nivel del edificio T5 , donde se encargarán del análisis respectivo de las muestras de agua, el resultado de éstos será entregado de 2 a 3 días después de haber solicitado dicho análisis.

El análisis consta de 4 partes las cuales son:

- Análisis de color
- Análisis de turbiedad
- Análisis de PH
- Análisis bacteriológico

Dependiendo cuál de las 5 pruebas salga con problemas así será el indicio de que algo no está funcionando de forma excelente en el equipo.

Si el análisis del color o el de la turbiedad presentan problemas, la candela del filtro purificador no está trabajando de manera excelente, lo que significa que ya se necesita un reemplazo de ésta.

Si el análisis bacteriológico presenta problemas, el mecanismo de ozonización del equipo no está trabajando de manera excelente, lo que significa que se requiere una revisión y un posible mantenimiento correctivo de dicho equipo.

Si el análisis de pH presenta problemas, el suministro de agua de los filtros tiene problema ya sea muy ácida o muy alcalina.

Se deberá anexar una copia del análisis del agua a la ficha de mantenimiento correctivo del equipo si alguno de estas pruebas sale con problemas.

2.7.3.3. Ficha de mantenimiento correctivo

Se elaboró una ficha de mantenimiento correctivo acorde a la necesidad de la Facultad de Ingeniería para tener un detalle de los fallos de cada uno de los equipos de la propuesta de mantenimiento así como las posibles soluciones, la cual se muestra a continuación.

Tabla L. **Listado de proveedores de los equipos de filtrado de agua**

Empresa	Dirección	Teléfono y correo electrónico
American-ozone Filter	20 calle 15-80 zona 10.	2366-4598 5510-0380 2367-6649 american_ozonefilter@yahoo.c om
Purificala		2388-7575 purificala@gmail.com
Ozonofil	29 avenida y 15 calle "B" 5-56 zona 7,Kaminal Juyú 1.	2389-6400 2485-7360 2485-7680 www.dispufil.com dispufirm50@yahoo.com
Ecofiltro	Centro Comercial Escala Roosevelt, kiosco en sótano 1	2250-7224 www.ecofiltro.com
Ozono-o-matic	21 avenida 16-02 zona 10.	2376-8888 2385-6969 www.starlinedigital.com starlineadmongua@gmail.com
Álamo Wáter		2423-3737 2423-3747
AGUATECMA	12 avenida 24-55 zona 5. Carretera a El Salvador kilómetro 13.5.	2331-1121 5510-4623

Continuación de la tabla L.

ACQUAOZON- AGUINTER, SA.	12 avenida 15-37 zona 10.	2367-1934
		2367-1936
		2470-1251
		2470-1252
		www.ackerlandgruppe.com

Fuente: elaboración propia.

2.8. Costos de la propuesta de mantenimiento

➤ Costo equipo de aire acondicionado

Para el mantenimiento preventivo de los equipos de aire acondicionado en este momento no se cuenta con el personal ni el equipo necesario para efectuarlo dentro de la facultad, para la implementación del programa de mantenimiento de manera interna se necesitaría capacitar al personal de mantenimiento en términos de refrigeración y aire acondicionado así como la adquisición del equipo necesario para efectuar este mantenimiento.

Haciendo énfasis en la necesidad actual y urgente de mantenimiento de los equipos en la actualidad se recomienda el *outsourcing* el cual necesita un presupuesto anual de Q 1 000,00 por equipo; teniendo en la facultad 68 unidades se necesita un presupuesto asignado anual de Q 68 000,00 al mantenimiento preventivo, mientras se efectúan los preparativos necesarios para la implementación del programa de mantenimiento interno.

En relación al programa interno de mantenimiento se requerirá el siguiente presupuesto asignado:

- Costo equipo de aire acondicionado

Equipo específico de mantenimiento preventivo	Q 15 000
Equipo específico de mantenimiento predictivo	Q 32 000
Herramienta	Q 25 000
Capacitación técnica	Q 13 000
Total estimado	Q 85 000

Teniendo un total de: $Q\ 68\ 000 + Q\ 85\ 000 = Q\ 153\ 000$ para el primer año de implementación.

- Costo equipo de bombeo hidráulico sumergido

En relación al mantenimiento del pozo mecánico de la Facultad de Ingeniería el precio en el mercado de la limpieza mecánica, mano de obra, accesorios de instalación e inspección con cámara sumergible es de Q 16 250.

Este procedimiento se efectuará una vez al año, por lo tanto son Q16 250 anuales.

- Costo equipo de extintores

En relación al mantenimiento del equipo de extintores el precio en el mercado de la recarga dado que la revisión del equipo es obligatoria para las empresas antes de efectuar la recarga es de Q10,00 por libra de polvo químico

seco. En la facultad actualmente se tienen 52 equipos registrados de 10 libras cada uno.

Total de recargas = 52 equipos × 10 libras por equipo × Q10,00 por libra = Q 5 500 anuales.

➤ Costo equipo de filtrado de agua

En relación al mantenimiento de los equipos de filtrado de agua el único gasto incurrete que tendría la facultad es el cambio de las candelas de los filtros dado que la revisión está a cargo del departamento de mantenimiento interno de la facultad y el mantenimiento predictivo está a cargo de la división de EMPAGUA dentro de la facultad, el costo de dichas candelas es de Q 225 siendo éstas de 10 pulgadas y deben ser remplazadas cada 6 meses.

En la facultad actualmente se tienen 8 equipos registrados.

Total de candelas = 8 equipos × Q 225 × 2 = Q 3 600 anuales.

➤ Costo total

Costo equipo de aire acondicionado	Q 153 000 anuales
Costo equipo de bombeo hidráulico sumergido	Q 16 250 anuales
Costo equipo de extintores	Q 5 500 anuales
Costo equipo de filtrado de agua	Q 3 600 anuales
Total	<hr/> Q 178 350 anuales

Tipo de cambio \$1 = Q 7,95

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

3.1. Propuesta de un plan de contingencias contra incendios en la Facultad de Ingeniería

Se propone la mejora del sistema de extinción de incendios mediante un análisis de riesgos potenciales dentro de la Facultad de Ingeniería.

3.1.1. Antecedentes de incendios dentro de la facultad

Se investigaron los incidentes relacionados con el fuego dentro de la Facultad de Ingeniería y se obtuvo la siguiente información al respecto:

Tabla LI. **Antecedentes de incendios en la Facultad de Ingeniería**

Fecha	Descripción del incidente y ubicación
No registrada	Se incendió una fuente de voltaje de un equipo de cómputo en el laboratorio de la biblioteca de Física en el segundo nivel del edificio T1.
No registrada	Se incendió una fuente de voltaje de un equipo de cómputo en el laboratorio de la biblioteca de Física en el segundo nivel del edificio T1.
12-junio-2010	Se incendió un ups en la oficina de metales y productos manufacturados 1er nivel.

Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Diagnóstico de riesgos de incendios en la facultad

➤ Edificio T3

Tabla LII. **Riesgos de incendio en el edificio T3**

Combustibles	Automóviles alrededor del edificio.
Químicos	No hay riesgo de químicos en este edificio.
Materiales eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Editorial de ingeniería nivel 0. ➤ Escuela técnica nivel 0. ➤ Salón de video conferencias nivel 0. ➤ Escuela de Ingeniería Civil nivel 0. ➤ Salón 115, consultorio dental 1er nivel. ➤ Clínica atención integral del estudiante 1er nivel. ➤ Salón 104 COECYS 1er nivel. ➤ Salón 102 fotocopiadora 1er nivel. ➤ Asociación de estudiantes de ingeniería 1er nivel. ➤ Laboratorio de Geomántica 1er nivel. ➤ Guatemala Korea internet-plaza 2do nivel. ➤ Oficina administrativa de Korea plaza 2do nivel. ➤ Salón de seminario Korea plaza 2do nivel. ➤ Salones 2do nivel. ➤ Asuntos estudiantiles, ubicación laboral salón 217 2do nivel. ➤ LCE salón 302 3er nivel. ➤ Centro tecnológico gobierno de la India 4to nivel. ➤ Salón 408 4to nivel. ➤ Salón 409 4to nivel. ➤ Salón 415 laboratorio SAE/SAP 4to nivel.

Continuación de la tabla LII.

Metales	No hay riesgo de metales en este edificio.
Papel y Madera	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Área de reproducción nivel 0. ➤ Editorial de ingeniería nivel 0. ➤ Escuela técnica nivel 0. ➤ Salón de videoconferencias nivel 0. ➤ Escuela de Ingeniería Civil nivel 0. ➤ Salones de curso de orientación y liderazgo nivel 0. ➤ Salón 115, consultorio dental 1er nivel. ➤ Salones 1er nivel. ➤ Clínica atención integral del estudiante 1er nivel. ➤ Salón 104 COECYS 1er nivel. ➤ Salón 102 fotocopidora 1er nivel. ➤ Asociación de estudiantes de ingeniería 1er nivel. ➤ Oficina administrativa de Korea plaza 2do nivel. ➤ Salón de seminario Korea plaza 2do nivel. ➤ Salones 2do nivel. ➤ Asuntos estudiantiles, ubicación laboral 217 ➤ 2do nivel. ➤ Salones 3er nivel. ➤ Centro tecnológico gobierno de la india 4to nivel. ➤ Salones 4to nivel.
Aceites y Grasas de cocina	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cafetería nivel 0.

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T5

Tabla LIII. **Riesgos de incendio en el edificio T5**

Combustibles	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de operaciones unitarias 1er nivel. ➤ Laboratorio área de química 1er nivel. ➤ Coordinación de área de química 1er nivel. ➤ Laboratorio del área de fisicoquímica 1er nivel. ➤ Almacén de reactivos 1er nivel. ➤ Área de química sanitaria 2do nivel. ➤ Automóviles alrededor del edificio.
Químicos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de operaciones unitarias 1er nivel. ➤ Laboratorio área de química 1er nivel. ➤ Coordinación de área de química 1er nivel. ➤ Laboratorio del área de fisicoquímica 1er nivel. ➤ Almacén de reactivos 1er nivel. ➤ Área de química sanitaria 2do nivel.
Materiales eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Secretaría de Ingeniería Química 1er nivel. ➤ Laboratorio de suelos y centro de investigaciones 1er nivel. ➤ Sección de aglomerantes 1er nivel. ➤ Sección de metales y productos manufacturados 1er nivel. ➤ Laboratorio área de química 1er nivel. ➤ Coordinación de área de química 1er nivel. ➤ Laboratorio del área de fisicoquímica 1er nivel. ➤ Coordinación del área de fisicoquímica 1er nivel.

Continuación de la tabla LIII.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio del área de fisicoquímica 1er nivel. ➤ Coordinación del área de fisicoquímica 1er nivel. ➤ Jefatura de hidráulica 1er nivel. ➤ Jefatura de fluidos 1er nivel. ➤ Laboratorio de hidráulica y fluidos 1er nivel. ➤ Área de agregados y concretos 1er nivel. ➤ Reproducción informática 210 2do nivel. ➤ Dirección CICON 2do nivel. ➤ Jefatura de CICON 2do nivel. ➤ Área de química sanitaria 2do nivel. ➤ Área administrativa del centro de investigaciones de ingeniería 2do nivel. ➤ Laboratorio de microbiología 3er nivel.
Metales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de operaciones unitarias 1er nivel. ➤ Laboratorio de suelos y centro de investigaciones 1er nivel. ➤ Área de química sanitaria 2do nivel.
Papel y Madera	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Secretaría de ingeniería química 1er nivel. ➤ Sección de metales y productos manufacturados 1er nivel. ➤ Laboratorio de suelos y centro de investigaciones 1er nivel. ➤ Oficina de instructores de laboratorio del área de química 1er nivel. ➤ Sección de aglomerantes 1er nivel

Continuación de la tabla LIII.

	<ul style="list-style-type: none">➤ Secretaría de ingeniería química 1er nivel.➤ Sección de metales y productos manufacturados 1er nivel.➤ Laboratorio de suelos y centro de investigaciones 1er nivel.➤ Oficina de instructores de laboratorio del área de química 1er nivel.➤ Sección de aglomerantes 1er nivel.➤ Coordinación de área de química 1er nivel.➤ Coordinación del área de fisicoquímica 1er nivel.➤ Jefatura de hidráulica 1er nivel.➤ Jefatura de fluidos 1er nivel.➤ Laboratorio de hidráulica y fluidos 1er nivel.➤ Área de agregados y concretos 1er nivel.➤ Reproducción informática 210 2do nivel.➤ Dirección CICON 2do nivel.➤ Jefatura de CICON 2do nivel.➤ Área de química sanitaria 2do nivel.➤ Área administrativa del Centro de Investigaciones de Ingeniería 2do nivel.➤ Salones 3er nivel.
--	---

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T6

Tabla LIV. **Riesgos de incendio en el edificio T6**

Combustibles	Automóviles alrededor del edificio.
Químicos	No hay riesgo de químicos en este edificio.
Materiales eléctricos	➤ Auditorio Francisco vela.
Metales	No hay riesgo de metales en este edificio.
Papel y Madera	➤ Auditorio Francisco vela.

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio S12

Tabla LV. **Riesgos de incendio en el edificio S12**

Combustibles	Automóviles alrededor del edificio.
Químicos	No hay riesgo de químicos en este edificio.
Materiales eléctricos	➤ Área de asociación humanística salón 109 1er nivel.
Metales	No hay riesgo de metales en este edificio.
Papel y Madera	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Salones 1er nivel. ➤ Salones 2do nivel. ➤ Salones 3er nivel. ➤ Salones 4to nivel.
Aceites y grasas de cocinas	➤ Comercios a los alrededores del edificio.

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T4

Tabla LVI. **Riesgos de incendio en el edificio T4**

Combustibles	Automóviles alrededor del edificio.
Químicos	No hay riesgo de químicos en este edificio.
Materiales eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Archivo 1er nivel. ➤ Información 1er nivel. ➤ Control académico 1er nivel. ➤ Tesorería 1er nivel. ➤ Secretaría adjunta. ➤ Escuela de ciencias. ➤ Secretaría de junta directiva. ➤ Secretaría académica. ➤ Biblioteca 2do nivel. ➤ Planificación 2do nivel. ➤ Propedéutico 2do nivel. ➤ Área de idioma técnico 2do nivel. ➤ Delegación auditoría 2do nivel. ➤ Divulgación 2do nivel. ➤ Nombramientos 2do nivel. ➤ Delegación personal 2do nivel. ➤ Centro de cálculo 2do nivel.
Metales	No hay riesgo de metales en este edificio.
Papel y Madera	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Archivo 1er nivel. ➤ Información 1er nivel. ➤ Control académico 1er nivel. ➤ Tesorería 1er nivel.

Continuación de la tabla LVI.

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Secretaría Adjunta. ➤ Escuela de Ciencias. ➤ Secretaría de Junta Directiva. ➤ Secretaría Académica. ➤ Biblioteca 2do nivel. ➤ Planificación 2do nivel. ➤ Propedéutico 2do nivel. ➤ Área de idioma técnico 2do nivel. ➤ Delegación auditoría 2do nivel. ➤ Divulgación 2do nivel. ➤ Nombramientos 2do nivel. ➤ Delegación personal 2do nivel. ➤ Centro de cálculo 2do nivel. ➤ Vigilancia 1er nivel.
--	---

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T1

Tabla LVII. **Riesgos de incendio en el edificio T1**

Combustibles	Automóviles alrededor del edificio.
Químicos	No hay riesgo de químicos en este edificio.
Materiales eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ AESD, IDEA 2do nivel. ➤ Laboratorio de máquinas eléctricas, renovación industrial, conversión de energía 2do nivel. ➤ Biblioteca 2do nivel ➤ Departamento de Física Facultad de Ingeniería 2do nivel.

Continuación de la tabla LVII.

Materiales eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio 1 y Laboratorio 2 2do nivel. ➤ Centro de Estudios Superiores 3er nivel. ➤ Laboratorio de Electrónica 3er nivel. ➤ Laboratorio de microcontroladores 3er nivel. ➤ Laboratorio de Eléctrica 1 y 2 3er nivel. ➤ Laboratorio de Tecnología Electrónica 3er nivel. ➤ Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica 3er nivel. ➤ Congresos estudiantiles 3er nivel. ➤ Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial 3er nivel.
Metales	No hay riesgo en metales en este edificio.
Papel y Madera	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Salones 1er nivel. ➤ Biblioteca 2do nivel. ➤ Departamento de Física Facultad de Ingeniería 2do nivel. ➤ Salones del 2do nivel. ➤ Centro de Estudios Superiores 3er nivel. ➤ Laboratorios de Eléctrica 1 y 2 3er nivel. ➤ Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica 3er nivel. ➤ Congresos estudiantiles 3er nivel. ➤ Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial 3er nivel.

Fuente: elaboración propia.

➤ Edificio T7

Tabla LVIII. **Riesgos de incendio en el edificio T7**

Combustibles	Automóviles alrededor del edificio.
Químicos	No hay riesgos químicos en este edificio.

Continuación de la tabla LVIII.

Materiales eléctricos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de CNC. ➤ Escuela de Ingeniería Mecánica 2do nivel. ➤ Salones de clase.
Metales	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de CNC. ➤ Laboratorio de maquinado (procesos 1 y 2). ➤ Laboratorio de metalurgia y metalografía. ➤ Taller de mecánica industrial.
Papel y Madera	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Laboratorio de metalurgia y metalografía. ➤ Salón de profesores. ➤ Taller de mecánica industrial. ➤ Coordinación de área de laboratorios. ➤ Oficina de mantenimiento. ➤ Escuela de Ingeniería Mecánica 2do nivel. ➤ Salones de clase.

Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Información general y normativas sobre extintores Normativa NFPA10 (Normativa NFPA10 para extintores)

En la figura 56 se presenta a continuación el capítulo 5 y 6 de la Normativa NFPA 10 que proporciona información sobre extintores.

Figura 56. **Normativa NFPA 10 para extintores**

Capítulo 5 Selección de extintores

5.1 Requisitos generales. La selección de extintores para una situación dada será determinada por los requerimientos aplicables de las secciones de la 5.2 a la 5.6 y por los siguientes factores:

- (1) El tipo de fuego que pueda ocurrir más frecuentemente.
- (2) El tamaño de fuego que se pueda desarrollar más frecuentemente.
- (3) Peligros en el área que se puedan presentar con fuegos mas frecuentemente.
- (4) Equipo eléctrico energizado en áreas cercanas al fuego.
- (5) Condiciones ambientales de temperatura.
- (6) Otros factores (Ver Sección H.2).

5.2 Clasificación de fuegos. Los fuegos deberán ser clasificados de acuerdo a las guías especificadas en 5.2.1 al 5.2.5.

5.2.1 Fuegos Clase A. Son los fuegos en materiales combustibles comunes como madera, tela papel, caucho y muchos plásticos.

5.2.2 Fuegos Clase B. Son los fuegos de líquidos inflamables y combustibles, grasas de petróleo, alquitrán, bases de aceite para pinturas, solventes, lacas, alcoholes y gases inflamables.

5.2.3 Fuegos Clase C. Son incendios en sitios que involucran equipos eléctricos energizados.

Continuación de la figura 56.

5.2.4 Fuegos Clase D. Son aquellos fuegos en metales combustibles como magnesio, titanio, circonio, sodio, litio y potasio.

5.2.5 Fuegos Clase K. Fuegos en aparatos de cocina que involucren un medio combustible para cocina (aceites minerales, animales y grasas).

5.3. Sistema de clasificación de extintores

5.3.1 La clasificación de los extintores contra incendio, consistirá de una letra que indique la clase de fuego en la cual se ha encontrado que el extintor contra incendio es efectivo.

5.3.1.1 Extintores contra incendio clasificados para usarse para riesgos de fuegos Clase A o Clase B deberán tener un número que preceda a la letra de clasificación que indique relativamente la efectividad del extintor.

5.3.1.2 Extintores contra incendio clasificados para usarse para riesgos de fuegos Clase C, Clase D o Clase K no se les requerirá que tengan un número que proceda a la letra.

5.3.2 Extintores contra incendio deberán ser seleccionados para las clase(s) de riesgo que protegen de acuerdo con las subdivisiones en 5.3.2.1 a 5.3.2.5 (para riesgos específicos ver sección 5.5).

Continuación de la figura 56.

5.3.2.1* Extintores contra incendios para proteger riesgos Clase A deberán seleccionarse de aquellos extintores que están enlistados y rotulados específicamente para usarse en fuegos Clase A. (Para extintores de tipo de agentes halogenados, ver 5.3.2.6).

5.3.2.2* Extintores contra incendios para proteger riesgos Clase B deberán seleccionarse de aquellos extintores que están enlistados y rotulados específicamente para usarse en fuegos Clase B. (Para extintores de tipo de agentes halogenados, ver 5.3.2.6).

5.3.2.3* Extintores contra incendios para proteger riesgos Clase C deberán seleccionarse de aquellos extintores que están enlistados y rotulados específicamente para usarse en fuegos Clase C (Para extintores de tipo de agentes halogenados, ver 5.3.2.6).

5.3.2.4* Extintores contra incendios para proteger riesgos Clase D deberán seleccionarse de aquellos extintores que están enlistados y rotulados específicamente para usarse en fuegos Clase D.

5.3.2.5* Extintores contra incendios para proteger riesgos Clase K deberán seleccionarse de aquellos extintores que están enlistados y rotulados específicamente para usarse en fuegos Clase K.

Continuación de la figura 56.

5.3.2.6* El uso de extintores a base de agentes halogenados deberá estar limitado a las aplicaciones en donde un agente limpio es necesario para extinguir el fuego en forma eficiente sin dañar el equipo o área a ser protegida, o donde su uso o agentes alternos puedan causar daño al personal del área.

5.2.3.6.1 La ubicación de los extintores con halón deberán cumplir conforme al volumen mínimo requerido a lo indicado en la placa del extintor.

5.2.3.7* Extintores sobre ruedas deben ser considerados para la protección de riesgos donde es necesario llenar los siguientes requisitos.

- (1) Altos flujos del agente
- (2) Rango aumentado en el alcance del agente
- (3) Capacidad aumentada de agente
- (4) Áreas de alto riesgo
- (5) Poco personal disponible

5.4 Clasificación de los riesgos

5.4.1 Clasificación de riesgos de la instalación. Cuartos o áreas deberán ser clasificadas generalmente en riesgos ligero (bajo), ordinario (moderado), extra (alta).

Continuación de la figura 56.

5.4.1.1* Riesgo ligero (bajo). Locaciones de riesgo ligero (bajo) son aquellas en donde el total de materiales combustibles de Clase A y Clase B es de menor cantidad y fuegos con rangos bajos de liberación de calor se desarrollan. Estas instalaciones contienen riesgos de incendio con cantidades normales de combustibles Clase A con acabados combustibles normales o la cantidad total de inflamable Clase B nos sea mayor a 1 galón (3,8 litros) en cualquier lugar del área.

5.4.1.2* Riesgo ordinario (moderado). Lugares con clasificación de riesgo ordinario o moderado son instalaciones donde la cantidad de materiales combustibles de Clase A y Clase B es ordinaria o moderada y los fuegos con rangos ordinario o moderados de liberación de calor se espera se desarrollan. Estas instalaciones contienen riesgos de incendio con cantidades normales de combustibles Clase A con acabados combustibles normales o la cantidad total de inflamable Clase B esté entre 1 galón (3,8 litros) y 5 galones (18,9 litros) en cualquier lugar del área.

5.4.1.3* Riesgos extra (alto). Lugares con clasificación de riesgo extra o altos son instalaciones donde la cantidad de materiales combustibles de Clase A es alta o donde altas cantidades de combustibles Clase B estén presentes y se espera se desarrollen fuegos con liberación de grandes cantidades de calor. Estas instalaciones consisten en instalaciones con almacenaje, empaque, manejo o fabricación de materiales o combustibles de la Clase A y o la cantidad total de inflamable Clase B sea mayor a 5 galones (18,9 litros) en cualquier lugar del área.

Continuación de la figura 56.

5.4.1.4 Áreas limitadas con mayor o menor riesgo deberán ser protegidas como se requiere.

5.4.2* Selección por riesgo. Extintores contra incendio deberán ser provistos para la protección tanto de la estructura como de los riesgos de los contenidos de la instalación contenidos por ellos sin importar la presencia de sistemas fijos de supresión contra incendios.

5.4.2.1 La protección requerida para el edificio deberá ser provista por extintores Clase A.

5.4.2.2* La protección de los niveles riesgos de acuerdo con la instalación deberán escogerse por extintores para Clase A, B, C, D, K, de acuerdo con el riesgo presente.

5.4.2.3 La protección requerida para la protección del edificio puede también ser considerada para la protección de los riesgos de la Clase A del mismo.

5.4.2.4 Edificios con incendios originados por riesgos de Clase B o Clase C, o ambas, deberán tener como complemento los extintores para la Clase A para la protección del edificio, adicionalmente los extintores para la Clase B o la Clase C o ambas.

5.4.2.5 Cuando el extintor contenga rangos de más de una letra en su clasificación (tales como 2A: 20B: C) se les deberá permitir el satisfacer los requerimientos de cada clase de letra.

Continuación de la figura 56.

5.5.1 Fuegos Clase B

5.5.1.1* Extintores para fuegos en gases y líquidos inflamables bajo presión.

5.5.1.1 La selección de extintores para este tipo de riesgos pueden hacerse bajo la base de recomendaciones de los fabricantes de este tipo de equipo especializado.

5.5.1.2* Extintores de gran capacidad de polvo químico seco de 10 libras (4,54 kilogramos) o mayores a la descarga de 1libra/segundo (0,45 kilogramos/segundo) o más deberán usarse para proteger este tipo de riesgos.

PRECAUCIÓN: No es aconsejable intentar apagar estos fuegos a menos que se tenga una razonable seguridad de que la fuente de combustible puede ser cerrada rápidamente.

5.5.2 Fuegos tri-dimensionales. Extintores de gran capacidad de polvo químico seco de 10libras (4,54 kilogramos) o mayor y teniendo un rango de descarga de una libra/segundo (0,45 kilogramos/segundo) o más deberá usarse para proteger esta clase de riesgos.

5.5 Selección para riesgos específicos.

5.5.3. Fuegos de líquidos inflamables solubles en agua. (Solventes Polares). Los extintores de agentes espumógenos formadores de película acuosa AFFF y FFFP (espuma fluoroproteínica formadora de película) no deberán usarse

Continuación de la figura 56.

para protección de fuegos de líquidos inflamables solubles en agua tales como: alcoholes, acetonas, esteres y demás, a menos que específicamente este referenciado en la placa del extintor.

5.5.4. Fuegos con obstáculos. Cuando se seleccione un extintor para este tipo de riesgo, está deberá de hacerse bajo los siguientes canones:

- (1) Que el extintor contenga un agente espumógeno que suprima vapores
- (2) * Extintores múltiples que contengan agentes no supresores de vapores de Clase B hechos para aplicación simultánea.
- (3) Extintores de gran capacidad de 10 libras (5,4 kilogramos) o mayores con un rango de descarga de 1libra/segundo (0,45 kilograma/segundo).

5.5.5* Extintores Clase K fuegos en ambientes de cocinas. Los extintores para la protección de incendios en ambientes de cocinas que usan medios combustibles de cocina (aceites vegetales, animales y grasas) deben ser listados y etiquetados para fuegos clase K.

5.5.5.1 Extintores Clase K fabricados después de enero de 2002 no deben estar equipados con elementos de descarga de tipo extensor (*wand*) con boquilla para aplicación bajo superficie.

5.5.5.2 Extintores de incendio instalados específicamente para la protección de aparatos de cocina que usan medios de cocción combustibles (aceites

Continuación de la figura 56.

minerales y vegetales, grasas) después de enero de 1998 no requieren cumplir con 5.5.5.1 (también ver 5.5.5.4).

5.5.5.3* Una placa deberá ser colocada cerca del extintores la cual se diga que el sistema de protección de incendios debe activarse antes de operar el extintor.

5.5.5.4 Extintores existentes de polvo químico sin clasificación de Clase K instalados para la protección de fuegos Clase K deben reemplazarse con un extintor listado para Clase K cuando el extintor de polvo químico llegue a la fecha de su mantenimiento de los seis años o a la de la prueba hidrostática.

5.5.6* Fuegos en equipo electrónicos. Los extintores para la protección de equipo electrónico delicado deben seleccionarse entre tipos específicamente listados o etiquetados para riesgos Clase C (ver 5.3.2.3)

5.5.7 Áreas que contengan oxidantes.

5.5.7.1 Solamente extintores de agua deberán ser instalados en áreas que contengan oxidantes tales como donde se almacenan químicos para albercas.

5.5.7.2 Extintores multipropósito de polvo químico no deberán ser instalados en áreas que contengan oxidantes tales como donde se almacenan químicos para albercas.

5.6 Aplicaciones para ubicaciones específicas.

Continuación de la figura 56.

5.6.1 Cuando se requieren extintores portátiles los documentos siguientes deben revisarse para las ocupaciones descritas en su alcance.

1. NFPA 30A, Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages.
2. NFPA 32, Standard for dry cleaning plants.
3. NFPA 58, Liquefied Petroleum Gas Code
4. NFPA 86, Standard for Ovens and Furnaces.
5. NFPA 96, Standard for Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations.
6. NFPA 120, Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines.
7. NFPA 122, Standard for Fire Prevention and Control in Metal/Nonmetal Mining and Metal Mineral Processing Facilities.
8. NFPA 241, Standard for Safeguarding Construction, Alteration, and Demolition Operations.
9. NFPA 302, Fire Protection Standard Pleasure and Commercial Motor Craft.
10. NFPA 303, Fire Protection Standard for Marinas and Boatyards.
11. NFPA 385, Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids.
12. NFPA 407, Standard for Aircraft Fuel Servicing.
13. NFPA 408, Standard for Aircraft Hand Portable Fire Extinguishers
14. NFPA 410, Standard on Aircraft Maintenance
15. NFPA 418, Standard for Helicopters
16. NFPA 430, Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers
17. NFPA 498, Standard for Safe Havens and Interchange Lots for Vehicles Transporting Explosives.

Continuación de la figura 56.

18. NFPA 1192, Standard on Recreational Vehicles.

19. NFPA 1194, Standard for Recreational Vehicles Parks and Campgrounds.

5.6.2 En ningún caso los requerimientos de los documentos 5.6.1 serán menores a los especificados en esta norma.

Capítulo 6 Distribución de extintores

6.1 General

6.1.1* Cantidad de extintores. El número mínimo de extintores necesarios para proteger una propiedad debe ser determinado tal como está esbozado en este capítulo.

6.1.1.1 Extintores adicionales pueden instalarse para proveer más protección.

6.1.1.2 Extintores con menor clasificación a las especificadas en las tablas 6.2.1.1 y 6.3.1.1. Pueden ser utilizados con tal de que no sean utilizados para dar cumplimiento a los requisitos mínimos de protección de este capítulo, excepto como esta especificado en 6.2.1.3.1 y 6.3.1.5.

6.1.2 Disposición del extintor. Los extintores portátiles contra incendio deberá mantenerse siempre cargado y en condiciones de operación completamente y deberá mantenerse en el lugar designado siempre cuando estos no estén siendo usados.

Continuación de la figura 56.

6.1.3 Colocación.

6.1.3.1 Los extintores contra incendio deberán ser colocados en donde se necesiten y estén accesibles en forma rápida y disponible en forma inmediata en caso de un fuego.

6.1.3.2 Los extintores contra incendio deberán ser colocados en el recorrido de las salidas de emergencias, incluyendo las salidas de los locales.

6.1.3.3 Obstrucciones visuales.

6.1.3.3.1 Los extintores contra incendio no deberán ser bloqueados ni obstaculizados visualmente.

6.1.3.3.2* En cuartos grandes, y en ciertas ubicaciones donde las obstrucciones visibles no se pueden evitar, las salidas deberán proveer que se indiquen las salidas.

6.1.3.4* Extintores portátiles contra incendio que no sean sobre ruedas deberán ser instalados usando cualquiera de los siguientes medios:

1. En forma segura en un gancho hecho para colgar el extintor.
2. En el soporte del fabricante que trae el extintor.
3. En una lista de soportes aprobados para tal fin.
4. En gabinetes o huecos en la pared.

Continuación de la figura 56.

6.1.3.5 Los extintores sobre ruedas deberán estar localizados en la posición designada para ellos.

6.1.3.6 Extintores contra incendio instalados bajo condiciones donde estén sueltos y se los pueden llevar deberán ser instalados con un soporte con correa del fabricante especialmente designados para este fin.

6.1.3.7 Extintores contra incendio instalados en condiciones que puedan ser sujetos de daño físico (ej.: de impacto, vibración, el ambiente) deberán ser protegidos adecuadamente.

6.1.3.8 Altura en la instalación.

6.1.3.8.1 Extintores contra incendio que tengan un peso bruto que no exceda de las 40 libras (18,14 kilogramos) deberán ser instalados de tal manera que entre la parte superior del extintor y el suelo no sea mayor a 5 pies (1,53 metros).

6.1.3.8.2 Extintores contra incendio que tengan un peso bruto mayor de 40 libras (18,14 kilogramos) (excepto extintores sobre ruedas) deberán ser instalados de tal manera que entre la parte superior del extintor y el suelo no sea mayor a 3 ½ pies (1,07metros).

6.1.3.8.3 En ningún caso el espacio entre la parte inferior del extintor y el suelo deberá de ser menor de 4 pulgadas (102 milímetros).

6.1.3.9 Visibilidad de la etiqueta

Continuación de la figura 56.

6.1.3.9.1 Las instrucciones de operación del extintor deben estar colocadas al frente del extintor y deben estar visibles y claras.

6.1.3.9.2 Las etiquetas del sistema de identificación de materiales peligrosos (HMIS), las etiquetas de mantenimiento de cada 6 años, etiquetas de las pruebas hidrostáticas, u otras etiquetas no deberán ser colocadas o puestas al frente del extintor.

6.1.3.9.3 Las restricciones al 6.1.3.9.2 no aplicarán a aquellas etiquetas de origen del fabricante, etiquetas específicamente relativas a la operación del extintor o a la clasificación de fuego, o al control de inventario específicas a ese extintor.

6.1.3.10 Gabinetes

6.1.3.10.1 Los gabinetes que protejan extintores no deberán estar cerrados, excepto en lugares donde puedan ser extraídos o darles uso malicioso y que estos tengan una salida de emergencia para el extintor.

6.1.3.10.2 La ubicación de los extintores contra incendio descritos en 6.1.3.3.2 deben estar visible notablemente.

6.1.3.10.3 Extintores contra incendio montados en gabinetes o descansos en las paredes deberán ser colocados de tal manera que las instrucciones de operación del extintor den cara hacia fuera.

Continuación de la figura 56.

6.1.3.10.4* Donde los extintores contra incendio están instalados en gabinetes cerrados y son expuestos a altas temperaturas, los gabinetes deberán tener con aberturas tipo pantalla y drenajes.

6.1.3.11* Los extintores contra incendio no deberán ser expuestos a temperaturas fuera del rango enlistado demostrado en la etiqueta del extintor.

6.1.4 Anticongelantes

6.1.4.1 Los extintores que contengan agua simple sólo podrán protegerse contra el congelamiento a temperaturas hasta de menos 40 grados Fahrenheit (-40 grados Celsius) con la adición de un anticongelante que este estipulado en la etiqueta del extintor.

6.1.4.2 Las soluciones de cloruro de calcio no deberán ser usadas en extintores de acero inoxidable.

6.2 Instalaciones para riesgos Clase A

6.2.1 Tamaño y localización de extintores para Clase A.

6.2.1.1 Los tamaños mínimos de extintores para los grados de riesgo registrados deben ser suministrados con base en la siguiente tabla , excepto los modificados por la 6.2.3.1 Y 6.2.1.4

Continuación de la figura 56.

Criterio	Riesgo leve (bajo)	Ocupación riesgo ordinario (moderado)	Riesgo extra (alto)
Clasificación mínima por extintor individual	2-A	2-A	4-A
Máximo de área por piso por unidad A	3 000 ft ²	1 500 ft ²	1 000 ft ²
Área máxima cubierta por extintor	11 250 ft ²	11 250 ft ²	11 250 ft ²
Distancia máxima de recorrido hasta el extintor	76 ft	75 ft	75 ft

Para unidades SI 1 pie (ft) = 0,305 metros, 2 pie² (ft²) = 0,0929 metros²

Nota: para explicaciones sobre el área máxima de piso ver E.3.3

6.2.1.2 Los extintores deben estar localizados de tal forma que las distancias máximas a recorrer no excedan a aquellas especificadas en la tabla 6.2.1.1 excepto las modificadas por la 6.2.1.4 (Ver Apéndice E).

6.2.1.3 Algunos extintores más pequeños cargados con químico seco multipropósito o un agente halogenado que están clasificados para fuegos Clase B y Clase C, pero que no tienen la efectividad suficiente para alcanzar el mínimo de clasificación 1.A, aún cuando tenga valor en la extinción de fuegos más pequeños de Clase A, no deben ser utilizados para satisfacer los requisitos de la tabla 6.2.1.1.

6.2.1.3.1 Extintores contra incendio con menor rango de clasificación se podrán instalar pero no deberán ser considerados para completar cualquiera

Continuación de la figura 56.

de los requerimientos de la tabla 6.2.1.1, excepto lo permitido en 6.2.1.3.1 y 6.2.1.3.1.2

6.2.1.3.1.1 Hasta 2 extintores con agua, cada uno con un rango de 1-A. podrá permitirse su uso para cumplir con los requisitos de un extintor clasificado con 2-A.

6.2.1.3.1.2 Hasta 2 extintores con agua de 2 1/2 galones (9,46litros) podrá permitirse su uso para cumplir con los requisitos de un extintor clasificado con 4-A.

6.2.1.4 Hasta la mitad de la dotación de los extintores como los especificados en la tabla 6.2.1 pueden ser reemplazados por hidrantes con mangueras de 1 ½ pulgada (3,8 milímetros) de diámetro especificados uniformemente para ser utilizados por los ocupantes del establecimiento.

6.2.1.4.1 Cuando los puestos de manguera estén así instalados deberán cumplir con la NFPA 14, Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems.

6.2.1.4.2 La localización de los puestos de manguera y la ubicación de los extintores debe hacerse de tal manera que cada puesto de manguera no reemplace más de un extintor.

6.2.1.5 Donde el área del piso de un establecimiento es menor que el especificado en la tabla 6.2.1.1 por lo menos debe ser instalado un extintor contra incendio del tamaño mínimo recomendado.

Continuación de la figura 56.

6.2.1.6 Los requisitos de protección pueden cumplirse con extintores de una clasificación más alta, teniendo en cuenta que la distancia de recorrido a los extintores, así éstos sean más grandes, no exceda los 75 pies (22,7 metros).

6.3 Instalaciones para riesgos Clase B.

6.3.1 Distintos a aquellos para fuegos en líquidos inflamables de profundidad considerable.

6.3.1.1 Los tamaños mínimos de extintores para los grados listados de riesgos deben proveerse basados en la tabla siguiente, excepto cuando se modifica por 6.3.1.5.

Tipo de riesgo	Clasificación básica Mínima del extintor	Distancia máxima a recorrer hasta el extintor	
		(pies)	(metros)
Leve (bajo)	5B	30	9,15
	10B	50	15,25
Ordinario (moderado)	10B	30	9,15
	20B	50	15,25
Extra (alto)	40B	30	9,15
	80B	50	15,25

Notas:

- (1) Las clasificaciones especificadas no implican que ocurran incendios de las magnitudes indicadas por estas clasificaciones, pero más bien dan al operador mayor tiempo y potencial de extinción para manejar fuegos difíciles en derrames que puedan ocurrir.
- (2) Para fuegos que involucren líquidos inflamables solubles en agua. Ver 5.5.4
- (3) Para aplicación a riesgos específicos. Ver sección 5.5

Continuación de la figura 56.

6.3.1.2 Los extintores deben ser ubicados de tal forma que las distancias de recorrido máximas no excedan aquellas especificadas en la tabla 6.3.1.1 (ver apéndice E).

6.3.1.2.1 Extintores contra incendio con menor rango de clasificación, destinados a riesgos específicos pequeños, sin considerar los riesgos del área en general, se podrán instalar pero no deberán ser considerados para completar cualquiera de los requerimientos de la tabla 6.3.1.1, excepto lo permitido en 6.3.1.5

6.3.1.3 Hasta 3 extintores con AFFF o FFFP de al menos 2 ½ galones (9,46 litros) de capacidad podrá permitirse su uso para completar los requisitos de los riesgos extra (altos).

6.3.1.4 Hasta 2 extintores con AFFF o FFFP de al menos 1,6 galones (6 litros) podrán permitirse su uso para cumplir con los requisitos de los riesgos ordinarios (moderados).

6.3.1.5 Dos o más extintores de rangos menores no deberán ser considerados para completar cualquiera de los requerimientos de la tabla 6.3.1.1, excepto lo permitido en 6.3.1.3. Y 6.3.1.4

6.3.1.6 Los requisitos de protección pueden cumplirse con extintores de una clasificación más alta, teniendo en cuenta que la distancia de recorrido a los extintores, no exceda los 50 pies (15,25 metros).

6.3.2 Líquidos inflamables de apreciable profundidad

Continuación de la figura 56.

6.3.2.1 Extintores portátiles contra incendios no deben instalarse como la única protección para riesgos de líquidos inflamables de profundidad considerable donde el área exceda los 10 pies² (0,93 metros²).

6.3.2.2 * Cuando haya en la instalación personal entrenado disponible en la extinción de incendios, o una contraparte, el área de superficie máxima no debe exceder los 20 pies² (1,86 metros²).

6.3.2.3 Para riesgos de líquidos inflamables de profundidad apreciable un extintor de Clase B debe instalarse con base de tener por lo menos dos unidades numéricas de potencial de extinción de Clase B por pie² (0,0929 metros²) de superficie de líquido inflamable del riesgo de mayor área.

6.3.2.4 Pueden permitirse proveer de extintores de tipo AFFF y FFFP con la base de 1: B de protección por pie² (0,0929 metros²) de área de riesgo. (Para fuegos que involucren líquidos inflamables solubles en agua, ver 5.5.3)

6.3.2.5 Dos o más extintores de incendio de menor rango, diferentes a extintores de tipo AFFF o FFFP, no deben usarse en lugar del extintor requerido para un área más grande de riesgo.

6.3.2.6 Se pueden usar hasta tres extintores AFFF o FFFP para llenar estos requisitos, siempre y cuando la suma de sus rangos para clase B alcance o exceda el valor requerido para el área de riesgo mayor.

6.3.2.7 Las distancias de recorrido para los extintores portátiles no deben exceder los 50 pies (15,25 metros) (ver apéndice E).

Continuación de la figura 56.

6.3.2.7 Las distancias de recorrido para los extintores portátiles no deben exceder los 50 pies (15,25 metros) (ver apéndice E).

6.3.2.7.1 Los riesgos ampliamente dispersos o separados deben ser protegidos individualmente.

6.3.2.7.2 Un extintor en la proximidad de cada riesgo será colocado tan cuidadosamente que sea accesible en el momento del incendio, y sin riesgos excesivos para el operador.

6.4 * Instalaciones para riesgos Clase C.

6.4.1 Los extintores con clasificación C deben ser instalados donde se encuentre equipo eléctrico energizado.

6.4.2 Los requisitos en 6.4.1 incluyen fuegos que envuelvan directamente o rodeen al equipo eléctrico.

6.4.3 Puesto que el fuego en sí es de Clase A o B, los extintores son clasificados y localizados con base en los riesgos previstos de Clase A o B.

6.5 Instalaciones para riesgos Clase D.

6.5.1 Los extintores o agentes de extinción con clasificación D deben ser suministrados para incendios que involucran metales combustibles.

Continuación de la figura 56.

6.5.2 El equipo de extinción debe estar localizado a no más de 75 pies (22,7 metros) del riesgo Clase D. (ver sección E.6).

6.5.3 Los extintores de incendio para riesgos de clase D, deben colocarse en aquellas áreas de trabajo donde se genera polvo, limaduras, láminas o formas similares de metales combustibles.

6.5.4 Para determinar el tamaño se tendrá en cuenta el metal combustible específico, el tamaño físico de sus partículas, el área a ser cubierta y las recomendaciones del fabricante del extintor con base en los datos de las pruebas de control efectuadas.

6.6 Instalaciones para riesgos Clase K.

6.6.1 Extintores Clase K deben estar disponibles para riesgos Clase K donde exista un potencial de incendios que involucren medios combustibles para cocinar (aceites y grasas vegetales y animales).

6.6.2 La distribución máxima de recorrido no debe exceder a 30 pies (9,15 metros) desde el riesgo al extintor.

6.6.3 Todos los aparatos sólidos para cocinar (si o no debajo de una capucha) con cajas contra incendio de 5 pies² (0,14 metros²) de volumen o menor deberán al menos tener un extintor con rango 2-A del tipo de agua o un extintor de químico húmedo de 1,6 galones (6,1 litros) enlistado para fuegos Clase K.

Fuente: Normativa NFPA10 para extintores.

3.1.4. Legislación guatemalteca (Código Civil y Reglamento Municipal de Guatemala)

En Guatemala no hay un enfoque legal del tema ya que no se cuenta con ningún reglamento obligatorio del uso de sistemas contra incendios en las construcciones, ni tampoco con lineamientos de instalación de los equipos de detección o supresión de incendios. A un cuando el tema cada día es más crítico.

Por lo que a continuación mencionaremos algunos artículos de la ley de nuestro país que proporciona reglamentos del tema pero en ningún momento son normas de uso constante en las construcciones.

- Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente Decreto No 68-86 Guatemala 1986

Artículo 8. Para todo proyecto obra, industria, o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables y no renovables al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje, y a los recursos culturales del patrimonio nacional será necesario previamente a su desarrollo un estudio de Impacto Ambiental, realizados por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión del Medio Ambiente (EIA), el funcionario que omitiere el estudio de impacto ambiental de conformidad con este artículo será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de Impacto Ambiental será sancionado con una multa de Q. 5 000,00 a Q. 100 000,00.

Artículo 16. El Organismo Ejecutivo emitirá los reglamentos con: los procesos capaces de producir deterioro en los sistemas líticos o en las rocas y minerales,

y edáfico, o de los suelos que prevengan deactividades industriales, petroleras, minerales, agropecuarias, pesqueras y otras. la descarga de cualquier tipo de sustancias que puedan alterar la calidad física química o mineralogía del suelo o del subsuelo que le sean nocivas a la salud humana, la flora, la fauna y a los recursos y bienes el deterioro cualitativo, y cuantitativo de los suelos.

- Código Civil. Decreto Ley No 106, Guatemala 1992 Título VII, Obligaciones que proceden de hechos y actos ilícitos:

Capítulo único artículo 1650. La persona o empresa que habitual o accidentalmente ejerciere una actividad en la que hiciere uso de mecanismos instrumentos, aparatos o sustancias peligrosas por sí mismo, o por la velocidad que desarrollen, por su naturaleza explosiva o inflamable por la energía de la corriente eléctrica que conduzca o por otras causas análogas está obligada a responder del daño o perjuicio que cause, salvo que pruebe que ese daño o perjuicio se produjo por dolo de la víctima (ver artículo 29 del D. No 295 de la ley orgánica del IGSS).

Capítulo único artículo 1671. El propietario de un edificio es responsable del daño o perjuicio causado por la ruina total o parcial del mismo si la ruina se debió a defecto de construcción, la responsabilidad del dueño será solidaria con la del constructor pero el propietario podrá repetir contra aquel para reembolsarle de lo que hubiere pagado por perjuicios sufridos.

- Reglamento Municipal. Capítulo IV. Edificaciones inseguras o peligrosas

Artículo 84. El propietario de una edificación cualquiera está en la estricta obligación de mantenerla en perfecto estado, para garantizar la seguridad, vida y bienes de las personas que la habiten o de terceros; así como la salud y

tranquilidad del vecindario. Cualquier vecino podrá solicitar la intervención de la oficina cuando considere que una edificación constituye un peligro.

Artículo 86. Para los efectos del reglamento, se consideran edificaciones inseguras o peligrosas todas aquellas que adolezcan de cualquiera de los siguientes vicios:

- a. Que no sean estructuralmente estables para los fines a que se destinan;
- b. Que constituyan riesgo de incendio;
- c. Que no tengan salidas adecuadas y en número suficiente;
- d. Que constituyan riesgo para la salud;
- e. Que por falta de mantenimiento hayan caído en desuso, abandono o desmantelamiento;
- f. Cualquiera otra razón que las haga peligrosas para la seguridad de vidas y bienes, así como para la salud y tranquilidad de sus ocupantes o de terceras personas.

Artículo 87. Toda edificación calificada por la oficina como insegura o peligrosa, será declarada inmediatamente como amenaza pública y en consecuencia, deberá ser desocupada, reparada, rehabilitada, demolida o removida.

Artículo 89. Instalaciones de hidrantes. EMPAGUA instalará en las zonas que cuenten con sistema de distribución, los hidrantes que sean necesarios.

Artículo 90. Instalación de Particulares: Es obligación de los propietarios de fábricas, edificios de tres niveles en adelante y de las lotificadoras, instalar el número de Hidrantes contra incendios que le señale EMPAGUA, el cual se determinará atendiendo el tamaño del edificio, fábrica o lotificación.

Artículo 91. Especificaciones. EMPAGUA señalará la ubicación, especificaciones y forma de conectar a la red de distribución, los hidrantes.

Artículo 92. Exclusividad de uso. Por estar destinados a combatir incendios, está prohibido el uso de los Hidrantes a cualquier persona ajena a los cuerpos de bomberos y éstos únicamente podrán utilizarlos en caso de incendio.

Artículo 93. Mantenimiento. La conservación, reparación y mantenimiento de los Hidrantes contra incendios será por cuenta de EMPAGUA. La obligación de los cuerpos de bomberos y, del vecindario en general, dar inmediato aviso a EMPAGUA en caso de uso indebido del hidrante.

3.1.5. Propuesta de clase y cantidad de extintores por edificio en la Facultad de Ingeniería

- Procedimiento para el cálculo de la cantidad de extintores mínima por área de ocupación
 - Se calcula el área de ocupación del edificio por nivel, tomando la medición del largo por el ancho de la base de cada nivel del edificio.
 - Se determina la clase del riesgo (A, B, C, D, K) y la magnitud del riesgo de cada nivel del edificio (ordinario, moderado, alto).
 - Se calcula la cantidad de área máxima por extintor según las tablas 6.2.1.1 y 6.3.1.1 de la Norma NFPA para extintores sección 3.1.3 en este plan de contingencias.
 - Se calcula la cantidad de extintores dividiendo el área del edificio por el área máxima por extintor de cada piso.
 - Se suma el número de extintores de cada piso para obtener el número de extintores totales.

Todas las áreas de ocupación se calcularon en base a los planos suministrados por la Facultad de Ingeniería.

- Propuesta en el edificio T-3
 - Área de ocupación.
Ancho (10 metros) × Largo (105 metros) = 1 050 metros²
4 niveles.
 - Clase y magnitud del riesgo.
Se considera un área de riesgo ligero (bajo) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.
Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.
 - Cantidad de área máxima por extintor.
 $2 \times \text{área máxima por unidad de A (278,7 metros}^2) = 557,4 \text{ metros}^2.$
 - Cantidad de extintores.
 $\text{Área de ocupación (1,050 metros}^2) / \text{área máxima por extintor (557,4 metros}^2) = 1.88.$

Se requieren 2 extintores (2A-10B-C) por nivel y son 4 niveles dando un total de 8 extintores en el edificio.

En este edificio se requieren 5 extintores (C) para las áreas de: Laboratorio de geomántica 1er nivel, Guatemala Korea internet-plaza 2do nivel, LCE salón 302 3er nivel, Salón 408 4to nivel, Salón 409 4to nivel, y un extintor clase (K) para el área de cafetería en el nivel 0.

En este edificio ya se cuenta con 8 cajas contenedoras de extintores instaladas y con un extintor instalado.

➤ Propuesta en el edificio T-5

- Área de ocupación.

Primer nivel.

$(\text{Ancho (19,5 metros)} \times \text{Largo (52,49 metros)}) + (\text{Ancho (18 metros)} \times \text{Largo (42 metros)}) = 1\,779,55 \text{ metros}^2$.

Segundo nivel.

$(\text{Ancho (7 metros)} \times \text{Largo (18 metros)}) + (\text{Ancho (19,5 metros)} \times \text{Largo (52,49 metros)}) - (\text{Ancho (12,5 metros)} \times \text{Largo (38,5 metros)}) = 668,3 \text{ metros}^2$.

Tercer nivel.

$\text{Ancho (7 metros)} \times \text{Largo (52,49 metros)} = 367,43 \text{ metros}^2$.

- Clase y magnitud del riesgo.

Se considera un área de riesgo ordinario (moderado) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.

Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.

- Cantidad de área máxima por extintor.

$2 \times \text{área máxima por unidad de A (139,35 m}^2) = 278,7 \text{ m}^2$.

- Cantidad de extintores.

$\text{Área de ocupación (2\,815,28 m}^2) / \text{Área máxima por extintor (278,7 metros}^2) = 10,10$.

Se requieren 11 extintores (2A-10B-C) en el edificio.

En este edificio se requieren 6 extintores (10B) para las áreas de: Laboratorio de operaciones unitarias 1er nivel, Laboratorio área de química 1er nivel, Coordinación de área de química 1er nivel,

Laboratorio del área de fisicoquímica 1er nivel, Almacén de reactivos 1er nivel, Área de química sanitaria 2do nivel.

En este edificio se cuentan con 26 equipos extintores con carga de tipo no determinado, mal distribuidos y sin gabinete fijo bien ubicado, solo se requiere una reubicación y rellenado de los equipos con las especificaciones que esta propuesta requiere.

➤ Propuesta en el edificio T-6

- Área de ocupación.
Ancho (28 metros) × Largo (28 metros) = 672 metros².
Un nivel.
- Clase y magnitud del riesgo.
Se considera un área de riesgo ordinario (moderado) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.
Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.
- Cantidad de área máxima por extintor.
 $2 \times \text{área máxima por unidad de A (139,35 m}^2) = 278,7 \text{ metros}^2$.
- Cantidad de extintores.
 $\text{Área de ocupación (672 metros}^2) / \text{Área máxima por extintor (278,7 metros}^2) = 2,41$.
Se requieren 3 extintores (2A-10B-C).

➤ Propuesta en el edificio S-12

- Área de ocupación.
Ancho (36,6 metros) × Largo (45 metros) = 1 647 metros².

Menos el área media del edificio que es espacio libre = $(18 \times 27) = 486$ metros².

$1,647$ metros² - 486 metros² = $1,161$ metros²

4 niveles.

- Clase y magnitud del riesgo.

Se considera un área de riesgo ligero (bajo) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.

Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.

- Cantidad de área máxima por extintor.

$2 \times$ área máxima por unidad de A ($278,7$ metros²) = $557,4$ metros².

- Cantidad de extintores.

Área de ocupación ($1,161$ m²) / Área máxima por extintor ($557,4$ metros²) = $2,08$.

Se requieren 2 extintores (2A-10B-C) por nivel y son 4 niveles dando un total de 8 extintores en el edificio.

En este edificio ya están instalados los 2 extintores por nivel y se cuenta con conexión a hidrantes con manguera.

➤ Propuesta en el edificio T-4

- Área de ocupación.

$((\text{Ancho } (22,5 \text{ metros}) \times \text{Largo } (85 \text{ metros})) + 2((\text{Ancho } (14,7 \text{ metros}) \times \text{Largo } (56,28 \text{ metros})) + 2((\text{Ancho } (11,13 \text{ metros}) \times \text{Largo } (28,66 \text{ metros})) + ((\text{Ancho } (28,11 \text{ metros}) \times \text{Largo } (38,22 \text{ metros}))) = 5\,280$ metros².

3 niveles.

- Clase y magnitud del riesgo.

Se considera un área de riesgo ordinario (moderado) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.

Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.

- Cantidad de área máxima por extintor.
 $2 \times \text{área máxima por unidad de A (139,35 metros}^2) = 278,7 \text{ m}^2.$
- Cantidad de extintores.
 $\text{Área de ocupación (5 280 metros}^2) / \text{Área máxima por extintor (278,7 metros}^2) = 18,9.$
Se requieren 19 extintores (2A-10B-C) en este edificio.

➤ Propuesta en el edificio T-1

- Área de ocupación.
 $\text{Ancho (36,6 metros)} \times \text{Largo (45 metros)} = 1 647 \text{ metros}^2.$
 $\text{Menos el área media del edificio que es espacio libre} = (18 \times 27) = 486 \text{ metros}^2.$
 $1 647 \text{ metros}^2 - 486 \text{ metros}^2 = 1 161 \text{ metros}^2$
3 niveles.
- Clase y magnitud del riesgo.
Se considera un área de riesgo ligero (bajo) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.
Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.
- Cantidad de área máxima por extintor.
 $2 \times \text{área máxima por unidad de A (278,7 metros}^2) = 557,4 \text{ metros}^2.$
- Cantidad de extintores.
 $\text{Área de ocupación (1 161 metros}^2) / \text{Área máxima por extintor (557,4 metros}^2) = 2,08.$

Se requieren 2 extintores (2A-10B-C) por nivel y son 3 niveles dando un total de 6 extintores en el edificio.

En este edificio ya están instalados 3 contenedores de equipo extintor y un equipo extintor en buenas condiciones y con carga.

➤ Propuesta en el edificio T-7

Edificio antiguo

- Área de ocupación.
Ancho (17,50 metros) × Largo (63 metros) = 1 102,5 metros².
Un nivel.
- Clase y magnitud del riesgo.
Se considera un área de riesgo ordinario (moderado) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.
Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.
- Cantidad de área máxima por extintor.
 $2 \times \text{área máxima por unidad de A (139,35 metros}^2) = 278,7 \text{ metros}^2$.
- Cantidad de extintores.
 $\text{Área de ocupación (1 102,5 metros}^2) / \text{Área máxima por extintor (278,7 metros}^2) = 3,95$
Se requieren 4 extintores (2A-10B-C).
En este edificio se requieren 4 extintores (D) para las áreas de: Laboratorio de CNC, Laboratorio de maquinado (procesos 1 y 2), Laboratorio de metalurgia y metalografía, taller de mecánica industrial.

Nuevo edificio

- Área de ocupación.
Ancho (14 metros) × Largo (17,50 metros) = 245 metros².
3 niveles.
- Clase y magnitud del riesgo.
Se considera un área de riesgo ordinario (moderado) dado la liberación de calor del lugar y la cantidad de materiales manejados en el edificio de tipo A, B, C.
Se estipula extintores de polvo químico seco de tipo 2A-10B-C.
- Cantidad de área máxima por extintor.
 $2 \times \text{área máxima por unidad de A (139,35 metros}^2) = 278,7 \text{ metros}^2$.
- Cantidad de extintores.
 $\text{Área de ocupación (245 metros}^2) / \text{Área máxima por extintor (278,7 metros}^2) = 0,88$
Se requiere 1 extintor (2A-10B-C) por nivel y son 3 niveles dando un total de 3 extintores en el edificio.

En este edificio se tienen 6 extintores con carga (2A-10B-C), solo se requerirá la adquisición de 1 extintor (2A-10B-C) y 4 extintores (D).

Total de extintores de la propuesta: 35 extintores (2A-10B-C).

5 extintores (C).

6 recargas (10B).

4 extintores (D).

1 extintor (K).

Total de contenedores de la propuesta: 59.

Los contenedores de los equipos deberán de ser cajas de metal con parte frontal de vidrio y deberán de estar ubicados según las especificaciones dadas en la sección 6.1.3.10 gabinetes del capítulo 3.1.3 información general y normativa sobre extintores de este mismo programa de mantenimiento.

La distribución de los equipos deberá de hacerse según las especificaciones dadas en la sección 6 Distribución de extintores del capítulo 3.1.3 información general y normativa sobre extintores de este mismo programa de mantenimiento.

3.2. Costo de la propuesta

El costo en el que se incurre es en la adquisición de nuevos equipos de extinción de incendios y en la recarga de los equipos que están inactivos, lo que según la cotización realizada en la empresa Productos del Aire S.A., es de un total de Q 56 429,35 que se desglosa de la siguiente manera.

35 extintores marca Sentron 10 libras polvo químico seco ABC	Q 17 914,40
59 gabinetes color rojo con puerta de vidrio, dos llaves	Q 30 385,00
5 extintores marca Kidde 5 libras anhídrido carbónico CO2	Q 8 129,95
Total	Q 56 429,35

Tipo de cambio \$1 = Q 7.95

4. FASE DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE

4.1. Necesidad de capacitación del personal de mantenimiento

En el diagnóstico realizado a la Facultad de Ingeniería se utilizó la herramienta de causa y efecto el cual dio como una causa del problema:

Deficiencias entre el personal de mantenimiento y como una causa de éste la falta de capacitación del personal.

En el Departamento de Mantenimiento actualmente no se trabajan los equipos que en este programa se incluyen por lo cual ni los encargados ni el personal actual tienen la experiencia ni el conocimiento para elaborar la correcta manipulación de los equipos que el nuevo programa integrara al mantenimiento.

Se estipula necesaria la capacitación de los encargados del equipo de mantenimiento en función de los equipos incluidos en este programa o la incorporación de nuevo personal capacitado en el mantenimiento de los equipos incluidos en este programa de mantenimiento.

Por la naturaleza de los equipos y de sus mantenimientos en el área que se estipula mayor necesidad de capacitación es en refrigeración y aire acondicionado, siguiendo como segundo punto importante el equipo de bombeo hidráulico, dado que estos son los equipos más complicados y con los que se tendrán mayor manejo por la complejidad de los mismos.

En términos de los equipos de filtrado de agua y de extinción de incendios se requerirá una capacitación menor dado que el mantenimiento es o reglamentariamente, dado a las certificaciones necesarias para poder realizarlo; impartido por empresas calificadas en el mercado nacional, por lo cual el programa solo estipula revisiones y control interno en estos equipos.

4.2. Planificación de la capacitación

Se impartirán los temas y los contenidos que se muestran a continuación:

- Mantenimiento
 - Mantenimiento en equipos de aire acondicionado
 - Mantenimiento en equipos de bombeo hidráulico
 - Mantenimiento de equipos de extinción de incendios
 - Mantenimiento de equipo de filtrado de agua

- Correcto uso de extintores
- Correcto uso de la herramienta

La capacitación se realizara el día 29 de octubre de 2010 en el edificio T7 de 8 a.m. a 12 p.m., esta constara de 3 conferencias de 1 hora cada una y un *coffebrake* de 1 hora en el cual se darán pastelitos y café o gaseosa.

El orden de las conferencias así como los encargados de impartirlas serán:

Tabla LIX. **Conferencias a impartir en la Facultad de Ingeniería**

Orden	Hora	Conferencia	Encargado
1	8 A.M.	Mantenimiento	Rodolfo González
2	9 A.M.	Correcto uso de extintores	Oficial Herminio Cifuentes
3	11 A.M.	Correcto uso de herramienta	Ing. Oswin Melgar

Fuente: elaboración propia.

Las fotografías de la capacitación se encontraran en apéndice 1.

La capacitación se realizara en el mes de octubre de cada año a partir del 29 de octubre del 2010 y será coordinado por Secretaría Adjunta y el encargado del área de mantenimiento.

CONCLUSIONES

1. Se necesita un sistema más adecuado a las necesidades de cada equipo para la asignación de presupuesto con respecto al mantenimiento dentro de la Facultad de Ingeniería.
2. Es necesario una reinventarización de todo el equipo existente en funcionamiento.
3. No se cuenta con un control preciso del estado y ubicación de los equipos extintores, dando como resultado el extravió y la ubicación indebida de estos lo que es perjudicial al momento de ser necesario alguno de estos equipos.
4. Se necesita personal con mayor conocimiento de los equipos mecánicos en el Departamento de Mantenimiento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
5. Es necesaria la subcontratación del servicio de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado, mientras sea factible la implementación del programa interno o durante la implementación de los preparativos de éste, actualmente en la facultad es indispensable el mantenimiento de los equipos, dado que están funcionando en condiciones deplorables dando como resultado saturación y sobrecarga ocasionando daño en los compresores de estos.

6. Con la implementación de este programa de mantenimiento se dará más control y se garantizara el estado del equipo al que no se le puede dar mantenimiento interno por causa del proceso, o las certificaciones necesarias para poder suministrar dicho mantenimiento, como es el caso del equipo de extinción de incendios; reforzando las revisiones y controles en el monitoreo de este.
7. El mantenimiento del equipo de bombeo hidráulico que sule a toda la facultad se realizara anualmente por lo que la compra del equipo necesario para la extracción de este y la implementación del debido proceso se considera un gasto elevado y con muy poco movimiento, por lo que la recomendación de este mantenimiento es el subcontrato una vez al año de este servicio, sin embargo las revisiones e inspecciones del sistema si se elaboraran por personal interno de la Facultad de Ingeniería siguiendo las especificaciones de este programa de mantenimiento.
8. Es prioritario efectuar el cambio de los niveles de trabajo del tanque de captación de agua en el sistema de abastecimiento de agua de la facultad dado que de seguir funcionando en el estado actual se limitara la vida útil de equipo de bombeo sumergido, se recomienda el cambio del flote del tanque.
9. Los equipos de extinción de incendios ubicados actualmente en las áreas de laboratorios de cómputo no es el adecuado para la correcta preservación del mismo al momento del uso de estos equipos, se elaboró una reestructuración de los tipos así como la cantidad de estos en este programa. Se cubrieron las áreas en las cual no se tenía cobertura contra incendios antes de este programa. Es de suma importancia la implementación inmediata de la reestructuración del sistema

antiincendios proporcionado por este programa para la preservación de las personas y el equipo dentro de la Facultad de Ingeniería.

10. Es necesario la limpieza inmediata del tanque de captación de agua ubicado en la terraza del edificio T3 como máximo cada 3 meses para mantener los correctos niveles de salubridad en el agua.

RECOMENDACIONES

1. En lo que se refiere al aire acondicionado se recomienda lo siguiente para cada uno de los edificios que conforman la Facultad de Ingeniería.
 - T3: rediseñar el cableado y el suministro eléctrico.
 - T5: efectuar el mantenimiento correctivo a los aparatos ubicados en el área de metrología y del Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria.
 - T4: realizar el cambio de compresores de los dos equipos más cercanos a la puerta de acceso de la biblioteca, reparar o reemplazar el panel de control de los equipos ubicados en las áreas de Decanato y Tesorería, reemplazar el equipo del área de inglés así como las baterías de los controles remotos de los equipos.
 - T1: reparar los tomacorrientes de los equipos tipo ventana ubicados en la biblioteca del Departamento de Física, realizar la instalación eléctrica de los equipos del Laboratorio de Electrónica.

Para el T7 así como para los demás edificios es necesario efectuar el pertinente mantenimiento preventivo al equipo de aire acondicionado.

2. Para el sistema de bombeo hidráulico, se necesita instalar un nuevo flote de control de nivel en el tanque de captación dejando solamente 45 centímetros en el eje vertical de líquido de reserva dentro del tanque para que se active el proceso de llenado, alargando con esto el tiempo de descanso de la bomba hasta en 12,26 minutos en demanda máxima, lo

cual estaría dentro del rango aceptable de funcionamiento de este equipo.

Se debe efectuar el respectivo mantenimiento a la bomba sumergible principal dado que ya cumplió con las 10 000 horas de funcionamiento desde su instalación.

3. El equipo de filtrado de agua ubicado en los edificios T3, T4, T5, T6 y T7 necesita el pertinente mantenimiento preventivo y correctivo, así como instalar un protector en la boquilla del equipo para que los usuarios no puedan manipularla directamente.
4. Al equipo de extinción de incendios ubicado en los edificios T1, T3, T4, T5, T7 y S12 se le debe brindar el correcto mantenimiento preventivo y estas otras recomendaciones para:
 - T1: proporcionar mejor seguridad a las instalaciones y reponer los dos equipos que faltan en el segundo y tercer nivel.
 - T3: encontrar los siete equipos de extintores que no se encuentran ubicados en sus colocadores.
 - T5: brindar el correcto contenedor a los equipos en cada área del edificio.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARADO DE LEÓN, Hugo Leonel. *Material del curso de seguridad e higiene industrial I*. Facultad de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008.
2. FRANCO LIJO, Juan Manuel. *Manual de refrigeración*. España: Reverté, 2006. 230 p.
3. GABOR, Takacz. *Electrical submersible pumps manual, design, operation and maintenance*. USA: Gulf Profesional Publishing, 2005. 425 p.
4. GARCÍA ALMINAÑA, Daniel. *Instalaciones de refrigeración y aire acondicionado*. Barcelona: UOC, 2007. 162 p.
5. GEOFF, Taylor; EASTER, Kellie; HEGNER, Roy. *Mejora de la salud y la seguridad en el trabajo*. España: Elsevier, 2006. 111 p.
6. HIDROSTAL. *Manual para bombas sumergibles Hidrostal, operación y mantenimiento: Mantenimiento hidráulico sumergible*. Sección 2.6. USA: Hidrostal, 2005. 180 p.
7. HITMAN, William; JOHNSON, William M. *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado I*. España: Paraninfo, 2006. 339 p.

8. Instituto Técnico de Capacitación y Productividad. *Mantenimiento de sistemas de aire acondicionado*. Guatemala: INTECAP, 2005. 208 p.
9. *Normativa NFPA 10 para extintores*. [en línea]. Capítulo 5 y 6. [ref. 10 de junio de 2010]. Disponible en Web: <<http://es.scribd.com/doc/60662823/Norma-NFPA-10-Espanol>>.
10. Prácticas de laboratorio. Valencia, España: Universitaria Politécnica, 2006. 213 p.
11. RAMIREZ CABASSA, César. *Seguridad: un enfoque integral*. México: Limusa, 2005. 503 p.
12. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. *Historia*. [en línea]. [ref. 20 de junio de 2010]. Disponible en Web: <<http://www.ingenieria-usac.edu.gt/historia.php>>.

APÉNDICE

1. Fotografías y lista de asistencia de la capacitación en la fase de enseñanza aprendizaje







