



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

**PROPUESTA PARA AHORRO INTEGRAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO
EN LOS EDIFICIOS DEL CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN MÉDICA, Y UN DISEÑO DE
SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA LA SEDE DE LA ZONA 17**

Lester David Leonardo Reyes

Asesorado por el Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma

Guatemala, julio de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA AHORRO INTEGRAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO
EN LOS EDIFICIOS DEL CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN MÉDICA, Y UN DISEÑO DE
SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA LA SEDE DE LA ZONA 17**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LESTER DAVID LEONARDO REYES

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ANÍBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JULIO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramirez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Roberto Guzmán Ortiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 PARA AHORRO INTEGRAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO
EN LOS EDIFICIOS DEL CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN MÉDICA, Y UN DISEÑO DE
SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA LA SEDE DE LA ZONA 17**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 29 de febrero de 2016.


Lester David Leonardo Reyes



Guatemala, 17 de noviembre de 2016
Ref.EPS.DOC.798.11.16.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

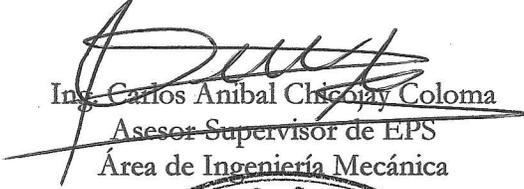
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Lester David Leonardo Reyes** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. 201113805, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **PROPUESTA PARA AHORRO INTEGRAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LOS EDIFICIOS DEL CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN MÉDICA, Y UN DISEÑO DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA LA SEDE DE LA ZONA 17.**

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Carlos Anibal Chicoy Coloma
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
CACC/ra





Guatemala, 17 de noviembre de 2016
REF.EPS.D.498.11.16

Ing. Roberto Guzmán
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

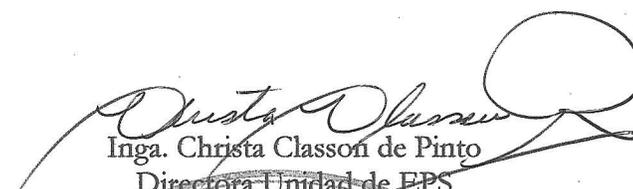
Estimado Ingeniero Guzmán:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado: **PROPUESTA PARA AHORRO INTEGRAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LOS EDIFICIOS DEL CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN MÉDICA, Y UN DISEÑO DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA LA SEDE DE LA ZONA 17**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Lester David Leonardo Reyes** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Carlos Anibal Chicojay Coloma.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra



USAC

TRICENTENARIA

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.202.2017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor-Supervisor y del Director de la Unidad de EPS, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA AHORRO INTEGRAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LOS EDIFICIOS DEL CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN MÉDICA, Y UN DISEÑO DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA LA SEDE DE LA ZONA 17** del estudiante **Lester David Leonardo Reyes**, CUI 2060900960108, Reg. Académico No. 201113805 y luego de haberlo revisado en su totalidad, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Salmon Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

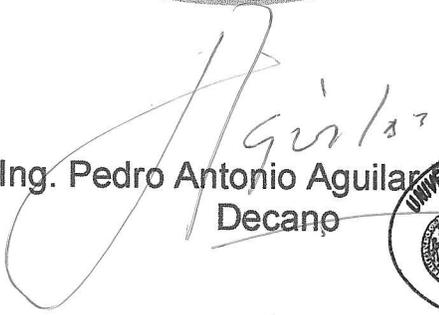
Guatemala, julio de 2017



Ref. DTG.323.2017

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, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA AHORRO INTEGRAL EN EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO EN LOS EDIFICIOS DEL CENTRO INTEGRAL DE ATENCIÓN MÉDICA, Y UN DISEÑO DE SISTEMA DE CALEFACCIÓN PARA LA SEDE DE LA ZONA 17,** presentado por el estudiante universitario: **Lester David Leonardo Reyes,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Blanco
Decano



Guatemala, julio de 2017

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser la máxima influencia en mi vida.
Mis padres	Luis Leonardo y Alba Reyes de Leonardo. Su amor será siempre mi inspiración.
Mi hermano	Jonathan Leonardo. Por ser un apoyo incondicional para mí.
Mi familia	Por el amor e instrucción que me han impartido.
Mis amigos	Por su amistad y apoyo que me han brindado.
Facultad de ingeniería	Por ser mi casa de estudio.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por brindarme la oportunidad de obtener este logro tan importante en mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi <i>alma mater</i> y albergarme en sus aulas durante mi carrera.
Facultad de ingeniería	Por ser mi casa de estudio donde adquirí los conocimientos profesionales a lo largo de la carrera.
CIAM	Por su incalculable ayuda al realizar mí EPS.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Antecedentes históricos de CIAM.....	1
1.2. Información de la empresa.....	2
1.2.1. Ubicación de los centros.....	2
1.2.2. Visión, misión y valores.....	3
1.2.2.1. Visión.....	3
1.2.2.2. Misión.....	3
1.2.2.3. Valores.....	3
1.2.2.4. Imperativos:.....	3
1.3. Organigrama CIAM.....	4
1.3.1. Organigrama general de CIAM.....	4
1.3.2. Organigrama de Mantenimiento seguridad e higiene.....	5
1.3.3. Organigrama Departamento de Servicio Técnico	6
1.4. Descripción del servicio.....	7
1.4.1. Recepción.....	7
1.4.2. Ingreso al edificio.....	7
1.4.3. Información.....	7
1.4.4. Espera.....	7

1.4.5.	Brindando datos.....	7
1.4.6.	Espera de atención médica.....	8
1.4.7.	Laboratorio, diagnóstico por imágenes y exámenes médicos	8
1.4.8.	Ser atendido por personal medico.....	8
1.4.9.	Proceso en la farmacia.....	8
1.4.10.	Fin del proceso.....	8
1.4.11.	Diagrama de flujo del proceso.....	9
1.5.	Análisis FODA.....	10
1.6.	Recursos.....	11
1.6.1.	Físicos.....	11
1.6.2.	Humanos.....	11
1.6.2.1.	Sede Portales zona 17.....	12
1.6.2.2.	Sede zona 9.....	12
1.6.2.3.	Sede Miraflores zona 11.....	13
1.7.	Descripción del problema.....	13
1.7.1.	Antecedentes.....	13
1.7.2.	Justificación.....	13
1.7.3.	Formulación y delimitación del problema	14
1.7.4.	Alcances o límites.....	14
1.8.	Características técnicas de los equipos	15
1.8.1.	Generalidades del aire acondicionado	15
1.8.1.1.	Un poco de historia acerca de los sistemas de aire acondicionado	15
1.8.1.2.	Transferencia de calor en aire acondicionado.....	18
1.8.2.	Tipos de sistemas presentes en los edificios de CIAM.....	20
1.8.2.1.	Sistema Split.....	20

	1.8.2.1.1.	Ventajas y	
		desventajas de los sistemas tipo Split	21
	1.8.2.2.	Sistema Chiller.....	23
		1.8.2.2.1. Ventajas y	
		desventajas del sistema tipo chiller	25
1.8.3.		Datos técnicos de los equipos	26
	1.8.3.1.	CIAM Portales	26
	1.8.3.2.	CIAM zona 9	27
	1.8.3.3.	CIAM Miraflores	28
1.8.4.		Partes y componentes de los equipos.....	29
	1.8.4.1.	Equipos en CIAM Portales.....	29
	1.8.4.2.	Equipo en CIAM zona 9.....	36
	1.8.4.3.	Equipos en CIAM Miraflores	41
1.9.		Montaje.....	44
	1.9.1.	Enclavamiento o anclaje... ..	45
		1.9.1.1. CIAM Portales	45
		1.9.1.2. CIAM zona 9... ..	47
		1.9.1.3. CIAM Miraflores	51
	1.9.2.	Instalaciones eléctricas.....	53
		1.9.2.1. CIAM portales	53
		1.9.2.2. CIAM zona 9... ..	57
		1.9.2.3. CIAM Miraflores	60
		1.9.2.4. Tabla de calibres AWG para conductores de cobre.....	61
		1.9.2.5. Datos para dimensionamiento eléctrico.....	62
	1.9.3.	Componentes.....	63
		1.9.3.1. CIAM Portales	63
		1.9.3.2. CIAM zona 9... ..	64

	1.9.3.3.	CIAM Miraflores.....	65
	1.9.4.	Tipo de instalaciones.....	66
	1.9.5.	Generalidades de mantenimiento de los equipos....	67
	1.9.5.1.	Mantenimiento predictivo y preventivo.....	67
	1.9.5.2.	Mantenimiento correctivo	70
1.10.		Ahorro Energético.....	72
	1.10.1.	¿Cómo ahorrar en recursos?	73
	1.10.1.1.	Energía eléctrica	73
	1.10.1.2.	Mantenimiento.....	75
	1.10.1.3.	Otras maneras de ahorrar.	78
	1.10.2.	Análisis de energía.....	78
	1.10.2.1.	CIAM Portales... ..	78
	1.10.2.2.	CIAM zona 9.....	80
	1.10.2.3.	CIAM Miraflores.....	83
	1.10.2.4.	Análisis de costos totales	83
2.		FASE TÉCNICO PROFESIONAL	85
	2.1.	Ubicación.....	85
	2.1.1.	Planos de ubicación.....	85
	2.1.2.	Planos de instalación actual	85
	2.2.	Datos de operación actual de los equipos.....	86
	2.2.1.	Equipos Split CIAM Portales	86
	2.2.2.	Equipo chiller y Fan coil CIAM zona 9	87
	2.2.3.	Equipo Split CIAM Miraflores.....	88
	2.3.	Cálculo del funcionamiento actual de los equipos.....	88
	2.3.1.	Consumo de energía eléctrica.....	89
	2.3.1.1.	CIAM Portales	89
	2.3.1.2.	CIAM zona 9.....	90

	2.3.1.3.	CIAM Miraflores	92
2.3.2.		Cálculo de espacios acondicionados y carga térmica.....	93
	2.3.2.1.	CIAM Portales	94
	2.3.2.2.	CIAM zona 9.....	96
	2.3.2.3.	CIAM Miraflores	97
2.3.3.		Conclusiones de los cálculos.....	98
2.4.		Propuesta de soluciones respecto al aire acondicionado	99
2.5.		Análisis económico de las soluciones propuestas.....	103
	2.5.1.	Análisis global de la inversión.....	107
2.6.		Planes de mantenimiento.....	108
	2.6.1.	Procedimiento para mantenimiento preventivo en unidades de aire acondicionado tipo Split	108
	2.6.2.	Procedimiento para mantenimiento preventivo en unidades de aire acondicionado tipo Mini Split.....	110
	2.6.3.	Procedimiento para mantenimiento preventivo en sistemas Chiller y Fan Coil	111
	2.6.4.	Plan de mantenimiento CIAM Portales.....	113
	2.6.5.	Plan de mantenimiento CIAM zona 9.	116
	2.6.6.	Plan de mantenimiento CIAM Miraflores.	118
	2.6.7.	Evaluación de los planes de mantenimiento actuales en cada sede.....	120
	2.6.7.1.	CIAM Portales	120
	2.6.7.2.	CIAM zona 9.....	121
	2.6.7.3.	CIAM Miraflores	123
2.7.		Diseño de sistema de calefacción para CIAM zona 17	124
	2.7.1.	Planteamiento de la necesidad del sistema de calefacción.....	124
	2.7.2.	Áreas a las que aplica el diseño	125

2.7.3.	Cálculos para el sistema de calefacción	126
2.7.3.1.	Carga térmica para calefacción	126
2.7.3.2.	Cálculo de ductos y ventiladores.....	127
2.7.4.	Presupuesto para el sistema de calefacción	129
2.7.5.	Planos conceptuales de instalación	130
2.7.6.	Discusión del diseño de calefacción.....	131
3.	CAPACITACIÓN AL PERSONAL SOBRE AHORRO ENERGÉTICO. .	133
3.1.	Razones para la capacitación.....	133
3.2.	Realización de la capacitación.....	133
3.2.1.	Establecimiento de los objetivos deseados	134
3.2.2.	Definición del contenido a impartir y personal	134
3.3.	Programación.....	135
3.3.1.	Establecimiento de fecha y hora para la actividad	135
3.4.	Metodología de trabajo.....	136
3.4.1.	Capacitación.....	136
3.4.2.	Docencia y retroalimentación de la actividad.....	136
3.5.	Evaluación.....	136
3.5.1.	Diagnóstico y desarrollo del tema impartido.....	139
3.5.2.	Evaluación estructurada.....	139
3.6.	Resultados.....	139
3.6.1.	Calificación de evaluación de los colaboradores...	140
3.6.2.	Determinación de los alcances logrados	141
	CONCLUSIONES.....	143
	RECOMENDACIONES	145
	BIBLIOGRAFÍA.....	147
	APÉNDICE	149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general	4
2.	Organigrama del departamento de mantenimiento	5
3.	Organigrama del departamento de servicio técnico.....	6
4.	Diagrama de flujo del proceso	9
5.	FODA CIAM	10
6.	Diagrama de concepto Sistema Split	21
7.	Tipos de <i>Chiller</i> y esquema general.....	24
8.	Fotografía de unidad UMA	29
9.	Sistema de purificación de aire por UV	32
10.	Ventilador tipo turbina	33
11.	Intercambiador de calor, serpentín o evaporador	34
12.	Unidades exteriores condensador y compresor	35
13.	Equipo Chiller instalado en Zona 9	36
14.	Sistema de bombeo de agua helada.....	37
15.	Tubería instalada para transporte de agua helada	38
16.	Unidad <i>Fan coil</i> instalada.....	39
17.	Sistema Inrow instalado	40
18.	Condensadores de A/C Miraflores	42
19.	Termostato Honeywell pro 3000	43
20.	Termostato Honeywell pro 6000	43
21.	Ejemplo de soporte anti vibratorio CIAM Portales.....	45
22.	Anclaje de UMA	46
23.	Aislante de vibración para el equipo Chiller.	47

24.	Anclaje del Equipo Chiller	48
25.	Anclaje de unidad <i>Fan coil</i>	49
26.	Condensadora con bases anti vibración	51
27.	Base instalada en condensadores.....	51
28.	Esquema de conformación del impermeabilizante	52
29.	Conexiones hacia el termostato.....	54
30.	Panel de control de 24V	56
31.	Diagrama unifilar CIAM zona 9	57
32.	Esquema de elementos del sistema SPLIT en CIAM Portales	63
33.	Esquema de sistema Chiller	65
34.	Porcentaje de ahorro relacionado con SEER	74
35.	Distribución de gasto energético.....	84
36.	Análisis de gasto.....	107
37.	Tasa y proyección de recuperación de inversión.....	108
38.	Vista interior de la UMA	109
39.	Filtro tipo malla sistema Mini Split.....	110
40.	Rociado con bomba Matabi	111
41.	Cuerpo motor de la turbina desarmado	112
42.	Equipo para medir presiones de refrigerante.....	113
43.	Gráfica de dimensionamiento para ductos	128
44.	Clínicas primer nivel	130
45.	Clínicas segundo nivel.....	130
46.	Evaluación de la capacitación.....	137

TABLAS

I.	Cantidad de colaboradores CIAM Portales	12
II.	Cantidad de colaboradores CIAM zona 9.....	12
III.	Cantidad de colaboradores CIAM Miraflores.....	13
IV.	Ficha técnica de los equipos CIAM zona 17.....	26
V.	Ficha técnica del equipo CIAM zona 9	27
VI.	Ficha técnica de equipos en CIAM Miraflores	28
VII.	Tabla de peso del sistema chiller	50
VIII.	Conductores eléctricos de cobre	61
IX.	Costos de mantenimiento preventivo	75
X.	Costo de mantenimiento preventivo en CIAM zona 9	76
XI.	Mantenimiento correctivo Chiller	77
XII.	Consumo actual de equipos CIAM Portales.....	86
XIII.	Condiciones de operación de Chiller.....	87
XIV.	Condiciones de operación de Fan coil	87
XV.	Datos de operación actual equipos Miraflores.....	88
XVI.	Resumen de gastos por Fan coil.....	92
XVII.	Consumo energético de sistema de bombeo	92
XVIII.	Resumen de carga térmica Portales	95
XIX.	Resumen de carga térmica zona 9.....	96
XX.	Resumen de carga térmica Miraflores.....	97
XXI.	Inversión y ahorro en CIAM Portales.....	103
XXII.	Inversión y ahorro en CIAM Zona 9.....	104
XXIII.	Inversión y ahorro en CIAM Miraflores	106
XXIV.	Cronograma de mantenimiento	115
XXV.	Cronograma de mantenimiento	117
XXVI.	Cronograma de mantenimiento.....	119
XXVII.	Valores de carga térmica para calefacción.....	126

XXVIII.	Presupuesto.....	129
XXIX.	Resultados de la evaluación de los colaboradores	140

GLOSARIO

Ahorro	Evitar un gasto o consumo mayor de algún recurso.
Aire acondicionado	Aire procesado por un sistema de acondicionamiento, para el confort y condiciones especiales.
BTU	Es una unidad de energía. Una BTU representa la cantidad de energía que se requiere para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.
Calor	Sensación térmica característica del estado de un sistema en particular.
Carga térmica	Es el calor que un sistema de calefacción/acondicionamiento debe desplazar.
Chiller	Equipo de enfriamiento de agua, es el encargado de proveer agua helada a las unidades <i>Fan coil</i> en el interior del edificio.
CIAM	Centro Integral de Atención Médica, institución privada que se dedica a la atención medica en pacientes asegurados y no asegurados, cuenta con varias sedes.
Congelamiento	Exceso de enfriamiento en el serpentín.

Condensador	Componente del sistema en el que el refrigerante vuelve al estado líquido.
Corriente eléctrica	Flujo de electrones a través de un conductor; puede ser cobre, aluminio, acero, plata, etc.
Costos	El valor monetario que incurre una acción.
Cotización	Verificación de costos y/o precios antes de la ejecución.
Discrepancia	Desacuerdo entre dos o más personas o falta de aceptación de una situación, una decisión o una opinión.
Ductos	Conducto donde circula un fluido, aire.
Eficiencia	Factor recursos consumidos/producto obtenido.
Evaporadores de expansión directa	Estos evaporadores son los más comunes en sistemas frigoríficos y se utilizan mucho en los sistemas de climatización de verano, refrigeración de media y baja temperatura
Fan coil	Unidad interior del aire acondicionado por agua helada, utiliza agua proveniente de un equipo <i>chiller</i> .
Mini Split	Equipo de aire acondicionado que consta de 2 unidades interconectadas, una exterior y una interior. La interior alberga la turbina y evaporador del equipo, la exterior el compresor y el evaporador.

Plano de ubicación	Plano general de la infraestructura de una edificación.
Plano de instalación	Este se refiere a la instalación de algún sistema en la infraestructura del edificio
R22	Refrigerante con base CFHC, se utiliza en equipos de refrigeración antiguos y tiene menos eficiencia que el R410.
R410	Refrigerante ecológico, se encuentra presente en los equipos de refrigeración modernos.
Rendimiento	Cuanta energía consume un sistema para realizar un trabajo en específico.
Recinto	Espacio interior del edificio en donde se suministra el flujo de aire acondicionado.
SEER	<i>Seasonal Energy Efficiency Ratio</i> , por sus siglas en inglés, es el índice de eficiencia en equipos de refrigeración.
Serpentín	Componente del sistema de aire acondicionado, en él se genera el efecto refrigerante ya sea por expansión directa o por circulación de agua helada.
Split	Equipo de aire acondicionado, el cual también recibe el nombre de equipo con UMA centralizada.
Sumidero	Recibe el nombre de sumidero al espacio en el cual el calor recolectado del interior es liberado, para el

caso del aire acondicionado el sumidero es el medio ambiente.

TR Abreviación de tonelada(s) de refrigeración, refiriéndose a equipos de aire acondicionado o también en algunos casos a cargas térmicas.

Tubería Conducto donde circula un fluido, líquido o gas.

UMA Unidad manejadora de aire, es la encargada de generar el flujo de aire hacia el interior del recinto.

RESUMEN

Inicialmente, en el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se tiene la disposición de realizar el plan de ahorro energético en tres sedes de la empresa; por lo cual es necesario administrar de una manera eficiente el tiempo disponible.

Por esta razón, se acordó dedicar, a cada sede, aproximadamente dos meses para realizar los procedimientos que sean necesarios para concluir con el proyecto.

Durante este tiempo, es necesario informarse de los procesos que se llevan a cabo en cada sede, para la finalidad del proyecto. El plan de ahorro energético a través del aire acondicionado debe realizarse en cada una de las sedes, sin embargo, el diseño técnico profesional del sistema de calefacción se ha destinado solo para la sede ubicada en Portales, zona 17. Esto es lo concerniente a la parte técnico- profesional.

La fase de enseñanza y aprendizaje (etapa docente) que incluye capacitaciones al personal de la empresa se llevará a cabo en cada sede, las cuales tienen como finalidad fomentar la cultura de ahorro energético.

OBJETIVOS

General

Realizar propuesta para ahorro energético en equipos de aire acondicionado y diseñar un sistema de calefacción para la sede CIAM de zona 17.

Específicos

1. Instruir al recurso humano de CIAM para el manejo adecuado de los sistemas de aire acondicionado.
2. Realizar los cálculos necesarios, en relación espacio/consumo/confort de los sistemas de aire acondicionado para CIAM.
3. Realizar el estudio de las instalaciones, materiales eléctricos, y planos de la instalación del aire acondicionado.
4. Proponer, de ser necesario, un proyecto mayor para renovación o sustitución de equipo de aire acondicionado.
5. Proponer un diseño útil de sistema de calefacción para CIAM Portales, zona 17.

INTRODUCCIÓN

El Centro Integral de Atención Medica CIAM se ha creado para satisfacer las necesidades de los asegurados de los productos de Gastos Médicos de Seguros G&T y público en General.

CIAM tiene como objetivo brindar atención médica de una manera innovadora, de calidad y con calidez humana.

CIAM tiene también un sentido ecológico. Para ello, se propone utilizar, de una manera eficiente, los recursos energéticos con los que cuenta por medio de la reducción de costos en el consumo de energía. En el caso de este estudio, reducción de costos en energía eléctrica.

En la mayoría de empresas, una cifra significativa en el consumo eléctrico se debe a la utilización de aire acondicionado y/o calefacción. Por esta razón, es necesario establecer parámetros para controlar el consumo eléctrico en función de la eficiencia y utilización de acondicionamiento de aire.

Las normas ISO, entre otras, tienen un objetivo en común: incrementar la calidad de los productos y/o servicios, eliminar las malas condiciones y prácticas del proceso.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Antecedentes históricos de CIAM

El 29 de enero de 2014, Seguros G&T, una organización comprometida con el bienestar y la salud de la familia de los guatemaltecos, inaugura el Centro Integral de Atención Médica (CIAM). Este tiene como objetivo principal brindar atención médica primaria con procesos ágiles, diagnósticos certeros y alta calidez humana para generar confianza en sus asegurados. Siempre a la vanguardia en innovación y servicio, Seguros G&T, ahora, cuenta con un centro de asistencia médica, el primero de varios centros que se inaugurarán en el país, con uno de los más grandes laboratorios clínicos, equipos médicos y dentales de última generación, como los de gastroendoscopías y colonoscopías de alta definición. El CIAM cuenta con amplias instalaciones diseñadas con más de 10 ambientes y áreas especializadas, como pediatría, ginecología, medicina interna, gastroenterología, traumatología y nutrición. Incluye, también, seis cubículos para atención de emergencias primarias, los 365 días del año. Además, se buscó crear un ambiente con la más reciente técnica en diseño de interiores para proveer terapia visual, confort al paciente y crear psicológicamente una sensación de tranquilidad.

Desde sus inicios, Seguros G&T ha demostrado su gran compromiso con Guatemala, hasta llegar a convertirse en la aseguradora líder en servicio. Hoy, con la visión de ser la aseguradora más innovadora y garantizar la tranquilidad de sus clientes, pone a disposición el CIAM, que cuenta con un equipo humano y profesional de alta experiencia y médicos especialistas. Las instalaciones, además, cuentan con un moderno software que permite almacenar, por medio de

procesos automatizados, expedientes electrónicos de todas las visitas de sus pacientes. Como parte de su estrategia, Seguros G&T consolida su compromiso de dar el mejor servicio y ofrecer atención especial y personalizada para sus clientes, mediante un proceso ágil y simple, sin trámites ni formularios y ofreciendo más beneficios a los asegurados.

1.2. Información de la empresa

La empresa se dedica a la atención médica personalizada, brindando un servicio de calidad a todos los miembros de plan de Seguros G&T y a personas particulares.

1.2.1. Ubicación de los centros

Las sedes de CIAM se encuentran en los siguientes puntos de la ciudad:

- CIAM "PORTALES"
12 Calle 4-14 Zona 17, Distrito Portales, Local 101.
- CIAM "ZONA 9".
7ª Av. 11 Calle 11-11 Zona 9, esquina
- CIAM "MIRAFLORES"
Calzada Roosevelt, 21 Avenida 4-32 Zona 11
C.C. Paseo Miraflores, Local L7-07

Estos son las sedes en donde se realiza el proyecto de EPS.

1.2.2. Visión, misión y valores

1.2.2.1. Visión

“Ser el centro de atención médica primaria donde todos prefieran ir”.

1.2.2.2. Misión

“Ayudar a seguir adelante.”

1.2.2.3. Valores

- Integridad
- Confianza
- Actitud de servicio
- Disposición al cambio
- Trabajo en equipo
- Sentido de urgencia

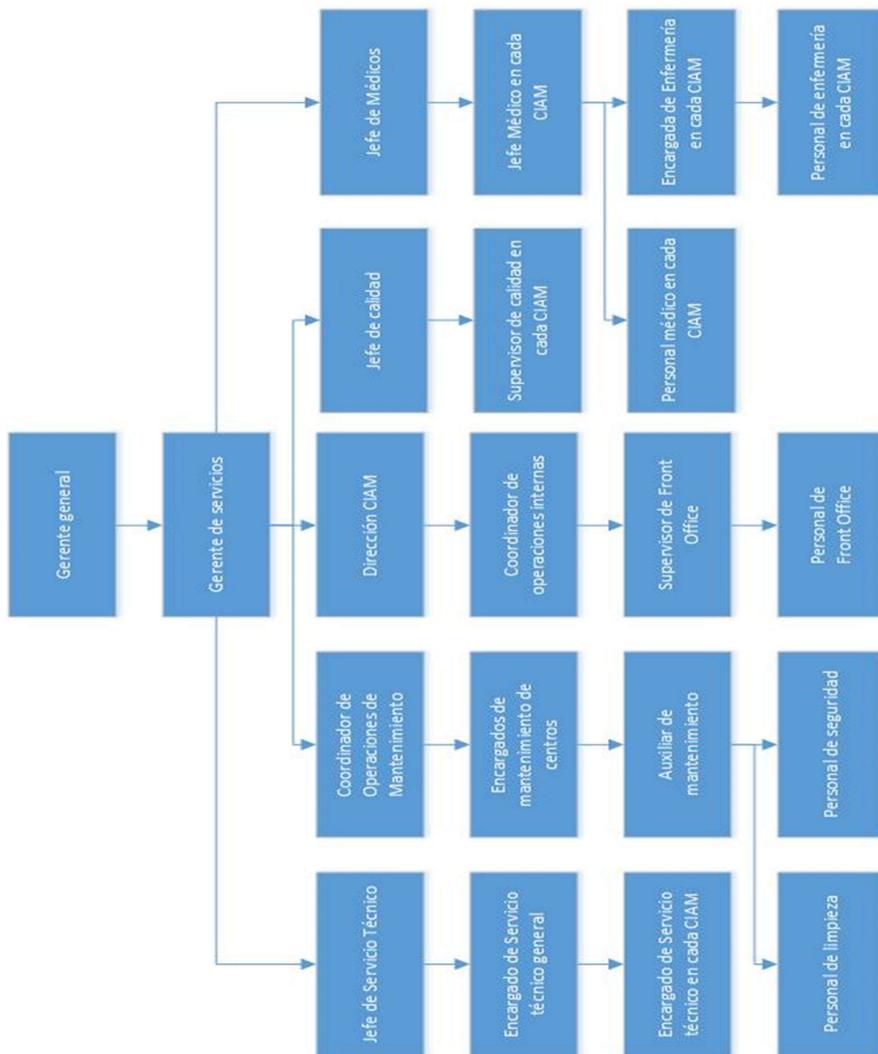
1.2.2.4. Imperativos

- Calidad en servicio: Que el cliente sienta empatía y personalización de sus necesidades en el momento de contacto y anticipadamente.
- Profesionalismo médico: contar con un equipo experto cumpliendo con los procedimientos y estándares establecidos.
- Conocimiento y estudio del paciente: Que el cliente se sienta seguro de que con cualquier médico que lo atienda, estará siendo bien atendido y que conoce su historial.
- Eficiencia: Agilidad, rapidez y simplicidad en todo lo que hacemos y bien hecho.
- Infraestructura adecuada e instalaciones agradables: contar con estándares y protocolos propios a un centro médico de alta calidad.
- Generar valor a seguros G&T.

1.3. Organigrama CIAM

1.3.1. Organigrama general de CIAM

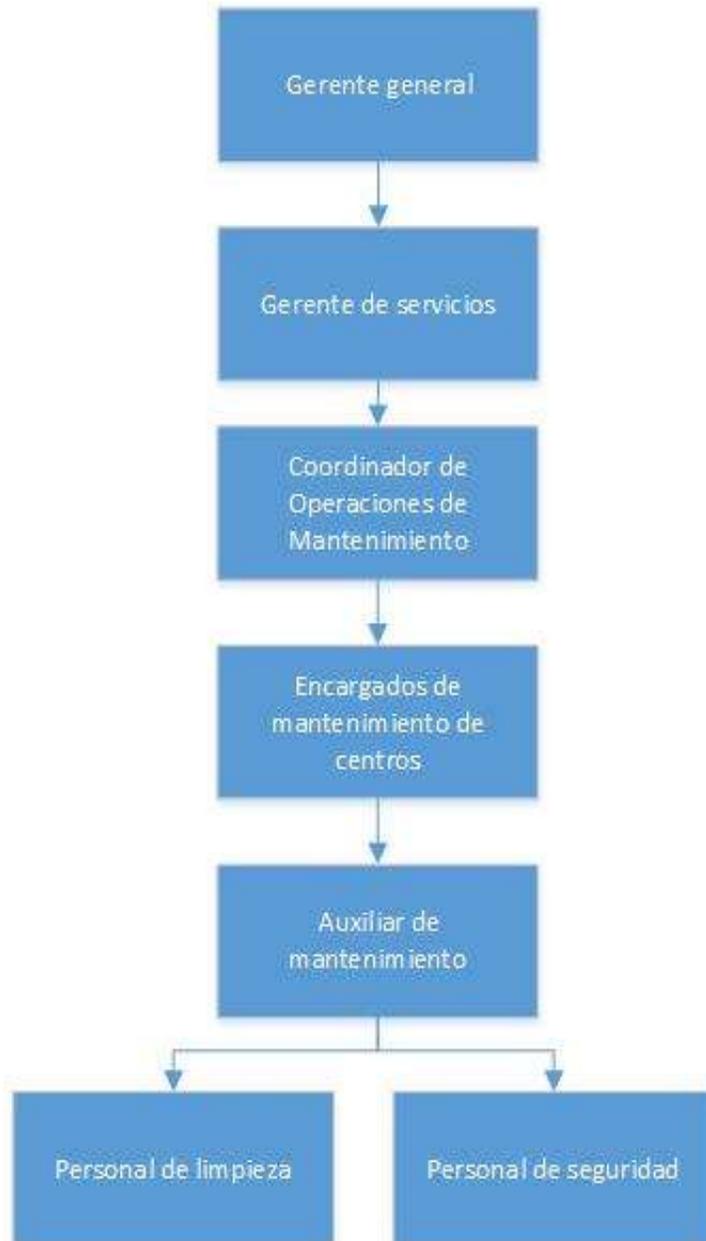
Figura 1. Organigrama general



Fuente: elaboración propia.

1.3.2. Organigrama de Mantenimiento seguridad e higiene

Figura 2. Organigrama del departamento de mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

1.3.3. Organigrama Departamento de Servicio Técnico

Figura 3. Organigrama del departamento de servicio técnico



Fuente: elaboración propia.

1.4. Descripción del servicio

1.4.1. Recepción

El proceso inicia con la recepción. Parte desde que el paciente acuerda una cita vía telefónica o a través del sitio web de la corporación.

1.4.2. Ingreso al edificio

Continúa en el ingreso al centro donde los guardias de seguridad abren las puertas para que ingresen los pacientes.

1.4.3. Información

A continuación, el personal de *Hosting Service* se encarga de recabar la información primaria, es decir, nombre del paciente y especialidad para la cual acordó la cita el personal de *Hosting* hace entrega al paciente de un número que será la identificación del paciente durante el proceso restante.

1.4.4. Espera

Luego de brindar los datos primarios, el personal de *Hosting* se encarga de dirigir a los pacientes a la sala de espera, donde aguardan a que el sistema los llame a uno de los representantes en *Front Office*.

1.4.5. Brindando datos

Una vez el paciente ha sido llamado para ser atendido por los representantes de *Front Office*, les solicitan sus datos completos para incorporarlos al sistema.

1.4.6. Espera de atención médica

Realizado el paso anterior, el paciente espera a que el sistema lo llame por altavoz para que se dirija a la unidad de signos vitales, donde se le toman datos de su condición física, como peso, talla y presión arterial.

1.4.7. Laboratorio, diagnóstico por imágenes y exámenes médicos

En CIAM también ofrece exámenes de laboratorio, esto gracias a la alianza estratégica con otra empresa. Estos exámenes se llevan a cabo si el médico los solicita y el paciente autoriza.

1.4.8. Ser atendido por personal médico

Una vez le han tomado los signos vitales, el paciente espera un lapso de tiempo hasta que el sistema de filas hace el llamado para que el paciente entre a la clínica asignada por el personal ejecutivo de *Front Office*. En la clínica comienza el proceso de examen médico.

1.4.9. Proceso en la farmacia

El proceso continúa cuando el paciente sale de la clínica. El paciente tiene la opción de decidir si procede a la farmacia del centro o no. Si no se dirige a la farmacia, el proceso finaliza.

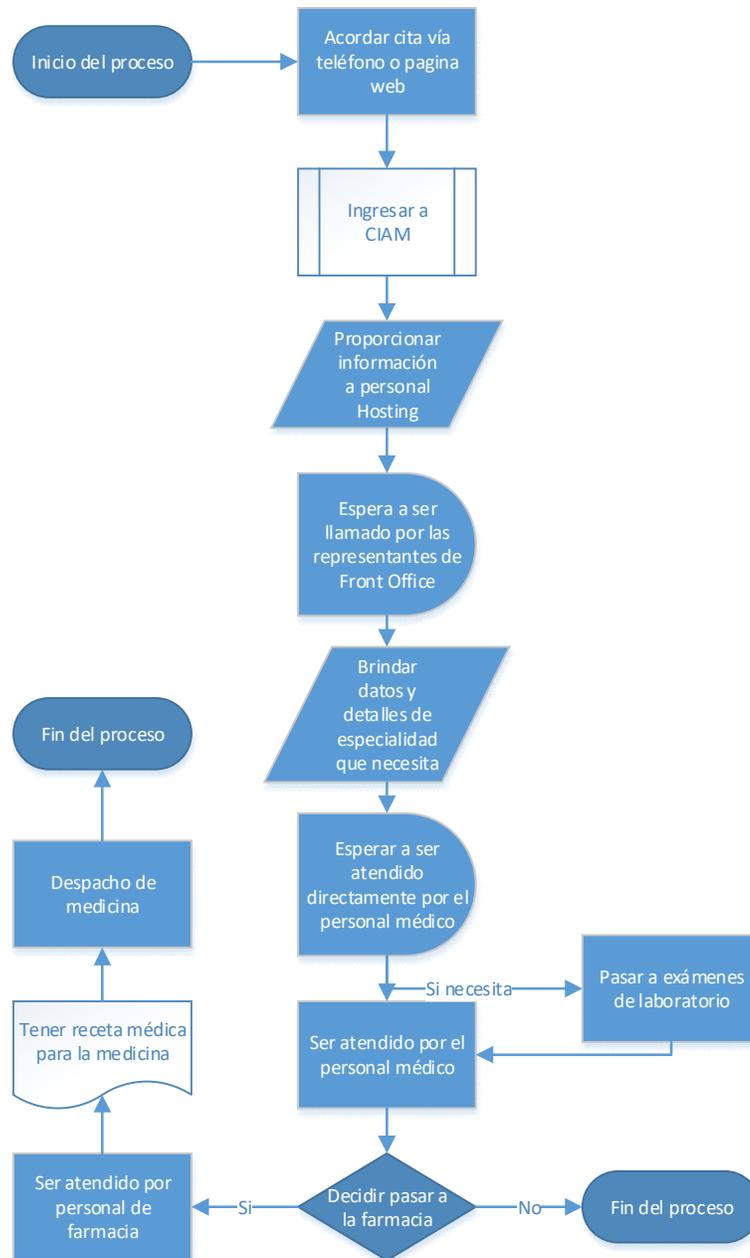
En caso contrario el paciente continúa con el proceso en la farmacia, donde se le entrega la medicina para continuar su tratamiento.

1.4.10. Fin del proceso

El proceso finaliza cuando el paciente deja el Centro. Se toma en cuenta que la eficiencia y número de visitas de cada sede se obtiene de la cantidad de los pacientes que egresan luego de ser atendidos exitosamente y no de los pacientes que entran solamente, como comúnmente se piensa.

1.4.11. Diagrama de flujo del proceso

Figura 4. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: elaboración propia.

1.5. Análisis FODA

Figura 5. FODA CIAM

Análisis FODA



Fuente: elaboración propia.

1.6. Recursos

La empresa cuenta con recursos humanos, maquinaria de uso continuo, como las unidades de aire acondicionado, en las cuales se centra este estudio.

1.6.1. Físicos

En la actualidad, la empresa cuenta con máquinas y equipo principales, las cuales son:

- Mobiliario medico en cada sede.
- Equipo médico en cada sede.
- Sistemas de aire acondicionado en cada sede.
- Equipo de escritorio en cada sede.
- Locales y Edificios acondicionados para albergar una cantidad considerable de personas.

1.6.2. Humanos

CIAM, cuenta con las siguientes cantidades de capital humano dentro de sus instalaciones y dentro de sus centros, respectivamente, según las s siguientes.

1.6.2.1. Sede Portales zona 17

Tabla I. Cantidad de colaboradores CIAM Portales

Empresa colaboradora	Cantidad de colaboradores
CIAM	60
Diagnóstico	35
Farmacia	7
Limpieza	5
Seguridad	3
TOTAL	112

Fuente: Departamento de Mantenimiento, seguridad e higiene CIAM zona 17.

1.6.2.2. Sede zona 9

Tabla II. Cantidad de colaboradores CIAM zona 9

Empresa colaboradora	Cantidad de colaboradores
CIAM	73
Diagnóstico	35
Farmacia	8
TOTAL	116

Fuente: Departamento de Mantenimiento, seguridad e higiene CIAM zona 9.

1.6.2.3. Sede Miraflores zona 11

Tabla III. Cantidad de colaboradores CIAM Miraflores

Cantidad de colaboradores	
TOTAL	110

Fuente: Departamento de mantenimiento, seguridad e higiene CIAM Miraflores.

Los valores anteriormente expuestos corresponden a cada centro, donde se presta el servicio en jornadas diurna y nocturna. Las cantidades son aproximadas, ya que, debido a la confidencialidad de la empresa, no se pueden proporcionar los datos reales.

1.7. Descripción del problema

1.7.1. Antecedentes

En la empresa se aplica mantenimiento preventivo para las unidades de aire acondicionado e historial de consumo eléctrico global de la empresa. Sin embargo, es necesario disminuir el consumo energético y de mantenimiento debido al uso de aire acondicionado. De ahí surge este proyecto considerado como nuevo en la empresa.

1.7.2. Justificación

La necesidad del proyecto surge en la medida en que el centro extiende sus horizontes, es decir, a medida que adquiere prestigio entre la población.

Por tal motivo la cantidad de personas atendidas en cada una de las sedes crece y con tal de ofrecer un servicio confortable y de calidad, se cuenta con

sistemas de aire acondicionado los cuales han incrementado, significativamente, el consumo energético global de la empresa.

El proyecto contempla, también, verificar el mantenimiento de los equipos, el estado de los filtros y elementos que afecten su eficiencia. Sin embargo, los alcances del proyecto no se limitan a la eficiencia del aire acondicionado, sino también incluyen la utilización y costos de mantenimiento.

1.7.3. Formulación y delimitación del problema

El Proyecto consiste en lograr elaborar una propuesta seria y concreta en relación con el ahorro integral de la corporación en lo que respecta a aire acondicionado, en la misma vía, proponer el diseño de un sistema de calefacción para las clínicas médicas del CIAM portales, zona 17.

Respecto a la propuesta del sistema de calefacción, cabe destacar que la aplicación no es para todo el local, sino solamente para donde se encuentran las clínicas médicas y sus especialidades. Este servicio será una innovación, ya que en la actualidad, no se cuenta con ningún sistema de calefacción dentro de CIAM Portales.

Dado que el aire acondicionado es para uso clínico, también se debe tomar en cuenta la inclusión de filtros para el aire de retorno y el filtro HEPA para los laboratorios. Por lo que es imperativo revisar los programas de mantenimiento actuales y de ser necesario implementar nuevos o actualizar los existentes.

1.7.4. Alcances o límites

El proyecto se desarrollará en las áreas clínicas y administrativas de la empresa de las sedes de las zonas 17, 9, Miraflores zona 11. Para ello, se deben tomar lecturas de inicio, datos de placa y rendimiento teórico, tendencias de

utilización, tasa de personas que visitan dicho centro, la distribución de los ductos y la ubicación. También deben considerarse los costos de mantenimiento que los sistemas necesitan, *stock* de repuestos, tiempo entre fallas, etc.

1.8. Características técnicas de los equipos

1.8.1. Generalidades del aire acondicionado

1.8.1.1. Un poco de historia acerca de los sistemas de aire acondicionado

Para el hombre prehistórico, la sombra y el agua fría eran la única manera de aliviar el calor. Durante millones de años no hubo una mejora significativa en la manera en la que se refrescaban las personas.

En el seco clima del medio oriente, la gente colgaba mantas mojadas frente a las puertas, consiguiendo así un enfriamiento de aire por evaporación. En Europa, Leonardo da Vinci diseñó un gran enfriador por evaporación, el cual consistía en una gran rueda con paletas de madera que enfriaba el ambiente produciendo evaporación del agua a temperatura constante, de esta manera produjo el efecto refrigerante.

Para la mayoría de personas, el acondicionamiento de aire significa solamente “enfriamiento del aire”. Esta definición no es suficientemente útil ni exacta, por lo cual se define de esta manera:

“El acondicionamiento de aire es el proceso de tratamiento del mismo en un ambiente interior con el fin de establecer y mantener los estándares requeridos de temperatura, humedad, limpieza y movimiento.” *Pita, 2005*

Las variables que intervienen en el acondicionamiento del aire son las siguientes:

- Temperatura. La temperatura del aire se controla calentándolo o enfriándolo.
- Humedad. La humedad, que es el contenido de vapor de agua en el aire (humidificación o des humidificación).
- Humedad relativa. Una pequeña parte de la hidrósfera terrestre se encuentra retenida por la atmósfera, parte de esta agua está en forma de vapor de agua, la relación entre la cantidad de vapor de agua que el aire contiene y la cantidad que puede contener expresada en números, es la humedad relativa.
- Limpieza. La limpieza o calidad del aire se controla mediante filtración, que es la eliminación de contaminantes indeseables por medio de filtros u otros dispositivos, o mediante ventilación, que es la introducción de aire exterior al aire interior con lo cual se diluye la cantidad de contaminantes. En general, se utiliza una combinación de las dos en una instalación.
- Movimiento. El movimiento de aire se refiere a su velocidad y a los lugares a los que se distribuye. Se controla mediante el equipo adecuado para su distribución.

Se puede considerar que el control de ruido es un sistema auxiliar del sistema, debido a que el sistema de aire acondicionado, dependiendo del modelo, fabricante y año, puede llegar a producir una cantidad considerable de ruido.

Los sistemas de calefacción y enfriamiento de aire proporcionan cierto grado de control sobre la calidad y el movimiento del aire. Los sistemas de acondicionamiento de aire que se utilizan en las construcciones comerciales e institucionales más recientes, por lo general, controlan durante todo el año la mayor parte o todas las variables que interfieren en el proceso de

acondicionamiento de aire. Por esta razón, se está generalizando el nombre Sistemas de control ambiental para los sistemas completos de calefacción, ventilación y acondicionamiento de aire.

Entre las aplicaciones que se tienen para el acondicionamiento de aire son:

- Confort de las personas
- Control de algún proceso

Se sabe por experiencia que el acondicionamiento de aire aumenta la comodidad. Determinados rangos de temperatura, humedad, movimiento de aire y limpieza son confortables, otros no.

También se emplea el acondicionamiento de aire para obtener las condiciones que se requieren en determinado proceso. Por ejemplo, las instalaciones textiles, imprenta fotográfica, sala de computadoras y las instalaciones médicas necesitan determinadas temperaturas y humedad para su buen funcionamiento.

Un sistema de acondicionamiento de aire puede proporcionar calefacción, enfriamiento o ambos. Su tamaño y complejidad pueden variar desde un simple calentador o una unidad de ventana, ambos para un recinto pequeño, hasta un gigantesco sistema para un complejo de edificios. La mayor parte de los sistemas de calefacción y enfriamiento tienen como mínimo los siguientes componentes básicos:

- Una fuente de calefacción que agrega calor a un fluido, el cual generalmente es aire, agua o vapor.
- Una fuente de enfriamiento que elimina el calor de un fluido.

- Un sistema de distribución, que es una red de ductos o tubería para transportar el aire, agua o vapor hacia los recintos que se van a calentar o a enfriar.
- Equipo, como ventiladores o bombas para mover al aire o al agua.
- Dispositivos, como radiadores, para transmitir el calor entre el fluido y el recinto.

Los sistemas de acondicionamiento de aire que usan agua como fluido de calefacción o enfriamiento se llaman sistemas hidrónicos; los que usan aire se llaman de solo aire. Un sistema que emplea tanto aire como agua se llama sistema combinado.

1.8.1.2. Transferencia de calor en aire acondicionado

Para la transmisión de calor es necesario diferencia de temperatura, el calor se transmite de los cuerpos de mayor temperatura a los de menor temperatura.

Mecanismos de transmisión de calor:

- Conducción, en el interior de los cuerpos
- Convección, entre sólidos y fluidos
- Radiación, a través de un fluido, o el vacío
- Psicrometría, con aporte de humedad

Entre sólidos y fluidos:

Coeficiente de transmisión de calor sólido-fluido o coeficiente de convección, α ($W / m^2^{\circ}C$); es variable con geometría del sólido, la orientación, la naturaleza del fluido y del tipo de convección Existen dos tipos de convección:

- Forzada; el fluido en movimiento, una bomba, un ventilador, viento, corriente de agua, etc; α elevado.
- Natural, el fluido está en reposo, α bajo.

Tipos de fluidos:

- Gases tienen un bajo α
- Líquidos poseen un α elevado
- Evaporaciones y condensaciones, α más elevado

Como se puede observar, la más eficiente es con evaporaciones y condensaciones, siendo que tienen un coeficiente de convección más elevado, es por este motivo que los sistemas con este mecanismo de transferencia de calor se encuentran entre los más eficientes del mercado actual.

En otro apartado se tiene los sistemas hidrónicos o de agua helada, estos sistemas cuentan con una transferencia de calor menor que los sistemas con evaporación y condensación, por lo que su eficiencia es un tanto menor.

La tasa de transferencia de calor entre el fluido y el dispositivo de captación se ve afectada cuando el mantenimiento de los equipos, e incluso del agua de enfriamiento, es inadecuado. Esto merma la eficiencia de los sistemas de agua helada.

La transmisión de calor por conducción, es la más sencilla de comprender y es la que aplica para los sistemas de agua helada, ya que estos cuentan con el enfriador de agua, el cual, por medio de este tipo de transferencia puede extraer el calor hallado en el agua y por lo tanto generar el efecto refrigerante.

El problema principal en este tipo de transferencia de calor es que si interfiere algún tipo de material entre la superficie, en este caso, de enfriador a fluido, la transferencia se vuelve ineficiente. Este es el caso en el que se crea

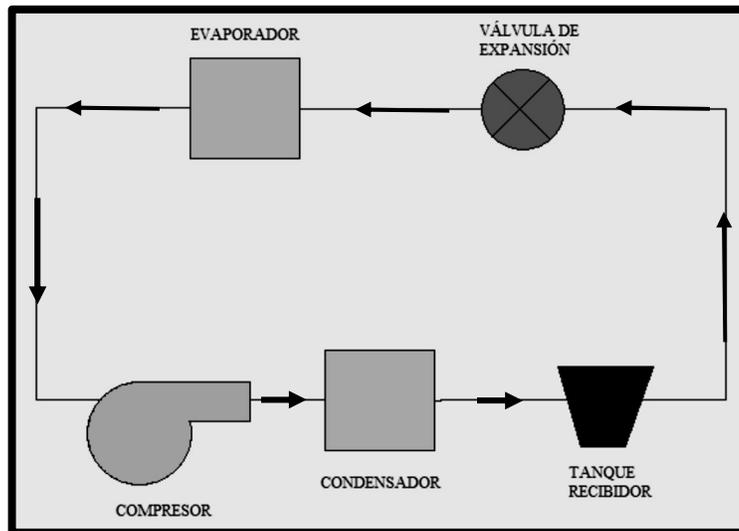
calcificación en las tuberías de transferencia del enfriador. Esta genera una caída en la transferencia de calor de hasta un 20%, afectando significativamente la transferencia de calor.

1.8.2. Tipos de sistemas presentes en los edificios de CIAM

1.8.2.1. Sistema Split

Los sistemas de aire acondicionado han tenido una evolución a lo largo de los años. En la actualidad, apareció el sistema Split, el cual, como su nombre lo indica, está formado por una unidad exterior y una única unidad interior. La unidad interior lleva el evaporador y la exterior, el compresor. Esto disminuye el ruido al interior de la habitación climatizada (El Aire Acondicionado. Sistema Split). En el diagrama, se muestra cómo se presenta esta división. Este tipo de sistema se encuentra en las sedes Portales y Miraflores.

Figura 6. **Diagrama de concepto Sistema Split**



Fuente: elaboración propia.

1.8.2.1.1. Ventajas y desventajas de los sistemas tipo Split

Ventajas:

- Se le puede aplicar mantenimiento preventivo completo individual sin interferir en la actividad del centro por períodos temporales significativos.
- Otra de las ventajas de este tipo de equipo es que funcionan de manera individual, esto quiere decir que se puede detener o poner en marcha individualmente cada equipo, por lo cual, puede climatizar cada área de acuerdo a las necesidades que se presenten.
- Mayor control en consumo eléctrico debido a que se puede monitorear el tiempo que tarda encendido cada equipo en cada área y también ajustar la temperatura de ambiente que se necesita por área.
- Operación del equipo muy silenciosa.
- Transferencias de calor sencillas, aire-refrigerante-aire.

Desventajas:

- El trabajo de control aumenta debido a que se tiene que monitorear una cantidad considerable de equipos para un solo edificio, cada uno tiene sus controles e indicadores.
- El tiempo que tarda el mantenimiento global de equipos, debido a la gran cantidad, es mayor y se necesita una cantidad mayor de personas para poder realizarlo dentro de los límites de tiempo programado.
- Se necesita una instalación eléctrica con su propio panel de distribución por lo que el costo de la instalación inicial aumenta.
- El costo de mantenimiento aumenta debido a que se cobra la mano de obra y repuestos para cada equipo.
- Se necesita un espacio amplio al aire libre donde se pueda llevar a cabo la transferencia de calor y de preferencia cubierto del sol.
- La tubería de cobre es individual, por lo que se eleva el costo de instalación.
- Mayor número de instrumentos de control, ya que si no se tienen se corre el riesgo de un desbalance para movilizar la carga térmica, de esta manera, se generan zonas frías y calientes dentro del edificio.

1.8.2.2. Sistema Chiller

Un *Chiller* (o enfriador de agua) es un aparato industrial que produce agua fría para el enfriamiento de procesos industriales. La idea consiste en extraer el calor generado en un proceso por contacto con agua a una temperatura menor a la que el proceso finalmente debe quedar. Así, el proceso cede calor bajando su temperatura y el agua, durante el paso por el proceso, la eleva. El agua, ahora "caliente", retorna al *chiller* donde nuevamente se reduce su temperatura para ser enviada nuevamente al proceso.

Distintos procesos requieren alimentarse con distintos caudales, presiones y temperaturas de agua. El agua se puede enfriar a temperaturas finales que alcanzan los 20°C o inclusive temperaturas negativas con la adición de anticongelantes, por ejemplo -20°C (20°C bajo cero).

En resumen, en el evaporador, el agua se enfría (baja su temperatura) mientras que el refrigerante se calienta (se evapora sin cambio de temperatura) en la exacta misma medida. Después, en el condensador, el refrigerante vuelve al estado líquido cediéndole calor al aire ambiente (que eleva su temperatura). Esta liberación de calor, al efectuarse en un lugar distinto al original (enfriamiento del agua), consigue un efecto neto de "movimiento de calor" del proceso al ambiente.

Figura 7. Tipos de *Chiller* y esquema general

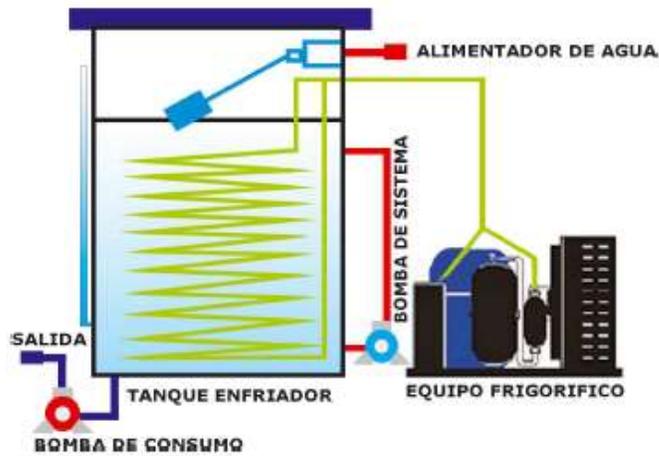
Chillers enfriados por aire



Chillers enfriados por agua



Esquema general de un chiller



Fuente: elaboración propia.

1.8.2.2.1. Ventajas y desventajas del sistema tipo *chiller*

Ventajas:

- Sistema eco amigable, esto debido a que el principal medio de refrigeración para hacer el desplazamiento de calor es agua.
- Costo de instalación reducido, ya que se puede realizar con tubería de PVC para transportar el agua helada.
- Capacidad para locales grandes, ya que estos equipos son de tipo industrial.
- Se requiere un solo equipo (*chiller*) para suplir las necesidades de todo el local.
- Por los controles e instrumentación electrónica, el equipo *chiller* instalado en CIAM zona 9 es muy eficiente.
- Los compresores son de tipo *Scroll*, los cuales son duraderos y adecuados para trabajo pesado, con bajo costo de mantenimiento.

Desventajas:

- Se necesita un gran espacio físico para albergar el equipo *Chiller*.
- Las unidades *Fan coil*, necesarias para la transferencia de calor, son de precio elevado.
- Se necesitan muchas unidades *Fan coil* para lograr una climatización efectiva.
- Una vez que se alcanza el límite de capacidad de enfriamiento del *chiller*, se vuelve imposible seguir ampliando la instalación en nuevas áreas del edificio
- El costo de reparación de fallas de la unidad *chiller* es demasiado elevado.
- Poco soporte técnico por parte de las empresas, ya que la marca de la unidad *chiller*, se ve restringida a unos pocos distribuidores en el país.

1.8.3. Datos técnicos de los equipos

1.8.3.1. CIAM Portales

Tabla IV. Ficha técnica de los equipos CIAM zona 17

ITEM	Fabricante	Modelo	Serial	Ubicación	Voltaje normal compresor	Voltaje min/max	Fusible máximo	Corriente mínima	Ventilador FLA/HP	Compresor RLA/RA	Refrigerante	presión alta/baja	Capacidad de enfriamiento
1	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1503354146	Farmacia y sala de espera emergencia	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	34A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
2	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1505047919	Rayos X	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	33A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
3	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1505947340	Emergencia	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	32A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
4	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1503354163	Clinicas	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	30A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
5	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1505047341	Front office	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	31A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
6	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1503354149	Pediatría	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	29A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
7	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1503354197	Sigros vitales	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	28A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
8	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1505304969	Optica	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	26A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
9	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1505047428	Administración	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	25A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
10	Goodman manufacturing company L.P.	vsx130601BC	1506077946	Laboratorio	208-230volts	197-253 volts 50 A	32.8A	1.5A/0.25HP	27A/134A	R-410A	240-450PSIG	60 000BTU	
11	Westinhouse	WCHXF1-24K4D	WIM14060467	Cuarto eléctrico	220-230volts	20 A	15 A	0.66A/148W	9.90/9.10 RLA	R-410A	377-145 PSIG	24 000BTU	

Fuente: elaboración propia.

1.8.3.3. CIAM Miraflores

Tabla VI. Ficha técnica de equipos en CIAM Miraflores

ITEM	Fabricante	Modelo	Serial	Ubicación	Voltaje normal compresor	Voltaje min/max	Fusible maximo	Corriente minima	Ventilador FLA/HP	Compresor RLA/LRA	Refrigerante	presión alta/baja	Capacidad de enfriamiento
1	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PA	1111699345	Pediatría	208-230 volts	197-253 volts 50A	50A	32.8A	1.5A/0.25HP	25A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
2	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PA	1111699456	Urgencias	208-230 volts	197-253 volts 50A	50A	32.8A	1.5A/0.25HP	25A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
3	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PA	1111699352	Radiología	208-230 volts	197-253 volts 50A	50A	32.8A	1.5A/0.25HP	25A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
4	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PA	1111699357	Salas de espera J.nive	208-230 volts	197-253 volts 50A	50A	32.8A	1.5A/0.25HP	25A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
5	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PB	1205759783	Farmacia	208-230 volts	197-253 volts 60A	60A	37.5A	1.5A/0.25HP	28.8A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
6	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PA	1111699362	Odontología	208-230 volts	197-253 volts 50A	50A	32.8A	1.5A/0.25HP	25A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
7	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PB	1205759830	Multiclínicas	208-230 volts	197-253 volts 60A	60A	37.5A	1.5A/0.25HP	28.8A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
8	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PA	1111699338	S. y. y Ginecología	208-230 volts	197-253 volts 50A	50A	32.8A	1.5A/0.25HP	25A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
9	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PB	1205759806	Cafetería y of. Admon.	208-230 volts	197-253 volts 60A	60A	37.5A	1.5A/0.25HP	28.8A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
10	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PB	1205759784	Cafetería y of. Admon.	208-230 volts	197-253 volts 60A	60A	37.5A	1.5A/0.25HP	28.8A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU
11	Goodman manufacturing company L.P.	CKL60-1PB	1205759831	Laboratorio técniscan.	220-230 volts	197-253 volts 60A	60A	37.5A	1.5A/0.25HP	28.8A/148A	R-22	150-300PSIG	60 000 BTU

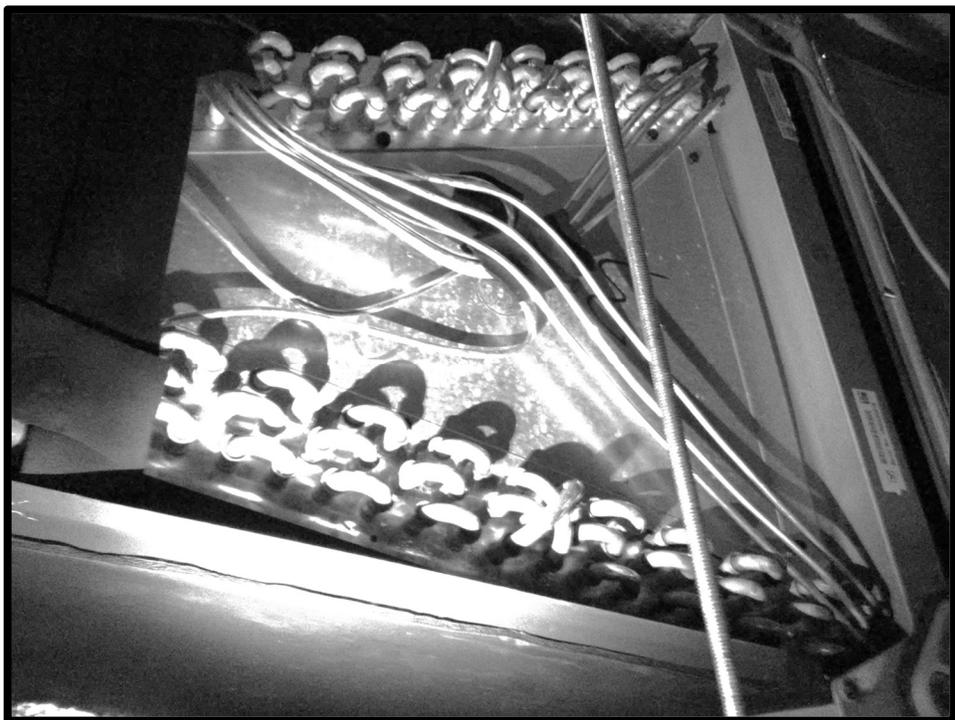
Fuente: elaboración propia.

1.8.4. Partes y componentes de los equipos

1.8.4.1. Equipos en CIAM Portales

Los equipos instalados en la sede CIAM Portales son sistemas SPLIT de tipo comercial de 60000 BTU cada uno. A continuación, se describirán los componentes que integran el sistema.

Figura 8. **Fotografía de unidad UMA**



Fuente: elaboración propia.

Un climatizador, también llamado unidad manejadora de aire (UMA) o Unidad de tratamiento del aire, es el aparato fundamental en el tratamiento del aire en las instalaciones de climatización en cuanto a los caudales correctos de

ventilación (aire exterior), limpieza (filtrado), temperatura (calentamiento o enfriamiento) y humedad (humectando en invierno y des humectando en verano).

Por sí mismos no producen calor ni frío, que les llega de fuentes externas (caldera o máquinas frigoríficas) por tuberías de agua (*Fan coil*) o gas refrigerante (UMA). Puede, no obstante, haber un aporte propio de calor mediante resistencias eléctricas de apoyo incorporadas en algunos equipos.

Consta de una entrada de aire exterior, un filtro, un ventilador, uno o dos intercambiadores de frío/calor, un humidificador (para invierno), y un separador de gotas.

Filtro de Aire

Generalmente, se utilizan filtros HEPA en los centros hospitalarios y laboratorios clínicos. Los filtros HEPA están compuestos por una malla de fibras dispuestas al azar. Las fibras, típicamente, están compuestas por fibra de vidrio y con diámetros entre 0,5 y 2,0 μm . Los factores más importantes que se deben tener en cuenta en un filtro HEPA son el diámetro de las fibras, el espesor del filtro y la velocidad de las partículas. El espacio entre las fibras es mucho mayor de 0,3 μm , pero eso no significa que las partículas con un diámetro menor puedan pasar. A diferencia de los filtros de membrana, los filtros HEPA están preparados para retener contaminantes y partículas mucho más pequeñas.

Esas partículas son atrapadas (se adhieren a una fibra) mediante una combinación de estos mecanismos:

- Intercepción: Donde las partículas que siguen a un flujo de aire rozan una fibra y se adhieren a ella.

- Impacto: Donde las partículas grandes son incapaces de evitar las fibras mientras siguen al flujo de aire y son obligadas a impactar directamente con una de ellas. Este efecto aumenta con la disminución de la separación entre fibras y el aumento de velocidad en el flujo de aire.
- Difusión: Las partículas más pequeñas, especialmente las menores de 0,1 μm , colisionan con las moléculas de gas lo que impide y retrasa su paso por el filtro. Este comportamiento es similar al movimiento browniano y aumenta la probabilidad de que una partícula sea detenida por uno de los dos mecanismos anteriores. Es la más dominante cuando el flujo de aire es lento.

La difusión predomina en partículas inferiores a 0,1 μm de diámetro. La intercepción y el impacto predominan en partículas mayores de 0,4 μm . Para partículas con un tamaño intermedio, 0,3 μm es el tamaño de partícula más penetrante, la difusión y la intercepción son bastante ineficientes. Las especificaciones de los filtros HEPA utilizan la retención de estas partículas intermedias para definir el tipo de filtro.

Normas y procedimientos para filtros de aire:

- ASHRAE Standard 52.1 – 1992
- ASHRAE Standard 52.2 – 1999
- UL Standard 900 (Flammability)
- US Military Standard MIL-STD-282 DOP Method for HEPA Filters
- International (CEN EN 779:1993, Others)

Cabe destacar que los filtros utilizados en los centros CIAM son de eficiencia MERV 7. Según ASHRAE Standard 52,2-1999 el cual no es adecuado para uso en centros médicos, sin embargo, se cuenta con un sistema de tratamiento UV

que complementa la operación de filtrado de aire tanto de retorno como de inyección, esto hace eficiente el ciclo de filtrado del aire.

Sistema de purificación de aire UV

El sistema UV funciona como un germicida, luego el filtro Merv7 atrapa los microorganismos muertos para evitar que perjudiquen a los pacientes.

Figura 9. **Sistema de purificación de aire por UV**



Fuente: elaboración propia.

Ventilador centrífugo de mediana presión

Figura 10. **Ventilador tipo turbina**

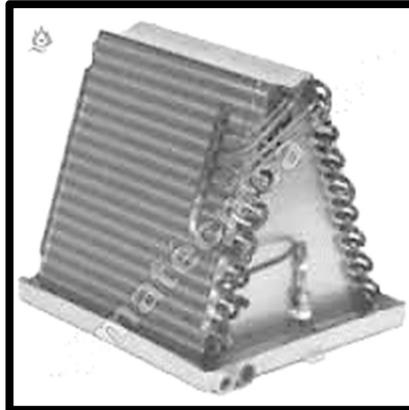


Fuente: elaboración propia.

Este ventilador se encarga de darle movimiento al aire. En ellos, la trayectoria del aire sigue una dirección axial a la entrada y paralela a un plano radial a la salida. Entrada y salida están en ángulo recto. El rodete de estos aparatos está compuesto de álabes que pueden ser: hacia adelante, radiales o hacia atrás. Cuando la presión llega entre los 70 y 3.000 Pascales. Pueden ser centrífugos o axiales.

Intercambiador de calor

Figura 11. **Intercambiador de calor, serpentín o evaporador**



Fuente: www.climatecnica.com. Septiembre, 2016.

El intercambiador de calor para este caso, en sistemas Split, es una serie de conductos por los cuales recorre el refrigerante R410 A.

La función principal es intercambiar el calor del aire del ambiente y transmitirlo al exterior por medio del refrigerante. Uno de los principales problemas en este tipo de componentes, es el congelamiento en la unidad. Esto sucede cuando la presión de trabajo en el sistema no es la adecuada, o cuando por algún problema eléctrico, el compresor no deja de funcionar y causa congelamiento en la tubería.

Compresor y condensador

Figura 12. **Unidades exteriores condensador y compresor**



Fuente: elaboración propia.

Estas son unidades combinadas debido a que en una sola unidad está contenido el compresor y el condensador de aire acondicionado, por lo que permiten ahorrar espacio en la instalación. Son unidades para exteriores, ya que, en comparación con la unidad manejadora de aire, son mucho más ruidosos y, además, estos componentes se encargan de liberar el calor recaudado del interior del edificio, también llamado recinto, hacia el sumidero de calor que es el medio ambiente. Por eso, no pueden estar en el interior del edificio ya que, si así fuera, el trabajo ejecutado por el sistema sería nulo.

1.8.4.2. Equipo en CIAM zona 9

El equipo montado en CIAM zona 9 es un sistema de agua helada, es decir, un sistema *chiller* de 624,000 BTU o 658,36 MJoules. Esto es un sistema de 52 toneladas de refrigeración, como máximo teórico, de los cuales se utiliza el 96% de la capacidad debido a normas de la empresa para operación. Esto equivale a 599,000 BTU, 632,02 MJoules O 49 toneladas. Este enfría y distribuye el agua helada a todo el edificio para el acondicionamiento de aire.

Equipo Chiller

Figura 13. **Equipo Chiller instalado en zona 9**



Fuente: elaboración propia.

El equipo *chiller* instalado en CIAM zona 9 es un TRANE CGAM 52, este número de modelo (CGAM 52) indica que el equipo tiene capacidad de 52 toneladas de refrigeración, de las cuales se utilizan 49 como máximo de operación.

Sistema de bombeo de agua helada

Figura 14. **Sistema de bombeo de agua helada**



Fuente: elaboración propia.

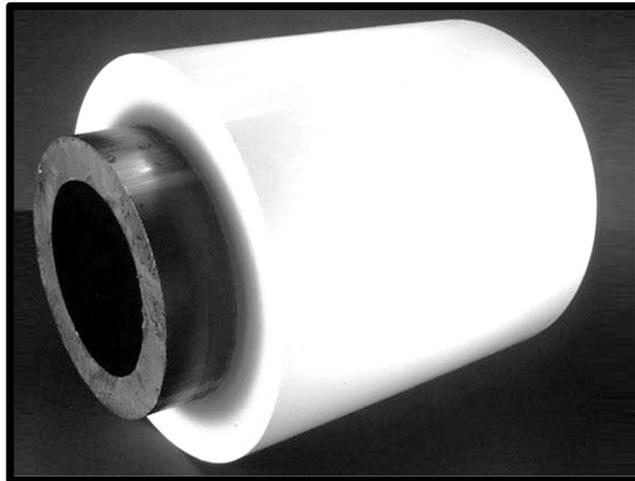
Este sistema se encarga de distribuir el agua helada a las *Fan coil* ubicadas en los espacios en los cuales se necesita acondicionar el ambiente. Cuenta con tuberías de 8" que equivalen a 0,2032 m. En el interior de esta tubería aislada,

se encuentra un tubo de 4" (0.1016m). Todo el sistema funciona a 34 PSI que equivalen a 234,4 Kpa.

Cabe resaltar que el sistema de bombeo consta de 2 bombas centrífugas, las cuales funcionan en conjunto todo el tiempo que se necesite agua helada en el recinto.

Las tuberías instaladas para el transporte de agua helada cuentan con aislamiento térmico y tienen la composición como se muestra en la siguiente figura:

Figura 15. **Tubería instalada para transporte de agua helada**

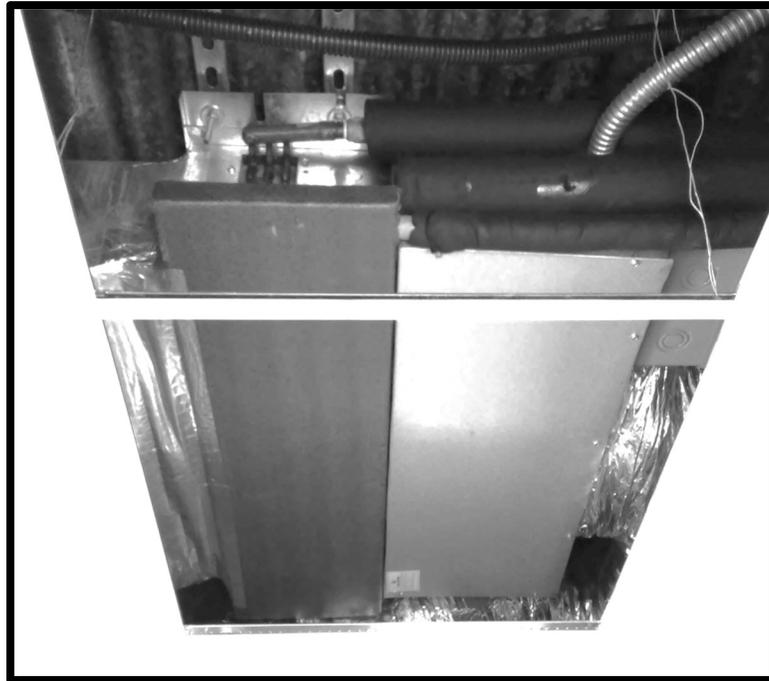


Fuente: elaboración propia.

Este sistema de bombeo se considera parte integral del equipo *chiller*, por eso, no se considera un equipo extra en un inventario, pero debe tomarse en cuenta cuando se calcula el consumo eléctrico del sistema de aire acondicionado.

Unidad *Fan coil*

Figura 16. **Unidad *Fan coil* instalada**



Fuente: elaboración propia.

La unidad *Fan coil*, es el medio por el cual se realiza el intercambio de calor en los espacios climatizados. Consta de elementos similares a una unidad manejadora de aire, ya que se compone de ventilador tipo turbina, serpentín evaporador, sistema de drenaje de condensado y también se parece a la unidad UMA en que su montaje es entre el cielo raso y el techo.

Una de las diferencias de las unidades *Fan coil* con respecto de las unidades manejadoras de aire (UMA), siendo esta la fundamental, es que las *Fan coil* utilizan agua helada proveniente del equipo *chiller* en su serpentín como fluido de intercambio de calor; mientras que las UMA, utilizan el refrigerante que proviene de las unidades exteriores del equipo.

Estas unidades *Fan coil* se encuentran distribuidas en CIAM zona 9, de tal manera que se procura que todas las áreas estén climatizadas. Para este fin, se tienen unidades instaladas de distintos tamaños, siendo que van desde 12 000 BTU hasta 48 000BTU.

Cabe resaltar que las unidades más grandes tienen asignadas las cargas térmicas más grandes para acondicionar y que también actualmente se tienen en uso 44 toneladas de refrigeración equivalente a 528 000 BTU. Esto en unidades *Fan coil*, adicionalmente se tiene otro equipo que consume dos toneladas más.

Unidad Inrow

Figura 17. **Sistema Inrow instalado**



Fuente: elaboración propia.

El equipo Inrow es un dispositivo de enfriamiento preciso, este es utilizado para dar refrigeración al Data center alojado en las instalaciones de CIAM zona

9. Este equipo es sumamente delicado y su función es muy importante debido que se encarga de mantener una temperatura adecuada de operación dentro de los servidores informáticos de CIAM.

Este equipo tiene capacidad de dos toneladas de refrigeración, el equivalente a 24 000BTU. El cuál es alimentado con agua helada proveniente del sistema *chiller*, sumado a la carga instalada en *Fan coil* se obtiene 46 toneladas de refrigeración actualmente instalados.

1.8.4.3. Equipos en CIAM Miraflores

En esta sede se tienen instalados once equipos del tipo Split, de cinco toneladas cada uno; es decir, una capacidad frigorífica instalada teórica de cincuenta y cinco toneladas. A esta capacidad deben restársele diez toneladas porque dos de los equipos están dedicados a otra empresa alojada en el interior de CIAM. Esto deja cuarenta y cinco toneladas disponibles para CIAM. Los equipos están sujetos a la eficiencia SEER que poseen de fábrica ya que suelen tener variedad de eficiencias.

El equipo instalado presenta eficiencia 10 SEER. En este caso los equipos tienen baja eficiencia si se comparan con otros equipos más modernos de la misma marca.

Por otra parte, se observó que el equipo utiliza refrigerante R-22 lo cual justifica su baja eficiencia. Estos equipos ya no son tan comerciales ya que este tipo de refrigerante cada vez se fabrica menos. Paulatinamente, se han sustituido por equipos con el refrigerante R-410 que es ecológico y aumenta la eficiencia por su capacidad mejorada de transferir el calor.

Condensadores

Figura 18. **Condensadores de A/C Miraflores**



Fuente: elaboración propia.

Las unidades condensadoras son de marca Goodman Manufacturing. Como se puede notar es de la misma marca que los equipos instalados en CIAM Portales, por lo que los elementos que tienen instalados en Miraflores son similares, pero presentan cambios en la instalación. Uno de esos cambios es que los equipos se encuentran en la azotea del edificio, es decir, se encuentran totalmente expuestos a la intemperie y los hace vulnerables a las inclemencias del clima.

El efecto principal de estar expuesto a la intemperie es que el armaflex que cubre la tubería como aislante se deteriora al punto de desfragmentarse.

Termostatos:

Figura 19. **Termostato Honeywell pro 3000**



Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Termostato Honeywell pro 6000**



Fuente: elaboración propia.

Actualmente, los termostatos marcan la temperatura en °F, lo cual es conveniente para llevar a cabo los cálculos de cargas y capacidades térmicas.

1.9. Montaje

La reducción de las vibraciones

Los aisladores de vibraciones son componentes que reducen el impacto producido por las vibraciones. Se encargan de proteger una amplia variedad de equipos y máquinas de daño por vibraciones intermitentes o consistentes.

Un aislador es un soporte elástico que separa un objeto de la vibración. Para lograr un aislamiento eficaz, una clara comprensión de la fuente y el tipo de perturbación se requiere. Desde aquí el apropiado anti-vibración solución puede ser identificado. Las técnicas más comunes generalmente incorporan resortes, soportes y amortiguadores, que reducen directamente el nivel de energía que puede ser transferida.

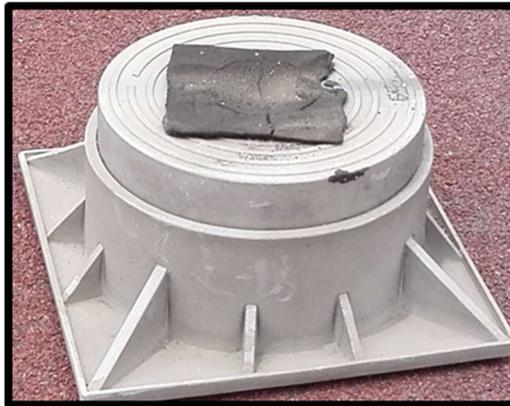
Los aisladores de vibraciones son útiles en muchas aplicaciones porque las vibraciones son el resultado inevitable de muchos procesos mecánicos en la industria, tales como automóviles, aire acondicionado, lavadora, etc.

Para el caso en estudio, el anclaje y los aislantes anti vibración son de suma importancia debido a que una buena parte de energía se disipa y se desperdicia en los mecanismos por causa de la vibración. Además, deben considerarse los daños físicos que la vibración ocasiona, por lo que se hace énfasis en la manera del montaje de los equipos para evitar problemas de esta índole.

1.9.1. Enclavamiento o anclaje

1.9.1.1. CIAM Portales

Figura 21. Ejemplo de soporte anti vibratorio CIAM Portales



Fuente: elaboración propia.

El manual de instalación explica que “Ya que la unidad vibra cuando está en funcionamiento, debe tener en consideración la propagación de las vibraciones sonoras cuando instale la unidad. Puede colocar almohadillas o resortes que absorban la vibración entre los soportes o el marco de la unidad y la armadura de montaje del techo para reducir la vibración sonora.”

En la figura se puede apreciar el tipo de soporte anti vibración que se encuentra instalado en las unidades exteriores combinadas (condensador y compresor) que se encuentran en CIAM zona 17.

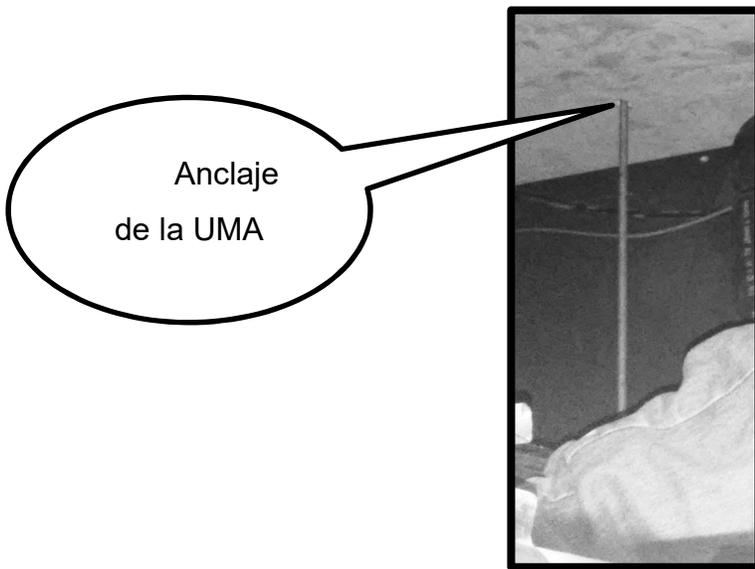
Este tipo de soporte es ideal para este caso, ya que se tienen equipos individuales livianos sin anclaje al suelo, es decir, no tienen algún tornillo o anclaje tipo esparrago en el suelo, sino solamente se tiene el equipo superpuesto sobre el suelo con los soportes que se ven en la fotografía.

Manejadoras de aire

Las manejadoras de aire también tienen anclaje. Estas unidades están suspendidas sobre el cielo raso y deben estar ancladas desde arriba, es decir, deben tener los soportes instalados en el techo del edificio.

Debido a que las unidades son relativamente nuevas y de funcionamiento silencioso, el tipo de anclaje que tienen los soportes es del tipo tornillo empotrado en el techo, estos son de tipo colgantes.

Figura 22. **Anclaje de UMA**



Fuente: elaboración propia.

Este tipo de anclaje es indispensable en CIAM portales debido a que la mayoría de instalaciones, agua potable, electricidad, aire acondicionado, etcétera, van por encima del cielo raso y todas son suspendidas con este tipo de soporte.

1.9.1.2. CIAM zona 9

Como se ha explicado con anterioridad, el equipo de aire acondicionado instalado en zona 9 es diferente al de las otras dos sedes, por lo que su montaje también es diferente.

Una de las ventajas que tiene el equipo *chiller* es que realiza el ciclo de compresión a través de compresores de tipo Scroll, los cuales son muy estables y presentan poca pérdida energética debido a la vibración. Por esta razón, el método para aislar la vibración es menos complejo que otros sistemas instalados. Este método incluye usar un aislante de hule color negro, en rectángulos de $\frac{1}{4}$ de espesor y una cimentación previamente preparada para asentar todo ese equipo.

Figura 23. **Aislante de vibración para el equipo *Chiller*.**



Fuente: elaboración propia.

El aislante de la vibración, en efecto, es un par de planchas de hule vulcanizado. Estas planchas están ubicadas en las cuatro esquinas del equipo *chiller*.

Figura 24. **Anclaje del equipo chiller**



Fuente: elaboración propia.

Para anclar este equipo se tiene contemplada colocar pernos de anclaje, los cuales son, como se puede ver en la figura, de reducido tamaño, en comparación al equipo *chiller*. Sin embargo, en ello radica la eficiencia de este equipo, ya que es grande y vibra muy poco, no es necesario colocar demasiados recursos en el anclaje.

Figura 25. **Anclaje de unidad *Fan coil***



Fuente: elaboración propia.

La unidad *Fan coil* está anclada al techo del edificio. Esta unidad se encuentra entre el cielo raso y la estructura de concreto del edificio.

Como se puede notar, el anclaje es directo a la estructura con espacio nulo entre la unidad y la estructura. Esto se debe a la altura del cielo raso en esta sede. Las unidades *Fan coil* no disipan demasiada energía por medio de vibraciones, por lo que el anclaje es bastante simple.

Tabla VII. **Tabla de peso del sistema *chiller***

TR	Peso de transporte		Peso operativo	
	libras	kilogramos	libras	kilogramos
20	1967	892	2030	921
26	1995	905	2060	934
30	2561	1162	2629	1192
35	2580	1170	2654	1204
40	3507	1591	3578	1623
52	3584	1626	3666	1663
60	4640	2105	4730	2145
70	4656	2112	4751	2155
80	5278	2394	5384	2442
90	5637	2557	5746	2606
100	6283	2850	6401	2903
110	6328	2870	6461	2931
120	6328	2870	6461	2931

1. Pesos considerando aletas de aluminio.

Fuente: Manual de instalación modelos CGAM, Trane, 2010.

El peso del *chiller* instalado en CIAM zona 9, se ve en la anterior con subrayado, correspondiéndole TR 52.

1.9.1.3. CIAM Miraflores

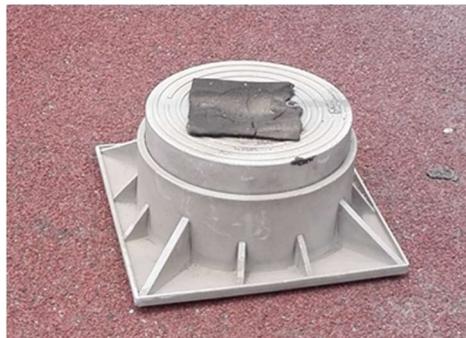
Figura 26. **Condensadora con bases anti vibración**



Fuente: elaboración propia.

Las bases instaladas son de material plástico separado, por lo que se puede desarmar. En su interior llevan un material aislante de vibraciones.

Figura 27. **Base instalada en condensadores**



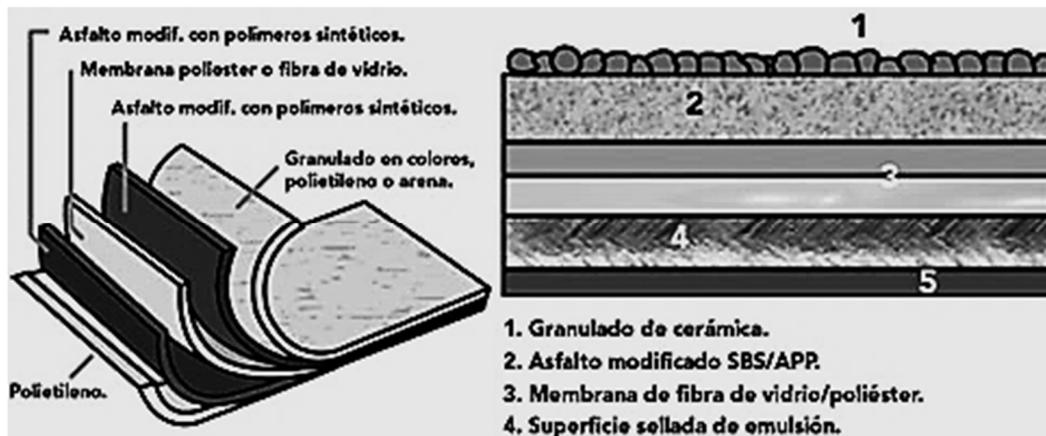
Fuente: elaboración propia.

Cada condensador cuenta con cuatro de estas bases, las cuales tienen doble función.

- La primera es aislar la vibración que pudiera generar el condensador y/o el ventilador.
- La segunda es elevar la máquina del nivel del suelo, por lo que son de suma importancia para la instalación, ya que la loza en donde están instalados los equipos, actualmente, tiene el defecto que se inunda en tiempo lluvioso y si el nivel del agua llegase a alcanzar la maquinaria y sus componentes eléctricos, provocaría un daño catastrófico en los equipos.

Adicionalmente, se cuenta con impermeabilizante de tipo asfáltico sintético prefabricado por lo que también contribuye al aislamiento de vibraciones.

Figura 28. **Esquema de conformación del impermeabilizante**



Fuente: elaboración propia.

1.9.2. Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas son parte fundamental del montaje de los equipos de aire acondicionado debido a que los equipos instalados demandan energía eléctrica para la operación de sus elementos primarios. Una conexión deficiente sería causa de operación ineficiente de los equipos.

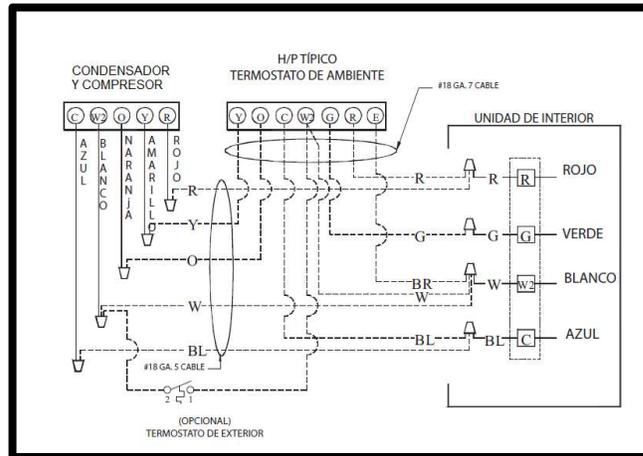
1.9.2.1. CIAM portales

La placa de clasificación de la unidad de condensación enumera los datos de electricidad pertinentes para el servicio eléctrico y la protección contra sobrecarga adecuados. Los cables deben medirse para limitar la caída del voltaje a 2% (máx.) del interruptor principal o panel de fusibles a la unidad condensadora.

Protección contra sobrecarga

A continuación, se enumeran los dispositivos de protección contra sobre corriente aprobados para su uso. Fusibles temporizados interruptores de circuito tipo AC. Estos dispositivos tienen el retraso suficiente para permitir que el motor-compresor arranque y acelere su carga gradualmente.

Figura 29. Conexiones hacia el termostato



Fuente: elaboración propia.

Los cables de control de la unidad condensadora requieren un servicio de mínimo 24 volts, 25 VA del transformador de interior.

Los cables de bajo voltaje para las unidades bifásicas dependen del termostato que se usa y la cantidad de cables de control entre la unidad de interior y la unidad condensadora.

El calibre de los conductores se define con base en el siguiente postulado: “A mayor longitud, mayor resistencia. A mayor sección, menos resistencia. A mayor temperatura, mayor resistencia.” Por lo que la resistencia eléctrica se define como:

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

Léase: Resistencia (R) es igual al producto de rho (ρ) por la longitud (L) del conductor dividido o partido por la sección o grosor (área) (S) del conductor.

Donde ρ (rho) es una constante (conocida para el Cobre: $0,0172 (\Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m})$), llamada resistividad. L , es el largo o longitud (en metros) del cable o conductor, y S , es la sección o grosor (en mm^2) del cable o conductor.

Para la instalación eléctrica en CIAM Portales, se tiene que propiciar un tramo de aproximadamente 75m, pero con un sistema de bajo voltaje que proporciona señal de 24 voltios. Esta señal es la proporcionada por el panel de control en el que está incluido el termostato. EL cable que se utiliza es el de tipo UTP el cual tiene varios conductores calibre 24AWG y en base a esto se tiene lo siguiente:

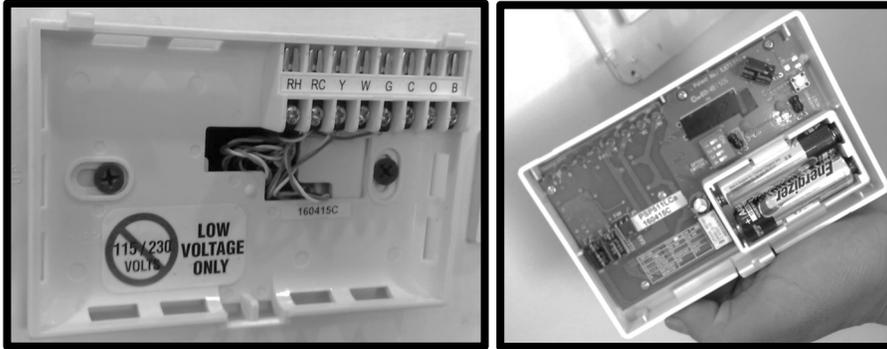
$$R = (0,0172) \frac{75}{0,25} = 5,16\Omega$$

Por la ley de ohm se calcula la caída de voltaje

$$V = I * R = 1 * 5,16 = 5,16V$$

Es notorio que el voltaje es insuficiente debido a que el circuito es de 24V, lo cual significa un mal funcionamiento ya que llegan 18,84V y los sistemas de control funcionan con mínimo 22 V. Por esta razón es necesario colocar un transformador adicional en el interior de la unidad condensadora el cual permite operar el equipo aun con caída de voltaje. El tipo de cable utilizado en las instalaciones de los termostatos es cable TSJ calibre 24 AWG.

Figura 30. **Panel de control de 24V**

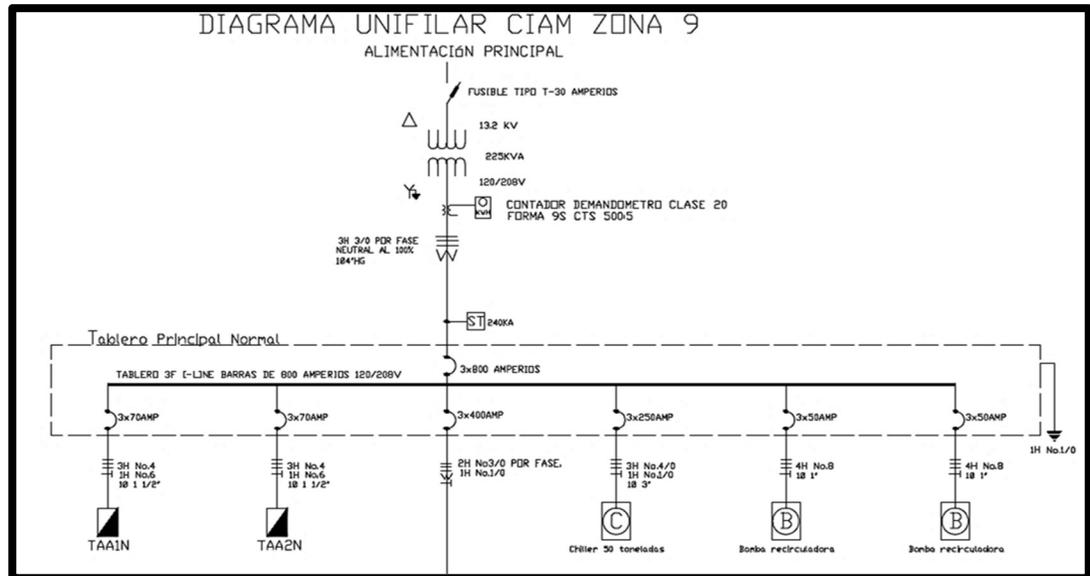


Fuente: elaboración propia.

Una de las ventajas que se tiene en CIAM Portales es que la acometida de 220 voltios está relativamente cercana a los equipos, por lo que no presenta una caída significativa en el voltaje que llega a los condensadores-compresores por lo que se puede utilizar un cable calibre 10 AWG u 8 AWG para la conexión del circuito. La caída es de unos 12 voltios lo cual no afecta al funcionamiento normal de los equipos.

1.9.2.2. CIAM zona 9

Figura 31. Diagrama unifilar CIAM zona 9



Fuente: Departamento de mantenimiento, seguridad e higiene CIAM zona 9.

En la figura 31 se aprecia el diagrama unifilar de la instalación eléctrica que se encuentra en CIAM zona 9, lo cual muestra la manera en la que el equipo *chiller* se encuentra conectado al circuito de suministro eléctrico.

El *Chiller* debe estar conectado a una fuente capaz de suministrar 208 voltios, en 3 fases y 60 Hertz. El equipo puede operar en el rango de 187-229 voltios, claro está que lo ideal es 208V.

Para las conexiones se tiene cables de 4/0 los cuales resisten 300 A de corriente eléctrica para la conexión que alimentará los compresores y ventiladores.

Se puede determinar si la conexión eléctrica cumple con los requisitos para la demanda de este equipo *chiller* utilizando la expresión matemática para la resistividad. El equipo se tiene a 25 metros de la acometida principal

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

$$R = 0,0172 \frac{25}{107,2} = 0,0040\Omega$$

Con la Ley de Ohm:

$$V = I * R = 247 * 0,0040 = 1V$$

Esto indica que se presenta una caída de voltaje de 1V, la cual es insignificante para la operación del equipo y no se hace determinante la pérdida por calor en conductores.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1}{0,0040} = 250A$$

Lo anterior demuestra que en este tramo de cable se tiene capacidad para transportar 250 Amperios lo cual es ideal para el equipo *chiller*, ya que la instalación en el tablero primario tiene capacidad de 300 Amperios.

Según los datos de placa de la *V* se tiene que la instalación debe estar acondicionada para mínimo 247 Amperios, por lo que la instalación actual es la adecuada para la operación normal del equipo *chiller*.

Sistema de bombeo

También se toman en cuenta las bombas de recirculación para el agua helada, por lo que la conexión se encuentra instalada en el panel central con cable AWG No.8 en 3 fases, pero el gasto energético de las bombas de

circulación de agua helada es bajo en comparación con el resto de los equipos, aunque para el cálculo energético sí debe tomarse en cuenta.

Sistema de *Fan coil*

Se puede observar que las unidades manejadoras Fan coil que funcionan con agua helada son instaladas entre la loza y el cielo raso del edificio. Por la función que desempeñan, también deben contar con una instalación confiable, tanto de agua helada como de electricidad.

Se cuenta con una ductería en la cual se han introducido los conductores y van desde el tablero de distribución hasta la unidad Fan coil. Por esta razón, determinar la longitud de estos conductores es sumamente complicado, ya que para esto debería tenerse un plano de la infraestructura del edificio, el cuál es de uso confidencial de la empresa. Consecuentemente, no se puede determinar con exactitud la resistividad de los conductores.

Para estos equipos se tienen conductores AWG no. 8 en el circuito de potencia que maneja la turbina. Este cable tiene capacidad para 60 amperios y la de mayor capacidad (4 toneladas) demanda un máximo de 45 Amperios.

En los controles que salen desde el termostato es cable UTP, calibre 24. Una de las ventajas en este tipo de equipos, es que, por la cercanía de las manejadoras y los controles, los conductores no presentan mayor caída de voltaje, dentro de la unidad manejadora se tiene un contactor el cual se utiliza para activar el motor de la turbina y comenzar la operación de la unidad.

1.9.2.3. CIAM Miraflores

En CIAM Miraflores, los equipos combinados (compresor-condensador), están ubicados en la azotea del edificio. Las instalaciones eléctricas para los equipos de aire acondicionado se encuentran en un tablero de distribución que está ubicado en el sótano del edificio, por lo que debe hacer un recorrido de aproximadamente 60 metros desde el tablero hasta los equipos ubicados en la azotea, por eso, debe tomarse en cuenta para calcular la caída de voltaje.

Utilizando la expresión para la resistividad, aplicada para las otras instalaciones se tiene que, esta vez utilizando como conductor un cable AWG no.8.

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

$$R = 0,0172 \frac{30}{8,37} = 0,062\Omega$$

Con la Ley de Ohm:

$$V = I * R = 40 * 0,062 = 2,5V$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{2,5}{0,062} = 40A$$

Con este procedimiento se observa que, en teoría, el circuito está correctamente dimensionado; sin embargo, se tiene que desde el punto de salida que está en el tablero de distribución hasta los equipos existe una caída de voltaje significativa de 18V, por lo que debe revisarse la instalación eléctrica ya que, según se observa en los cálculos, no debe existir una caída de voltaje mayor a 2.5V en cada equipo.

1.9.2.4. Tabla de calibres AWG para conductores de cobre

Tabla VIII. Conductores eléctricos de cobre

SIZE AWG / kcmil	STRANDS No.	STRANDING CLASS	SECTION (mm ²)	CONDUCTOR DIAMETER (mm)	INSULATION THICKNESS (mm)	INSULATION DIAMETER (mm)	DC RESISTANCE AT 20°C ¹ (ohm/km)	APPROX. TOTAL WEIGHT (kg/km)	AMPACITY ² (A) ³	AMPACITY ² (A) ⁴
14	1	Solid	2.08	1.63	0.76	3.23	8.29	27	25	20
12	1	Solid	3.31	2.05	0.76	3.65	5.21	40	30	25
10	1	Solid	5.26	2.59	0.76	4.19	3.28	59	40	30
8	1	Solid	8.37	3.26	1.14	5.64	2.06	99	60	40
6	1	Solid	13.30	4.12	1.52	7.29	1.30	160	80	55
4	1	Solid	21.15	5.19	1.52	8.36	0.815	237	105	70
14	7	B	2.08	1.79	0.76	3.39	8.45	29	25	20
12	7	B	3.31	2.25	0.76	3.85	5.31	42	30	25
10	7	B	5.26	2.85	0.76	4.45	3.34	62	40	30
8	7	B	8.37	3.59	1.14	5.97	2.10	104	60	40
6	7	B	13.30	4.52	1.52	7.69	1.32	168	80	55
4	7	B	21.15	5.71	1.52	8.88	0.831	250	105	70
2	7	B	33.63	7.20	1.52	10.37	0.523	377	140	95
1	19	B	42.41	7.90	2.03	12.08	0.415	484	165	110
1/0	19	B	53.48	8.88	2.03	13.06	0.329	595	195	125
2/0	19	B	67.43	9.96	2.03	14.15	0.261	733	225	145
3/0	19	B	85.03	11.19	2.03	15.37	0.207	906	260	165
4/0	19	B	107.2	12.56	2.03	16.75	0.164	1123	300	195
250	37	B	126.7	14.18	2.41	19.15	0.139	1348	340	215
300	37	B	152.0	15.52	2.41	20.49	0.116	1595	375	240
350	37	B	177.3	16.78	2.41	21.75	0.0992	1841	420	260
400	37	B	202.7	17.94	2.41	22.91	0.0868	2086	455	280
500	37	B	253.4	20.04	2.41	25.01	0.0694	2573	515	320
600	61	B	304.0	22.00	2.79	27.75	0.0578	3102	575	355
700	61	B	354.7	23.75	2.79	29.50	0.0496	3587	630	385
750	61	B	380.0	24.59	2.79	30.35	0.0463	3829	655	400
800	61	B	405.4	25.39	2.79	31.15	0.0434	4071	680	410
900	61	B	456.0	26.94	2.79	32.70	0.0386	4554	730	435
1000	61	B	506.7	28.38	2.79	34.14	0.0347	5035	780	455

Notes: 1. DC resistance calculated based on a 17.241 ohm-mm²/km resistivity for copper.
2. 60°C conductor temperature, 30°C ambient temperature, According to NEC and NTC 2050, for sizes 14 12 and 10 AWG overload protection must be 15, 20 and 30 A.
3. One single conductor at free air at 30°C ambient temperature.
4. No more than three current carrying conductors in a duct or in direct burial. 30°C ambient temperature.

Fuente: Manual de instalaciones eléctricas, Carmona.

En la VIII se encuentran los datos utilizados para los cálculos realizados en la sección anterior, esta es para aplicación en conductores de clasificación AWG

(American Wire Gauge). Esta cuenta con datos necesarios que deben tomarse en cuenta para el dimensionamiento eléctrico de toda instalación.

1.9.2.5. Datos para dimensionamiento eléctrico

Para el dimensionamiento eléctrico se toman en cuenta los datos de placa de los equipos. En ellas se indican los requerimientos mínimos para la instalación.

Portales

Condensadores y ventiladores

197-253 volts	50 A	32.8 A	1.5A/0.25HP	33 A/134 A	R-410 A	240-450 PSIG	60 000 BTU
---------------	------	--------	-------------	------------	---------	--------------	------------

UMA

	208/230 V		4.6 A		60 Hertz		1 Fase	
--	-----------	--	-------	--	----------	--	--------	--

Zona 9

Chiller

	208 V		247 A		60 Hertz		3 Fase	
--	-------	--	-------	--	----------	--	--------	--

Fan coil

	208 V		45 A		60 Hertz		1 Fase	
--	-------	--	------	--	----------	--	--------	--

Bombeo

	208 V		40 A		60 Hertz		3 Fase	
--	-------	--	------	--	----------	--	--------	--

Miraflores

Condensadores y ventiladores

197-253 volts	50 A	32.8 A	1.5A/0.25HP	25 A/148 A	R-22	150-300 PSIG	60 000 BTU
---------------	------	--------	-------------	------------	------	--------------	------------

UMA

	208/230 V		5 A		60 Hertz		1 Fase	
--	-----------	--	-----	--	----------	--	--------	--

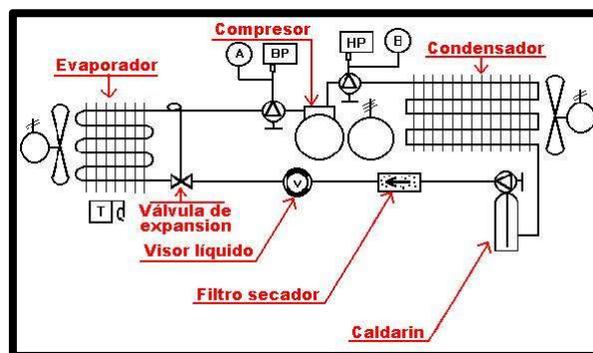
1.9.3. Componentes

1.9.3.1. CIAM Portales

Los componentes de los equipos de aire acondicionado instalados en CIAM portales son los siguientes:

- Condensadores.
- Compresores.
- Ventiladores de la unidad de condensación
- UMA (Unidad Manejadora de Aire), dentro de las unidades manejadoras se tienen:
 - Turbina
 - Evaporador
 - Contactor de activación de turbina
 - Válvula de expansión
 - Filtro de aire de retorno
 - Bandeja de condensado
- Termostato programable

Figura 32. Esquema de elementos del sistema SPLIT en CIAM Portales



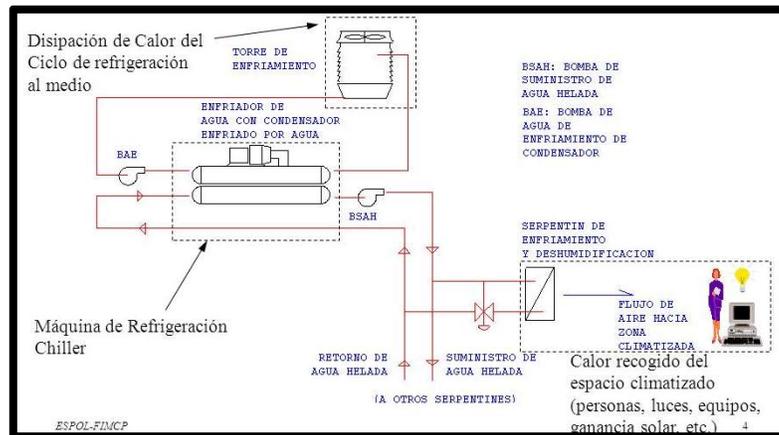
Fuente: elaboración propia.

1.9.3.2. CIAM zona 9

Los componentes de los equipos de aire acondicionado instalados en CIAM zona 9 son los siguientes:

- Equipo Chiller de 52 Toneladas:
 - Panel de control
 - Ventiladores
 - Compresores de refrigerante R-410
 - Tubería de agua helada
 - Tubería de retorno de agua
 - Válvulas de control
 - Manómetros tipo reloj
 - Tanque de venteo en la azotea
 - Sistema de bombeo
- Unidad de climatización Fan coil
 - Turbinas
 - Intercambiador de calor
 - Sistema eléctrico de activación de la turbina
- Termostato digital no programable

Figura 33. Esquema de sistema Chiller



Fuente: elaboración propia.

1.9.3.3. CIAM Miraflores

Los componentes de los equipos de aire acondicionado instalados en CIAM Miraflores son muy parecidos a los instalados en CIAM Portales (Véase tópico 1.9.3.1) con la diferencia remarcada que los equipos en CIAM Miraflores operan con refrigerante R-22, y los de la sede Portales con R-410.

Las diferencias que presentan los equipos son internas, entre estas se pueden incluir:

- Los sistemas que utilizan R-410 son más silenciosos que los que utilizan R-22.
- El R-410 es Eco-amigable, y el R-22 no, y tiene potencial para deteriorar la capa de ozono ya que es del tipo clorofluorocarbono.
- El R-410 puede absorber más calor que el R-22, reduciendo el riesgo de quemar los equipos por sobrecalentamiento y representa hasta un 5% de mejora en la eficiencia en los equipos.

- Los sistemas con R-410 son más caros que los que utilizan R-22, aunque la inversión inicial se recupera en el ahorro energético que representa la eficiencia de este tipo de equipos.
- Los sistemas con R-22 tienen un máximo SEER de 10, mientras que los equipos con R-410 tienen un SEER mínimo de 13, esto quiere decir que los equipos con R-410 tienen capacidad para alcanzar mayores eficiencias, aunque esto varía por cada fabricante y modelo de los equipos.

1.9.4. Tipo de instalaciones

Los tipos de instalaciones comunes en las tres sedes son los siguientes:

- Instalaciones eléctricas
 - Tableros de distribución
 - Cableado adecuado
 - Empalmes adecuados
 - Ductería para cableado
- Instalaciones de distribución de refrigerante
 - Tubería de suministro, de PVC aislado para Agua helada, y de cobre para R-22 y R-410.
 - Tubería de retorno, de PVC aislado para Agua helada, y de cobre para R-22 y R-410.
- Instalación y montaje de equipo
 - Unidades condensadoras.
 - Unidad Chiller.
 - Unidades evaporadoras, UMA para sistemas de expansión y Fan coil para sistema de agua helada.
 - Aislantes de vibraciones.
 - Anclaje.

- Sistemas de control
 - Termostatos Programables, para censar temperatura dentro de las instalaciones.
 - Panel de control “*Trane adaptive Control.*” Para programar opciones y configuraciones específicas del equipo.

1.9.5. Generalidades de mantenimiento de los equipos

El alcance de mantenimiento para este tipo de equipos es amplio, por lo que se tratará de proporcionar generalidades de todos los aspectos, sin entrar en detalles acerca de los planes de mantenimiento actuales.

1.9.5.1. Mantenimiento predictivo y preventivo

Mantenimiento predictivo

Es la serie de acciones y las técnicas que se aplican con el objetivo de detectar fallas y defectos de maquinaria en las etapas incipientes para evitar que las fallas se manifiesten en una falla más grande durante la operación, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, lo cual causa impacto financiero negativo.

El mantenimiento predictivo es un mantenimiento pro-activo ya que permite administrar las fallas antes de que ocurran en operación y no después, como lo hace el mantenimiento correctivo.

El requisito para que se pueda aplicar una técnica predictiva es que la falla incipiente genere señales o síntomas de su existencia, como alta temperatura, ruido, ultrasonido, vibración, partículas de desgaste, alto amperaje, etc. Las

técnicas para detección de fallas y defectos en maquinaria varían desde la utilización de los sentidos humanos (oído, vista, tacto y olfato), la utilización de datos de control de proceso y de control de calidad, el uso de herramientas estadísticas, hasta las técnicas de moda como; el análisis de vibración, la termografía, la tribología, el análisis de circuitos de motores y el ultrasonido.

Para diseñar e implementar un programa de mantenimiento predictivo efectivo es necesario determinar en qué equipos, máquinas o procesos se justifica la implementación del programa tanto técnica como económicamente ya que algunos de los equipos utilizados para llevarlo a cabo tienen precio elevado y también se hace necesario contar con personal capacitado para su utilización.

Mantenimiento preventivo

Se destina a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran. Las tareas de mantenimiento preventivo pueden incluir 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 estos ocurran.

Algunos de los métodos más habituales para determinar qué procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50%.

Los programas de mantenimiento preventivo tradicionales están basados en el hecho de que los equipos e instalaciones funcionan ocho horas laborables al día y cuarenta horas laborables por semana. Si las máquinas y equipos funcionan por más tiempo, los programas se deben modificar adecuadamente para asegurar un mantenimiento apropiado y un equipo duradero, tal es el caso de los equipos de aire acondicionado en los edificios de CIAM, ya que los equipos funcionan cerca de 60 a 70 horas semanalmente.

El área de actividad del mantenimiento preventivo es de vital importancia en el ámbito de la ejecución de las operaciones en la industria de cualquier tamaño.

De un buen mantenimiento depende no solo un funcionamiento eficiente de las instalaciones y las máquinas, sino, además, es preciso llevarlo a cabo con rigor para conseguir otros objetivos como propiciar que los equipos tengan periodos de vida útil duraderos, sin excederse en lo presupuestado para el mantenimiento.

Las estrategias convencionales de "reparar cuando se produzca la avería" son inútiles. Fueron válidas en el pasado, pero ahora si se quiere ser productivo

se tiene que ser consciente de que esperar a que se produzca la avería es incurrir en unos costos excesivamente elevados.

1.9.5.2. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones. Es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente, es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo y también en algunos casos, mantener *stock* de repuestos lo cual no es bueno para ninguna empresa, ya que para el mantenimiento de los equipos del aire acondicionado, actualmente, se contratan empresas externas.

Importancia del mantenimiento en equipos de aire acondicionado

Es muy importante dar seguimiento de mantenimiento a equipos de accionamiento mecánico, eléctrico, entre otros. Por ejemplo, si se trabaja con la nariz tapada o en un ambiente de más de 40°C, el rendimiento será mucho menor y el esfuerzo, mayor. Esto mismo sucede con los equipos de aire acondicionado, por lo cual necesitan estar limpios:

- Evaporadora
- Filtros

- Condensador
- Drenaje de agua
- Otros

Si no se aplica el mantenimiento preventivo se trabajará con el condensador sucio, lo cual impedirá la condensación eficaz de refrigerante. Esto aumentará las presiones, el compresor se sobrecargará y consumirá excesiva energía lo cual aumentará los gastos de energía eléctrica. Con el evaporador sucio no habrá evaporación del poco refrigerante que viene del condensador y el líquido refrigerante regresará al compresor. Esto es indeseable, ya que el líquido destruye internamente el compresor. También se ocasionan pérdidas de eficiencia en la temperatura por el escaso refrigerante que hay en el evaporador (no se lleva a cabo el intercambio de calor).

Proliferan, también las enfermedades respiratorias debido a las bacterias y hongos ocasionados por la humedad y el polvo del medio ambiente. Finalmente:

- Se pagará más por el consumo de energía eléctrica.
- La eficiencia del equipo decae notablemente
- Menos años de vida útil
- Costos más elevados por reparación de equipo

El mantenimiento preventivo debe de programarse de acuerdo a las siguientes situaciones:

- Humedad. La humedad del ambiente en el que trabaja el equipo, se evalúa por sus efectos, por ejemplo: oxidación de los elementos metálicos, levantamiento de pintura, etc. Normalmente los equipos de aire acondicionado vienen preparados para trabajar a la intemperie, pero debe dárseles mantenimiento, de lo contrario el deterioro es inminente.

- Vibraciones mecánicas. Puede ser la falta de calibración mecánica o electrónica de algunos componentes sobre todo los que necesitan determinada precisión en los procedimientos que realizan. Por ejemplo, balanceo de aspa de ventilador, entre otros.
- Polvo. El funcionamiento y duración de la vida útil de los equipos se afecta por la presencia de polvo en sus sistemas debido al polvo excesivo en el ambiente. Para evitarlo se debe revisar los alrededores del equipo, el equipo mismo, o la existencia de zona cercana donde se produzca el mismo.
- Temperatura. En los equipos de refrigeración es importante que las instalaciones permitan disipar el calor proveniente del condensador, esto requiere circulación libre de aire por el mismo, y que no existan otros equipos o condiciones que eleven la temperatura ambiental en la que se encuentran estos equipos.

1.10. Ahorro energético

El ahorro energético es beneficioso en la lucha contra el cambio climático, y en la preservación de la economía. Así, buscar la eficiencia energética se convierte en una necesidad para un desarrollo más sostenible.

Ahorrar energía significa reducir su consumo consiguiendo los mismos resultados que gastando más. Disminuir el gasto de energía comporta muchos beneficios, ahorra dinero y protege el medio ambiente. Generar energía supone beneficiarse de unas fuentes naturales preciosas como el carbón, el petróleo o el gas.

1.10.1. ¿Cómo ahorrar en recursos?

Se puede obtener ahorro energético en diversas áreas. A continuación, se detallarán áreas y maneras de ahorrar en recursos energéticos.

1.10.1.1. Energía eléctrica

La energía eléctrica se puede ahorrar de distintas maneras. Algunos métodos tradicionales no se pueden aplicar en los edificios de CIAM porque, dada su calidad de centros hospitalarios, la demanda energética aumenta.

Los métodos que pueden llevarse a cabo para obtener ahorro energético son:

- Apagar la luz en las habitaciones que no están siendo utilizadas.
 - Colocar sensores de movimiento para encender y apagar la luz automáticamente.
- Dejar las computadoras en estado de suspensión cuando el personal no se encuentra en el área de trabajo.
- Si se tienen iluminación natural dentro de oficinas, utilizarla, esto se recomienda en días con clima frío.
- Mantener desconectados los equipos que no se utilicen, esto ayuda a reducir el gasto hasta un 10%.

En sistemas de aire acondicionado

- Utilizar y operar eficientemente el sistema de aire acondicionado, ya que como se ha establecido con anterioridad, el aire acondicionado representa una cantidad fuerte en el consumo eléctrico.

- Mantener las puertas cerradas, esto con la finalidad de evitar infiltración térmica en la clínica y hacer que los equipos de aire acondicionado trabajen de más.
- Verificar el estado de los equipos instalados.
 - El funcionamiento de los equipos de aire acondicionado debe controlarse constantemente y se les debe aplicar un plan de mantenimiento preventivo y uno de acción correctiva para garantizar su funcionamiento óptimo.
 - Mantener el sistema siempre en buenas condiciones. Mantener los filtros de aire limpios es fundamental para un correcto funcionamiento de nuestro equipo de aire acondicionado.
- Si se adquiere equipo nuevo, verificar la eficiencia que trae de fábrica, ya que entre un equipo con SEER 10 y uno SEER 13 existe hasta un 30% de diferencia entre su eficiencia, siendo el equipo con SEER 10 el menos eficiente, como se aprecia en la figura 34.

Figura 34. **Porcentaje de ahorro relacionado con SEER**



Fuente: Manual de buenas prácticas en refrigeración, Puebla Jorge, 2012.

- Vigilar y regular la temperatura. CIAM se caracteriza por la comodidad y confort que brinda a los pacientes. Por ello es importante saber que la temperatura más adecuada es de 22°C. Hay que considerar que cada grado de más (menor temperatura) que se programa, puede aumentar el gasto en la factura de consumo eléctrico hasta un 8%.
- Verificar y corregir las conexiones eléctricas de los equipos, ya que un equipo que no esté bien dimensionado eléctricamente, provocará consumo eléctrico excesivo y fallas en los equipos.

1.10.1.2. Mantenimiento

Mantenimiento preventivo

A continuación, se presentan los costos por mantenimiento preventivo; luego, se detallarán costos por mantenimiento correctivo.

Tabla IX. **Costos de mantenimiento preventivo**

Sede	Costo unitario	Costo bimensual	Costo anual
Portales	Q.319,00	Q.3 509,00	Q.21 054,00
Miraflores	Q.350,00	Q.3 850,00	Q.23 100,00

Fuente: Departamento de mantenimiento, seguridad e higiene.

Tabla X. **Costo de mantenimiento preventivo en CIAM zona 9**

Mantenimiento Chiller 52 ton.	Mantenimiento Inrow APC	Mantenimiento Fan coil	Mantenimiento Mini Split	Mantenimiento de inyector AF	Total Bimensual	Total Anual
Q.2 240,00	Q.1 68,00	Q.3 948,00	Q.564,00	Q.216,00	Q.8 648,00	Q.51 888,00

Fuente: Departamento de mantenimiento, seguridad e higiene.

Los costos de mantenimiento son aproximaciones, debido a que los datos reales son confidenciales y de uso exclusivo de la empresa.

Mantenimiento correctivo

Los costos por mantenimiento correctivo son relativamente bajos en los sistemas de expansión de tipo Split. En el caso de CIAM portales, se tiene la ventaja de que los equipos son nuevos, por lo que no presentan fallas de gran magnitud. Además, cuentan con garantía de fábrica por haberse adquirido nuevos y esta cubre las fallas catastróficas por operación.

En zona 9, los repuestos y fallas incurren en costos elevados debido al escaso soporte técnico que tiene la marca TRANE en el país. Como consecuencia de las fallas, el equipo debe detenerse y representa tiempo de trabajo perdido. Por ser un sistema centralizado, cuando falla el equipo *chiller*, el acondicionamiento de aire es nulo, por lo que afecta la operación global del centro. Deben buscarse alternativas para el área de laboratorio ya que, en ese lugar, siempre se debe contar con aire acondicionado debido a la precisión de los equipos y procedimientos que se realizan.

Tabla XI. **Mantenimiento correctivo *chiller***

Concepto	Costo
Compra de sensores	Q.5 000,00
Visita de emergencia por parte de la empresa de servicios	Q.1 000,00
Instalación y programación de sensores	Q.240,00
TOTAL	Q.6 240,00

Fuente: departamento de mantenimiento, seguridad e higiene.

Lo anteriormente expuesto no incluye el costo de tiempo perdido por la falla ni el costo del plan de acción de emergencia.

En CIAM Miraflores, los equipos están propensos a fallos debido a la instalación eléctrica, por lo que los compresores de R-22 trabajan con el voltaje mínimo registrado en los datos de placa, de ahí que constantemente se corra el riesgo de fallo por bajo voltaje. En la actualidad, se tienen dos equipos con sus compresores descompuestos, los cuales fueron retirados de servicio, debido a las condiciones de operación.

En el mantenimiento se puede ahorrar si se llevan a cabo, estrictamente, los planes de mantenimiento preventivo y, periódicamente, se aplica el diagnóstico predictivo. El mantenimiento correctivo es el más caro que se puede aplicar a los equipos de aire acondicionado. Esto se debe a que, cuando los equipos fallan, es necesario cotizar, comprar, esperar e instalar repuestos. En

este caso, el gasto económico se incrementa significativamente, además, se pierde tiempo y los pacientes de la institución manifiestan su inconformidad.

1.10.1.3. Otras maneras de ahorrar

Una de las maneras viables, actualmente, consiste en utilizar energía solar. Cuando esta tecnología comenzó era sumamente costosa, pero conforme la tecnología ha evolucionado se ha vuelto más accesible. Por esta razón, una buena manera de ahorrar energía es alimentando los sistemas de aire acondicionado con paneles de energía solar en las tres sedes. El inconveniente que presenta esta solución es que las fallas y mantenimiento tienen un costo elevado y depende de la calidad de luz solar con la que se cuenta.

1.10.2. Análisis de energía

El análisis de energía se basa en el consumo energético teórico contra el consumo energético real actual de los equipos.

1.10.2.1. CIAM Portales

Para la sede Portales se tiene lo siguiente:

- 10 equipos Split de cinco toneladas cada uno.

Con la expresión matemática para calcular la potencia nominal:

$$P = I * V$$

Se tiene lo siguiente:

$$P = 25 * 208 = 5200Watt$$

A este resultado se debe multiplicar por el tiempo que opera a diario.

$$5200Watt * 8horas * 10 equipos / 1000 = 416 Kw.h$$

Con este resultado se obtiene el costo de operación de los equipos. Utilizando los datos publicados por la Comisión Nacional de Energía eléctrica, se obtiene lo siguiente:

$$Precio\ de\ Kw.h = 1,34 \frac{Q}{Kw.h}$$

Por lo tanto:

$$Costo\ de\ operacion\ diaria = 1,34 \frac{Q}{Kw.h} * 416 Kw.h = 557,44\ Quetzales$$

Tomando en cuenta el mes con 28 días de operación (esto es descontando los días domingo y suponiendo meses con 4 semanas)

Se tiene lo siguiente:

$$operación\ mensual: Q. 557,44 * 28 = Q. 15\ 608,32$$

De la misma manera puede obtenerse el costo de operación anual de los equipos:

$$operación\ anual: Q. 15\ 608,32 * 12 = Q187\ 299,84$$

Nota: Para los cálculos se tomaron los datos de placa.

ahora se utilizarán los datos reales, obtenidos por mediciones directas. Con la expresión matemática para calcular la potencia nominal real:

$$P = I * V$$

Se tiene lo siguiente:

$$P = 12,15 * 210 = 2\ 551,5\ Watt$$

A este resultado se debe multiplicar por el tiempo que opera a diario.

$$2\ 551,5\ Watt * 8horas * 10 equipos / 1000 = 204,12 Kw.h$$

Con este resultado se obtiene el costo de operación de los equipos. Utilizando los datos publicados por la Comisión Nacional de Energía eléctrica, se tiene lo siguiente:

$$\text{Precio de Kw.h} = 1,34 \frac{Q}{\text{Kw.h}}$$

Por lo tanto:

$$\text{Costo de operacion diaria} = 1,34 \frac{Q}{\text{Kw.h}} * 204,12 \text{ Kw.h} = 273,52 \text{ Quetzales}$$

Tomando en cuenta el mes con 28 días de operación (esto es descontando los días domingo y suponiendo meses con 4 semanas). Se tiene lo siguiente:

$$\text{operación mensual: } Q.273,52 * 28 = Q.7\ 658,60$$

De la misma manera puede obtenerse el costo de operación anual de los equipos:

$$\text{operación anual: } Q.7\ 658,60 * 12 = Q91\ 903,20$$

Como se puede observar, el costo de operación real es cerca del 50% menor que la operación teórica. Esto es posible debido a que los datos de placa se aplican bajo condiciones específicas de operación, las cuales para el caso de los equipos no son iguales.

1.10.2.2. CIAM zona 9

Para la sede zona 9 se tiene lo siguiente:

- 1 equipo chiller de 52 toneladas.
- 21 *Fan coil* de distintas capacidades.
 - 6 de 1 tonelada
 - 9 de 2 toneladas
 - 4 de 3 toneladas
 - 2 de 4 toneladas

- 2 bombas de agua de 5HP cada una

Potencia de los equipos:

- Chiller: el *chiller* instalado tiene capacidad de 52 toneladas.

Funciona con 208 voltios y una corriente mínima de 247 amperios, trifásico.

Con la expresión matemática para calcular la potencia nominal real:

$$P = \sqrt{3} * V.I (fp)$$

Se tiene lo siguiente:

$$P = \sqrt{3} * 208 * 247 * 0.77 = 68\,519,1 \text{ Kw.}$$

Este resultado se debe multiplicar por el tiempo que opera a diario. Originalmente se tenía programación de trabajo de 8 horas, pero dado que la población de esta sede demanda aire acondicionado, se reprogramó para que sean 10 horas diarias de trabajo.

$$68\,519,1 \text{ Watt} * 10 \text{ horas} / 1\,000 = 685,19 \text{ Kw. h}$$

Con este resultado se obtiene el costo de operación de los equipos. Utilizando los datos publicados por la Comisión Nacional de Energía eléctrica, se tiene lo siguiente:

$$\text{Precio de Kw. h} = 1,34 \frac{Q}{\text{Kw. h}}$$

Por lo tanto:

$$\text{Costo de operacion diaria} = 1,34 \frac{Q}{\text{Kw. h}} * 685,19 \text{ Kw. h} = 918,15 \text{ Quetzales}$$

Tomando en cuenta el mes con 28 días de operación (esto es descontando los días domingo y suponiendo meses con 4 semanas)

Se tiene lo siguiente:

$$\text{operación mensual: } Q. 918,15 * 28 = Q. 25\,708,36$$

De la misma manera puede obtenerse el costo de operación anual del equipo:

$$\text{operación anual: } Q. 25\,708,36 * 12 = Q. 308\,500,38$$

Este cálculo se realiza con bases teóricas porque el *chiller* no opera a plena carga todo el tiempo en la jornada normal de trabajo. El sistema de control del *chiller* permite reducir el costo hasta un 54% aproximadamente ya que el costo de operación del equipo en realidad no supera lo Q.15 000,00 mensuales

$$\text{operación anual real: } Q. 15\,000,00 * 12 = Q. 180\,000,00$$

- Unidades Fan coil

El costo de la energía eléctrica que consumen las unidades Fan coil utilizando el método antes descrito es:

Cantidad	Capacidad	Potencia	Costo mensual	Costo anual
6	1 ton.	1 Kw	Q.1 800,96	Q21 611,52
9	2 ton.	1,3 Kw	Q.3 511,88	Q.42 142,46
4	3 ton.	1,8 Kw	Q.1 612,80	Q.19 353,60
2	4 ton.	2,8 Kw	Q.627,20	Q.7 526,40
Total	44 ton.	6,9 Kw	Q7 552,84	Q.90 633,98

La potencia que utiliza cada equipo se encuentra listada en el catálogo de piezas y equipos de TRANE.

- Bombas de agua

Son de uso continuo mientras el *chiller* permanece encendido. Las bombas instaladas son de 5hp, lo que equivale a 3,73 Kw.

Cantidad	Potencia	Costo mensual	Costo anual
2	3,73 KW	Q. 400,00	Q.16 800,00

El costo anual de operación de todo el sistema de aire acondicionado de CIAM zona 9 asciende a:

operación anual total: Q. 287 433,98

1.10.2.3. CIAM Miraflores

Se cuenta con 11 equipos de aire acondicionado, de los cuales, dos son propiedad de una empresa anexa la cual se encarga de todos los gastos de los mismos. De tal manera que, nueve equipos se sometieron al análisis; las condiciones de operación son las siguientes:

- Voltaje: 190 voltios
- Amperaje promedio: 15.08 A
- Potencia Real: 2.87 Kw (promedio)
- Precio de la energía eléctrica: 1.733872

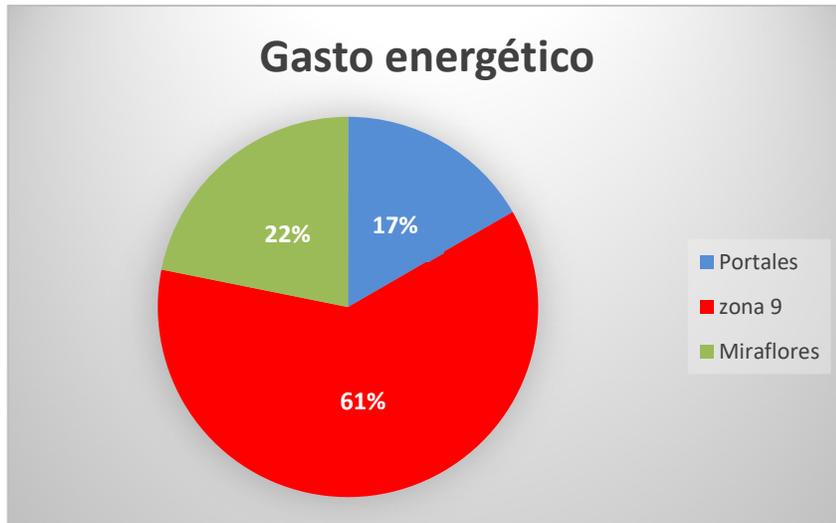
Por lo que se tiene lo siguiente:

Cantidad	Potencia	Costo unitario mensual	Costo mensual total	Costo anual
9	2.87 Kw	Q.1 114,67	Q.10 032,04	Q.120 384,54

1.10.2.4. Análisis de costos totales

De acuerdo con lo expuesto, se puede notar la diferencia entre los tres centros. De ellos, la sede zona 9 refleja mayor gasto.

Figura 35. **Distribución de gasto energético**



Fuente: elaboración propia.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

En la fase técnico profesional se justifican los datos que en la fase de investigación se obtuvieron al analizar y encontrar los problemas que surgieron durante dicha fase. En consecuencia, la fase técnico profesional debe incluir las soluciones a los problemas descritos y las propuestas para solucionar la problemática se incluye en un subcapítulo.

2.1. Ubicación

En esta sección del informe se tienen los planos de cada sede y la distribución de los equipos de aire acondicionado en cada edificio.

2.1.1. Planos de ubicación

Los planos de ubicación son propiedad de CIAM, por lo que no pueden alterarse por lo cual se reproducen físicamente y se incluyen en la sección Apéndice. Se muestran los planos de los tres edificios.

- CIAM Portales
- CIAM zona 9
- CIAM Miraflores

2.1.2. Planos de instalación actual

En la actualidad están instalados los sistemas de aire acondicionado de la manera que se aprecia en los planos los cuales pueden consultarse en la sección Anexos en el siguiente orden:

- Aire acondicionado por expansión con R-410 CIAM Portales
- Aire acondicionado por agua helada CIAM zona 9
- Aire acondicionado por expansión con R-22 CIAM Miraflores

2.2. Datos de operación actual de los equipos

Estos datos de operación se obtuvieron en medidas directas, con instrumentos de medición, como voltímetro, amperímetro, manómetros, etc.

2.2.1. Equipos Split CIAM Portales

Tabla XII. Consumo actual de equipos CIAM Portales

Voltaje al condensador	Amp. Compresor	Potencia desarrollada KW	Amp. Motor ventilador
210	13,01	2,73	1,10
210	13,22	2,78	1,35
210	12,15	2,55	1,07
210	13,15	2,76	1,12
210	12,85	2,70	1,33
210	12,8	2,69	0,98
210	11,02	2,31	1,01
210	13,02	2,73	1,13
210	11,2	2,35	1,18
210	11,21	2,35	1,3
210	10	2,10	0,9

Fuente: elaboración propia.

En promedio se tiene:

Voltaje: 210 voltios; Amperaje: 12,15 Amperios; Potencia: 2,55 Kw.

Estos datos se utilizaron en la sección **1.10.2.1** para análisis de energía.

2.2.2. Equipo *chiller* y *Fan coil* CIAM zona 9

Tabla XIII. **Condiciones de operación de *chiller***

Voltaje	Amperaje	Fases	Potencia [KW]	Presión	Caudal l/h
208	247	3	51,4	235 Kpa	1 800

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Condiciones de operación de *Fan coil***

Cantidad	Voltaje	Capacidad	Potencia	Caudal l/hora
6	208	1 ton.	1 Kw	185
9	208	2 ton.	1,3 Kw	278
4	208	3 ton.	1,8 Kw	376
2	208	4 ton.	2,8 Kw	621
Total	208	44 ton.	6,9 Kw	1 460

Fuente: elaboración propia.

Los datos de caudal se obtienen de los manuales de usuario debido a que la instalación no cuenta con algún medidor de caudal. El análisis de energía para estos equipos se puede consultar en la sección **1.10.2.** de este informe.

2.2.3. Equipo Split CIAM Miraflores

Tabla XV. Datos de operación actual equipos Miraflores

Voltaje al condensador	Amp. Compresor	Potencia desarrollada KW	Amp. Motor ventilador
190	15	2,85	1,10
190	15,01	2,85	1,35
190	15,1	2,87	1,07
190	15,2	2,89	1,12
190	15,3	2,90	1,33
190	15,02	2,85	0,98
190	15,06	2,86	1,01
190	15	2,85	1,13
190	15,2	2,89	1,18
190	15,03	2,85	1,3
190	15,15	2,88	0,9

Fuente: elaboración propia.

Los datos entre CIAM Portales y CIAM Miraflores varían, a pesar de que los equipos son del mismo tipo. La diferencia radica en que los equipos de CIAM Portales tienen un SEER mayor al instalado en Miraflores. También se debe considerar que los equipos de Miraflores utilizan refrigerante R-22 y los de Portales R-410, porque los equipos de Portales son más modernos que los instalados en Miraflores; estos aspectos influyen en el consumo energético.

2.3. Cálculo del funcionamiento actual de los equipos

En esta etapa se utilizan los datos anteriormente recabados para llevar a cabo el cálculo de energía utilizada por los equipos.

2.3.1. Consumo de energía eléctrica

El análisis de energía se basa en el consumo energético real actual de los equipos.

2.3.1.1. CIAM Portales

Se utilizan los datos reales, obtenidos por mediciones directas y los cálculos se basan en los promedios de las cantidades.

Con la expresión matemática para calcular la potencia nominal real:

$$P = I * V$$

Se tiene lo siguiente:

$$P = 12,15 * 210 = 2\ 551,5\ Watt$$

Este resultado se debe multiplicar por el tiempo que opera a diario.

$$2\ 551,5\ Watt * 8\ horas * 10\ equipos / 1\ 000 = 204,12\ Kw. h$$

Con este resultado podemos obtener el costo de operación de los equipos. Utilizando los datos publicados por la Comisión Nacional de Energía eléctrica, se tiene lo siguiente:

$$Precio\ de\ Kw. h = 1,34 \frac{Q}{Kw. h}$$

Por lo tanto:

$$Costo\ de\ operacion\ diaria = 1,34 \frac{Q}{Kw. h} * 204,12\ Kw. h = 273,52\ Quetzales$$

Tomando en cuenta el mes con 28 días de operación (esto es descontando los días domingo y suponiendo meses con 4 semanas)

Se tiene lo siguiente:

$$operación\ mensual: Q. 273,52 * 28 = Q. 7\ 658,60$$

De la misma manera, puede obtenerse el costo de operación anual de los equipos:

$$\text{operación anual: } Q. 7\ 658,60 * 12 = Q91\ 903,20$$

2.3.1.2. CIAM zona 9

Para la sede zona 9 se tiene lo siguiente:

- 1 equipo *chiller* de 52 toneladas
- 21 *Fan coil* de distintas capacidades
 - 6 de 1 tonelada
 - 9 de 2 toneladas
 - 4 de 3 toneladas
 - 2 de 4 toneladas
- 2 bombas de agua de 5HP cada una

Potencia de los equipos:

- Chiller: el chiller instalado tiene capacidad de 52 toneladas

Funciona con 208 voltios y una corriente mínima de 247 amperios, trifásico

Con la expresión matemática para calcular la potencia nominal real:

$$P = \sqrt{3} * V.I (fp)$$

Se tiene lo siguiente:

$$P = \sqrt{3} * 208 * 247 * 0,77 = 68519.1 Kw.$$

Este resultado se debe multiplicar por el tiempo que opera a diario. El tiempo de operación, originalmente, estaba programado para un lapso de 8 horas, pero dada la demanda de aire acondicionado de la población de esta sede, se reprogramó para 10 horas diarias de trabajo.

$$68\ 519,1Watt * 10horas/1000 = 685,19 Kw.h$$

Con este resultado se obtiene el costo de operación de los equipos. Utilizando los datos publicados por la Comisión Nacional de Energía eléctrica, se tiene lo siguiente:

$$\text{Precio de Kw.h} = 1,34 \frac{Q}{Kw.h}$$

Por lo tanto:

$$\text{Costo de operacion diaria} = 1,34 \frac{Q}{Kw.h} * 685,19 Kw.h = 918,15 \text{ Quetzales}$$

Tomando en cuenta el mes con 28 días de operación (esto es descontando los días domingo y suponiendo meses con 4 semanas)

Se tiene lo siguiente:

$$\text{operación mensual: } Q. 918,15 * 28 = Q. 25 708,36$$

De la misma manera puede obtenerse el costo de operación anual del equipo:

$$\text{operación anual: } Q. 25 708,36 * 12 = Q. 308 500,38$$

Este cálculo se sustenta con bases teóricas debido a que el *chiller* no opera a plena carga todo el tiempo en la jornada normal de trabajo. Debido al sistema de control del *chiller* es posible reducir el costo hasta un 54%, aproximadamente, ya que el costo de operación del equipo, en realidad, no supera lo Q.15 000,00 mensuales.

- Unidades Fan coil

El costo de la energía eléctrica que consumen las unidades *Fan coil* utilizando el método antes descrito es:

Tabla XVI. **Resumen de gastos por fan coil**

Cantidad	Capacidad	Potencia	Costo mensual	Costo anual
6	1 ton.	1 Kw	Q.1 800,96	Q21 611,52
9	2 ton.	1.3 Kw	Q.3 511,88	Q.42 142,46
4	3 ton.	1.8 Kw	Q.1 612,80	Q.19 353,60
2	4 ton.	2.8 Kw	Q.627,20	Q.7 526,40
Total	44 ton.	6.9 Kw	Q.7 552,84	Q.90 633,98

Fuente: elaboración propia.

La potencia que utiliza cada equipo se encuentra listada en el catálogo de piezas y equipos de TRANE.

- Bombas de agua

Las bombas de agua son de uso continuo mientras el *chiller* permanece encendido. Las bombas instaladas son de 5hp, lo que equivale a 3,73 Kw.

Tabla XVII. **Consumo energético de sistema de bombeo**

Cantidad	Potencia	Costo mensual	Costo anual
2	3.73 KW	Q.1 400,00	Q.16 800,00

Fuente: elaboración propia.

2.3.1.3. CIAM Miraflores

Se cuenta con 11 equipos de aire acondicionado, de los cuales, dos son propiedad de una empresa anexa la cual se encarga de los gastos de los mismos.

Por tal razón, se analizaron nueve equipos; las condiciones de operación son las siguientes:

- Voltaje: 190 voltios
- Amperaje promedio: 15.08 A
- Potencia Real: 2.87 Kw (promedio)
- Precio de la energía eléctrica: 1.733872

Por lo que se tiene los siguientes datos:

Cantidad	Potencia	Costo unitario mensual	Costo mensual total	Costo anual
9	2,87 Kw	Q.1 114,67	Q.10 032 04	Q.120 384,54

El voltaje de estos equipos es inadecuado para su operación por lo cual necesitan mayor cantidad de corriente eléctrica para operar. Esto afecta económicamente a la empresa debido a que se han debido reemplazar dos equipos que fallaron por las condiciones en que han operado.

2.3.2. Cálculo de espacios acondicionados y carga térmica

En este apartado se llevará a cabo el cálculo de los espacios y condiciones actuales que se tienen en los edificios de CIAM.

La carga térmica sobre un edificio es un fenómeno que tiende a modificar la temperatura interior del aire o su contenido en humedad.

Las cargas térmicas se clasifican en:

- Cargas térmicas sensibles: aquellas que van a originar una variación en la temperatura del aire.

- Cargas térmicas latentes: las que van a originar una variación en la humedad absoluta del ambiente (contenido de agua en el aire).

Según la procedencia se pueden distinguir dos grandes grupos de cargas térmicas:

- Cargas térmicas procedentes del ambiente exterior del edificio:

A su vez, las cargas térmicas externas pueden ser de diversos tipos:

- Cargas a través de cerramientos;
- Cargas a través de superficies acristaladas, ventanas y claraboyas;
- Cargas introducidas a través de la ventilación;
- Cargas debidas a infiltración.

- Cargas térmicas generadas en el interior del edificio:

A su vez, las cargas térmicas internas pueden ser de diversos tipos:

- Cargas generadas por las personas;
- Cargas de iluminación;
- Cargas generadas por equipos eléctricos, informáticos, etc.
- Otras cargas generadas en el interior.

Se considera el volumen completo de cada centro para verificar si la carga de enfriamiento actual es adecuada.

2.3.2.1. CIAM Portales

El cálculo volumétrico se obtiene de la siguiente manera:

$$V = A * H$$

Donde:

A: Es el área del centro

H: Es la altura del piso al techo

El volumen es dado en metros cúbicos

Área del centro= 1035 m²

Altura= 3 m

$$V = A * H \quad V = 1035 * 3 = 3105 \text{ m}^3$$

Este es el volumen de esta sede, se utilizará para calcular la carga térmica y la capacidad de refrigeración necesaria.

El resumen de cargas térmicas para la sede Portales queda como se muestra en la tabla XVII.

Tabla XVIII. **Resumen de carga térmica Portales**

Datos de la situación	
Área de vidrios	430,33 p2
Aleros	no
área de pared	1 759,32 p2
Dt °F	1,24
Volumen de local	3 105 m3

Resumen de cargas	
Calor por radiación a través de vidrios	73 586,43
Calor por transmisión en vidrios	566,54
Transmisión de calor a través de paredes	519,35
Techo	125 527,18
Personas	28 000
Electrodomésticos	346 904
Ventilación	3 481,08
Total en btu/h sin factor de seguridad	578 584,58
Factor de seguridad del 10%	636 443,038
Total en toneladas	53,03691983
Toneladas instaladas actualmente	55

Fuente: elaboración propia.

Se observa que el sistema instalado actualmente cubre las necesidades de la sede por lo cual es inexistente un sobre dimensionamiento del sistema para la sede. Por esta razón, se descarta la opción de disminuir la capacidad frigorífica instalada.

2.3.2.2. CIAM zona 9

Para el cálculo volumétrico de esta sede se tiene lo siguiente:

A: 1055,6 m²

H: 2,5 m.

De acuerdo con la expresión matemática para calcular el volumen se tiene:

$$V = A * H \qquad V = 1\,055,6 * 2,5 = 2\,639\,m^3$$

El resumen de cargas para la sede zona 9 se encuentra como se muestra en la XIX.

Tabla XIX. **Resumen de carga térmica zona 9**

Datos de la situación		Resumen de cargas	
Área de vidrios	4 78,5 P2	Calor por radiación a través de vidrios	96 657
Aleros	no	Calor por transmisión en vidrios	1 419,08
área de pared	991,9 P2	Transmisión de calor a través de paredes	666,56
Dt °F	2,8	Techo	142 142,3
Volumen de local	1 055,6 m3	Personas	28 800
		Electrodomésticos	294 754
		Ventilación	8 072,064
		Total en btu/h sin factor de seguridad	572 511,004
		Factor de seguridad del 10%	629 762,1044
		Total en toneladas	52,48017537
		Toneladas instaladas actualmente	52

Fuente: elaboración propia.

La sede de zona 9 tiene un equipo de 52 toneladas de refrigeración, pero está configurado para trabajar con el 96% de su capacidad total. Es decir, que deja una capacidad de alrededor de 50 toneladas o 60 000 BTU/H. De acuerdo con los datos, el equipo cumple con los requerimientos de carga térmica, pero

cuando se agrega el 10% del factor de seguridad para operación, el equipo no logra cumplir con los mismos, ya que solo cuenta con cerca del 5%. Este porcentaje es muy reducido por lo que se corre el riesgo de que en el verano o cuando haya alta afluencia de pacientes, no se de abasto para cubrir las necesidades de acondicionamiento de aire.

2.3.2.3. CIAM Miraflores

Para el cálculo volumétrico de esta sede se tiene lo siguiente

A: 913 m^2 H: 3 m

De acuerdo con la expresión matemática para calcular el volumen, se tiene:

$$V = A * H \qquad V = 913 * 3 = 2\,739 \text{ m}^3$$

El resumen de cargas para la sede Miraflores queda de la siguiente manera:

Tabla XX. **Resumen de carga térmica Miraflores**

Datos de la situación		Resumen de cargas	
Área de vidrios	484,13 P2	Calor por radiación a través de vidrios	65 357,28
Aleros	no	Calor por transmisión en vidrios	889,85
Área de pared	1 481,43 P2	Transmisión de calor a través de paredes	615
Dt °F	1,73	Techo	86 309,65
Volumen de local	2 739 m3	Personas	29200
		Electrodomésticos	302 574
		Ventilación	5 068,344
		TOTAL EN BTU/H SIN FACTOR DE SEGURIDAD	490 014,124
		Factor de seguridad del 10%	539 015,5364
		TOTAL EN TONELADAS	44,91796137
		Toneladas instaladas actualmente	45

Fuente: elaboración propia.

En los datos recabados se tiene que la capacidad instalada con la que se cuenta es de 45 toneladas para las áreas de CIAM, debido a que la otra empresa

que ocupa espacio cuenta con sus propios equipos de aire acondicionado con capacidad de 10 toneladas.

Se puede observar que la carga térmica que se tiene, actualmente, es de 44,92 toneladas incluyendo el factor de 10% de seguridad. Esta cubre la necesidad de aire acondicionado dentro de las instalaciones de la sede. Sin embargo, con la capacidad instalada, actualmente, se corre el riesgo de que, si se lleva a cabo alguna ampliación, no se pueda cumplir con los requerimientos.

2.3.3. Conclusiones de los cálculos

Las conclusiones que se obtienen de los cálculos son las siguientes:

- De las tres sedes que conforman el estudio de aire acondicionado, la única que no cumple con los lineamientos establecidos para el estudio es la sede zona 9, ya que el sistema no se da abasto para cumplir el 10% de coeficiente de seguridad para su operación óptima, ya que, aun trabajando al 100% de su capacidad no es capaz de cubrir el 10% del coeficiente de seguridad, sino solamente el 9%. Aún así, se corre el riesgo de que en alguna circunstancia no pueda cubrir la demanda de aire acondicionado.
- La carga térmica en CIAM zona 9 se puede reducir si se instalan cortinas en las ventanas o algún tipo de vinílico de promoción para minimizar la carga térmica que ingresa por radiación a través de las ventanas.
- La carga de enfriamiento en la sede Miraflores es apenas cubierta por la capacidad instalada de los equipos. Si se desea una ampliación de la sede o con una mayor afluencia de personas, se corre el riesgo de no suplir las necesidades térmicas de las mismas.
- La carga térmica se determina bajo los siguientes lineamientos:

- Se toma como coeficiente de seguridad el 10% de la carga total de cada una de las sedes.
- Se toman los promedios de afluencia de las personas.
- Se toman promedios de temperatura, tanto internos como externos, para cada sede.
- Para cada ubicación se toma una hora pico diferente.
- Diariamente se trabajan 12 horas.
- Las computadoras y electrodomésticos tienen jornadas de 8 horas.

2.4. Propuesta de soluciones respecto al aire acondicionado CIAM Portales

Se tienen las siguientes recomendaciones para esta sede:

- Reubicación de mangas de aire para normalizar las áreas frías y calientes, ya que la capacidad térmica instalada es la adecuada y debe distribuirse correctamente.
- Instalación de *Dámpers* para oficinas y clínicas. Esto es necesario porque el aire acondicionado debe ser controlable, debido a que el volumen de aire existente en cada oficina es diferente para cada una; por ejemplo, para el área de pediatría la prioridad es la salud de los niños, en esta área se pudo detectar que la baja temperatura puede causar complicaciones en los niños que padezcan enfermedades de las vías respiratorias.
- Los programas de mantenimiento de esta sede son adecuados y no presentan mayor inconveniente para la operación de los equipos.
- Se propone la instalación de cortinas de aire en las puertas de entrada, para evitar la infiltración de aire caliente cuando se abren

las puertas. De esta manera se ahorra hasta un 10% en energía eléctrica. Otra de las ventajas de la cortina de aire es que ayudan a disminuir el ingreso de insectos voladores hacia el interior del centro.

- El cambio de equipo es una opción que se debe considerar. Los que están actualmente instalados cuentan con eficiencia reducida teniendo así SEER 13 y máximo SEER13.5 lo que, para equipos de última generación, es bajo. Se puede obtener entre un 10% a 20% de ahorro de energía con equipos más eficientes. Sin embargo, la sustitución es un problema ya que económicamente no es viable debido a que aún no se ha recuperado la inversión inicial que se hizo en el equipo actual.

CIAM Zona 9

Se tienen las siguientes propuestas:

- Renovación de equipo *chiller*, se propone sustituir por alguna marca que sea más comercial en el país y que ofrezca más servicio técnico. La propuesta es inviable, económicamente, porque la inversión inicial fue alta y aún no se ha recuperado. Sin embargo, si surgiera una falla catastrófica en la que el equipo sea irrecuperable, esta opción es viable.
- Se recomienda la compra e instalación de un equipo *chiller* adicional, el cuál esté dedicado a cubrir áreas críticas dentro del centro, este puede ser de una capacidad inferior al *chiller* instalado actualmente. De esta manera se minimizará el impacto de una falla del *chiller* principal en áreas críticas, como el laboratorio donde los equipos alojados son sumamente costosos y necesitan del aire acondicionado.

- También es recomendable instalar sistemas *Dámper* para regular el flujo de aire necesario en cada área. Esto es pertinente en las clínicas donde en la actualidad hay flujo de aire.
- Se recomienda cambiar de proveedor de servicio y mantenimiento de aire acondicionado porque cuando la programación del equipo *Chiller* falla, la empresa no brinda el soporte, sino más bien, solicita a otra empresa la solución del problema. Mientras se gestiona este proceso, aumenta el tiempo en el cual el equipo *chiller* esta fuera de servicio.
- La instalación de cortinas en el interior del centro también es propicia, debido a que gran cantidad de calor ingresa por radiación a través de cristalería. Esto genera que los equipos trabajen arduamente para refrigerar el área. La instalación de cortinas de aire en las entradas evita la infiltración de calor por las puertas y el ingreso de insectos voladores.

CIAM Miraflores

Propuestas:

- Renovación de equipo. Es necesario contar con un equipo más eficiente, lo cual puede significar hasta un 35%-60% de ahorro en energía eléctrica. Actualmente, la eficiencia de los quipos instalados es SEER de 10. Con SEER mayor a 15 se pueden obtener hasta el 35% de ahorro, pero si se considera un equipo con SEER mayor de 18 se obtiene hasta el 60% de ahorro.
- Optimizar el área de farmacia, con un ventanal o cortinas de aire para evitar que el calor entre al recinto. Con ello se logra una sensación térmica agradable en esa área.
- Revisar la instalación eléctrica. Verificar cuidadosamente cada uno de los aspectos de la instalación actual y reacondicionarlos si fuese

necesario. La caída de voltaje que se encontró no es normal y afecta la operación de los equipos.

- Colocar cortinas, persianas o vinílicos convencionales en ventanales para evitar cargas térmicas por radiación solar a través de ventanas.
- Colocar cortinas de aire en las entradas del centro para minimizar infiltraciones térmicas por las puertas.
- Revisar los termostatos. Algunos termostatos no miden eficientemente la temperatura. Esta condición afecta al equipo el cual funciona con +/- 2 grados. De esta manera, si baja o sube 2 grados la temperatura del ambiente, el equipo de aire se activa o desactiva e influye en el gasto innecesario de energía eléctrica. Al reparar los daños, se puede ahorrar hasta un 10% en el consumo eléctrico.
- Rediseño de sistema de distribución de aire acondicionado. Los equipos trabajando en pareja son ineficientes, poco prácticos y corren el riesgo de sufrir desgaste prematuro.

2.5. Análisis económico de las soluciones propuestas

El análisis económico de las soluciones es sumamente importante, ya que es en esta sección donde se verifica el costo de la inversión y el ahorro que dicha inversión representa. Así también, el período en el monto de la inversión es recuperado.

Portales

Tabla XXI. Inversión y ahorro en CIAM Portales

Análisis económico de soluciones, CIAM Portales				
Soluciones para ahorro	Inversión aproximada	Porcentaje de ahorro anual	Ahorro anual	Retorno de inversión [Años]
Cortina de aire para entradas	Q8 600,00	5,00%	Q4 595,16	1,87
Dámper para clínicas	Q4 000,00	5,00%	Q4 595,16	0,87
Reubicación de mangas	Q4 000,00	5,00%	Q4 595,16	0,87
Totales	Q16 600,00	15,00%	Q13 785,48	1,20

Fuente: elaboración propia.

En la anterior se aprecia que las inversiones pueden ser aplicadas como un conjunto de modificaciones al sistema de aire acondicionado o de forma individual. Sin embargo, para que el ahorro sea significativo se recomienda aplicarse en conjunto.

También se puede ver dentro de la que se incluyen los períodos de retorno de la inversión, los cuales son bastante aceptables. Esto significa que, cumplido el período de retorno de inversión, se comienzan a percibir las ganancias de la inversión inicial.

El porcentaje de ahorro se calculó basándose en la carga térmica que se disminuye al aplicar las soluciones propuestas en la sección anterior, y como consecuencia, se asume un error relativo de +/- 2 para los porcentajes; esto se debe a la diversidad de clima de la región.

Zona 9

Para la sede zona 9 se tiene un análisis significativamente favorable, por lo que a continuación se presenta una tabla en la que se despliega toda la información recabada.

Tabla XXII. **Inversión y ahorro en CIAM Zona 9**

Análisis económico de soluciones, CIAM Zona 9				
Soluciones para ahorro	Inversión aproximada	Porcentaje de ahorro anual	Ahorro anual	Retorno de inversión [Años]
Cortina de aire para entradas	Q8 600,00	5,00%	Q14 371,70	0,60
Damper para Clínicas	Q3 200,00	5,00%	Q14 371,70	0,22
Cortinas para ventanales	Q3 500,00	7,00%	Q20 120,00	0,17
Sustitución con equipo VRV	Q895 050,00	60,00%	Q172 460,00	5,19
Totales	Q910 350,00	77,00%	Q221 323,40	4,11

Fuente: elaboración propia.

En la anterior se observa el impacto que generan los cambios sobre lo que, a simple vista, no pareciera afectar el desempeño del aire acondicionado, este es el caso de las cortinas en los ventanales las cuales ahorran hasta 7% de energía eléctrica cuando se instalan.

Para este centro se tiene una propuesta que, a primera vista, pareciera risible. Consiste en la sustitución del sistema de aire acondicionado actual (agua

helada), por un sistema mucho más eficiente, como el VRV (volumen de refrigerante variable).

Este sistema VRV es incluso mucho más eficiente que los sistemas Split instalados en los otros centros. El factor negativo es el alto precio de los equipos VRV, cuando se compara con los equipos Split. Esto hace que la propuesta sea inviable; pero al compararse con el *chiller*, se logra ver que es posible obtener un ahorro inmenso al llevar a cabo esta propuesta.

Al aplicar todas las propuestas, incluso con el costo elevado del equipo, se puede observar que el retorno de la inversión es a mediano plazo, y al concluir con el período de retorno el ahorro es bastante significativo.

Miraflores

En el CIAM Miraflores, hay bastantes propuestas que se pueden aplicar y que generan un ahorro significativo. También se observa que el retorno de inversión es a mediano plazo si se toma en cuenta la cantidad de ahorro que se obtiene. En la siguiente se enlistan todas las propuestas y su impacto económico:

Tabla XXIII. **Inversión y ahorro en CIAM Miraflores**

Análisis económico de soluciones, CIAM Miraflores				
Soluciones para ahorro	Inversión aproximada	Porcentaje de ahorro anual	Ahorro anual	Retorno de inversión [Años]
Cortina de aire para entradas	Q8 600,00	5,00%	Q6 019,22	1,43
Termostatos y rediseño	Q14 700,00	10,00%	Q12 038,45	1,22
Revisión eléctrica	Q4 000,00	2,00%	Q2 407,70	1,66
Cortinas de aire farmacia	Q12 900,00	8,20%	Q9 871,53	1,31
Cortinas para ventanales	Q5 068,00	12,30%	Q14, 07,30	0,34
Sustitución con equipo split más eficiente	Q225,000,00	35,00%	Q42 139,60	5,34
Totales	Q270,268,00	72,50%	Q87 283,80	3,10

Fuente: elaboración propia.

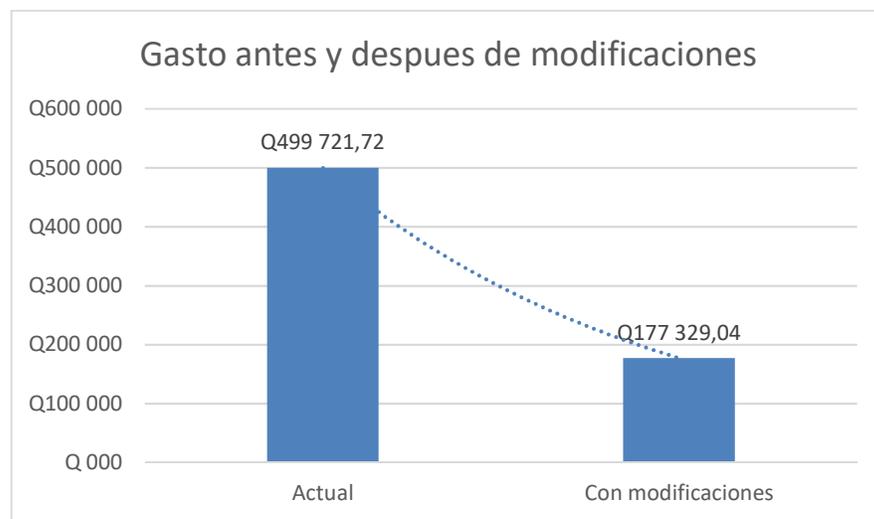
Se observa que entre las propuestas se encuentra la sustitución de equipos. Esta solución es prioritaria ya que los equipos instalados actualmente son antiguos y poco eficientes. Al sustituirlos, el retorno de inversión es a largo plazo, pero si se implementan todas las propuestas, el retorno de la inversión se es a mediano plazo. Se puede concluir que las propuestas para CIAM Miraflores deben aplicarse en conjunto para obtener un ahorro importante en un mediano plazo.

Entre las propuestas se encuentra optimizar el área de farmacia con cortinas de aire en el mostrador para que la infiltración térmica sea mínima ya que dicha infiltración afecta el consumo eléctrico de los equipos.

2.5.1. Análisis global de la inversión

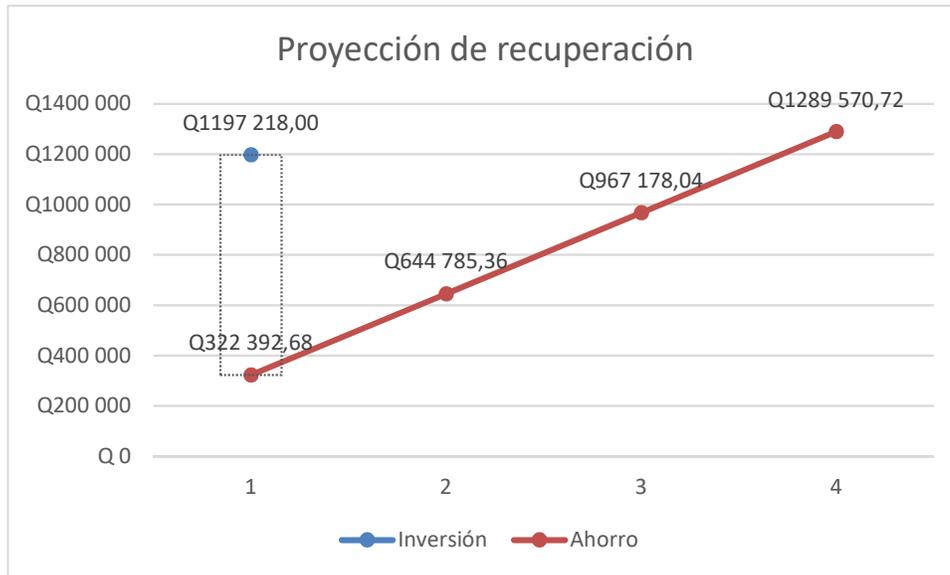
En este apartado se comparará el ahorro posible, aplicando las propuestas antes descritas en los tres centros.

Figura 36. Análisis de gasto



Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Tasa y proyección de recuperación de inversión



Fuente: elaboración propia.

2.6. Planes de mantenimiento

A continuación, se presentan los planes de mantenimiento de aire acondicionado para cada sede y el procedimiento necesario para realizar el mantenimiento preventivo de los equipos instalados.

2.6.1. Procedimiento para mantenimiento preventivo en unidades de aire acondicionado tipo Split

- Limpieza de manejadora
- Destapar la manejadora

Figura 38. **Vista interior de la UMA**



Fuente: elaboración propia.

- Rociado con bomba Matabi para limpieza del serpentín
- Revisión de fugas del sistema de drenaje
- Observar el estado de la turbina de la manejadora
 - Limpieza a la turbina cada 12 meses. Sin embargo, por uso y demanda, se pueden limpiar hasta 2 veces al año.
- Aspirado o sopleteado del drenaje
- Llenar con agua limpia el sifón del drenaje

- Limpieza de rejillas de inyección de aire

Procedimiento para mantenimiento de condensador y compresor

- Desmontaje de ventilador
 - Lavar con agua y jabón
 - Lubricar el eje con aceite penetrante (WD-40)
- Verificar conexiones eléctricas
 - Medir voltaje y amperaje que consumen los componentes

Desconectar mientras se lava

Conectar cuando ya está limpio

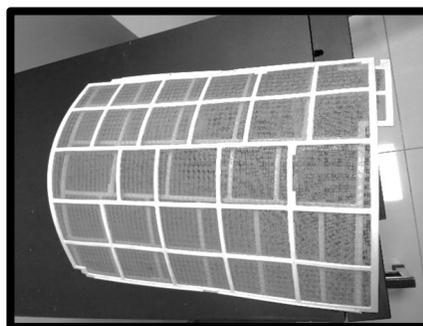
- Lavar la rejilla del condensador con agua y jabón

Este proceso aplica también para la unidad condensadora del sistema mini Split.

2.6.2. Procedimiento para mantenimiento preventivo en unidades de aire acondicionado tipo Mini Split

- Verificar el estado de los filtros de aire
- Lavar los filtros plásticos de aire

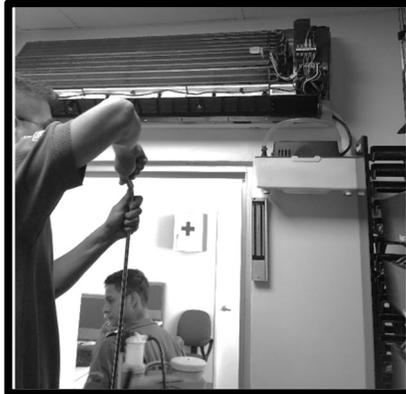
Figura 39. **Filtro tipo malla sistema Mini Split**



Fuente: elaboración propia.

- Rociado con bomba Matabi para limpieza del serpentín.

Figura 40. **Rociado con bomba Matabi**



Fuente: elaboración propia.

- Limpiar rejillas.
- Verificar el estado de la bomba de condensado
- Limpiar bomba de condensado
 - Lavar el depósito
 - Probar el sistema de flote
 - Purgar el drenaje
 - Llenar el depósito con agua aromatizada

2.6.3. Procedimiento para mantenimiento preventivo en sistemas Chiller y Fan Coil

Mantenimiento de unidades *Fan Coil*

El procedimiento que se utiliza para dar mantenimiento preventivo a las unidades *fan coil* es:

- Ubicar la unidad fan coil que se va a trabajar.

- Cerrar válvulas de agua helada y retorno.
- Desmontar el conjunto de turbinas.
- Desarmar el cuerpo de turbinas.

Figura 41. **Cuerpo motor de la turbina desarmado**



Fuente: elaboración propia.

- Limpiar los filtros que se encuentran instalados en los retornos de aire.
- Montar el cuerpo de turbinas y filtro, abrir la llave de 3 vías y Dejar funcionar.

Mantenimiento para equipo *Chiller*

- Detener equipo *chiller*
- Hacer pruebas en la tubería de refrigerante
- Verificar las presiones de trabajo en el refrigerante del equipo

Figura 42. **Equipo para medir presiones de refrigerante**



Fuente: elaboración propia.

- Verificar la tubería y presiones en el agua helada tanto de salida como en el entorno.
- Purga de sistema para eliminar burbujas en el agua.
- Limpieza exterior del equipo.

2.6.4. Plan de mantenimiento CIAM Portales

El plan de mantenimiento se desarrolla de la siguiente manera en esta sede. Se toman las siguientes acciones para implementar el plan:

Materiales por utilizar:

Agente limpiador de evaporador “Triple D”.

- *Whipe*
- Agua
- Trapos

- Trapeadores
- Escobas
- Aspiradora
- Aceite WD-40

Herramientas:

- Voltímetro y amperímetro
- Manguera para agua
- Bomba Matabi
- Escalera
- Desarmadores

Medidas de seguridad:

- Apagar el termostato
- Bloquear la corriente eléctrica
- Utilizar calzado industrial
- Utilizar arnés de seguridad para trabajo en alturas

Horarios:

- Actualmente se da mantenimiento preventivo en horario hábil. Lunes a viernes de 8 a 17 horas.
- Se programa para cada 2 meses.

El horario para esta sede se previó de esta manera porque tienen poca afluencia de personas durante el horario hábil, si se compara con la carga máxima de pacientes que el centro puede albergar.

Tabla XXIV. Cronograma de mantenimiento

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Semana	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Equipo												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												
Condensadores A/C y UMA												
Mantenimiento												

Fuente: Departamento de Mantenimiento, Seguridad e Higiene CIAM portales.

2.6.5. Plan de mantenimiento CIAM zona 9

El plan de mantenimiento para esta sede se desarrolla de la siguiente manera:

Materiales a utilizar:

- Agente limpiador de evaporador
- *Whipe*
- Agua
- Trapos
- Trapeadores
- Escobas

Herramientas:

- Voltímetro y amperímetro
- Manguera para agua
- Bomba Matabi
- Escalera
- Desarmadores

Medidas de seguridad:

- Apagar el termostato
- Bloquear la corriente eléctrica
- Utilizar calzado industrial
- Utilizar arnés de seguridad para trabajo en altura

Horarios:

- Actualmente se da mantenimiento preventivo en horario nocturno
- Se programa para cada 2 meses

Tabla XXV. Cronograma de mantenimiento

PLAN DE MANTENIMIENTO ANUAL																																																	
		Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Chiller																																																	
Manejadoras de agua fría Fan Coil																																																	
Lavado de Cisternas																																																	

Fuente: Departamento de Mantenimiento CIAM zona 9.

2.6.6. Plan de mantenimiento CIAM Miraflores

El plan de mantenimiento para la sede Miraflores se encuentra distribuido de la siguiente manera:

Se toman las siguientes acciones para implementar el plan.

Materiales por utilizar:

Agente limpiador de evaporador.

- Whipe
- Agua
- Trapos
- Trapeadores
- Escobas
- Aceite WD-40

Herramientas:

- Voltímetro y amperímetro
- Manguera para agua
- Bomba Matabi
- Escalera
- Desarmadores
- Aspiradora

Medidas de seguridad:

- Apagar termostato
- Bloquear la corriente eléctrica
- Utilizar calzado industrial
- Utilizar arnés de seguridad para trabajo en alturas

Horarios:

- Actualmente se da mantenimiento preventivo en horario nocturno por políticas del centro comercial.
- Se programa para cada 8 semanas.

Tabla XXVI. **Cronograma de mantenimiento**

PLAN DE MANTENIMIENTO 2016 ANUAL DE EQUIPO		Enero	Marzo	Mayo	Julio	Septiembre	Noviembre
Aire acondicionado							

Fuente: Departamento de Mantenimiento CIAM Miraflores.

2.6.7. Evaluación de los planes de mantenimiento actuales en cada sede

Los planes de mantenimiento son siempre un tema de discusión al momento de adquirir equipos, debido a que se trata de prolongar la vida útil de los mismos y procurar también su funcionamiento óptimo. A continuación, se evaluarán los planes de mantenimiento para cada centro.

2.6.7.1. CIAM Portales

El plan de mantenimiento preventivo para los equipos de aire acondicionado de esta sede está programado para un lapso de 8 semanas.

Esto se debe a que los equipos de aire acondicionado están expuestos al ambiente de esta zona, lo cual implica que el polvo y algún otro tipo de contaminante se acumulan en las partes móviles y estacionarias de los equipos.

Se ha determinado, por medio de la técnica VOSO, que efectivamente el aire acondicionado deja de ser eficiente pasadas las 8 semanas. Esto se debe a la acumulación de impurezas tanto en la UMA, como en la unidad condensadora lo cual impide la buena transferencia de calor y afecta el rendimiento del equipo.

La eficiencia se altera cuando el proceso de evaporación no puede llevarse a cabo eficientemente. En este caso, se presenta el congelamiento en el evaporador y comienza un goteo excesivo. En algunas oportunidades, el drenaje no se da abasto y el goteo afecta al confort del paciente, como en el caso de CIAM.

Este efecto, si el calor no se elimina por medio del evaporador, afecta también al compresor, el cual tiene que hacer mayor esfuerzo para succionar y comprimir el poco gas refrigerante que le llega. También se corre el riesgo de que el refrigerante que no se evaporó llegue en estado de condensado al compresor, causando así una falla catastrófica en el equipo.

Por esta razón, se propone este programa de mantenimiento el cual cumple con las necesidades de funcionamiento para el edificio de CIAM Portales.

El único aspecto con el que, actualmente, no cumple la sede Portales, es que carece de filtros para el aire de retorno en las UMA. Esto, a largo plazo, daña los equipos y repercute también en la salud de las personas que ocupan el centro, tanto colaboradores y pacientes.

2.6.7.2. CIAM zona 9

El Plan de mantenimiento para los equipos instalados en CIAM zona 9 debe estar planificado con cierto margen de libertad en lo que a tiempo y planificación se refiere.

Este grado de libertad responde a la afluencia de pacientes atendidos durante la jornada y fuera del horario laboral en el área de emergencia. Para realizar el mantenimiento se cuenta un espacio muy reducido, lo afecta la comodidad de los pacientes, sobre todo, porque en el espacio donde se alojan las unidades *Fan Coil*, existe una cantidad significativa de polvo, y basta un movimiento leve para hacerlo caer y levantar una nube de polvo que incomoda a los pacientes.

Por esta razón, el plan de mantenimiento debe adaptarse para ejecutarlo sin afectar a los pacientes. El mantenimiento a *Fan Coil* se planifica para ejecutarse cada 8 semanas.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta es que se encuentran instalados 21 equipos *Fan coil*. A diferencia de las otras sedes de CIAM que se pueden trabajar en un mismo día sin problema, estas deben de trabajarse a lo largo de la semana en la que se planificó.

El plan de mantenimiento al equipo *chiller* está programado para realizarse cada 8 semanas. Este mantenimiento nunca debe traslaparse con el de las *Fan Coil*, para evitar inconvenientes.

Es recomendable que, una vez al año, por lo menos, se lleve a cabo un mantenimiento a profundidad del equipo *chiller*. Este proceso, en la actualidad, es inexistente. Tampoco se cuenta con un programa de tratamiento al agua que circula por el sistema, por lo cual se corre el riesgo de que se genere calcificación, incrustación o corrosión en las tuberías, evaporadores y condensadores que están incluidos en el sistema. Como consecuencia habrá una reducción en la eficiencia de los equipos, un consumo mayor de energía eléctrica y una transferencia de calor ineficiente. Estudios realizados en la Universidad de San Carlos han determinado que, con una capa de corrosión de 1 milímetro en la tubería, puede aumentar el consumo eléctrico hasta en un 30% en equipos de transferencia de calor.

En el plan de mantenimiento también se debe contempla el tratamiento a las cisternas de abastecimiento de agua, ya que, si al sistema se introduce agua contaminada o inadecuada para el trabajo, se corre el riesgo de taponar las tuberías internas del *chiller*, *fan coil* o, incluso, de los intercambiadores y válvulas.

Ello generará gastos extraordinarios de mantenimiento y elevará el costo de operación del equipo.

Añadido al mantenimiento de las cisternas, debe llevarse a cabo un control de calidad de agua, ya que con base en este estudio deben tomarse acciones para el tratamiento químico con el que debe contar el sistema de aire acondicionado para evitar los problemas antes descritos. Este estudio de calidad de agua, actualmente se realiza cada 6 meses.

Como conclusión se puede decir que, al plan de mantenimiento actual de equipos de aire acondicionado en esta sede, se deben implementar algunos puntos importantes, como el sistema de tratamiento químico del agua y la limpieza profunda del sistema *Chiller*.

2.6.7.3. CIAM Miraflores

Para esta sede, se tiene un plan de mantenimiento de equipos de aire acondicionado que debe estar sujeto a disponibilidad. Esta debe coordinarse con la administración del centro comercial porque el mantenimiento debe llevarse a cabo en horarios específicos.

Otra limitante, también, es que los equipos de condensa y compresor están instalados en la azotea (terraza) del edificio, lo cual dificulta el acceso al personal de la empresa de mantenimiento.

El período entre mantenimiento de los equipos es de 8 semanas, se tiene la determinación de cumplir las fechas programadas de la manera más puntual posible o incluso adelantarlas unos días, nunca debe dejarse pasar la fecha.

El mantenimiento preventivo debe realizarse en la fecha establecida porque se ha observado con la técnica VOSO que, al cumplirse las 7 semanas comienza el problema de congelamiento en las unidades UMA, y justo cuando esto sucede, los motores compresores comienzan a realizar un trabajo mayor. El problema con que los motores realicen más trabajo tiene una explicación en la actual instalación eléctrica. Como se determinó en la sección 1.10.2.3 de este informe la acometida actual apenas cumple con los requerimientos mínimos para la operación de los equipos, por lo que, al momento de realizar un trabajo mayor, los motores corren el riesgo de sobre calentamiento porque el voltaje no es adecuado para suplir su demanda.

De tal manera que, cuando se cumple con el mantenimiento programado, se prolonga la vida útil de los equipos, y optimiza su funcionamiento.

Puede concluirse que el plan de mantenimiento para esta sede es adecuado y puede adaptarse de acuerdo con las necesidades y requerimientos de la sede. El único aspecto negativo es que los equipos instalados son antiguos y la eficiencia es baja de fábrica.

2.7. Diseño de sistema de calefacción para CIAM zona 17

2.7.1. Planteamiento de la necesidad del sistema de calefacción

La idea del sistema de calefacción surge porque en algunas clínicas imperan las temperaturas bajas en algunas temporadas del año.

Como consecuencia, la necesidad se basa en la preservación de la salud de los pacientes. En las clínicas de pediatría es necesario que la temperatura no

baje tanto para evitar el riesgo de incidir en la salud de los niños que puedan ser atendidos en ellas. Otra aplicación de este sistema de calefacción será en las clínicas de ginecología, y en las demás clínicas con las que cuenta el Centro, según sea la demanda.

Por esta razón, el proyecto de diseño debe ser propuesto según las necesidades observadas y su viabilidad debe ser evidente para subsanar las capacidades de la sede.

2.7.2. Áreas a las que aplica el diseño

A continuación, se detallan las áreas a las cuales se aplica la propuesta del diseño para la calefacción:

- Signos vitales pediatría (S.V.P.)
- Pediatría 1, 2, 3
- Ginecología 1, 2
- Multiclínicas 1,3,4,5

La necesidad de un sistema de calefacción es mayor en estas áreas ya que por el tipo de pacientes y las condiciones en las que deben ser atendidos es demandante el uso de algún sistema de calefacción cuando la temperatura del recinto baja de 15°C.

2.7.3. Cálculos para el sistema de calefacción

2.7.3.1. Carga térmica para calefacción

Tabla XXVII. Valores de carga térmica para calefacción

Clínicas	Paredes	Piso	Cielo	Puertas	Infiltración	Totales BTU/H
Signos vitales	1 423,35	242,064	222,732	247,22	61,7	2 197,066
P1	1 676,025	382,5	351,9	247,23	61,7	2 719,355
P2	1 580,175	459,9	423,108	247,23	61,7	2 772,113
P3	1 760,31	430,875	396,405	247,23	61,7	2 896,52
G1	2 056,58	590,64	542,34	247,23	61,7	3 498,49
G2	2 056,58	590,64	542,34	247,23	61,7	3 498,49
M1	1 760,31	430,875	396,405	247,23	61,7	2 896,52
M3	1507,58	319,52	293,94	260,28	65	2 446,32
M4	1 696,365	387,3	356,33	247,23	61,7	2 748,925
M5	1 705,1	396,945	365,19	247,23	61,7	2 776,165
Nutrición 1	2 267,46	338,9	311,75	I.E.C.P.	61,7	2 979,81
Nutrición 2	2 267,46	338,9	311,75	I.E.C.P.	61,7	2 979,81
Oftalmo 1	1 065,47	251,73	231,6	247,23	61,7	1 857,73
Oftalmo 2	1 065,47	251,73	231,6	247,23	61,7	1 857,73
Dental 1	2 943,11	498,65	458,75	247,23	61,7	4 209,44
Dental 2	2 943,11	498,65	458,75	247,23	61,7	4 209,44
Promedio						2 908,9952
Total						46 543,92

Fuente: elaboración propia.

I.E.C.P: incluido en cálculo de paredes.

Estas son las cantidades de calor que deben aplicarse al recinto para lograr la temperatura deseada y proveer la comodidad necesaria dentro de las clínicas en cuestión. El desafío principal es climatizar cada clínica independientemente.

2.7.3.2. Cálculo de ductos y ventiladores

Ventiladores

El cálculo de estos dispositivos se basa en que se necesita darle movimiento al aire caliente entre las clínicas, tomando en cuenta que se necesitan unas 15 renovaciones de aire por hora, para poder hacer eficiente el uso de calentadores portátiles.

$$\text{capacidad de ventilador} = \text{Volumen de la habitación} * 15 \text{ renovaciones/hora}$$

$$\text{capacidad de ventilador} = 27,55 \text{ m}^3 * 15 \text{ renovaciones/hora}$$

$$\text{capacidad de ventilador} = 413,25 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Esto es lo mismo que decir: 242,98 pie³/min

Por lo que, para cumplir con los requerimientos, se necesitan ventiladores capaces de mover 250 CFM, estos ventiladores son de techo y consumen alrededor de 170 watt.

Ductos

El cálculo para ductos se realiza mediante la utilización de la gráfica para dimensionamiento de ductos, teniendo en cuenta los siguientes datos:

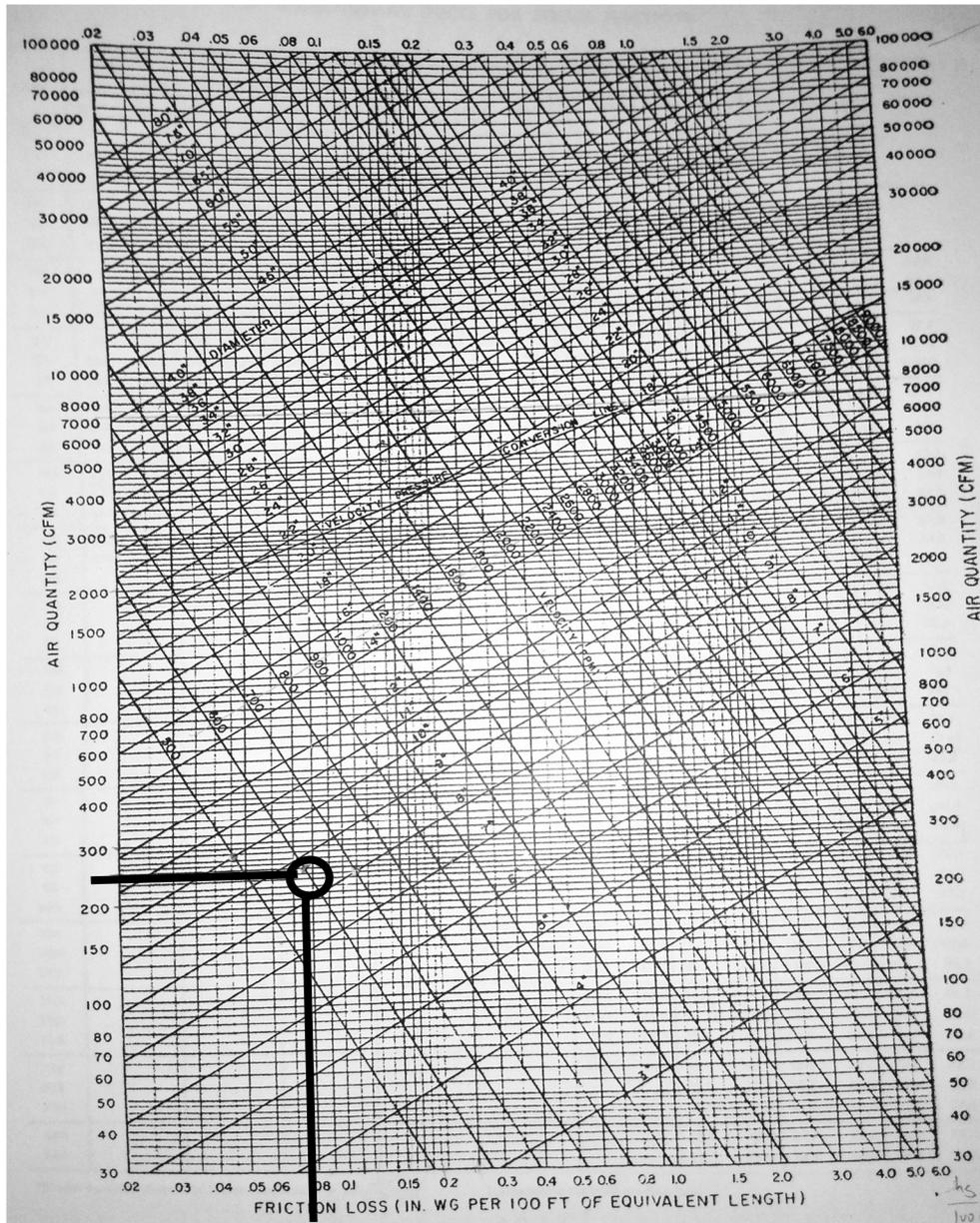
Velocidad de aire.....	610 Pies/min
Caudal de aire.....	250 pie ³ /min
Perdida de fricción/100 pies.....	20 pascales o 0,075 pulgadas de agua

Utilizando la gráfica de pérdida por fricción se obtiene el resultado, esta grafica indica que corresponde:

$$\text{Diámetro} = 8,75 \text{ pulgadas}$$

El inconveniente es que comercialmente no existe el ducto de 9 pulgadas, por lo que se debería optar por el ducto comercial de 8 pulgadas.

Figura 43. Gráfica de dimensionamiento para ductos



Fuente: Carrier air conditioning Company, Air duct design, chapter 2.

2.7.4. Presupuesto para el sistema de calefacción

Tabla XXVIII. Presupuesto

Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
Dámper	14	Q.400,00	Q.5 600,00
Calefactores portátiles	7	Q.800,00	Q.5 600,00
Ducto flexible y rejillas	16	Q.420,00	Q.6 720,00
Ventiladores	8	Q.1 700,00	Q.13 600,00
Total.....			Q.31 520,00

Fuente: elaboración propia.

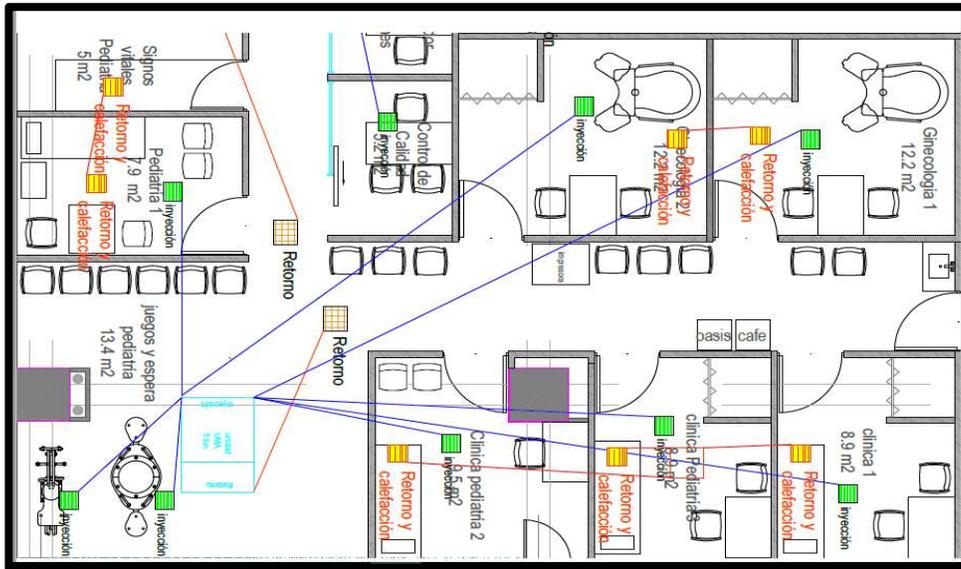
El costo incluye la mano de obra y un sistema de calefacción efectivo para las clínicas antes propuestas.

El precio de los ventiladores puede variar en el ámbito local, debido a que, para el proyecto, se cotizaron por internet en páginas extranjeras.

El sistema de calefacción contará con siete calefactores portátiles de 2 000 Watt para subir la temperatura en las áreas según la demanda. Además, cuentan con ductos inter conectados para compartir la calefacción en un conjunto de clínicas. Se opta por calefactores portátiles, debido al bajo costo de inversión inicial y la individualidad de cada clínica.

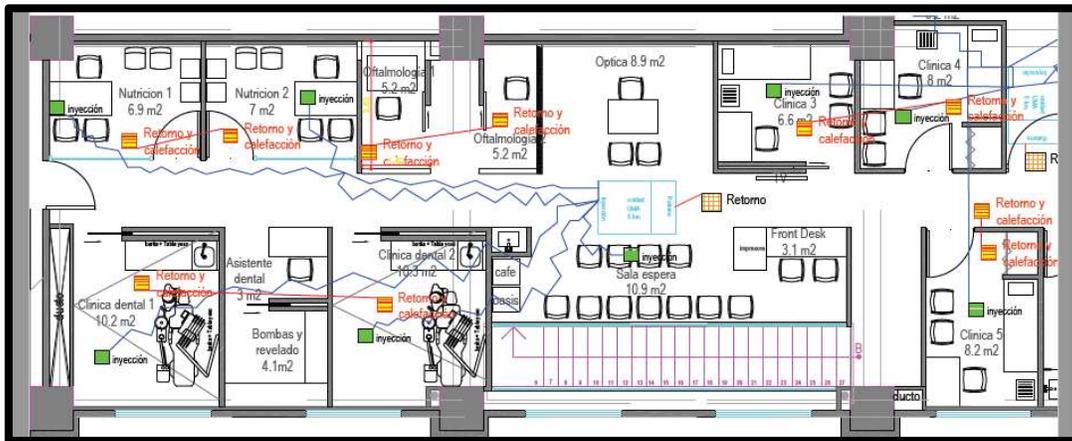
2.7.5. Planos conceptuales de instalación

Figura 44. Clínicas primer nivel



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2015.

Figura 45. Clínicas segundo nivel



Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2015.

2.7.6. Discusión del diseño de calefacción

Esta solución para el sistema de calefacción es idónea porque la temperatura dentro del centro es templada, cuando el equipo de aire acondicionado está apagado. Por ello, una parte fundamental del diseño de la calefacción es aprovechar este factor. Además, se colocará un Dámper en las rejillas de inyección de aire acondicionado. De esta manera, se evita que el calor llegue a la UMA de aire acondicionado donde podría causar daños internos a la unidad o, incluso, repercutir en las tuberías hasta el exterior.

La carga térmica para calefacción es mucho menor que la carga para enfriamiento, por ello, para reducir al máximo el gasto de energía, se propone utilizar calentadores portátiles de 2 000W. La ventaja que se tiene con este tipo de calentadores es que se pueden trasladar de una clínica a otra dependiendo de la condición requerida por el paciente.

Se asume que el sistema de calefacción se utilizará en días de clima frío por lo cual también se asume que la temperatura dentro de las clínicas de un solo bloque puede requerir uniformidad. Dado lo anterior, se propone la instalación de ductos flexibles y ventiladores de extracción que inter comunican las clínicas para que el aire caliente fluya entre las clínicas.

El sistema de ductos propuesto funciona para calefacción y para aire acondicionado, ayudando así a regular la temperatura adentro de las clínicas en el momento que se necesite.

Esta propuesta es económicamente viable, ya que, si se compara el costo total con otras soluciones en calefacción, estas últimas representan una inversión inicial doblemente costosa. El costo de mantenimiento de la propuesta

presentada es en extremo barato, mientras que en las otras representa un costo elevado en mantenimiento y personal calificado para ejecutarlo.

3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL SOBRE AHORRO ENERGÉTICO

3.1. Razones para la capacitación

En un mundo en constante cambio, las personas deben adquirir nuevos conocimientos y habilidades para cumplir con los objetivos organizacionales, por esto, es necesario que los colaboradores conozcan la propuesta de ahorro energético.

3.2. Realización de la capacitación

Para realizar la capacitación, se tomaron en cuenta las siguientes acciones:

- Establecer los objetivos deseados
- Definir el contenido a impartir
- Programar la fecha y hora para la capacitación
- Metodología: La capacitación, abarca dos áreas, las cuales son:
 - Inducción: generalmente lo hacen los encargados de mantenimiento de cada centro en coordinación con la jefatura CIAM en cada centro.
 - Entrenamiento: se aplica al personal operativo. En general se da en el mismo puesto de trabajo. La capacitación es necesaria cuando hay novedades que afectan tareas o funciones, o cuando se necesita elevar el nivel general de conocimientos del personal operativo.

Se tomó la decisión de realizar una inducción al personal operativo acerca de las ventajas que tiene ahorrar energía para la empresa.

3.2.1. Establecimiento de los objetivos deseados

Los alcances deseados, es decir los objetivos que se deben de alcanzar son los siguientes:

- General
 - Capacitar acerca de las ventajas y beneficios del ahorro energético
- Específico
 - Demostrar los beneficios que conlleva tener la cultura del ahorro energético dentro de CIAM.

3.2.2. Definición del contenido a impartir y personal

Ya que el contenido que se debe compartir es muy basto, se decidió abordar los parámetros más importantes del proceso, ejemplificando cada uno de ellos en el momento de la capacitación. El contenido es el siguiente:

- Aire acondicionado
- Métodos de ahorro energético
- Iluminación
- Reacondicionamiento de equipo

Dado el contenido que se abordará con los colaboradores, se estableció que el personal óptimo para recibir la capacitación acerca de ahorro energético, es el siguiente:

- Colaboradores del departamento de mantenimiento.
- Representantes del personal en cada área.
- Personal de conserjería.

3.3. Programación

Ya que la capacitación será tipo inducción, la programación fue delegada al departamento de mantenimiento, encargado de llevar a cabo este tipo de actividad dentro de las instalaciones de cada centro.

3.3.1. Establecimiento de fecha y hora para la actividad

La fecha y la hora fueron determinadas por el departamento de recursos humanos en coordinación del departamento de mantenimiento, seguridad e higiene el cual indicó lo siguiente:

- Hora: 10:00 AM
- Lugar: sala de capacitaciones dentro de las instalaciones
- Fecha: 13 de julio de 2016
- Personal capacitador: Lester Leonardo, Julio Ajanel, Juan José Pérez, Encargados de mantenimiento seguridad e higiene.
- Personal por capacitar: Auxiliar de mantenimiento, personal de limpieza, personal de seguridad, colaboradores varios.

3.4. Metodología de trabajo

Se utilizó la técnica de Exposición informativa para que el personal se capacite en relación con el ahorro energético. En virtud de que la capacitación se basó en las mejoras que se quieren implementar dentro de CIAM, el ambiente fue favorable.

3.4.1. Capacitación

La capacitación se refirió a los métodos para fomentar en los colaboradores las habilidades y conocimientos necesarios para mejorar la cultura de ahorro dentro de la empresa. Los colaboradores deben capacitarse para integrar adecuadamente, un equipo de trabajo y ser un “Experto CIAM”.

3.4.2. Docencia y retroalimentación de la actividad

La docencia se refiere a la capacitación tipo inducción, ya que, en este caso, se llevó a cabo una capacitación para dos grupos: la parte operativa y la parte de mantenimiento. Para la retroalimentación, se utilizaron los resultados de una evaluación de curso, los cuales se encuentra en la sección 3.6. y 3.6.1.

3.5. Evaluación

La evaluación que se utilizó para los colaboradores se basó en la presentación realizada, se enfatizó en los tipos de ahorro energético, así como a las ventajas que esto trae, tanto para la empresa como para ellos en su diario vivir, el formato utilizado para la evaluación se encuentra en la página 137.

Figura 46. Evaluación de la capacitación

	EVALUACIÓN DE CAPACITACIÓN	Fecha Revisión:00	
		Revisión:00	
	C-10916	Calificación:	

EVALUACIÓN TEÓRICA (100/100)

Área/Depto.		Fecha	
Nombre		Código	
Puesto		Firma	

Opción múltiple: subraye las respuestas correctas. Puede elegir varias opciones.

- ¿Dónde aplicaría usted el ahorro de energía?
 - Casa y empresa
 - Una fiesta
 - Seguridad e Higiene Industrial
 - La playa
- ¿Cuál es la importancia del ahorro energético?
 - Que el sistema completo funcione de manera optima
 - Reducir costos
 - Mejorar la imagen corporativa
- ¿De qué forma se puede ahorrar una mayor cantidad de energía en CIAM?
 - Aire acondicionado e iluminación
 - Buena instalación, operación y desempeño de equipos de computación.
 - Utilizando luz natural
 - Abriendo una ventana para ventilar

Continuación figura 46.

	EVALUACIÓN DE CAPACITACIÓN	Fecha Revisión:00	
		Revisión:00	
	C-10916	Calificación:	

Relación: relacione los conceptos de la primera con la segunda, coloque únicamente la literal.

99	Ahorro energético		Eficiente iluminación para interiores que debe apagarse cuando no se utilice.
4	Luz solar		Dejar la puerta y ventanas abiertas
5	Luz artificial LED	99	Cultura de ahorro
6	infiltración		Fuente de energía que afecta negativamente el desempeño del aire acondicionado

Verdadero o falso: marque con una "X" la opción que corresponda, F: Falso y V: Verdadero.

7. El proceso de ahorro energético implica la manera óptima de operar un equipo y que funcione de forma adecuada.

(F) (V)
8. ¿Ayuda al ahorro energético en el aire acondicionado el uso de cortinas en las ventanas?

(F) (V)
9. La iluminación es la única manera de ahorrar energía.

(F) (V)
10. El frío se escapa cuando se deja la puerta y la ventana abierta.

(F) (V)

"Sólo las mentes abiertas son capaces de comprender que todo puede ser mejorado, y que siempre podemos ir por más" Albert Einstein
Nombre y Firma del Evaluador:

Fuente: elaboración propia.

3.5.1. Diagnóstico y desarrollo del tema impartido

Para el diagnóstico se tomó en cuenta el nivel académico de los colaboradores por capacitar para realizar una presentación de acuerdo con sus capacidades de aprendizaje y, al mismo tiempo, crear impacto por la sola importancia de aplicar la cultura de ahorro energético.

3.5.2. Evaluación estructurada

La evaluación se estructuró de la siguiente manera:

- Conceptos básicos de ahorro de energía.
- Métodos adecuados para el ahorro energético mediante aire acondicionado.
- Criterios prácticos para ahorrar energía.

3.6. Resultados

Los resultados demuestran el grado de eficacia de la capacitación y del tipo de contenido, que fue sencillo y con lenguaje de fácil entendimiento; por lo cual los colaboradores fueron capaces de asimilar y retener los conceptos y generalidades sobre ahorro de energía a través del aire acondicionado y otros medios.

3.6.1. Calificación de evaluación de los colaboradores

Los resultados obtenidos de las evaluaciones que se realizaron, son:

Tabla XXIX. Resultados de la evaluación de los colaboradores

Pregunta	Porcentaje de acierto
1	85 %
2	60 %
3	75 %
4	70 %
5	65 %
6	80 %
7	90 %
8	30 %
9	60 %
10	84 %
Promedio	70 %

Fuente: elaboración propia.

De esto se deduce que la mayoría de los colaboradores que participaron dentro de la capacitación fueron capaces de responder correctamente la evaluación; se concluye que la capacitación fue exitosa, y el contenido impartido tuvo impacto en los colaboradores.

3.6.2. Determinación de los alcances logrados

Los alcances logrados se basaron en los resultados de la evaluación, los cuales son los siguientes:

- Entendimiento de las razones para implementar la cultura de ahorro energético.
- Capacidad de reconocer el método adecuado de ahorro energético, según su desarrollo a través del tiempo.
- Importancia de los factores para ejecutar el ahorro energético.
- Los diferentes aspectos del ahorro energético.

CONCLUSIONES

1. Se propusieron soluciones asociadas con el análisis económico para lograr un ahorro energético significativo en las sedes de CIAM. Adicionalmente, se proporcionó el diseño de un sistema de calefacción adecuado para la sede ubicada en zona 17.
2. Se capacitó el recurso humano de CIAM en el manejo adecuado de los sistemas de aire acondicionado. Las razones para comenzar a fomentar la cultura de ahorro energético son bastas, debido a que esto no solo mejora la economía de la empresa, sino también ayuda a darle una nueva imagen eco amigable hacia el público.
3. Se llevaron a cabo los cálculos necesarios de la carga térmica dentro de las sedes de CIAM para validar la capacidad de los sistemas de aire acondicionado instalados.
4. Fue realizado el estudio de las instalaciones, materiales eléctricos y planos de instalación del aire acondicionado para validar el dimensionamiento adecuado en lo que corresponde a los equipos de aire acondicionado.
5. Se propuso la solución de renovación de equipos para dos de los tres centros en estudio, tomando en cuenta las necesidades y la capacidad de ahorro que tiene cada centro en cuestiones de aire acondicionado.
6. Una inversión robusta en términos de calefacción para el edificio de CIAM Portales es innecesaria debido a que la demanda de calefacción no es

tanto como si se tratara de aire acondicionado, por lo que el sistema de calefacción propuesto para CIAM Portales, es un sistema simple el cual cubre las necesidades de calefacción para el centro en temporadas de clima frío.

7. La capacidad de reconocer el método adecuado por el cual se puede llevar a cabo un ahorro integral en las instalaciones de CIAM es sumamente importante, ya que con pequeños cambios se puede dar un ahorro significativo para la empresa.
8. Las cantidades monetarias del estudio económico son aproximaciones. Para ello, se tomaron muestras de cálculo y se procedió con el método estadístico, es decir con el promedio de las cantidades, lo que significa un margen de 3% a 7% en las cantidades reales que se puedan llegar a tener.
9. Los costos de las mejoras están sujetos a cambios debido a que las cotizaciones y datos recolectados para estos gastos pueden cambiar sin previo aviso por parte de los proveedores.
10. Los planes de mantenimiento actuales cumplen en su mayoría con los requerimientos mínimos para Portales y Miraflores. Para zona 9 sí son deficientes debido a que hay aspectos importantes que se descuidan actualmente y afectan al desempeño del equipo de aire acondicionado.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar las soluciones propuestas para comenzar a percibir ahorro en el rubro de energía eléctrica.
2. Modificar en el plan de mantenimiento del aire acondicionado de CIAM zona 9, e implementar el tratamiento químico del agua para enfriamiento y limpieza profunda del equipo *Chiller* y las unidades *Fan coil*.
3. Velar por el cumplimiento del programa del mantenimiento y vigilar que los procesos de mantenimiento se lleven a cabo con propiedad.
4. Procurar mantener la temperatura del centro entre 22° C y 23° C o 71° F y 73° F porque es la temperatura de óptimo confort y el consumo de energía se mantiene estable evitando corrientes pico que incurren en gastos.
5. Utilizar aislamiento térmico en las paredes para evitar ganancias de calor por transmisión tanto para aire acondicionado como para el uso del sistema propuesto de calefacción.
6. Realizar capacitaciones acerca de ahorro de recursos, con esto se complementa el ahorro energético.

BIBLIOGRAFÍA

1. Diversitech. *Triple-D Safety Data Sheet*. [en línea] <<http://media.diversitech.com/doc/DOC27607.pdf>> [consulta: mayo de 2016.]
2. MARCANO, Anthony. *Mantenimiento y reparación de sistemas de refrigeración*. Chile: INACAP, 2001. 73 p.
3. MARTIN, William. *Cálculo, Diseño e instalación de un sistema de acondicionamiento de aire controlado por un Sistema de control inteligente, en el edificio del Ministerio público, en la ciudad de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 184 p.
4. NAVARRO, José. *Análisis de operaciones para el mejoramiento del proceso en el departamento de acabado final y empaque en Fogel de centroamerica, S.A.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2013. 159 p.
5. PUEBLA, Jorge Alberto. *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Venezuela: FONDOIN, 2012. 156 p.
6. Schroth, Thomas. *Nueva normativa y nueva técnica de producción de filtros HEPA/ULPA para salas limpias*. España: Industria farmacéutica, 1999. 7 p.

7. Trane, *Instalación, operación, Manutención de enfriadores a aire tipo Scroll modelos CGAM*. Brasil: Trane, 2010. 288 p.

APÉNDICE

Apéndice 1. **Planos de ubicación y distribución de aire acondicionado en las sedes de CIAM.**

Fuente: elaboración propia, utilizando AutoCAD 2015.

