



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**



**Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aires  
Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del  
Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Informe de práctica de especialidad para optar por el título de  
Ingeniería en Mantenimiento Industrial, con el grado académico  
de Licenciatura**

**Kimberly de los Ángeles Robles Rojas**

**Cartago, Junio, 2019**

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 5 de Junio del 2019

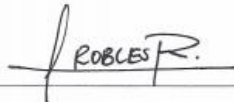
Señores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Kimberly Robles Rojas

carné No. 201238597,  si autorizo  no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico (SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado de Licenciatura, en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, presentado en la fecha 5 de junio del 2019, con el título "Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aire Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica."

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:



Correo electrónico:

robles.krr@gmail.com

Cédula No.:

1-1549-0328

***Profesor Guía***

Ing. Rodolfo Elizondo Hernández

***Asesor Industrial***

Ing. Raquel Mejías Elizondo

***Tribunal Examinador***

Ing. Carlos Piedra Santamaría

Ing. Frank Marín Guillén

## Información del estudiante y de la empresa

### Información del estudiante

<i>Nombre</i>	<i>Kimberly de los Ángeles Robles Rojas</i>
<i>Cédula</i>	<i>1-1549-0328</i>
<i>Carné ITCR:</i>	<i>201238597</i>
<i>Dirección de su residencia</i>	<i>Urbanización Lomas del Este, de la iglesia de San Rafael, 1 km al norte 100 m al oeste, 50 m al sur y 50 m al este. San Rafael, La Unión, Cartago, Costa Rica.</i>
<i>Teléfono celular</i>	<i>(506) 8743-5961</i>
<i>Correo Electrónico</i>	<i>robles.krr@gmail.com</i>

### Información del Proyecto.

<i>Nombre del Proyecto:</i>	<i>Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aires Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica</i>
<i>Profesor Asesor:</i>	<i>Ing. Rodolfo Elizondo Hernández</i>
<i>Horario de trabajo del estudiante:</i>	<i>Lunes a viernes 7:30 am - 4:30pm</i>

### Información de la Empresa.

<i>Nombre:</i>	<i>Instituto Tecnológico de Costa Rica</i>
<i>Dirección:</i>	<i>Cartago, calle 15, avenida 14, 1 km al norte de la Basílica de los Ángeles</i>
<i>Teléfono:</i>	<i>(506) 2550-2346</i>
<i>Actividad Principal</i>	<i>Docencia, investigación y extensión de la tecnología y las ciencias conexas.</i>

## **Dedicatoria**

A Dios.

A mis papás, Carlos y Lilliam, por los sacrificios y esfuerzos para poder lograr alcanzar este triunfo, por ser siempre mi fuente de inspiración y apoyo incondicional, ¡Los amo mucho!

A mis hermanos, Angie, Josué, Cris y Kevin, por los consejos y el apoyo que me brindan. Los amo.

A Alanita, por ser siempre luz y alegría en mi vida. Te amo, picullina.

A Carlos Alfredo, por su incondicionalidad, apoyo y amor en este tiempo juntos. Te amo, Chay.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer especialmente a mis papás por permitirme cumplir esta meta, por impulsarme a dar lo mejor de mí y por apoyarme siempre. A mis hermanos, mi sobrina y a mi novio Carlos, por su apoyo y cariño.

Agradecer a aquellas personas que me ayudaron durante todos estos años universitarios dándome apoyo y motivación.

Al Ing. Rodolfo Elizondo Hernández por los conocimientos y la guía en el desarrollo de este proyecto.

A la Ing. Raquel Mejías por la ayuda brindada para el desarrollo de este proyecto.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
1  CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1.  INTRODUCCIÓN.....	3
1.2.  RESEÑA DE LA EMPRESA .....	5
1.3.  INSTALACIONES.....	6
1.4.  MISIÓN.....	8
1.5.  VISIÓN.....	8
1.6.  VALORES.....	9
1.7.  FINES Y PRINCIPIOS .....	10
1.8.  PRINCIPIOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.....	11
1.9.  CARBONO NEUTRALIDAD .....	12
2  CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
2.1.  PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	13
2.3.  OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	20
2.4.  METODOLOGÍA.....	21
2.5.  ALCANCES .....	24
2.6.  LIMITACIONES.....	24
3  CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	25
3.1.  MARCO CONTEXTUAL.....	25
3.2.  MARCO CONCEPTUAL.....	30
4  CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LOS AIRES ACONDICIONADOS .....	56
4.1.  SITUACIÓN ACTUAL .....	56
4.2.  CONDICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO .....	67
4.3.  CONDICIONES OPERACIONALES DE LOS SISTEMAS DE AIRES ACONDICIONADOS.....	69
4.4.  VIDA ÚTIL.....	73
4.5.  EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	77
4.6.  INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE AIRES ACONDICIONADOS DEL CAMPUS CENTRAL .....	80

5	CAPÍTULO V. MODELO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA PARA LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO .....	87
5.1.	MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICO PROPUESTO .....	87
5.1.1.	POLÍTICA ENERGÉTICA.....	89
5.1.2.	PLANIFICACIÓN .....	91
5.1.3.	IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN .....	95
5.1.3.1.	CONTROLES OPERACIONES.....	95
5.1.4.	VERIFICACIÓN .....	96
5.1.5.	REVISIÓN DE DIRECCIÓN.....	96
5.2.	DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.....	97
5.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO AMBIENTAL, ENERGÉTICO Y FINANCIERO ENTRE REFRIGERANTE NATURALES Y CONVENCIONALES .....	102
5.3.1.	SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO .....	102
5.3.2.	ANÁLISIS AMBIENTAL .....	103
5.3.3.	ANÁLISIS ENERGÉTICO Y FINANCIERO .....	106
6	CONCLUSIONES.....	108
7	RECOMENDACIONES.....	109
8	REFERENCIA BIBLIOGRAFIA .....	110
9	APÉNDICES.....	114
A.	POLÍTICA ENERGÉTICA. ....	114
B.	PLANES DE GESTIÓN ENERGÉTICO PARA SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO. ....	118
C.	HOJA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.....	121
D.	RECOMENDACIONES DE USOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ESTOS EQUIPOS, EN AULAS Y OFICINAS.....	122
E.	TABLA RESÚMENES.....	123
F.	FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO. ....	128
G.	REGISTRO DE CONSUMO ENERGÉTICO CORRESPONDIENTE AL AÑO 2018. 129	
H.	LEVANTAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DEL CAMPUS TECNOLÓGICO CENTRAL CARTAGO. ....	130
10	ANEXOS.....	142



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Valores de potencial de calentamiento global 2017. ....	13
<b>Tabla 3.1</b> Clasificación de los refrigerantes según ASHRAE .....	36
<b>Tabla 3.2.</b> Valores de PAO Y PCG de refrigerantes CFC .....	37
<b>Tabla 3.3</b> Valores de PAO Y PCG de refrigerantes HCFC .....	37
<b>Tabla 3.4</b> Valores de PAO Y PCG de refrigerantes HCFC. ....	38
<b>Tabla 3.5</b> Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Zeotrópicas.....	39
<b>Tabla 3.6</b> Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Azeotrópicas. ....	40
<b>Tabla 3.7</b> Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Hidrocarburos. ....	41
<b>Tabla 3.8</b> Valores de PAO Y PCG de refrigerantes inorgánicos.....	41
<b>Tabla 3.9</b> Valor factor de emisión en sector electricidad, 2017.....	43
<b>Tabla 3.10</b> Eficiencia energética para capacidades menor a 24 000 BTU/h .....	53
<b>Tabla 3.11</b> Eficiencia energética para capacidades entre 24 000 BTU/h y 36 000 BTU/h.....	53
<b>Tabla 3.12</b> Eficiencia energética para capacidades entre 36 000 BTU/h y 60 000 BTU/h .....	53
<b>Tabla 4.1</b> Comparación de las capacidades instaladas entre el año 2018 y 2019. ....	57
<b>Tabla 4.2</b> Tipo de Refrigerantes de los sistemas de aire acondicionado instalados en la sede central del ITCR .....	59
<b>Tabla 4.3</b> Tabla resumen según tipo de aire acondicionados.....	61
<b>Tabla 4.4</b> Cantidad de aires acondicionados por marca. ....	62
<b>Tabla 4.5.</b> Lista de equipos que deben ser retirar de manera inmediata.....	75
<b>Tabla 4.6</b> Lista de equipos sin funcionar y con vida útil vigente.....	76
<b>Tabla 4.7</b> Valores de literatura de fugas de refrigerante al medio ambiente producto de la operación de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. ....	81
<b>Tabla 4.8</b> Tabla resumen de valores PAO Y PGI de los refrigerantes que se encuentran en el ITCR.....	81
<b>Tabla 4.9</b> Cuadro resumen de emisiones directas de CO <sub>2</sub> eq, por mantenimiento de aires acondicionados, 2018.....	82
<b>Tabla 4.10</b> Cuadro con datos de emisiones directas por operación de aires acondicionados, por cada tipo de gas refrigerante. ....	82
<b>Tabla 4.11</b> Datos de consumo energético para el año 2018.....	83
<b>Tabla 4.12</b> Cálculo de costos anual por consumo energético de los aires acondicionados. ....	84
<b>Tabla 4.13</b> Huella Carbono generada por los aires acondicionados en el 2018. ....	85
<b>Tabla 5.1</b> Indicadores de desempeño energético, ambiental y mantenimiento de los aires acondicionados.....	93
<b>Tabla 5.2</b> Objetivos y metas del Modelo de Gestión Energético de los aires acondicionados.....	94
<b>Tabla 5.3</b> Tabla con criterios de evaluación y sus definiciones para el análisis de criticidad.....	97
<b>Tabla 5.4</b> Tabla con escala de puntuación de criticidad.....	98
<b>Tabla 5.5</b> Lista de sistemas de aire acondicionado más críticos. ....	100
<b>Tabla 5.6</b> Continuación lista de sistemas de aire acondicionado más críticos. ....	101
<b>Tabla 5.7</b> Datos técnicos de sistemas de aire acondicionado.....	102

<b>Tabla 5.8</b> Datos Técnicos de sistemas de aire acondicionado. ....	103
<b>Tabla 5.9</b> Cálculo de emisiones directas por operación de los sistemas de aire acondicionado.....	103
<b>Tabla 5.10</b> Emisiones indirectas por operación de los sistemas de aire acondicionado..	104
<b>Tabla 5.11</b> Comparación del consumo energético de los 3 sistemas de aire acondicionado .....	106
<b>Tabla 5.12</b> Análisis financiero del consumo energético de los 3 sistemas de aire acondicionado.....	107
<b>Tabla 5.13</b> Tabla comparativa desde un enfoque ambiental, energético y financiero de 3 tipos de refrigerantes para sistemas de aire acondicionado .....	107
<b>Tabla 9.1</b> Resumen de cantidad de sistemas de aire acondicionado por departamento.	123
<b>Tabla 9.2</b> Tabla resumen correlación de promedio de horas y finalidad de equipos.....	125
<b>Tabla 9.3</b> Lista de equipos que operan sin registro de años de operación.....	125

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Ubicación del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.....	6
<b>Figura 1.2.</b> Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica. ....	6
<b>Figura 2.1.</b> Gráfico de cantidad de equipos de aire acondicionado por tipo de refrigerante. ....	14
<b>Figura 2.2.</b> Gráfico de acciones a realizar por cantidad de equipos de aire acondicionado. ....	15
<b>Figura 2.3.</b> Distribución por fuente de consumo, para el Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica. ....	15
<b>Figura 2.4.</b> Gráfico emisiones producidas por equipos de refrigeración. ....	18
<b>Figura 3.1</b> La temperatura del planeta Tierra aumento casi un 1°C, durante el siglo XX..	25
<b>Figura 3.2</b> Diagrama del efecto invernadero.....	26
<b>Figura 3.3.</b> Aire Acondicionado Tipo Ventana. ....	30
<b>Figura 3.4</b> Aire Acondicionado Tipo Cassette.....	31
<b>Figura 3.5</b> Aire Acondicionado tipo mini Split.....	31
<b>Figura 3.6</b> Aire Acondicionado tipo Split Piso Cielo.....	32
<b>Figura 3.7</b> Aire Acondicionado con multi Split.....	32
<b>Figura 3.8</b> Aire Acondicionado central separado.....	33
<b>Figura 3.9</b> Aire Acondicionado tipo paquete. ....	33
<b>Figura 3.10</b> Sistema de acondicionamiento agua helada. ....	34
<b>Figura 3.11</b> Calendario para la eliminación de forma gradual de gases refrigerantes HCFC.....	42
<b>Figura 3.12</b> Diagrama para aplicación de norma ISO 14064-1 2006.....	45
<b>Figura 3.13</b> Diagrama conceptual del proceso de planificación energética. ....	47
<b>Figura 3.14</b> Modelo de sistemas de gestión de la energía. ....	48
<b>Figura 3.15</b> Representación conceptual del desempeño energético. ....	49
<b>Figura 3.16</b> Resultados de proceso sistemático de gestión de la energía.....	50
<b>Figura 3.17</b> Pirámide de los indicadores de AIE. ....	54
<b>Figura 4.1</b> Gráfico correspondiente a los tipos de refrigerantes. ....	58
<b>Figura 4.2</b> Gráfico correspondiente a los tipos de aire acondicionado. ....	60
<b>Figura 4.3</b> Distribución de las respectivas entidades que adquirieron los aires acondicionados.....	63
<b>Figura 4.4</b> Distribución de las respectivas entidades que adquirieron los aires acondicionados.....	64
<b>Figura 4.5</b> Distribución de las respectivas entidades que adquirieron los aires acondicionados.....	64
<b>Figura 4.6</b> <i>Distribución de cantidad de aires acondicionados según departamento.</i> ....	65
<b>Figura 4.7</b> Promedio de Operación de aires acondicionados de acuerdo con su finalidad. ....	66
<b>Figura 4.8</b> <i>Unidad condensadora en malas condiciones.</i> ....	69
<b>Figura 4.9</b> <i>Acumulación de hojas alrededor de los condensadores</i> .....	70

<b>Figura 4.10</b> Unidad condensadora sin amortiguador cinemático. ....	70
<b>Figura 4.11.</b> Unidad condensadora abandonada. ....	71
<b>Figura 4.12</b> Aislamiento deteriorado.....	72
<b>Figura 4.13</b> Distribución de vida útil de los equipos de aire acondicionado instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago. ....	73
<b>Figura 4.14</b> Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ventana con capacidad calorífica menores de 24 000 BTU/h incluyéndolo. ....	77
<b>Figura 4.15</b> Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ducto con capacidad calorífica menores de 24 000 BTU/h incluyéndolo. ....	78
<b>Figura 4.16</b> Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ducto con capacidad calorífica entre 24 000 BTU/h y 36 000 BTU/h incluyéndolo. ....	78
<b>Figura 4.17</b> Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ducto con capacidad calorífica entre 36 000 BTU/h y 60 000 BTU/h incluyéndolo. ....	79
<b>Figura 4.18</b> Distribución de fuente de emisiones indirectas de CO <sub>2</sub> e. ....	84
<b>Figura 4.19</b> Distribución del total de emisiones de CO <sub>2</sub> eq al año. ....	86
<b>Figura 5.1</b> Modelo de Gestión Energético propuesto para sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago. ....	88
<b>Figura 5.2</b> Organigrama de comité de gestión energético.....	89
<b>Figura 5.3</b> Tendencia del consumo de electricidad en el año 2018. ....	92
<b>Figura 5.4</b> Diagrama de Pareto de sistemas de aire acondicionado. ....	99
<b>Figura 5.5</b> Comparación de emisiones de CO <sub>2</sub> eq por tipo de refrigerante. ....	105

## **RESUMEN**

---

La ausencia de una gestión energética de los sistemas de aire acondicionado del campus Instituto Tecnológico de Costa Rica, sede central, genera un incumplimiento legal en materia ambiental y energética, ocasionando que estos equipos sean los responsables del 40 % de la facturación total del consumo energético del campus.

Se realizó un levantamiento técnico de los sistemas de aire acondicionado instalados en el campus, así como una inspección visual de las unidades. Posteriormente, se establece una línea base, con un análisis estadístico técnico, de vida útil y eficiencia energética, y hallazgos de las condiciones de operaciones y gestión de mantenimiento. Además, se realiza un inventario de los gases de efecto invernadero generados por estos sistemas.

A partir de la situación energética de estos sistemas, se plantea un Modelo de Gestión Energética, que incluye una política energética para la gestión, compra y sustitución de sistemas de aire acondicionado; un análisis de criticidad de los equipos, a nivel energético e impacto ambiental; planes de acción que permitirán reducir un 10 % del consumo energético y un 15 % las emisiones de CO<sub>2</sub> eq, para el 2021. Por último, se elabora una comparación, desde una perspectiva ambiental, energética y financiera, entre sistemas de aire acondicionado con refrigerante convencional y sistemas con refrigerante natural.

### **Palabras clave**

Modelo de gestión energética, Sistemas de aire acondicionado, Campus Tecnológico Central Cartago, refrigerante natural, eficiencia energética.

## **ABSTRACT**

---

The absence of energy management for the air conditioning systems of the Cartago Technological Campus generates a legal breach in environmental and energy matters; that is why this equipment is responsible for the 40 % of the total billing of the campus' energy consumption.

To develop this project, a technical survey of the air conditioning systems installed on the campus was carried out as well as a visual inspection of the units. Subsequently, a baseline is established, with a technical statistical analysis, useful life and energy efficiency; in addition to findings of the operational conditions and maintenance management; an inventory of the greenhouse gases generated by these systems was implemented as well.

Based on the energy situation of these systems, an Energy Management Model is proposed that includes an energy policy for the management, purchase and replacement of air conditioning systems, a criticality analysis of the equipment, energy level and environmental impact, action plans that will reduce 10% of energy consumption and a 15% decrease in equivalent CO<sub>2</sub> emissions, by 2021. Finally, an environmental and economic comparison is developed between air conditioning systems that use conventional refrigerants and those that use natural refrigerant.

# 1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1. INTRODUCCIÓN

El Instituto Tecnológico de Costa Rica, como institución promotora de cambio e innovación, ha adquirido un compromiso por mejorar prácticas en materia energética y ambiental, realizando análisis, investigaciones y la incorporación de nuevas tecnologías que permitan la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> eq, así como la reducción del desperdicio de desechos, consumo energético y uso racional de los recursos.

Un Modelo de Gestión de Mantenimiento debe estar sustentado bajo el apoyo de altos jerarcas de la institución, por eso una política energética plasma el compromiso de estos por una adecuada gestión energética en los sistemas de aire acondicionado.

Para el cumplimiento de los objetivos del modelo, es necesario establecer una línea base, en donde se considera el recuento de todos los equipos presentes en el campus, información técnica, condiciones de operación, labores de mantenimiento y la cuantificación de las emisiones de dióxido de carbono equivalente emitidas durante el año 2018.

A partir de la línea base, se establecen los objetivos energéticos y los planes de acción que permitan cumplir con los objetivos estratégicos del Modelo de Gestión Energético, además de indicadores de desempeño para el control y monitoreo de estos objetivos planteados. Esto por medio de auditorías, las cuales cuantifican la eficiencia energética en la gestión de los sistemas de aire acondicionado.

A partir del estudio de criticidad, el cual considera criterios como el incumplimiento al Protocolo de Montreal y la Directriz N°11 del MINAE, vida útil de los equipos, fugas de refrigerante e impacto en la productividad, se identifican los sistemas de aire acondicionado en una fase de operación de mayor criticidad. Con ello, se establecen un criterio que permita realizar futuras sustituciones de estos equipos.

Por último, se realiza un análisis comparativo entre refrigerantes convencionales y naturales, con un enfoque relacionado al impacto ambiental, el consumo energético y el costo energético anual, con el fin de obtener resultados puedan reflejar la oportunidad existente en el remplazado de sistemas de aire acondicionado con refrigerante hidrocarburo, contribuyendo a la adquisición de tecnologías verdes, con menor impacto al ambiente.



## **1.2. RESEÑA DE LA EMPRESA**

El Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) es una institución nacional autónoma de educación superior universitaria, dedicada a la docencia, la investigación y la extensión de la tecnología y las ciencias conexas para el desarrollo de Costa Rica. (TEC, 2019)

Durante la gestión del presidente de la República, José Figueres Ferrer, en conjunto con el presidente de la Asamblea Legislativa, Daniel Oduber Quirós, el comité de apoyo y la población cartaginesa apoyaron la creación de un nuevo centro de educación superior. Los cartagineses lo escogieron por encima de otras dejando de lado dos opciones: un programa de desarrollo agropecuario y una carretera a San José.

El jueves 10 de junio de 1971, se celebró en Cartago la firma de la Ley de la creación del ITCR, bajo el consecutivo legislativo 4.777. En sus comienzos, el Tecnológico de Costa Rica estuvo instalado en el Edificio Pirie (hoy Casa de la Ciudad), el cual fue donado por la Municipalidad de Cartago. Dos años después de su creación, en 1973, comenzaron las tres primeras carreras del TEC, opciones totalmente novedosas en el país: Ingeniería en Construcción, Ingeniería en Producción Industrial e Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Estas fueron escogidas por las necesidades planteadas en el país y la influencia del contexto mexicano.

Luego, se compraron las casi 100 hectáreas de terreno, en las cuales se encuentra actualmente el Campus Tecnológico Central Cartago. Este se encuentran ubicado en la provincia de Cartago, ciudad a 24 kilómetros al sureste de la provincia de San José, a una altitud de 1,435 metros sobre el nivel del mar, el clima de esta ciudad corresponde a clima tropical húmedo, sin embargo debido a su ubicación geográfica y la altura a la que se encuentra suele ser más templado, con la aparición de lluvias moderadas y temperaturas frescas, las cuales varían entre los 15 y 26 grados centígrados durante la mayor parte del año.



**Figura 1.1** Ubicación del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Fuente: Google Maps, 2019

### 1.3. INSTALACIONES

El Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR cuenta con una extensión de 88 hectáreas y 7 000 m<sup>2</sup> de terreno, de los cuales actualmente las instalaciones cubren unos 80 000 m<sup>2</sup> aproximadamente, en donde se incluye los edificios construidos con el Proyecto de Mejora Institucional.



**Figura 1.2.** Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Fuente: Tomado de [www.tec.ac.cr](http://www.tec.ac.cr)

La sede central del ITCR cuenta con dos etapas de construcción, en la primera etapa se incluyen los edificios administrativos, que albergan las oficinas de rectoría, vicerrectoría, DATIC, financiero, auditoría, recursos humanos, contabilidad, admisión y registro. Además, se encuentran los edificios en donde se incluyen las aulas y los respectivos laboratorios de las escuelas de física, matemáticas, electromecánica, ciencias sociales, deporte y cultura, administración de empresas, construcción, biotecnología, computadores, ciencias del lenguaje producción industrial, materiales, ambiental, forestal, agro negocios, agrícola y administración de las tecnologías de información.

Adicionalmente, en la primera etapa se incluye, los edificios donde se encuentran instalados, el centro de investigación en computación, el centro de investigación en biotecnología, las oficinas de educación técnica, las oficinas de la federación de estudiantes, la biblioteca José Figueres, el comedor institucional, los laboratorios institucional de microcomputadoras, las oficinas de tec digital, unidad de proveeduría, archivo, departamento de asuntos generales, central telefónica, monitoreo, CIPA, CIVCO, centro experimental de la construcción, laboratorio institucional de microscopía, administración de mantenimiento y la oficina de ingeniería, además de las instalaciones deportivas.

La segunda etapa incluye las instalaciones que fueron construidas a partir del 2017, como parte del Proyecto de Mejora Institucional, en donde se encuentran los modernos edificios de las escuelas de electrónica, química, seguridad laboral e higiene ambiental, diseño industrial, la biblioteca '*Learning Commons*' y las instalaciones del comedor.(TEC,2019)

## **1.4. MISIÓN**

“Contribuir al desarrollo integral del país, mediante formación del recurso humano, la investigación y la extensión; manteniendo el liderazgo científico, tecnológico y técnico, la excelencia académica y el estricto apego a las normas éticas, humanísticas y ambientales, desde una perspectiva universitaria estatal de calidad y competitividad a nivel nacional e internacional” (TEC,2019).

Es importante rescatar que dicha misión tiene armonía con los artículos 1 y 3 de la Ley Orgánica por lo que “este lineamiento está basado en la definición sin sobrepasarla, sino que la aclara, enriquece y la actualiza”(TEC,2019).

## **1.5. VISIÓN**

“El Instituto Tecnológico de Costa Rica seguirá contribuyendo mediante la sólida formación del talento humano, el desarrollo de la investigación, la extensión, la acción social y la innovación científico-tecnológica pertinente, la iniciativa emprendedora y la estrecha vinculación con los diferentes actores sociales a la edificación de una sociedad más solidaria e inclusiva; comprometida con la búsqueda de la justicia social, el respeto de los derechos humanos y del ambiente” (TEC, 2019).

## 1.6. VALORES

Según el TEC,2019 el III Congreso Institucional aprobó, como parte del modelo académico institucional, que el Instituto Tecnológico de Costa Rica considera como valores institucionales e individuales todos aquellos que surgen de la identidad institucional, del compromiso social y de las personas que la conforman. Se definieron los siguientes:

### Ámbito institucional

- Compromiso con la democracia
  - Libertad de expresión
  - Igualdad de oportunidades
  - Autonomía institucional
  - Libertad de cátedra
  - Búsqueda de la excelencia
  - Planificación participativa
  - Cultura de trabajo en equipo
  - Comunicación efectiva
  - Evaluación permanente
  - Vinculación permanente con la sociedad
  - Compromiso con la protección del ambiente y la seguridad de las personas
- Compromiso con el desarrollo humano
  - Rendición de cuentas

## Ámbito individual

- Respeto por la vida
- Libertad
- Ética
- Solidaridad
- Responsabilidad
- Honestidad
- Sinceridad
- Transparencia
- Respeto por todas las personas
- Cooperación
- Integridad
- Excelencia

### **1.7. FINES Y PRINCIPIOS**

Formar profesionales en el campo tecnológico que aúnen al dominio de su disciplina, una clara conciencia del contexto socioeconómico, cultural y ambiental en que la tecnología se genera, transfiere y aplica; lo cual les permite participar en forma crítica y creativa en las actividades productivas nacionales.

Generar, adaptar e incorporar en forma sistemática y continua, la tecnología necesaria para utilizar y transformar provechosamente para el país los recursos y fuerzas productivas.

Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida del pueblo costarricense mediante la proyección de sus actividades a la atención y solución de los problemas prioritarios del país, a fin de editar una sociedad más justa.

Estimular la superación de la comunidad costarricense mediante el patrocinio y el desarrollo de programas culturales. (TEC, 2019)

## **1.8. PRINCIPIOS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA.**

El Instituto Tecnológico de Costa Rica establece sus principios, los cuales se enuncian a continuación (TEC, 2019).

- La búsqueda de la excelencia en el desarrollo de todas sus actividades.
- La vinculación permanente con la realidad costarricense como medio de orientar sus políticas y acciones a las necesidades del país.
- El derecho exclusivo de la comunidad institucional, constituida por profesores y profesoras, el estudiantado y colaboradores administrativos, de darse su propio gobierno y de ejercerlo democráticamente, tanto para el establecimiento de sus órganos de deliberación y dirección, como para la determinación de sus políticas.
- La plena capacidad jurídica del instituto para adquirir derechos y contraer obligaciones, de conformidad con la Constitución Política y las leyes de Costa Rica.
- La libertad de cátedra, entendida como el derecho del profesorado de proponer los programas académicos y desarrollar los ya establecidos, de conformidad con sus propias convicciones filosóficas, científicas, políticas y religiosas.
- La libertad de expresión de las ideas filosóficas, científicas, políticas y religiosas de los miembros de la comunidad del Instituto, dentro de un marco de respeto por las personas.
- La igualdad de oportunidades para el ingreso y permanencia del estudiantado en la institución.
- La evaluación permanente de los resultados de las labores de la institución y de cada uno de sus integrantes.
- La responsabilidad de los individuos y órganos del Tecnológico por las consecuencias de sus acciones y decisiones.

## 1.9. CARBONO NEUTRALIDAD

El ITCR se convirtió en la primera universidad pública de Costa Rica en ser declarada por la Asociación Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica como Carbono Neutral. La certificación tiene un plazo de 3 años, sujeta a la revisión anual.

Para lograr la certificación, fue necesaria la identificación de las mayores fuentes de emisiones que generaban gases de efecto invernadero, entre las que identificaron, la flota vehicular, el consumo energético, y los residuos sólidos. Se identificó para el Campus Tecnológico Central de Cartago un total de 1076 t CO<sub>2</sub> equivalente al año.

Dentro de las principales acciones para la lograr la certificación se encuentran:

- Renovación de la flota vehicular, además de capacitaciones a choferes una conducción más eficiente.
- A nivel de consumo energético, se instalaron paneles solares, además de la sustitución por iluminarias más eficientes; así como la instalación de techos UPVC y se sustituyeron aires acondicionados por ventilación natural.
- Por otra parte la universidad al declararse como, campus libre de plástico en el 2017, permitió una reducción significativa referente a los residuos sólidos.

Todas las acciones realizadas, permitieron mitigar y compensar el 50 % de las emisiones, ya que el restante 50 % es removido por las áreas verdes del campus (Grajales, 2019).



## 2 CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, el ITCR no cuenta con una adecuada gestión energética para sistemas de aire acondicionado que operan en el campus central, a raíz de esto se presentan una serie de problemáticas que ocasionan afectación tanto en sostenibilidad y protección ambiental, así como en adecuado funcionamiento de los equipos.

De acuerdo con un informe realizado por Gómez y Jiménez (2018) sobre el inventario técnico de los equipos de aire acondicionado del campus central del ITCR de las unidades de aire acondicionado que operan en el campus central, ninguna utiliza refrigerante natural, con lo cual estos equipos generan de forma directa e indirecta emisiones de CO<sub>2</sub>. Para el año 2017, el registro de las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a las recargas realizadas, se contabilizaron en 26,69 toneladas, para la sede central.

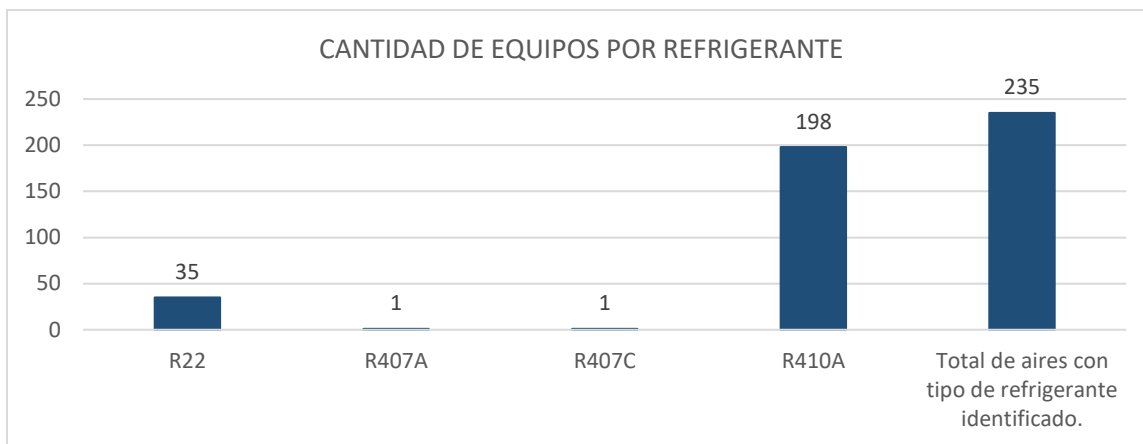
Además de las emisiones antes mencionadas, estos equipos, debido al tipo de refrigerante que utilizan, generan gases de efecto invernadero, los cuales contribuyen de forma directa al calentamiento global.

**Tabla 2.1** Valores de potencial de calentamiento global 2017.

Potencial de Calentamiento Global				
Refrigerante	R410A	R22	R507C	R134
	2088	1810	1774	1430

*Fuente: Elaboración propia con datos del IPPC (2019)*

Como se muestra en la figura 2.1, para el primer semestre del 2018, se contabilizan 278 unidades de aire acondicionado instaladas en la sede central del ITCR, de los cuales solo 235 fue posible determinar el tipo de refrigerante que utilizan.

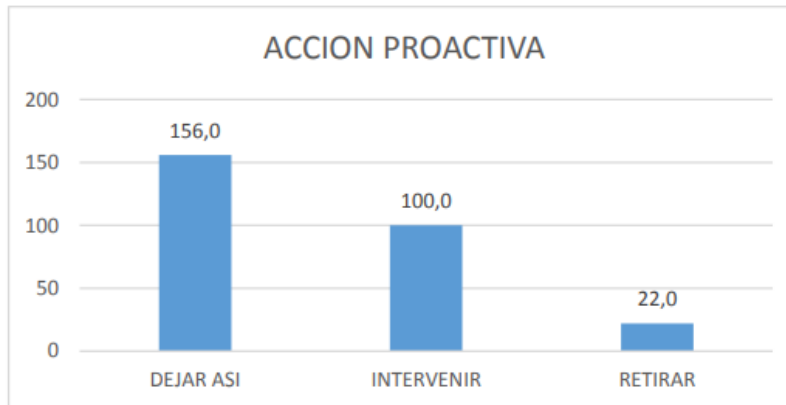


**Figura 2.1.** Gráfico de cantidad de equipos de aire acondicionado por tipo de refrigerante.

*Fuente: Informe sobre levantamiento de inventario técnico de equipos de aire acondicionados en el campus del ITCR, 2018.*

Asociado con lo anterior, se puede observar que aún existen 35 equipos de aire acondicionado instalados en la sede central que utilizan refrigerante R-22. Este refrigerante genera gases de efecto invernadero y, además, pertenece al grupo de las sustancias hidroclorofluorocarburos (HCFC), las cuales agotan la capa de ozono. Debido a esto, es que esta sustancia se encuentra incluida en el Protocolo de Montreal, siendo una sustancia que se encuentra regulada y en un proceso gradual de eliminación, ocasionando un aumento en los costos de mantenimiento de los equipos que utilizan estas sustancias, por motivo de la disponibilidad del refrigerante.

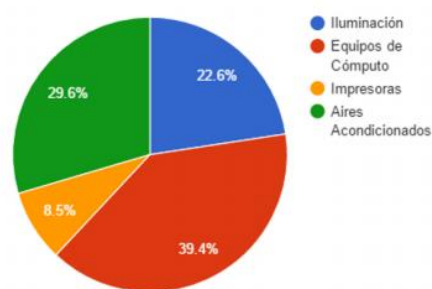
Otros de los aspectos importantes que se muestran en el informe sobre el levantamiento realizado de los sistemas de aire acondicionado es que antes del 2018 no recibían ningún tipo de mantenimiento preventivo programado, provocando malas condiciones de operación, afectando, de forma directa, su rendimiento operacional, ocasionando un mayor consumo energético. Como se muestra en el gráfico de la figura 2.2, de acuerdo con criterios del Ing. Luis Gómez, 22 equipos de aire acondicionado se recomendaban ser retirados por el grave deterioro que presentaban estas unidades. Además, en 100 de estos equipos se recomendaba la intervención, principalmente, por la antigüedad de estos y las condiciones de operación ineficiente.



**Figura 2.2.** Gráfico de acciones a realizar por cantidad de equipos de aire acondicionado.

Fuente: Informe sobre levantamiento de inventario técnico de equipos de aire acondicionados en el campus del ITCR (2018)

Otra de las afectaciones que se generan por la ausencia de un modelo de gestión para los aires acondicionados es el consumo de energía, correspondiente al uso de estas unidades. De acuerdo con un diagnóstico realizado en el año 2016 por el laboratorio de sistemas electrónicos para la sostenibilidad, en donde se contabilizaron únicamente 150 unidades de aire acondicionado, los cuales representaban una carga instalada de 0,43 MW, el consumo por parte de estos aires correspondía el 29.6 % del consumo total, siendo esta la segunda mayor fuente de consumo energético. Es recalable que estos datos corresponden a 150 unidades, que se encontraban instaladas en se momento, por lo cual, según las unidades que actualmente se encuentran instalados, el consumo debe ser mucho mayor.



**Figura 2.3.** Distribución por fuente de consumo, para el Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Fuente: Diagnóstico Energético para el campus central y centro académico San José (2016)

La ausencia de indicadores en materia energética no permite medir y comparar el desempeño energético de los aires acondicionados, con lo cual no proporciona una adecuada administración de los recursos energéticos, así como de los activos.

## 2.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El ITCR cuenta con una trayectoria a favor del medio ambiente, en el 2016 se galardonó con la Bandera Azul Ecológica en la categoría de Centros Educativos, posterior a esto, el consejo institucional creó la Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral. Como parte de lo anterior, cumpliendo uno de sus principios en adquirir derechos y contraer obligaciones, además, de conformidad con la Constitución Política y las leyes de Costa Rica, el ITCR se encuentran en la obligación de acatar políticas y acuerdos ambientales.

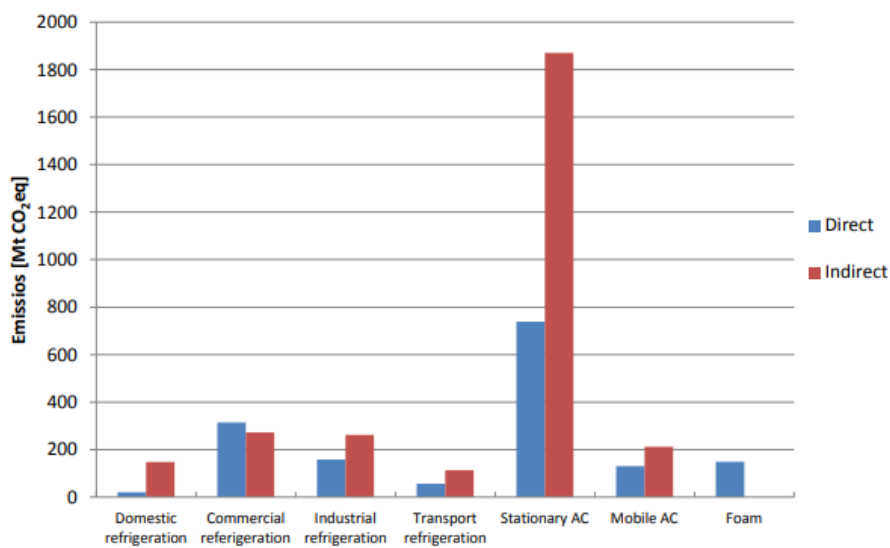
El Modelo de Gestión Energético para los Aires Acondicionados que se plantea diseñar permitiría el cumplimiento de protocolos y políticas en materia ambiental, dentro de ellas se encuentran:

- ***El Plan Nacional de Energía 2015-2030.*** su objetivo sectorial 2 establece: “Fomentar las acciones frente al cambio climático global, mediante la participación ciudadana, el cambio tecnológico, procesos de innovación, investigación y conocimiento para garantizar el bienestar, la seguridad humana y la competitividad del país” (MINAE, 2015).

Esto representa el compromiso del actual gobierno de Costa Rica, orientado en una sostenibilidad energética con un bajo nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> eq y de gases de efecto invernadero.

Por otra parte, según Heubes, Martin Oppelt (2010), los equipos de aire acondicionado estacionarios son los que generan mayores emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente, en comparación con otros equipos de refrigeración y acondicionamiento de recintos, como se observa en la figura 2.4.

De las emisiones de CO<sub>2</sub> eq emitidas por los equipos de aire acondicionado, las denominadas emisiones indirectas, las cuales están relacionados con el consumo energético, son en mayor proporción, que las emisiones directas, las cuales se refieren a recargas de refrigerante por mantenimiento. Por esta razón, es de gran importancia que los equipos de aire acondicionado se encuentren en buenas condiciones de operación, así como buenos índices de eficiencia energética, ya que de lo contrario, el consumo energético sería aún mayor, ocasionado mayores emisiones al medio ambiente.



**Figura 2.4.** Gráfico emisiones producidas por equipos de refrigeración.

Fuente: Refrigeration, air conditioning and foam blowing sectors technology roadmap (2010)

- a. **Protocolos ambientales.** Estos corresponden a protocolos que fueron aprobados por la Asamblea Legislativa y, por lo tanto, se deben respetar y cumplir.

La ley N° 7223 del año 1991 se compromete al cumplimiento del Protocolo de Montreal, en donde establece mecanismos financieros para la transferencia de tecnologías, fortalecimiento institucional, y la calendarización para la eliminación de refrigerantes HCFC, entre ellos el R22, el cual actualmente opera como refrigerante en aires acondicionados del ITCR.

En la ley N° 8219 del año 1998 se aprueba el protocolo de Kyoto, el cual regula las emisiones de los seis gases que generan el calentamiento global. Así como la Ley N° 9405 del 2016 y la aprobación del acuerdo de París, donde Costa Rica se compromete a ser carbono neutral, en la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero al 50 % para el 2050, con respecto al 2021.

Todo lo anterior se sustenta en la directriz emitida por el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicación N° 017-MINAET para la elaboración de planes de eficiencia energética para diferentes entidades del estado entre ellas incluyendo las instituciones del sector público.

Un modelo de gestión energético adecuado para los sistemas de aire acondicionado permitiría posicionar al Instituto Tecnológico de Costa Rica como una de las primeras instituciones públicas en tener una política migratoria para la utilización de refrigerantes naturales, con el cumplimiento de protocolos y políticas ambientales, demostrando el compromiso por el desarrollo sostenible del país.

## **2.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **2.3.1. Objetivo general**

Diseñar un modelo de gestión energético que promueva el proceso de transición hacia el uso de sistemas de aire acondicionado que generen menor impacto ambiental en el Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica, para el adecuado desarrollo sostenible de la institución.

### **2.3.2. Objetivos específicos**

1. Realizar un levantamiento de los equipos de aire acondicionado presentes en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR, que permita identificar las condiciones operacionales, vida útil e impacto ambiental, basado en las normas INTECO E14-1:2015 de eficiencia energética y la norma INTE-ISO 14064-1:2006 de gases de efecto invernadero.

2. Desarrollar una política para la adecuada gestión que establezca los parámetros principales para la compra y criterios de sustitución de equipos de aire acondicionado que están en operación actualmente, así como la disposición final de los equipos de aire acondicionado convencionales.

3. Comparar el impacto ambiental, energético y financiero de los equipos de aire acondicionado convencionales instalados en el campus central contra los equipos que utilizan refrigerantes naturales, a nivel de eficiencia energética y emisiones al ambiente.

4. Desarrollar los instrumentos de medición para el Departamento de Administración de Mantenimiento y la Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral claves para el control del Modelo de Gestión Energético propuesto.



## **2.4. METODOLOGÍA**

El desarrollo del proyecto está compuesto principalmente de 4 etapas, las cuales son interdependientes entre sí, es decir, se deben realizar en un orden específico, ya que cada una de las etapas requiere que previa haya sido completada.

### **2.4.1. Etapa I. Estudio general de los aires acondicionados.**

El primer paso para el desarrollo del proyecto es realizar un levantamiento de todos los equipos de aire acondicionado que se encuentran en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR, en donde se recopila información del tipo de refrigerante, horas de operación, lugares que abastecen, tipo de aire acondicionado, información técnica de los equipos.

Es importante un levantamiento con todos los equipos que se encuentran en la institución, ya que, de este modo, se puede tener una realidad más clara de las acciones a tomar con respecto a la sustitución y disposición final de los equipos. Además, como parte del estudio, la frecuencia de uso y el tipo de refrigerantes, así como las recargas de refrigerante que se realizaron durante el año 2018 permiten cuantificar las emisiones de CO<sub>2</sub> eq que se liberaron en dicho año. Para determinar las emisiones de carbono que generan los aires acondicionados, se utiliza la metodología de la norma ISO 14064-1 2006 en conjunto con la guía para la elaboración del inventario de Gases de Efecto Invernadero que propone el MINAE (2015).

Es importante que la información técnica de las unidades, se encuentre lo más completa, pues, a partir de esta, se determina la eficiencia energética que tienen los equipos actualmente y se realiza la respectiva comparación con los índices energéticos establecidos por la norma INTECO E14-1:2015.

De forma simultánea, al levantamiento de los equipos, se realiza una inspección visual de las unidades, a partir de las condiciones en las que se encuentran estos equipos, tales como limpieza general, estado físico de los condensadores y evaporadores, la condición de los aislamientos térmicos, los montajes de los equipos, el estado de las instalaciones eléctricas, los equipos en desuso y deteriorados, estado de tuberías y ductos así como las condiciones generales de operación.

#### **2.4.2. Etapa II. Análisis de intervención de los equipos.**

Posterior al estudio de las condiciones en las que se encuentran los sistemas de aire acondicionado, se desarrolla un análisis estadístico, el cual permite determinar a profundidad las condiciones tanto operacionales como a nivel de impacto ambiental, correspondiente a los equipos de aire acondicionado, siendo esta la línea base del modelo.

A partir del análisis, se establecen los criterios técnicos y ambientales, los cuales se adaptan a las condiciones de la institución, para identificar cuales equipos deben ser intervenidas de manera prioritaria. Además, se pretende establecer una política ambiental que permite gestionar las compras de aires acondicionados tanto por parte de aprovisionamiento, así como por las entidades externas de la institución.

#### **2.4.3. Etapa III. Valoración de acciones.**

Una vez obtenida la información de los refrigerantes, se realiza una investigación que permita comparar las eficiencias energéticas y el impacto ambiental, energético y financiero de los refrigerantes naturales contra los criterios que le corresponde a los diferentes tipos de refrigerantes que se utilizan en los aires acondicionados que se encuentran en el ITCR. Además, se desarrolla tres planes de acción, los cuales incluyen actividades para el cumplimiento de los objetivos energéticos y las metas propuestas en el modelo.

#### **2.4.4. Etapa IV. Evaluación del proyecto.**

Seguidamente, se plantea los indicadores claves que permitan, una vez implementado y ejecutado el Modelo de Gestión Energético para los Sistemas de Aire Acondicionado, controlar el modelo y generar un proceso de mejora continua.

## **2.5. ALCANCES**

El proyecto busca poner en evidencia la necesidad de generar acciones en cuanto a la administración de los activos que son utilizados para el acondicionamiento de recintos, ya que, al mejorar la gestión de estos equipos, se podría mejorar la eficiencia energética de ellos, contribuyendo positivamente en su estado operacional.

El diseño del modelo de gestión representaría una línea base para impulsar a la transición del uso de los refrigerantes naturales en las instituciones del Estado, ya que, al implementar el modelo, el ITCR sería la primera institución del sector público en la transición al uso de tecnológicas limpias para el acondicionamiento de recintos.

Esto contribuiría, en gran parte, con las acciones que se encuentra realizando la Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL) y el Gobierno de Costa Rica por buscar una sostenibilidad ambiental, la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero y la descarbonización del país.

## **2.6. LIMITACIONES**

La principal limitante para el desarrollo del proyecto es la obtención de la información necesaria para el cumplimiento de los objetivos, por parte de los departamentos encargados de la administración de los aires acondicionados, en este caso el Departamento de Administración de Mantenimiento (DAM), pues no existen registros o son deficientes. Esto genera retrasos en el desarrollo del proyecto y, en ocasiones, produce una desviación en los resultados de los objetivos.

El proyecto se limita al diseño del modelo de gestión energético. Debido al tiempo limitado con que se cuenta para el desarrollo de este, la implementación del modelo no se encuentra incluido en las acciones del proyecto.

## 3 CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

---

### 3.1. MARCO CONTEXTUAL

#### 3.1.1. Calentamiento global

Los seres humanos, durante su proceso de evolución, han tenido que afrontar gran cantidad de situaciones, el clima es uno de ellos y ha tenido diversas consecuencias, desde tener que migrar para buscar alimentos, hasta el punto de cuestionarse la propia supervivencia.

Al inicio, la sobrevivencia en el planeta Tierra se dio gracias a muchos factores, entre los cuales se encuentran los gases que actualmente se conocen como gases de efecto invernadero. Estos gases, en la atmósfera, son los que se encargan de retener el calor, el cual deposita el sol sobre la tierra, de lo contrario, el planeta Tierra sería un lugar frío donde no hubiera sido posible el desarrollo de la vida.

Los gases que en su momento fueron fundamentales para el desarrollo de la vida, hoy en día se han vuelto contra la humanidad, esto porque la era industrial se encargó de generar una liberación de los gases de manera desproporcionada, provocando, por los elevados niveles, daños al planeta, causados por el aumento en la temperatura de este.



**Figura 3.1** La temperatura del planeta Tierra aumento casi un 1°C, durante el siglo XX.

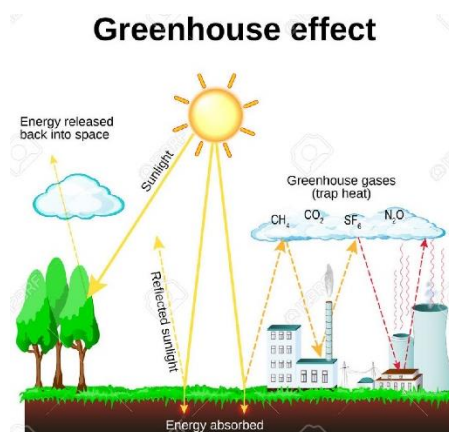
Fuente: Tomado de Recicla Electrónicos México (2019).

Las temperaturas globales se han elevado en los últimos años con una velocidad incomparable, durante el lapso de los últimos mil años. Esto ha provocado que las condiciones meteorológicas afecten la salud, la vida cotidiana, la dieta, la moda, las actividades que se realizan en el tiempo libre. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), en la región de Centroamérica, Costa Rica se encuentra en la zona donde se prevé, que los impactos del cambio climático, sean realmente graves. (Delgado, 2010)

### 3.1.2. Gases de efecto invernadero

La vida en el planeta Tierra es posible gracias al fenómeno natural producido en la atmósfera, el cual se denomina efecto invernadero. Este se inicia cuando la energía solar, llega a la atmósfera en forma de luz visible. Cerca del 30 % de la luz se dispersa de manera inmediata, sin embargo, el otro 70 % atraviesa la atmósfera terrestre, calentando la superficie de la Tierra.

El planeta, para poder mantener el equilibrio, debe devolver esta energía absorbida al espacio, pero este no la emite como luz visible, sino más bien como radiación infrarroja o térmica. La energía que es devuelta, durante su viaje al espacio, una posición es absorbida por algunos gases que se encuentran presentes en la atmósfera, de esta forma, captan la radiación y producen el calentamiento de la superficie.



**Figura 3.2** Diagrama del efecto invernadero.

Fuente: Tomado de Greenhouse Gas Diagram (2019)

El calentamiento global, del cual se habló anteriormente, es una alteración ocasiona por los seres humanos, por la manera en la que la energía solar interactúa con la atmósfera y escapa de ella. Las personas han causado una alteración del proceso del efecto invernadero. De este modo, cada vez que el ser humano emite gases de efecto invernadero, ya sea de manera directa o indirecta, a la atmósfera, ocasiona un desequilibrio en ella, provocando el calentamiento del planeta y, como consecuencia directa, un cambio en el clima (Chacón, 2010).

### **3.1.3. Tecnologías de refrigeración**

Hace un siglo y medio las tecnologías de refrigeración y acondicionamiento de aire no existían, apenas hace 100 años, era una curiosidad y de poca aplicación. Con el pasar del tiempo, se han comenzado a usar estos equipos, hasta llegar a la vida moderna, donde son esenciales. En diferentes campos, se utiliza este servicio como la refrigeración de alimentos, climatización de viviendas, automóviles y edificios para el enfriamiento del agua, en procesos industriales, entre otra gran cantidad de aplicaciones.

Debido a este crecimiento en el uso de estos equipos, el ambiente es quien ha tenido que pagar un precio por estos avances. Iniciando con el descubrimiento en los 70, del agotamiento de la capa de ozono. En los inicios del 2000, se da a conocer que los gases refrigerantes, ocasionan efectos dañinos para el clima del planeta Tierra, por la contribución que tiene estos gases al efecto invernadero.

Para poner en contexto cómo afectan los refrigerantes en el calentamiento global, los sistemas se pasan en un principio simple, si un gas refrigerante con determinadas características se obliga a ser evaporado y, posterior a esto, a ser condensado, debido a la presión ejercida, este absorberá energía de los cuerpos que se encuentran circulantes, con lo cual provoca un efecto de enfriamiento, esto sería como si se le estuviera robando energía a lo que lo rodea.

Inicialmente, se utilizaban los gases naturales como el amoníaco y algunos hidrocarburos, pero presentaban desventajas importantes. Posteriormente, se dio el descubrimiento de los gases clorofluorocarbonados (CFC), los cuales fueron introducidos alrededor de 1930. Estos presentaban muy buenas eficiencias, eran de bajo costo y, además, no eran inflamables, ni tóxicos. Cuando estas sustancias se introdujeron en la industria, se provocó una popularización de la refrigeración y, de este modo, se ampliaron los usos de esta tecnología, provocando de un aumento drástico en la demanda de estos refrigerantes, sin embargo, no se conocía, en ese momento, los efectos ambientales que estas sustancias provocaban.

En el año 1974, los científicos Sherwood Rowland y Mario Molina descubren que los refrigerantes pertenecientes a los CFC están destruyendo la capa de ozono. Una única molécula de CFC destruye miles de moléculas de ozono, no obstante, estas sustancias no son las únicas que destruyen la capa de ozono, los halones, el tetracloruro de carbono y el bromuro de metilo, también la agotan, por lo cual se empieza a monitorear la capa de ozono.

Como resultado de la preocupación mundial, en 1985 se firma el Convenio de Viena, para la protección de esta capa atmosférica, en 1987 se firma e implementa el Protocolo Montreal, el cual busca eliminar, de manera paulatina, las sustancias agotadoras del ozono. La eliminación gradual de estas sustancias trajo otra ventaja, ya que, además del agotamiento de la capa de ozono, se descubrió que estas sustancias tienen un alto potencial de calentamiento global, por lo que el protocolo representa un doble efecto positivo.

Al eliminar estas sustancias, los mercados buscaron los refrigerantes, siendo sustituidos por los HCFC, que aunque generan daños a la capa de ozono, es en menor medida. Con el PCG, son muchos mayores, dando paso a un nuevo problema: el calentamiento global. Por lo tanto, en el seno del Protocolo Montreal, se acordó incluir la eliminación gradual de los HCFC. La eliminación de estas sustancias se inició en el 2013, con el fin de eliminarlos por completo en el 2030 (Rodríguez y Cárdenas, 2010)



A raíz de los problemas que se han mencionado anteriormente, Costa Rica se incorporó en 1991 al Protocolo Montreal y asumió los compromisos para eliminar el uso de las sustancias agotadoras de la capa de ozono. Por esta razón es que en el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicación, se instaló la Oficina Técnica del Ozono, responsable de aplicar estrategias de eliminación de las sustancias agotadoras del ozono, promoviendo la iniciativa para el cambio de refrigerantes alternativos y establecer un sistema de licencias para regular la importación, en cumplimiento del Protocolo Montreal.

## 3.2. MARCO CONCEPTUAL

### 3.2.1. Aires acondicionados

Los equipos conocidos como aires acondicionados son sistemas que se utilizan para controlar condiciones ambientales de un recinto, como la temperatura, el control en la entrada y la salida del aire del recinto, además permiten eliminar la humedad y propiciar la circulación y la limpieza del aire en el recinto que se encuentra acondicionado.

### 3.2.2. Tipos de aires acondicionados

Actualmente, en el mercado existen una gran variedad de sistemas de aire acondicionado, los cuales se detallan a continuación.

- Sistemas de aire acondicionado compacto.

Estos equipos se conocen popularmente como aires acondicionados de ventana o autónomos, se trata de un equipo compuesto por una única pieza, compacto y realiza una descarga directa. De manera general, es utilizado para acondicionar espacios pequeños e individuales.



**Figura 3.3.** Aire Acondicionado Tipo Ventana.

*Fuente: Tomado de LG Electronics (2019)*

- Sistemas de aire acondicionado tipo *split*.

Este tipo de equipos son de descarga directa, conocidos también como sistemas descentralizados. A diferencia de los equipos compactos, la unidad formada por el compresor y condensador, la que está situada en el exterior, y la unidad evaporadora se instala en el interior del recinto, ambos equipos se comunican por tuberías de cobre donde se transporta el refrigerante y conexiones eléctricas. En este tipo de sistemas, se pueden encontrar:

- ***Tipo cassette.***

Este tipo de aires acondicionados se instalan en la parte alta de la pared, son los equipos más comunes.



**Figura 3.4** Aire Acondicionado Tipo Cassette.

Fuente: Tomado de LG Electronics (2019)

- ***Tipo mini split.***

Este tipo de aires acondicionados se instalan en la parte alta de la pared, son los equipos más comunes.



**Figura 3.5** Aire Acondicionado tipo mini Split.

Fuente: Tomado de catálogo Bajo Agua (2019)

- **Tipo split piso cielo.**

Este tipo de unidades se puede instalar en la parte baja de las paredes o en la parte alta, se conoce como flexiline.



**Figura 3.6** Aire Acondicionado tipo Split Piso Cielo.

*Fuente: Tomado de manual carrier (2019).*

- **Tipo multi split.**

Equipos en lo que se tiene una única unidad condensadora, en donde puede manejar diferentes tipos de evaporadores.



**Figura 3.7** Aire Acondicionado con multi Split

*Fuente: Tomado de manual carrier (2019)*

- Sistemas de aire acondicionado central separado.

Este tipo de sistemas realizan una descargar directa, esto debido a que el aire se distribuye por medio de ductos, en donde el aire es expulsado en los diferentes espacios por medio de los difusores.

Estos sistemas cuentan con una unidad evaporadora y una condensadora, las cuales se encuentran conectadas entre sí por medio de tuberías de cobre, de 2 líneas, en donde una llevar el refrigerante y la otra lo regresa.



**Figura 3.8** Aire Acondicionado central separado.

*Fuente: Tomado de manual carrier (2019)*

- Sistemas de aire acondicionado tipo paquete.

Estos equipos de aire acondicionado son de tipo central, en donde las dos unidades se encuentran contenidas, en el mismo sistema y el aire se distribuye a los distintos espacios por medio de ductos.



**Figura 3.9** Aire Acondicionado tipo paquete.

*Fuente: Tomado de catálogo York. (2019)*

- Sistemas de aire acondicionado tipo *chiller*.

Los aires acondicionados tipo *chiller* son equipos de descarga indirecta, esto porque el aire se distribuye en los diferentes espacios por medio de ductos. Está compuesto por un sistema central, el cual se encarga de enfriar un fluido que, generalmente es agua, siendo distribuido a los diferentes equipos de enfriamiento, que se encuentran en las áreas que requieren de climatización.

El agua helada pasa desde la unidad exterior, por medio de las tuberías hacia las unidades manejadoras de aire (*fan coils*), las cuales son las encargadas de distribuir el aire acondicionado hacia los ductos.



**Figura 3.10** Sistema de acondicionamiento agua helada.

Fuente: Tomado de manual carrier (2019)

### **3.2.3. Refrigerantes**

Un refrigerante es una sustancia que permite la transición de calor, el cual absorbe calor al evaporarse a baja temperatura, y este lo cede al condensarse a alta temperatura y presión (Stoecker Wilbert, 1982). Los refrigerantes deben tener ciertas propiedades químicas, físicas y termodinámicas, para garantizar su aplicación, según ASHRAE encontramos:

- Baja temperatura de ebullición.
- Fácil manejo en estado líquido.
- Alto calor latente de vaporización
- No ser inflamable, no ser explosivo, y no ser toxico.
- Químicamente estable.
- No corrosivo.
- Presiones de trabajo moderadas.
- Fácil detección y localización de pérdidas.
- Bajo punto de congelación
- Alta temperatura crítica.
- Bajo costo.

Los refrigerantes por el tipo de relación con el objetivo primario se pueden agrupar en refrigerantes primarios, los cuales son los que absorben calor al evaporarse a ciertas temperaturas y presión para ser transferidos hacia la atmósfera; y los refrigerantes secundarios, los que corresponden a cualquier fluido enfriado por medio de un refrigerante primario, el cual circula como fluido de transferencia de calor, para poder retirar la carga térmica del sistema.

### 3.2.4. Clasificación de los refrigerantes

De acuerdo con la clasificación estándar 34 de ASHRAE, a los refrigerantes se les asignan una nomenclatura según las características del origen al que correspondan. Estos orígenes conforman las series, las cuales son conocidas de manera universal. En la tabla 3.1 se observa la clasificación de los refrigerantes.

**Tabla 3.1** Clasificación de los refrigerantes según ASHRAE

Serie	Nombre	Algunos refrigerantes
000	Metanos	R12, R23
100	Etanos	R134a, R141b
200	Propanos	R290
400	Zeotropos	R407, R410a
500	Azeotropos	R502, R507
600	Orgánicos	R600, R600a
700	Inorgánicos	R717, R744

*Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)*

#### **Clorofluorocarbonos (CFC)**

Las sustancias que forman parte de este grupo son aquellas sustancias que se derivaron de los hidrocarburos saturados. Estas sustancias contienen átomos de cloro, y de flúor, los cuales sustituyen los átomos de hidrógeno. Debido a la estabilidad química y la volatilidad de estos átomos, permiten que se acumulen con mayor facilidad en la atmósfera, incluso, alcanzando la estratosfera, con lo cual hace que permanezcan en ella por más de 100 años.

Las sustancias clorofluorocarbonos tienen el potencial de destruir las moléculas de ozono que se encuentran en la estratosfera, por esta razón, son de las principales causas del agotamiento de la capa de ozono.



**Tabla 3.2.** Valores de PAO Y PCG de refrigerantes CFC

<b>Número R</b>	<b>PAO</b>	<b>PCG*</b>
11	1	4 750
113	1	6 130
114	1	10 040
115	0,440	7 370
12	1	10 890
13	1	14 420
400	1	10 000
500	0,738	8 100
502	0,250	4 700
503	0,599	15 000

*Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)*

*\* Estos valores corresponden a PCG en 100 años.*

### **Hidroclorofluorocarbonos (HCFC)**

Estas sustancias se derivan de los hidrocarburos, los cuales contienen átomos de hidrógeno, cloro y flúor. En estas sustancias el átomo de hidrógeno se oxida con mayor rapidez en la zona baja de la atmósfera, con lo que genera, en menor medida, daños a la capa de ozono.

Estas sustancias se crearon como sustituto a mediano plazo de los CFC, pero debido a los tratados internacionales, son sustancias que se encuentran reguladas y que, en un corto plazo, dejan de ser utilizados.

**Tabla 3.3** Valores de PAO Y PCG de refrigerantes HCFC

<b>Número R</b>	<b>PAO</b>	<b>PCG*</b>
123	0,02	77
124	0,02	609
142b	0,07	2 310
22	0,05	1 810

*Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)*

*\* Estos valores corresponden a PCG en 100 años.*

## Hidrofluorocarburos (HFC)

Estos refrigerantes de igual forma se derivan de los hidrocarburos, con la diferencia de que no contiene átomos de cloro. Estas sustancias son una alternativa, para la sustitución de los refrigerantes CFC, esto debido a que ya no son sustancias con potenciales del agotamiento de la capa de ozono (PAO), sin embargo, estas sustancias sí contienen potenciales del calentamiento global (PCG). Entre las sustancias más destacables de esta serie de refrigerantes se encuentran.

**Tabla 3.4** Valores de PAO Y PCG de refrigerantes HCFC.

Número R	PAO	PCG*
125	0	3 500
134a	0	1 430
143a	0	4 470
152a	0	124
161	0	12
227ea	0	3 220
23	0	14 760
236ea	0	1 370
236fa	0	9 810
245fa	0	1 300
32	0	675

*Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)*

*\* Estos valores corresponden a PCG en 100 años.*

## Mezclas zeotrópicas

Las mezclas zeotrópicas son aquellas mezclas de dos o más refrigerantes puros, los cuales poseen diferentes volatilidades. Cuando estas sustancias se evaporan o se condensan en un sistema de refrigeración, la composición y la temperatura de saturación de la sustancias cambian (MINAE, 2014).

Los fabricantes, desde 1990 a la fecha, se han encargado de desarrollar más mezclas zeotrópicas, estas sustancias se conocen como de transición y se desarrollaron con la finalidad de sustituir a los refrigerantes HCFC (Refrigerantes y el medio ambiente, 2012).

**Tabla 3.5** Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Zeotrópicas.

Número R	Componentes	PAO	PCG*
401A	R22/R152a/R124 (53/13/34)	0,033	1 200
401B	R22/R152a/R124 (61/11/28)	0,036	1 300
401C	R22/R152a/R124 (33/15/52)	0,027	930
402A	R125/R290/R22 (60/2/38)	0,019	2 800
402B	R125/R290/R22 (38/2/60)	0,030	2 400
403A	R290/R22/R218 (5/75/20)	0,038	3 100
403B	R290/R22/R218 (5/56/39)	0,028	4 500
405A	R22/R152a/R142b/RC318 (45/7/5,5/42,5)	0,026	5 300
406A	R22/R600a/R142b (55/4/41)	0,056	1 900
408A	R125/R143a/R22 (7/46/47)	0,024	3 200
409A	R22/R124/R142b (60/25/15)	0,046	1 600
409B	R22/R124/R142b (65/25/10)	0,045	1 600
411A	R1270/R22/R152a (1,5/87,5/11)	0,044	1 600
411B	R1270/R22/R152a (3/94,5/3)	0,047	1 700
412A	R22/R218/R142b (70/5/25)	0,053	2 300
414A	R22/R124/R600a/R142b (51/28,5/4/16,5)	0,043	1 500
414B	R22/R124/R600a/R142b (51/28,5/4/16,5)	0,039	1 400
415A	R22/R152a (82/18)	0,041	1 500
415B	R22/R152a (25/75)	0,013	550
416A	R134a/R124/R600 (59/39,5/1,5)	0,008	1 100
418A	R290/R22/R152a (1,5/96/2,5)	0,048	1 700

*Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)*

*\* Estos valores corresponden a PCG en 100 años.*

### **Mezclas azeotrópicas**

Se les llaman así a las mezclas de dos o más refrigerantes puros con similares volatilidades. Cuando estas mezclas son sometidas a evaporación o se condensan en los sistemas de refrigeración, la composición y temperatura de saturación no varía. Al combinar los componentes, la mezcla se comporta como si estuviera formado por un solo componente (refrigerante puro) (MINAE, 2014).

**Tabla 3.6** Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Azeotrópicas.

Número R	Componentes	PAO	PCG*
404A	R125/R143a/R134a (44/52/4)	0	3 900
407A	R32/R125/R134a (20/40/40)	0	2 100
407B	R32/R125/R134a (10/70/10)	0	2 800
407C	R32/R125/R134a (23/25/52)	0	1 800
407D	R32/R125/R134a (15/15/70)	0	1 600
407E	R32/R125/R134a (25/15/70)	0	1 600
410A	R32/R125 (25/25)	0	2 100
413A	R218/R134a/R600a (9/88/3)	0	2 100
417A	R125/R134a/R600a (46,6/50/3,4)	0	2 300
419A	R125/R134a/R170 (77/19/4)	0	3 000
421A	R125/R134a (58/42)	0	2 600
421B	R125/R134a (85/15)	0	3 200
422A	R125/R134a/R600a (85,1/11,5/3,4)	0	3 100
422B	R125/R134a/R600a (55/42/3)	0	2 500
422C	R125/R134a/R600a (82/15/3)	0	3 100
422D	R125/R134a/R600a (65,1/31,5/3,4)	0	2 700
423A	R134a/R227ea (52,5/47,5)	0	2 300
424A	R125/R134a/R600a/R601a (50,5/47/0,9/0,6)	0	2 400
425A	R32/R134a/R227ea (18,5/69,5/12)	0	1 500
426A	R125/R134a/R600a/R601a (5,1/93/1,3/0,6)	0	1 500
427A	R32/R125/R143a/ R134a (15/25/10/50)	0	2 100
428A	R125/R143a/R290/R600a (77,5/20/0,6/1,9)	0	3 600
429A	RE170/R152a/R600a (60/10/30)	0	20
430A	R152a/R600a (76/24)	0	110
431A	R290/R152a (71/29)	0	53
434A	R125/R143a/R134a/R600a (63,2/18/16/2,8)	0	3 100
435A	RE170/R152a (80/20)	0	27
437A	R125/R134a/R600a/R601a (19,5/78,5/1,4/0,6)	0	1 700
507A	R125/R143a (50/50)	0	3 800
508A	R23/R116 (39/61)	0	13 000
508B	R23/R116 (46/54)	0	13 000

Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)

\* Estos valores corresponden a PCG en 100 años.

### Hidrocarburos (HC)

Son sustancias que se encuentran formados por el carbono e hidrógeno, con diferentes tipos de enlaces, químicamente se trata de una estructura de carbono a la cual se le unen átomos de hidrógeno. Estos refrigerantes tienen buenas características, pues no son sustancias corrosivas, sin embargo, presentan problemas serios por la alta inflamabilidad.

**Tabla 3.7** Valores de PAO Y PCG de refrigerantes Hidrocarburos.

Número R	Componentes	PAO	PCG*
1150	Etileno	0	NA
1270	Propileno	0	NA
120	Etano	0	3
290	Propano	0	3
600	Butano	0	3
600a	Isobutano	0	3

*Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)*

*\* Estos valores corresponden a PCG en 100 años.*

### Refrigerantes inorgánicos

Los refrigerantes inorgánicos son elementos químicos, o la combinación de estos, que se encuentran en la tabla periódica, los cuales no contienen el elemento de carbono, con la excepción del CO<sub>2</sub>.

**Tabla 3.8** Valores de PAO Y PCG de refrigerantes inorgánicos.

Número R	Componentes	PAO	PCG*
702	Hidrogeno	0	NA
704	Helio	0	NA
717	Amoniaco	0	0
718	Agua	0	0
729	Aire	0	NA
744	Dióxido de carbono	0	1
764	Dióxido de azufre	0	300

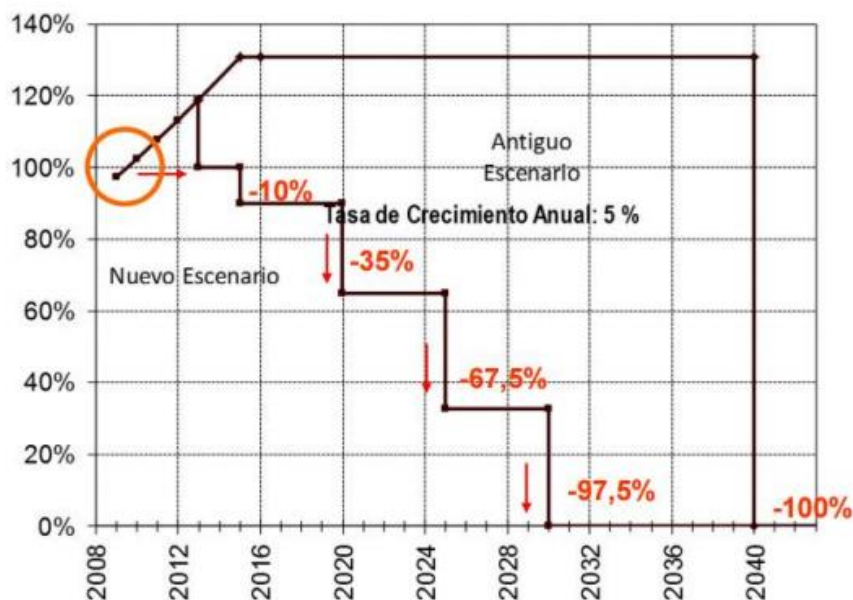
*Fuente: ASHRAE, Designation and safety classification of refrigerants (2010)*

*\* Estos valores corresponden a PCG en 100 años.*

### 3.2.5. Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal, referente a las sustancias que agotan la capa de ozono, se firmó en 1987 y entró en vigencia en 1989, este fue ratificado por Costa Rica por medio de la Ley 7223 en 1991. Este protocolo es una iniciativa que surgió con el objetivo de asistir de forma técnica y financiera a los países que forman parte del protocolo, en la reducción de la producción y el consumo de sustancias que agotan la capa de ozono, para disminuir, de esta forma, la liberación al ambiente (MINAE, s.f.).

Este protocolo enlista y establece las características de las sustancias agotadoras de la capa de ozono, esto de acuerdo con el grado de incidencia, establecen dos grandes grupos de países con las respectivas responsabilidades. Establece un mecanismo financiero para la transferencia de tecnologías, fortalecimiento institucional. Además, se estableció un calendario de eliminación de forma gradual de los gases refrigerantes HCFC, el cual se muestra en la figura 3.11.



**Figura 3.11** Calendario para la eliminación de forma gradual de gases refrigerantes HCFC.

Fuente: Oficina Técnica del Ozono (s.f)

### 3.2.6. Inventario de gases de efecto invernadero

Un inventario de gases de efecto invernadero (INGEI) es una estimación de la cantidad total de toneladas de gases de efecto invernadero, que son emitidos a la atmósfera, esto como el producto de las actividades que realiza una institución o compañía (US Environmental Protection Agency, 2015).

Existen seis gases que son regulados por su implicación de forma directa en el calentamiento global, los cuales fueron definidos por parte de la Comisión de Cambio Climático de las Naciones Unidas. Estos son:

1. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>)
2. Metano (CH<sub>4</sub>)
3. Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
4. Hidrofluorocarbonos (HFC)
5. Perfluorocarbonos (PFC)
6. Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Para poder realizar el INGEI, se deben utilizar factores de emisiones, los cuales están establecidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Estos se dividen en 4 grandes sectores: energía; procesos industriales y uso de producto; sector de agrícola, silvicultura y otros usos de la tierra, y el sector de residuos. Para el interés de este proyecto, el INGEI se enfocará en el sector de la energía. El factor de emisiones en el sector de electricidad cambia cada año.

**Tabla 3.9** Valor factor de emisión en sector electricidad, 2017.

Año	Factor de emisión kg CO <sub>2</sub> e/kWh
2017	0,0754

*Fuente: Elaboración propia con datos de IMN (2018)*

Para la estimación de las toneladas totales de CO<sub>2</sub> eq emitidas a la atmósfera, se utilizan los Potenciales de Calentamiento Global (PCG), los cuales se refieren a índices para poder integrar los impactos climáticos a nivel global de una acción específica, permitiendo relacionar el impacto de un gas de efecto invernadero con las unidades equivalente de CO<sub>2</sub> (IPCC, 1999).

Para el cálculo del INGEI, a nivel país, se utiliza una guía metodológica, la cual se desarrolló por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés). Esta guía detalla los aspectos que se deben considerar para cuantificar las emisiones emitidas, con el objetivo de orientar a los países en la realización de los inventarios nacionales de GEI, por medio de los factores de emisiones, según cada tipo de actividades (IPCC, 2006).

Para la cuantificación de informe de las emisiones y remociones de GEI, a nivel de las organizaciones, se utiliza la norma ISO 14064-1, la cual detalla los principios y requisitos para el diseño desarrollo y gestión de este inventario y la presentación de informes sobre este. El procedimiento de la aplicación de la norma ISO 14064-1 2006, se observa en la figura 3.12.

La norma ISO 14064-1 2006 realiza una clasificación de las emisiones en:

- Emisiones directas: las cuales provienen de fuentes de GEI, que pertenecen o son controladas por la organización.
- Emisiones indirectas: emisiones que provienen de la generación de electricidad, calor o vapor, los cuales de origen externo pero que son consumidos por la institución.
- Otras emisiones: corresponde a emisiones producidas por actividades de la organización, pero que son controladas por otras organizaciones.





**Figura 3.12** Diagrama para aplicación de norma ISO 14064-1 2006.

Fuente: DITECA (s.f.)

### **3.2.7. Modelo de gestión de la energía**

Los sistemas de gestión de la energía (SGEn), basados en la norma ISO 50001:2011, buscan desarrollar e implementar políticas energéticas, en donde se establecen objetivos, metas y planes de acción, en las que se consideran requisitos legales e información relacionada con el uso significativo de la energía.

Un SGEn posibilita a la organización alcanzar los compromisos derivados de su política, además de la toma de decisiones para mejorar su desempeño energético y, de esta manera, demuestra la concordancia del sistema con los requisitos de esta norma Internacional.

La norma Internacional ISO 50001:2011 se apoya en un ciclo de mejora continua que tiene un enfoque PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar), incluyendo la gestión de la energía en las prácticas cotidianas.

Todo SGEn debe estar basado en la política energética de la organización. Esta se trata de una declaración breve, realizada por los miembros de la organización, que permita la comprensión fácil y aplicable a sus actividades. La política es el impulso para la implementación y la mejora del modelo, en donde además se definen los alcances y límites.

Con la política energética establecida, la siguiente fase se basa en un enfoque PHVA, antes mencionado, el cual se describe de la siguiente manera.

#### **1. Planificar**

En esta parte se establece la línea base, se desarrolla una revisión energética, además de determinar los indicadores de desempeño energético, los objetivos, las metas y las acciones necesarias para lograr los resultados, que permitan mejorar los desempeños energéticos, todo esto basado en la política energética de la organización.



**Figura 3.13** Diagrama conceptual del proceso de planificación energética.

Fuente: ISO 50001:2011

El diagrama que muestra la figura 3.13 permite ayudar en el proceso de planificación energética, en esta fase, es importante contemplar, los requisitos legales.

## 2. Hacer

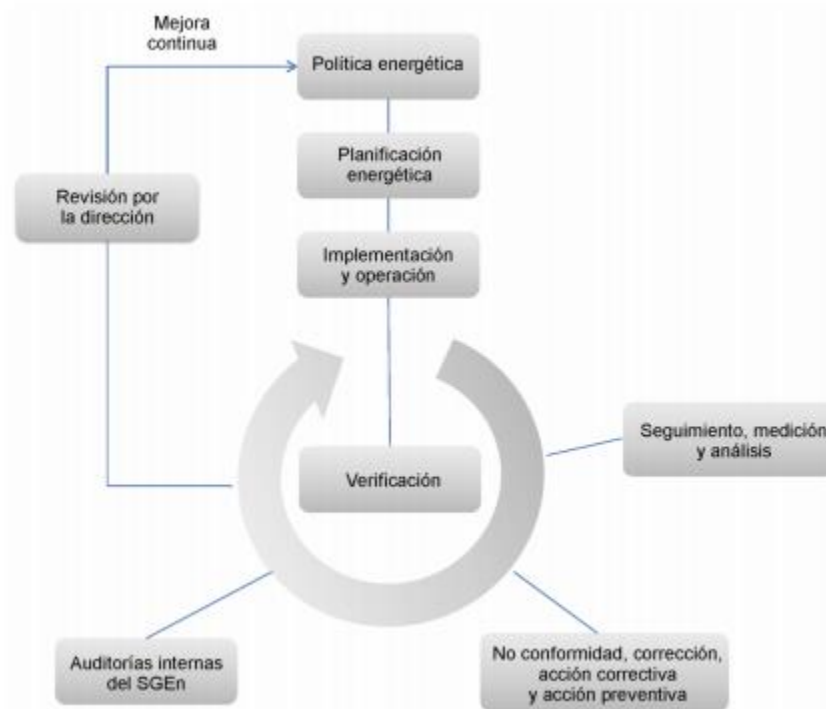
Implementar los planes de acción de gestión de la energía, donde se fomente la competencia, la formación y la toma de decisiones. El proceso de implementación la comunicación y la documentación permitirá la demostración de la eficaz en el desempeño energético. Se deben controlar las operaciones asociadas con el uso significativo de la energía, con el fin de cumplir con los requisitos de la política energética y alcanzar los objetivos y metas. Se debe abarcar todas las partes, incluyendo las acción es de mantenimiento.

### 3. Verificar

Aquí se realiza el seguimiento y la medición de los procesos y las características claves de las operaciones, las cuales determinan el desempeño energético en relación con las políticas y los objetivos energéticos, además en esta fase, se informa sobre los resultados. Además, se realizan auditorías internas del modelo.

### 4. Actuar

Se toman las acciones para mejorar en forma continua el desempeño energético y el SGE. En la figura 3.14 se muestra una representación gráfica del modelo de gestión de la energía.



**Figura 3.14** Modelo de sistemas de gestión de la energía.

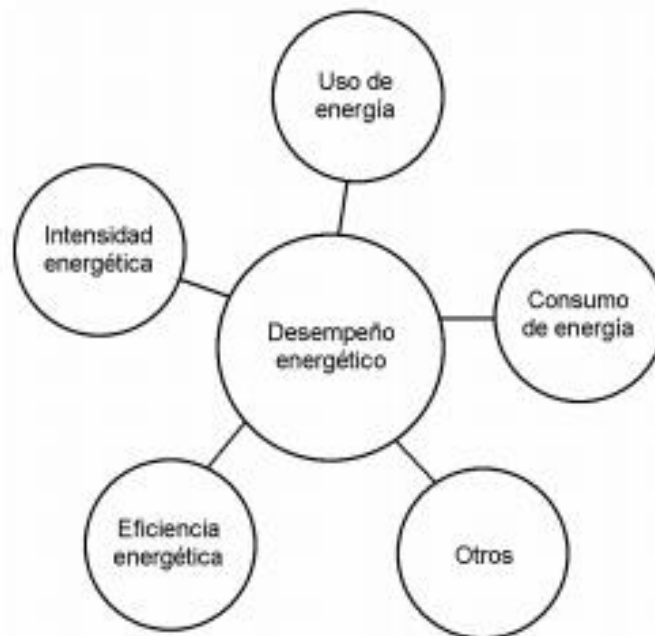
*Fuente: ISO 50001:2011*

Esta norma internacional, al aplicarla de manera global en la organización, contribuye al uso eficiente de las fuentes de energía, además, mejora la competitividad y la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero, considerando otros impactos ambientales que lo relacionan. La norma permite aplicarla independientemente del tipo de energía que se utilice.

Esta norma, al estar basada en elementos comunes de las normas ISO, asegura un alto grado de compatibilidad con las Normas ISO 9001 e ISO 14001.

Como se menciona en varias ocasiones este modelo, buscar la mejora de desempeños energéticos. Este concepto incluye el uso de la energía, así como eficiencia energética y el consumo energético. De este modo, la organización puede elegir entre un amplio rango de actividades de desempeño energético.

Con ello, una organización puede reducir la demanda máxima, mejorar la operación de los sistemas y utilizar el excedente de energía

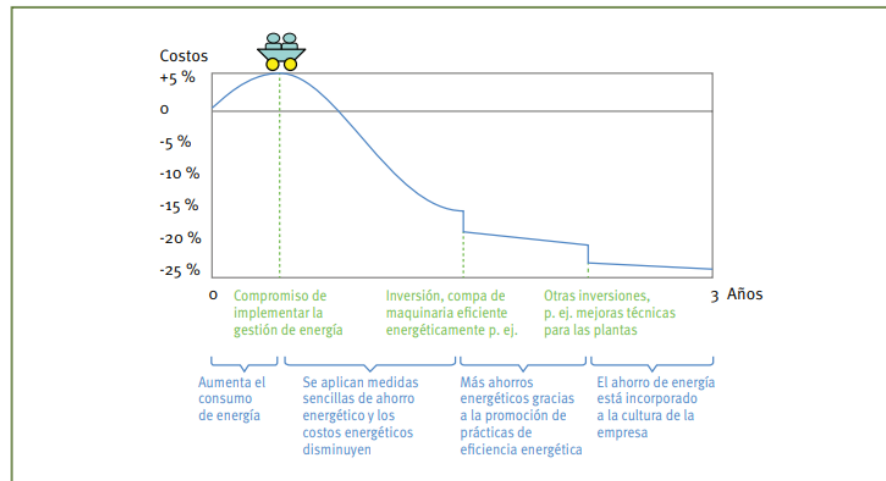


**Figura 3.15** Representación conceptual del desempeño energético.

*Fuente: ISO 50001:2011*

Una adecuada gestión de la energía en cualquier organización genera reducciones en costos y en emisiones de gases de efecto invernadero, además que, de manera indirecta, permite mejorar la imagen de la organización y reduce la exposición a la variación en los precios de la energía. De acuerdo con ONUDI (2015), existen diferentes enfoques de gestión de la energía que pueden afectar los costos de la energía.

En la figura 3.16 se puede observar cómo a través de un proceso de mejora continua, por medio de un sistema de gestión energético adecuado a cada organización, es posible poder mantener las mejoras en el desempeño energético y que los costos sigan disminuyendo con los años.



**Figura 3.16** Resultados de proceso sistemático de gestión de la energía.

Fuente: ONUDI (2015)

Algunos de los beneficios directos que ofrece un sistema de gestión energético, según ONUDI (2015), son:

- Ahorro en costos energéticos.
- Priorización de las oportunidades de ahorro energético con bajo costo los cuales se pueden aplicar a las operaciones diarias.
- Menos emisiones de gases de efecto invernadero.
- Menos exposición en la variación en el precio de la energía.
- Disminución en la huella de carbono.
- Mayor conciencia energética por parte del personal y mayor participación.
- Procesos de toma de decisión basados en la información.

De manera indirecta, genera beneficios al presentar una publicidad positiva, mejorando la imagen corporativa, además de optimizar la eficiencia operacional, permitiendo una mejor práctica en el área de mantenimiento y beneficia la seguridad y la salud.

### **3.2.8. Eficiencia energética**

Desde hace unos años atrás, la sociedad ha tomado conciencia sobre la necesidad de transformar el modo en que se utiliza la energía. Lo anterior debido a las preocupaciones con respecto a la seguridad energética, los impactos que esto representa a la sociedad, como lo es el económico, por los altos precios de la energía, además de las implicaciones en el medio ambiente, por el crecimiento del cambio climático.

Por lo tanto, es importante considerar que, para hacer un mejor uso de los recursos energéticos, son necesarias políticas, pues se ha reconocido que mejorar la eficiencia energética es la opción más económica y de mejor disponibilidad, para lograr este objetivo.

Por ello, para lograr establecer y mejorar estas políticas energéticas, se requiere contar con datos que sean de buena calidad, que se cuente con ellos en el momento oportuno y que permitan ser comparables.

Los indicadores agregados tienen la ventaja de estar fáciles y ampliamente disponibles, por esta razón, muestran, de forma sencilla, la evolución de consumo energético a niveles agregados.

### **3.2.9. Eficiencia energética en aires acondicionados**

Cuando se busca calcular la eficiencia energética de un equipo de aire acondicionado, el objetivo principal es poder determinar la cantidad de energía relativa que es requerida, para poder remover una cantidad específica de calor. Cuando un equipo de aire acondicionado tiene una eficiencia mayor con respecto a otro, es porque el equipo con mayor eficiencia consume menos energía para realizar el mismo trabajo.

La designación utilizada para la relación de eficiencia energética de los sistemas de aire acondicionado es EER (Energy Efficiency Ratio), por sus siglas en inglés, la cual es una relación numérica entre la capacidad de enfriamiento expresada en BTU/h y la potencia de entrada efectiva en kW. Cuando EER aparece sin indicaciones de unidades, se debe entender que se deriva de las unidades watts/watts (INTE E14-1 2015).

La Directriz N°11 del MINAE establece que es responsabilidad de todas las instituciones de la Administración Pública desarrollar programas para la gestión de la calidad ambiental, energía y cambio climático, así como los mecanismos de control y de seguimiento. Estos programas contemplen, entre otros aspectos, las regulaciones para la adquisición de equipos, luminarias y los artefactos con requerimientos de alta eficiencia energética.

Para el caso de los aires acondicionados, se incluyen en la Directriz N°11 del MINAE que los equipos de acondicionamiento deben ser tipo ventana, dividido o central hasta los 60 000 BTU/h. Establece que los rangos de eficiencia deberían superar en, al menos 2 unidades, los indicados por la Relación de Eficiencia Energética que se declaran en las etiquetas establecidas de conformidad con la norma INTE E14-1 2015. Además, esta directriz recomienda utilizar gases refrigerantes naturales, los cuales tengan potencial de calentamiento global menor a 20.



La norma INTE E14-1 2015 establece las relaciones de eficiencia energética que deben cumplir los aires acondicionados, de acuerdo con su tipo. Además, se dividen de acuerdo con capacidad caloríficas. Según la norma, existe un criterio de aceptación, para la eficiencia energética, el cual es de 8 %, respecto a los valores declarados por el fabricante.

**Tabla 3.10** Eficiencia energética para capacidades menor a 24 000 BTU/h

Relación Eficiencia Energética Capacidad ( $\leq$ 24000 BTU/h)			
Tipo (Valores Mínimos )			
Ventana	Paquete	Dividido	
<b>10,9</b>	<b>N.A</b>	Con ducto	Sin Ducto
		12,2	12,2

*Fuente: INTE E14-1:2015*

**Tabla 3.11** Eficiencia energética para capacidades entre 24 000 BTU/h y 36 000 BTU/h.

Relación Eficiencia Energética Capacidad(> 24 000 BTU/h a $\leq$ 36 000 BTU/h)			
Tipo (Valores Mínimos )			
Ventana	Paquete	Dividido	
<b>N.A</b>	<b>11</b>	Con ducto	Sin Ducto
		12,2	12,2

*Fuente: INTE E14-1:2015*

**Tabla 3.12** Eficiencia energética para capacidades entre 36 000 BTU/h y 60 000 BTU/h

Relación Eficiencia Energética Capacidad(> 36 000 BTU/h a 60 000 BTU/h)			
Tipo (Valores Mínimos )			
Ventana	Paquete	Dividido	
<b>N.A</b>	<b>11</b>	Con ducto	Sin Ducto
		11,5	11,5

*Fuente: INTE E14-1:2015*

### 3.2.10. Indicadores de eficiencia energética

Los indicadores energéticos son una herramienta para el análisis interaccionar entre las actividades económicas y humanas, el consumo energía y las emisiones de dióxido de carbono.

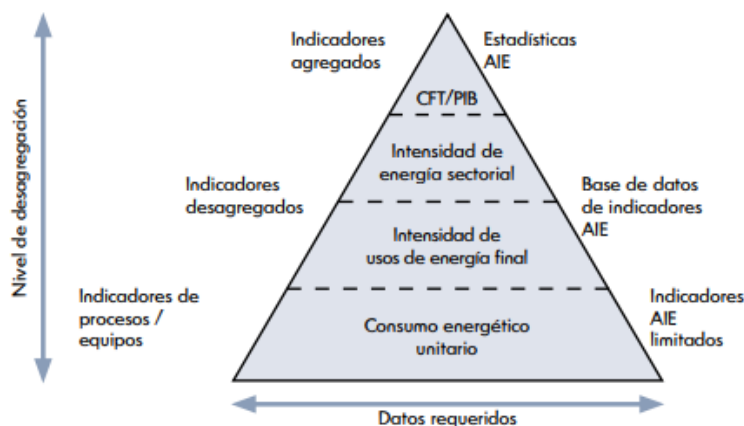
#### Método de aproximación de la Agencia Internacional de Energía (AIE)

Este método se basa en la estructura conceptual de una pirámide de indicadores, que presentan una jerarquía de indicadores energéticos, desde la más detallada en la base de la pirámide, a la menos detallada en la cúspide.

La fila superior de la pirámide define cómo se relaciona la energía consumida con el PIB. Esta sería la relación entre el consumo energético y otras variables macroeconómicas, como por ejemplo, la población.

La segunda fila de elementos se puede definir con la intensidad energética de cada gran sector, la cual se mide con base en el consumo energético por unidad de actividad. Es conveniente considerar el consumo con respecto a las unidades físicas y monetarias. Las filas más bajas son las que representan los sub-sectores o usos finales, los cuales conforman cada sector.

La figura 3.17 muestra una representación gráfica de la pirámide de los indicadores.



**Figura 3.17** Pirámide de los indicadores de AIE.

Fuente: Agencia Internacional de Energía (2015)

Poder comprender la dimensión humana del consumo de la energía puede ayudar a catalizar y ampliar el ahorro de energía de base tecnológica. Esto por los muchos factores sociales, culturales y psicológicos, que dan forma a los comportamientos humanos asociados con la elección, adopción uso y mantenimiento que se den a las tecnologías.

Por esta razón, el comportamiento, elecciones y prácticas energéticas de forma inteligente son de gran relevancia en el desbloqueo de fuentes adicionales de ahorro energético, lo que, además, permite asegurar la permanencia de los ahorros en el futuro.

## 4 CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE LOS AIRES ACONDICIONADOS

---

Es necesario conocer la situación actual de todos los aires acondicionados que se encuentran en el Campus Tecnológico Central Cartago. Esto permite tener un conocimiento de los equipos instalados y con esto se pretende realizar un análisis, que establezca una línea base para la planificación energética del modelo propuesto.

### 4.1. SITUACIÓN ACTUAL

El Departamento de Administración de Mantenimiento (DAM) no cuenta con la información completa de los aires acondicionados del campus central, dificultando, en gran medida, llevar un control de las actividades de mantenimiento que se genera para el buen funcionamiento de los aires acondicionados. Asimismo, al no conocer a profundidad la información referente a los equipos de acondicionamiento, la Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL) no puede saber con exactitud las implicaciones ambientales que estos equipos están generando, ni determinar la fracción de las emisiones de  $\text{CO}_2_{\text{eq}}$  que les corresponde a los equipos de aire acondicionado.

Para este estudio, no se incluyeron los equipos de aire acondicionado que dan servicio a las oficinas de ASETEC, ni las unidades encargadas de acondicionar los cajeros de los bancos que se encuentran en el Campus Tecnológico Central Cartago.

En el informe realizado por Gómez y Jiménez (2018) “*Informe sobre levantamiento de inventario técnico de equipos de aire acondicionados en el campus del ITCR*”, realizado durante el primer semestre del 2018, se contabilizaron 278 unidades de aire acondicionado. Un año después, las unidades instaladas en la sede central corresponde a 285, obteniendo una diferencia de 7 unidades instaladas.

Es importante recalcar que durante el segundo semestre del año 2018, se retiraron 9 equipos, los cuales se encontraban contabilizados en el informe que se menciona anteriormente. Con lo cual, en un año, se instalaron 16 unidades de aire acondicionado nuevas, de las cuales 14 corresponden a las instaladas en el edificio nuevo de la escuela de química.

Los equipos que se encontraban instalados en el 2018 representaban una carga nominal de 0,77 MW, por otra parte, la carga correspondientes a los aires acondicionados instalados en el campus en estudio para el primer semestre del 2019, es de 1,212 MW, siendo esto un dato importante, ya que implica que el consumo energético entre el 2018 y el 2019 tuvo un aumento 0,442 MW, por lo tanto, al tener un mayor consumo energético, los costos por la facturación eléctrica, van a ser mayores. De igual forma, este incremento en el consumo energético representa un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas de forma indirecta.

Al existir un aumento en la potencia nominal instalada, de manera dependiente, la corriente total correspondiente a estos equipos aumentó, pasando de 3 764,7 A en el año 2018 a una corriente nominal instalada de 5 612,6 A, en primer semestre del 2019. Estos datos corresponden a la suma de las corrientes de los equipos de aire acondicionado instalados, sin embargo, estos equipos no siempre se encuentran operando simultáneamente.

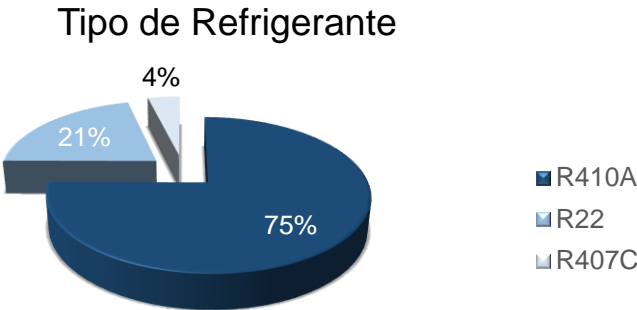
**Tabla 4.1** Comparación de las capacidades instaladas entre el año 2018 y 2019.

	<b>2018</b>	<b>2019</b>
Equipos Inspeccionados	278	285
Capacidad Calorífica total instalada ( Btu )	8 415 361	11 538 980
Corriente Total nominal consumida (A)	3764,7	5612,6
Potencia nominal instalada (KW)	771,3	1212
Potencia nominal instalada (MW)	0,7713	1,212

*Fuente: Elaboración propia (SPSS)*

La carga de enfriamiento total instalada en el 2018 correspondía a 8 415 361 BTU, los cuales equivalen aproximadamente a 701,3 toneladas de refrigeración. En el 2019, la capacidad calorífica total instalada corresponde a 11 538 980 BTU, lo corresponde a 973,4 toneladas de refrigeración. La cantidad total de refrigerante contabilizada para el 2019 corresponde a 75 575,74 kg de refrigerante.

Como se observa en la figura 4.1, el 75 % de las unidades acondicionadoras utilizan refrigerante R410A, el cual forma parte a la familia de los refrigerantes azeotrópicos, que es una mezcla de los refrigerantes R32/R125. En este refrigerante, el valor correspondiente a PAO es de 0, ya que no genera daños a la capa de ozono al liberarse al ambiente, pero posee un valor de potencial de calentamiento global de 2088.



**Figura 4.1** Gráfico correspondiente a los tipos de refrigerantes.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

Por otra parte, la segunda mayor porción de unidades utilizan refrigerante R22, un refrigerante de la familia de los hidroclorofluorocarbonos, cuyas emisiones al ambiente destruyen la capa de ozono y, además, pertenecen a los 6 gases que generan el efecto invernadero.

Los equipos de aire acondicionado que utilizan este tipo de refrigerante representan el 21 % del total de los aires acondicionados, este valor es realmente significativo, ya que, según el Protocolo de Montreal, la importación de este refrigerante se encuentran restringido y, por lo tanto, cada año que pasa, su disponibilidad disminuye y el valor de este aumenta, lo que repercute en los costos de las labores de mantenimiento.

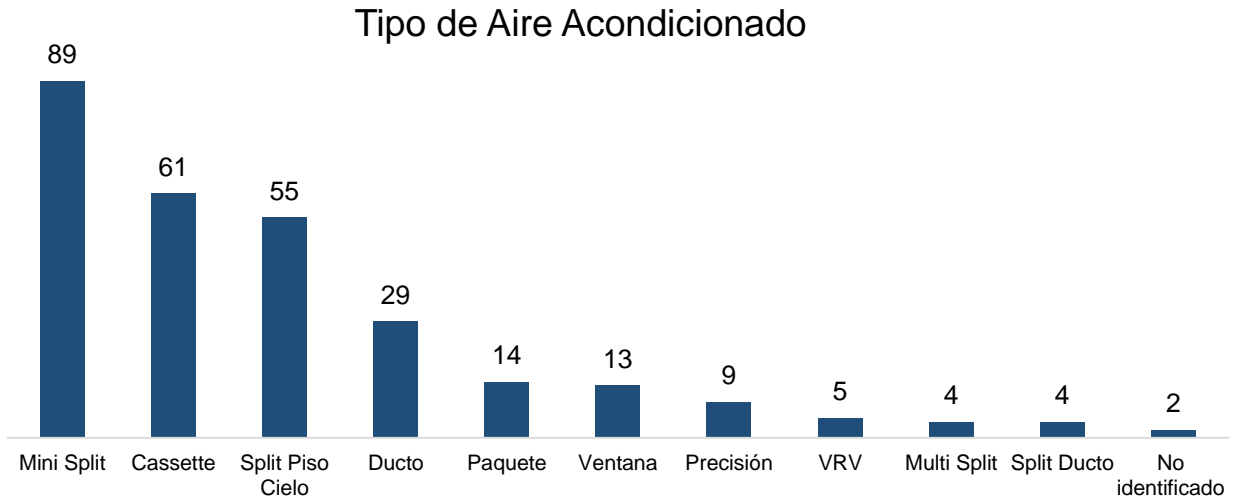
**Tabla 4.2** Tipo de Refrigerantes de los sistemas de aire acondicionado instalados en la sede central del ITCR

<b>Tipo de Refrigerante</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
R410A	214	75,1
R22	60	21,1
R407C	11	3,9
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>100,0</b>

*Fuente: Elaboración propia (SPSS)*

Asimismo, 11 de las unidades instaladas para el acondicionamiento de recintos utilizan refrigerante R407C, el cual es un refrigerante azeotrópico. Este es una mezcla de R32/R125/R134a, cuyas emisiones no dañan la capa de ozono, pero sí tiene un valor de PCG de 1800, generando efecto invernadero, cuando se dan fugas de este gas refrigerante.

Existe una gran variedad de tipos de aires acondicionados que se utilizan en el Campus Tecnológico Central Cartago para acondicionar los recintos, la mayor porción corresponde al 31 %, los cuales son aires acondicionados tipo *mini split*, seguido de estos encontramos los equipos tipo *cassette* tanto de 2 vías y de 4 vías de descarga de aire, que representan el 21,5 % de los aires acondicionados. Lo destacable de este tipo de unidades es que corresponden a los equipos instalados más recientemente, esto porque son tecnologías con una gran versatilidad en sistemas de aire acondicionado centralizado, en donde con una unidad condensadora, abastece a varias unidades evaporadoras.



**Figura 4.2** Gráfico correspondiente a los tipos de aire acondicionado.

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

Los equipos tipo *split* piso cielo corresponden al 19 % del total de los aires acondicionados, este tipo de unidades se utilizan generalmente para acondicionar aulas y laboratorios. En la tabla 4.3, se muestra el porcentaje para los otros tipos de aires acondicionados, que se encuentran instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago, donde los equipos tipo paquete, ventana, equipos de precisión, VRV, multi *split* y *split* ducto son los que tienen menor cantidad de unidades. A partir de eso, se deduce que existe una gran variedad de tipos de aire acondicionado, cada uno de los tipo de esas unidades necesitan labores de mantenimiento específicas.



**Tabla 4.3** Tabla resumen según tipo de aire acondicionados

<b>Tipo de A/C</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Mini Split	89	31,2
Cassette	61	21,4
Split Piso Cielo	55	19,3
Ducto	29	10,2
Paquete	14	4,9
Ventana	13	4,6
Precisión	9	3,2
VRV	5	1,8
Multi Split	4	1,4
Split Ducto	4	1,4
No se puede observar	2	0,7
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>100,0</b>

*Fuente: Elaboración propia (SPSS)*

Aparte de la variedad de tipos de aires acondicionados, existe una gran diversidad de marcas de las unidades acondicionadoras. Las marcas con mayores equipos instalados son: York, LG, Daikin, Carrier, Westinghouse e Innovair.

Sin embargo, en la tabla 4.4 se observa una gran variedad en equipos de marcas poco comunes, además de que existen varios casos en donde se encontró solo una unidad de una marca en específica. Esta variedad provoca que las labores de mantenimiento se dificulten, ya que el DAM, al contratar servicios de mantenimiento preventivo de los aires acondicionados, debe tener múltiples contratos con los diferentes representantes de las marcas, además de aquellos equipos que el DAM se encarga del respectivo mantenimiento correctivo de las unidades, debe contar con un mayor inventario para estas labores. Por esta razón, es fundamental que las futuras compras de equipos de aire acondicionados se encuentren reguladas por el DAM con la idea principal de tener un inventario de equipos más homogéneo que permita facilitar las labores de mantenimiento.

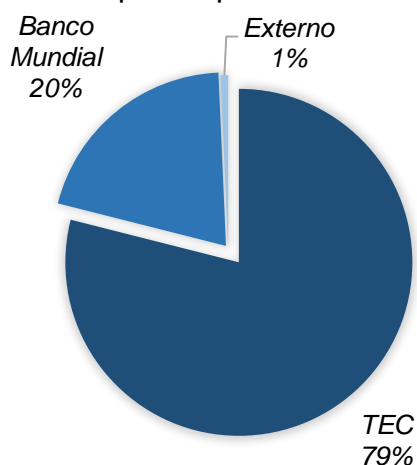
**Tabla 4.4** Cantidad de aires acondicionados por marca.

<b>Marca de A/C</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
York	94	33,0
LG	45	15,8
Daikin	29	10,2
Carrier	24	8,4
Westinghouse	20	7,0
Innovair	11	3,9
Stulz	9	3,2
Lennox	7	2,5
Air-pro	6	2,1
Miller	6	2,1
Data Aire	5	1,8
Emerson	4	1,4
Mitsubishi	4	1,4
Cooltek	3	1,1
Ciac	2	0,7
Ecox	2	0,7
Goldstar	2	0,7
TGM	2	0,7
Westric	2	0,7
AG	1	0,4
Comfortstar	1	0,4
Everwell	1	0,4
Goodman	1	0,4
Luxaire	1	0,4
Mcquay	1	0,4
No se puede observar	1	0,4
Tempstar	1	0,4
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>100,0</b>

*Fuente: Elaboración propia (SPSS)*

Del total de equipos instalados, el 79 % fueron adquiridos con fondos de la institución, un 20 % de los equipos se compraron con dinero del Banco Mundial y el restante 1 % se adquirieron con fondos externos del Fundatec. Sin embargo, muchos equipos que se incluyen dentro de fondos del ITCR, inicialmente fueron comprados por medio de Fundatec y, luego, pasaron a formar parte del inventario del DAM, por esta razón es que este departamento debe regular las compras que realicen las escuelas con fondos externos, con el objetivo de buscar una estandarización de las unidades de aire acondicionado que se vayan a instalar en el Campus Tecnológico Central Cartago.

Entidades que adquirieron los equipos

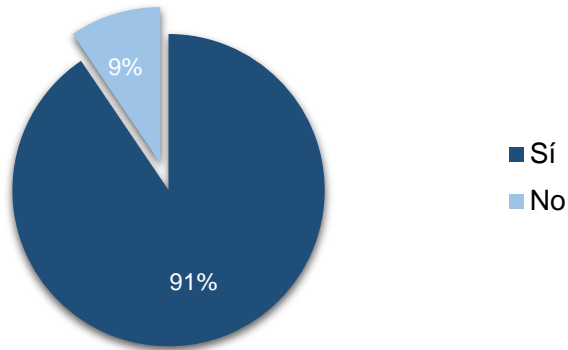


**Figura 4.3** Distribución de las respectivas entidades que adquirieron los aires acondicionados.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

El 91 % de los equipos que se inspeccionaron se encuentran operando, como se muestra en la figura 4.5, y restante 9 % corresponde a equipos instalados que no funcionan. Es necesario, más adelante, determinar, de acuerdo con aspectos de ciclo de vida, tipo de refrigerante y condiciones operaciones, si deben ser retirados o existe una oportunidad de reparación.

### Estado de funcionalidad

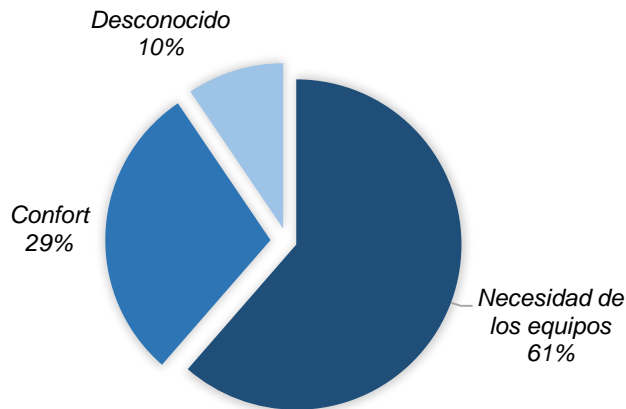


**Figura 4.4** Distribución de las respectivas entidades que adquirieron los aires acondicionados.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

Un 61 % de los aires acondicionados instalados son requeridos por necesidades de equipos que se encuentran en el recinto a acondicionar, en donde es necesario el control de la temperatura y la humedad, como los centros de datos, laboratorios, condiciones específicas de almacenamiento. El 29 % de los equipos son utilizados por confort y el 10 % restante no fue posible identificar su finalidad.

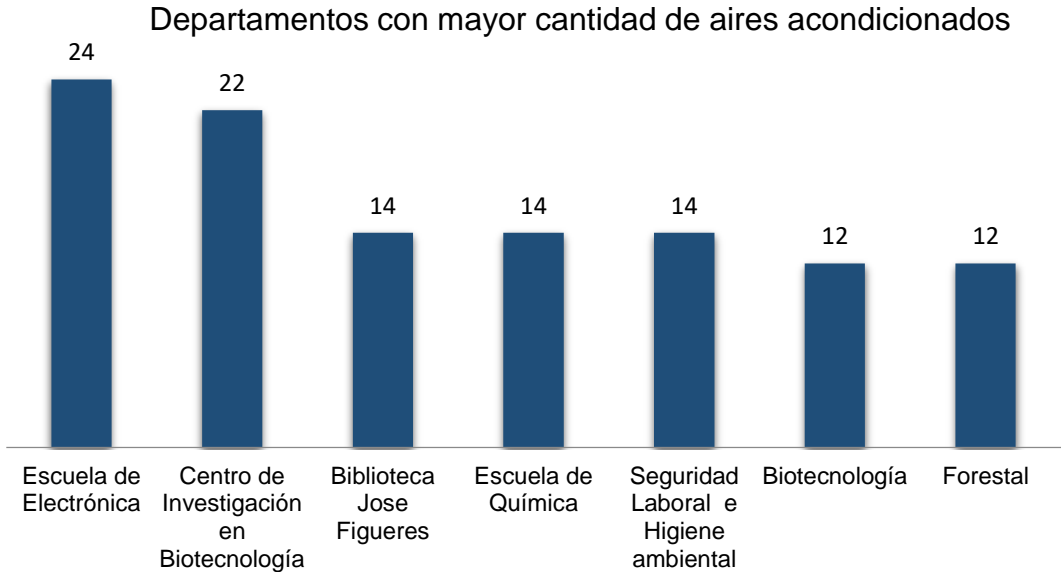
### Finalidad de los equipos



**Figura 4.5** Distribución de las respectivas entidades que adquirieron los aires acondicionados.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

En la figura 4.6, se resumen los departamentos donde se concentran la mayor cantidad de equipos de aire acondicionado. La Escuela de Electrónica es la que cuenta con la mayor cantidad de equipos de aire acondicionado, seguidamente se encuentra el Centro de Investigación en Biotecnología. Es importante destacar que de acuerdo con el levantamiento realizado, de los departamentos que se muestran en la figura 4.6, la mayor cantidad de los equipos son utilizados para controlar diferentes condiciones de temperatura y humedad, debido a la necesidad que tiene estos recintos de controlar las condiciones ambientales.



**Figura 4.6** Distribución de cantidad de aires acondicionados según departamento.

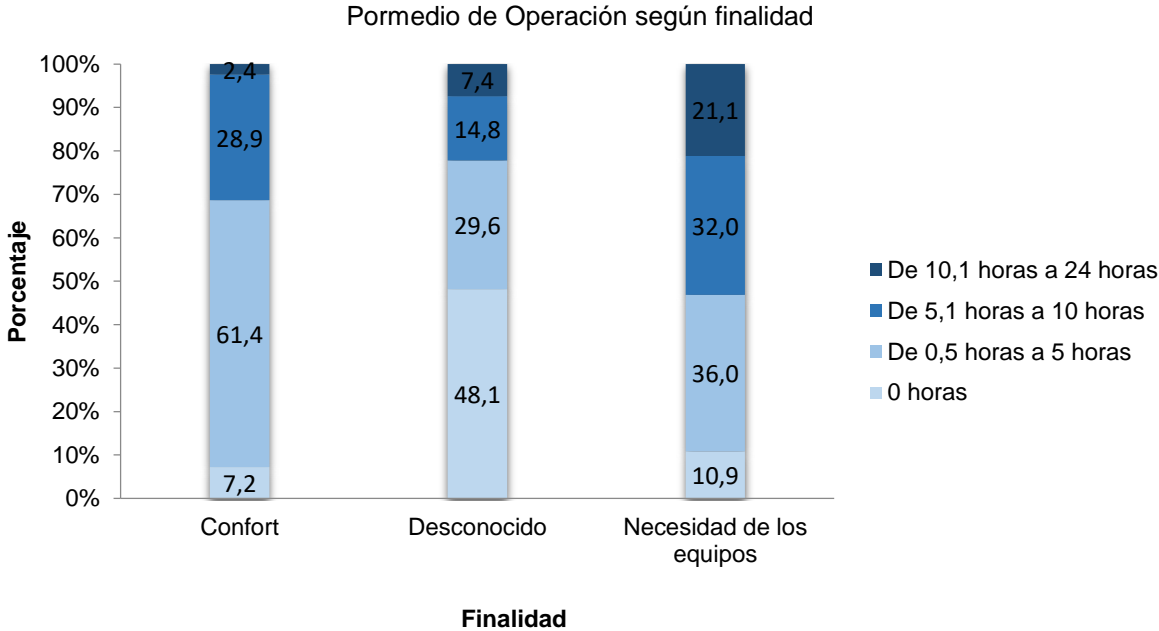
*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

Al realizar la correlación entre la finalidad de los equipos y el promedio de horas de operación, en donde las horas de funcionamiento diarias se agruparon para facilitar el análisis de este, se obtuvo un gráfico comparativo que se muestra en la figura 4.7.

En el caso de los equipos que se utilizan por necesidades específicas de los recintos, se presenta el mayor porcentaje en el rango de 10 a 24 horas diarias de operación, en comparación con otras finalidades. Los equipos que no fue posible identificar su finalidad son los que utilizan los equipos en menos medida, ya que su mayor porcentaje corresponde al rango de las 0 horas de uso. Una posible razón de este fenómeno corresponda a que son equipos que se encuentran sin uso y, por eso, no operan durante el día ni es posible saber cuál es la finalidad de estos.

Por otra parte, los equipos que son utilizados por confort presentan sus mayores fracciones de horas de operación entre las 0,5 horas y las 10 horas diarias, presentando en esta zona una oportunidad de mejora, con la concientización de los usuarios de los aires acondicionados sobre las implicaciones económicas y ambientales que ocasionan.

Siguiendo la línea de análisis anterior, esta información debería ser utiliza por el DAM, para determinar la frecuencia, así como las labores de mantenimiento preventivo, con el fin de conservar en óptimas condiciones operacionales a los equipos más críticos presentes en el Campus Tecnológico Central Cartago.



**Figura 4.7** Promedio de Operación de aires acondicionados de acuerdo con su finalidad.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

## **4.2. CONDICIÓN DEL DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACIÓN DE MANTENIMIENTO**

Es importante que el DAM conozca el inventario total de los aires acondicionados que se encuentran instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago, además de las condiciones operacionales de los equipos, así como la información técnica relevante para la planificación y desarrollo de las labores de mantenimiento. Lo anterior debido a que el DAM es el responsable de mantener los equipos en óptimas condiciones operacionales, y además de buscar equipos energéticamente más eficientes, aspecto ligado, de forma directa, con las buenas prácticas del mantenimiento de equipos, todo con el fin de mantener disponibilidad, reducir costos, proteger el medio ambiente y generar competitividad.

Dentro de los hallazgos referentes al DAM se pueden mencionar:

1. El DAM cuenta con un registro sin actualizar e incompleto de las unidades de aire acondicionado instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago. Dentro de los faltantes más relevantes se encuentra información técnica, fecha de instalación, ciclo de vida de los equipos y deficiencia en la rotulación del número de activo de los equipos.
2. El DAM actualmente contrata el servicio de mantenimiento preventivo de los aires acondicionados a empresas externas, sin embargo, no se encuentran registros de labores de mantenimiento realizadas. Poniendo en riesgo la disponibilidad y confiabilidad operacional de los equipos, exponiéndolos a aumentos en costos por mantenimiento correctivo, además, puede repercutir en la disminución del ciclo de vida de los equipos y disminución de la eficiencia energética operacional.
3. Existe un desconocimiento total sobre las implicaciones tanto a nivel ambiental como económico que se generan, al no gestionar de manera óptima los equipos de aire acondicionado. Es importante que los objetivos del DAM se encuentren coordinados con los objetivos del GASEL, quienes se encuentran enlazados con la misión y visión del ITCR.

4. No se cuenta con indicadores claves para medir el rendimiento de los activos, desde las perspectivas de mantenimiento y los costos de operación de los equipos, así como desde una perspectiva de las implicaciones ambientales.

5. El DAM no tiene control sobre las compras de equipos de aire acondicionado que se realizan por parte de las escuelas y demás entidades de la institución, provocando, además de una diversidad de marcas y tipos de aire acondicionado, que la gran parte de los equipos instalados no cumplan con directrices ni protocolos internacionales.

Es esencial comprender que el mantenimiento en los aires acondicionados afecta de manera directa en la eficiencia energética de estos equipos y un mantenimiento óptimo, se refleja en su eficiencia. De lo contrario, se ocasiona un mayor consumo energético, el cual se ve reflejado en la facturación eléctrica, lo cual significa un aumento en los costos de operación, en las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> y, además, se pone en riesgo la disponibilidad y confiabilidad de los equipos.



### 4.3. CONDICIONES OPERACIONALES DE LOS SISTEMAS DE AIRES ACONDICIONADOS

A partir del levantamiento realizado de las unidades, y por medio de una inspección visual, se determinan algunas condiciones operacionales en las que se encuentran algunos equipos, relevantes para el desarrollo del proyecto, las cuales se mencionan a continuación.

La mayoría de las unidades condensadoras de los aires acondicionados se encuentran a la intemperie, sin una protección contra lluvia ni sol, ocasionando que muchas de las carcasas, abanicos y filtros de agua se encuentren oxidados, lo que disminuye el ciclo de vida de estas. Por esta razón, es importante que el DAM genere mejoras en las labores de mantenimiento para prever estas condiciones, ya que, eventualmente, la corrosión debilita los materiales y podría ocasionar que algunas partes se expongan a perforaciones por corrosión que podrían convertirse en fugas al ambiente.

Otro aspecto que se observó durante el levantamiento es que la mayoría de los intercambiadores del condensador se encuentran golpeados y con incrustaciones de piedras, afectando la eficiencia de los equipos y provocando un mayor consumo energético, al momento de expulsar el calor. Una de las posibles causas de estos daños es que, al encontrarse las unidades cerca de zonas verdes, cuando se realizan las actividades de corte de zacate, se incrustan las piedras y zacate en esta zona del condensador.



**Figura 4.8** Unidad condensadora en malas condiciones.

*Fuente: Elaboración propia.*

Además, debido a la cantidad de árboles y zonas verdes con las que cuenta el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR, las unidades condensadoras se encuentran mayormente expuestas a que las hojas y las ramas se acumulen cerca de la unidad externa, por lo que se requieren labores de mantenimiento en los equipos, ya que esto afecta la eficiencia operacional de los equipos.



**Figura 4.9** Acumulación de hojas alrededor de los condensadores.

*Fuente: Elaboración propia.*

Otro aspecto importante es que no todos los equipos cuentan con adecuados amortiguadores cinemáticos, ocasionando mayores vibraciones en estos y, como se menciona en la bibliografía consultada, las vibraciones podrían ocasionar liberaciones de refrigerantes al ambiente.



**Figura 4.10** Unidad condensadora sin amortiguador cinemático.

*Fuente: Elaboración propia.*

Otro hallazgo encontrado fueron varias unidades en condición de abandono, las cuales ya no se utilizan. Muchas de ellas ya cumplieron su ciclo de vida, pero aún sigue expuestas al ambiente, esto representa inicialmente una contaminación visual, además, un riesgo al ambiente, ya que las condiciones en las que se encuentran generan que se deterioren las tuberías, lo cual produce fugas de refrigerante en el medio ambiente. Es necesario intervenir estas unidades de manera inmediata, retirando del lugar donde se encuentran, y darles el tratamiento de disposición final adecuado, con el fin de no generar repercusiones al ambiente.



**Figura 4.11.** Unidad condensadora abandonada.

*Fuente: Elaboración propia.*

Una condición que presenta la mayoría de los equipos es un deterioro en los aislantes térmicos de las tuberías, la mayoría de las cañuelas se encuentran agrietadas. En algunos equipos, como se muestra en la figura 4.12, existen tramos de la tubería que se están sin protección, esta condición de no aislar la tubería, genera un mayor consumo, ya que se disminuye la eficiencia energética de proceso de enfriamiento.



**Figura 4.12** Aislamiento deteriorado.

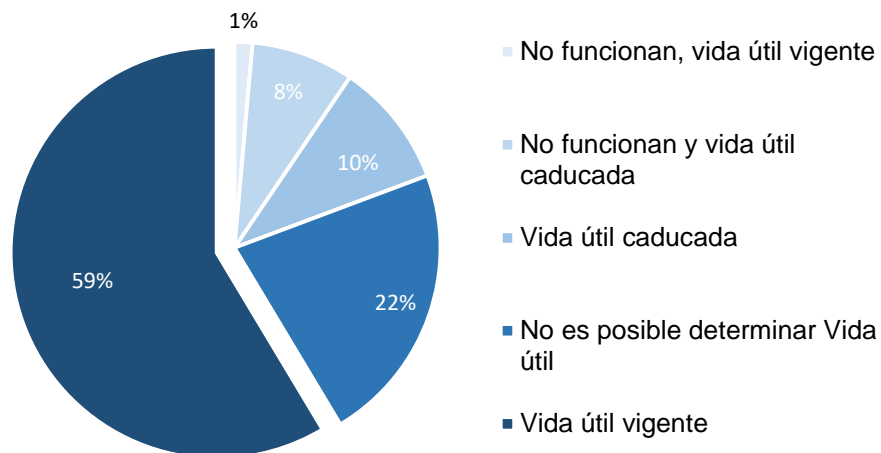
*Fuente: Elaboración propia.*

#### 4.4. VIDA ÚTIL

Como parte del estudio del proyecto, se analizaron los periodos de operación de cada uno de los equipos, siendo esto una herramienta de gestión que permite minimizar las pérdidas, además de maximizar el rendimiento energético de los aires acondicionados.

Del análisis mencionado anteriormente, se obtuvo como resultado que el 59 % de los equipos se encuentren aun operando con ciclo de vida menor a los 10 años. El 22 % corresponde a equipos en los que no fue posible identificar su ciclo de vida. Un 10 % de los equipos se encuentran operando en el campus en estudio, pero que ya su periodo de vida útil caducó, luego, se encontró un 8 % de equipos que no funcionan y que su periodo de vida ya venció y, por último, se cuenta con un 1 % de los equipos que aún no han cumplido sus 10 años de operación, pero que no funcionan.

Vida útil de los aires acondicionados.



**Figura 4.13** Distribución de vida útil de los equipos de aire acondicionado instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

La tabla 4.5 muestra los 23 equipos que se encuentran instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago que no funcionan, esto porque ya cumplieron los 10 años de vida útil, establecidos por el reglamento de la Ley del Impuesto sobre la Renta para los aires acondicionados. Estos equipos, como se mencionó anteriormente, representan, en primera instancia, un riesgo ambiental, además, ocasionan una contaminación visual. Se recomienda retirar estos equipos de manera inmediata y realizar el respectivo retiro de inventario de estos.

**Tabla 4.5.** Lista de equipos que deben ser retirar de manera inmediata.

<b>Código</b>	<b>Departamento</b>	<b># Activo</b>	<b>Lugar que Abastece</b>	<b>Valor en Libros</b>
Fis-01	Escuela Física	al-0300	Laboratorio metrología	₪0,00
Fis-02	Escuela Física	al-0257	Asociación estudiantes Física	₪0,00
CIC-01	Centro en investigación en computación	43943	Desconocido	₪0,00
B3-02	Edificio B3	AL-0901	Laboratorio computación H	₪0,00
C3-01	Biblioteca José Figueres	45610	Bilab primer piso	₪0,00
C3-10	Biblioteca José Figueres	20746	Desconocido	₪0,00
C3-11	Biblioteca José Figueres	20745	Desconectado	₪0,00
C3-12	Biblioteca José Figueres	22189	Desconocido	₪0,00
C3-13	Biblioteca José Figueres	-	Desconocido	₪0,00
C4-01	Laboratorio Física/Química	28457	Laboratorio de agua potable	₪0,00
D10-07	Escuela Electromecánica	20407	Bodega	₪0,00
D3-04	Central telefónica	41782	Central Telefónica	₪0,00
D3-06	Central telefónica	32626	Central Telefónica	₪0,00
D7-02	Monitoreo	--	Oficina de Coordinación	₪0,00
D7-03	ATI	38032	Oficina de reuniones	₪0,00
D8-05	Archivo	14974	Archivo	₪0,00
F2-01	F2/ Computadores	44211	Aula segundo piso	₪0,00
F2-02	F2/ Computadores	35882	Desconocido	₪0,00
F2-04	F2/ Computadores	44252	F2-10 Laboratorio	₪0,00
G11-01	Contenedores Biotecnología	-	Contenedores Biotecnología	₪0,00
G6-04	CIVCO	21187	Cuarto ambientales controlados	₪0,00
MAT-01	Matemáticas	-	Desconocido	₪0,00
MAT-02	Matemáticas	35164	Desconocido	₪0,00

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

En la tabla 1.3 del apéndice se evidencian los 63 equipos de aire acondicionado que no fue posible determinar su vida útil, ya que no se encontró registros del año de compra ni de instalación, ni en el Departamento de Administración de Mantenimiento, Aprovisionamiento ni en el de Contabilidad en el inventario de activos del Campus Tecnológico Central Cartago. La ausencia de esta información deja en evidencia la mala gestión administrativa y de mantenimiento de los equipos de aire acondicionado, siendo fundamental esta información para la toma de decisiones gerenciales.

En la tabla 4.6, se muestran los equipos que al momento de realizar el levantamiento no funcionaban, pero que aún se encuentran en periodo de vida vigente.

**Tabla 4.6** Lista de equipos sin funcionar y con vida útil vigente.

<b>Código</b>	<b>Departamento</b>	<b>N° de Activo</b>	<b>Lugar que Abastece</b>	<b>Marca</b>	<b>Valor en libros **</b>
D10-10	Escuela Electromecánica	45984	D10-20 Oficina	Air-pro	₡114.598,83
D2-04	Tec Digital	61231	Sala capacitación de personal	York	₡566.419,92
D2-05	Tec Digital	61232	Sala capacitación de personal	York	₡566.419,92
F1-02	Escuela de Construcción	55573	Aula F1-06	York	₡328.646,40

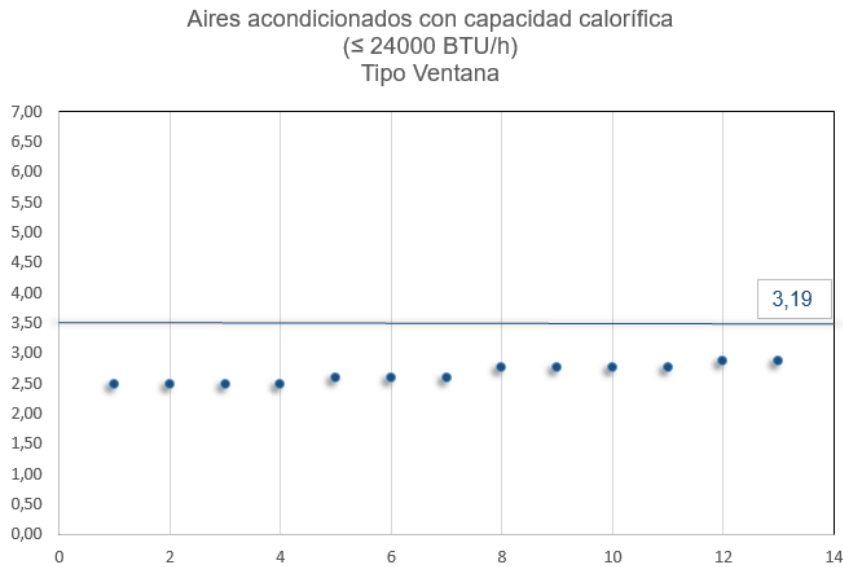
*\*\* Valor vigente al mes de diciembre del 2018. Fuente: Departamento de Contabilidad*

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*



## 4.5. EFICIENCIA ENERGÉTICA

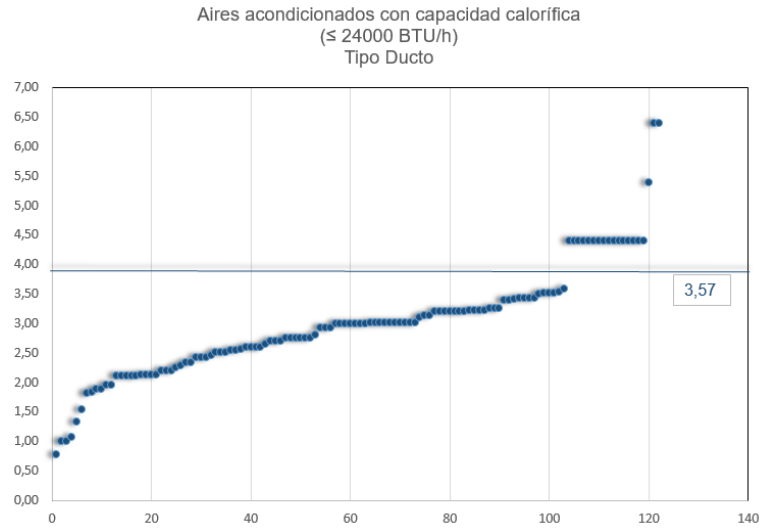
Como parte fundamental del proyecto, basado en la Directriz N° 11 del MINAE, se realizó un análisis para identificar si los equipos que actualmente están instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago cumplen con los valores de eficiencia energética de la norma INTE E14-1:2015 que establece la directriz antes mencionada.



**Figura 4.14** Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ventana con capacidad calorífica menores de 24 000 BTU/h incluyéndolo.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

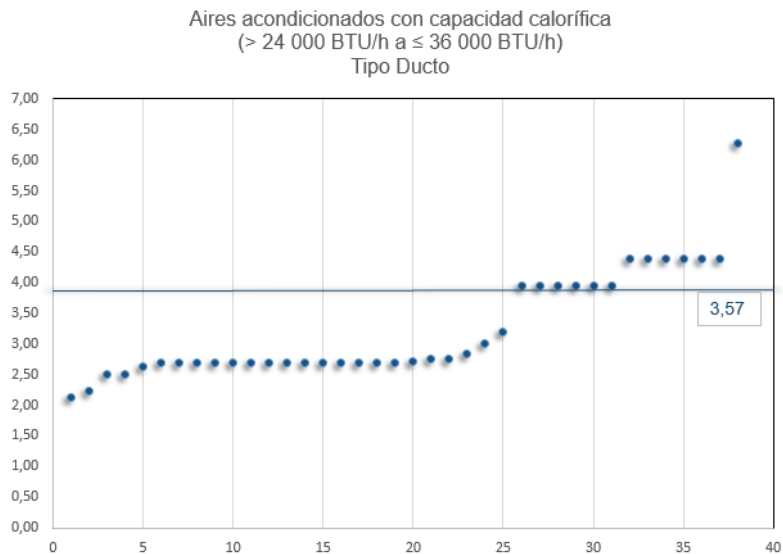
Como se muestra en la figura 4.14, los 13 equipos de aire acondicionado tipo ventana, que tienen capacidad calorífica menor o igual a 24 000 BTU/h, poseen índices de eficiencia menor a los establecidos en la norma, ninguno de estos equipos cumple con la Directriz 11 del MINAE.



**Figura 4.15** Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ducto con capacidad calorífica menores de 24 000 BTU/h incluyéndolo.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

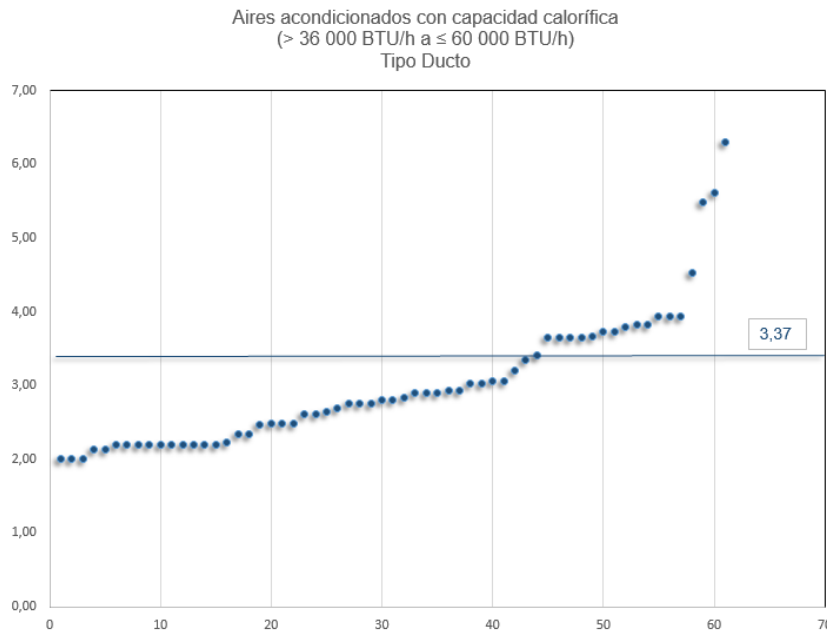
Para el caso de los aires acondicionados tipo ducto con capacidades caloríficas menor o igual a 24 000 BTU/h, de los 122 equipos que entran en esta clasificación, únicamente 17 unidades tienen índices de eficiencia energética por encima de los establecido en la norma.



**Figura 4.16** Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ducto con capacidad calorífica entre 24 000 BTU/h y 36 000 BTU/h incluyéndolo.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

En la figura 4.16, se muestra que 22 unidades de los aires acondicionados, con capacidades caloríficas entre los 36 000 BTU/h y 60 000BTU/h, incluyéndolo tipo ducto, no cumplen con los índices establecidos por la norma INTE E14-1 2015, y las restantes 13 equipos sí están por encima del índice que señala la norma.



**Figura 4.17** Evaluación de eficiencia energética de aires acondicionados tipo ducto con capacidad calorífica entre 36 000 BTU/h y 60 000 BTU/h incluyéndolo.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

El análisis de eficiencia energética de los aires acondicionados tipo ducto con capacidad caloríficas entre los 36 000 BTU/h y 60 000 BTU/h incluyéndolo, se muestra en la figura 4.17, de los 61 equipos que entran en esta clasificación, únicamente 32 % de los equipos cumple con la norma, y los restantes equipos se encuentran por debajo del índice de eficiencia energética que recomienda la norma.

En este análisis de la eficiencia energética no se contemplan los equipos de aire acondicionado que tienen capacidades caloríficas mayores a 60 000 BTU/h, ya que la norma no los incluye. Además, existen 6 equipos de aire acondicionado en los que no fue posible identificar si cumplen o no la norma, pues no se identificó la capacidad calorífica de estos.

#### **4.6. INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE AIRES ACONDICIONADOS DEL CAMPUS CENTRAL**

En el inventario de gases de efecto invernadero que se realizó se tomó como año base el 2018, considerando únicamente los equipos de interés, que son los aires acondicionados instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITCR. El cálculo de las emisiones y los resultados obtenidos se muestran a continuación.

- Emisiones directas.

Para los equipos de aire acondicionado, estas emisiones corresponden a las recargas de refrigerante en los equipos por mantenimiento y también a las fugas de refrigerante al medio ambiente producto de la operación de los aires acondicionados. Para el caso de las recargas de refrigerantes, se utilizaron los registros aportados por las empresas encargadas de servicio de mantenimiento a las unidades, en el anexo 2 y anexo 3, se muestran ejemplos de reportes de labores de mantenimiento entregados al DAM donde dentro de las labores fue necesario la recarga de refrigerante a las unidades.

En la tabla 4.9, se muestra el resumen de las recargas de refrigerante realizadas en el 2018. Los resultados obtenidos de las emisiones emitidas al ambiente, correspondientes a las recargas de refrigerante realizadas durante el año en estudio, debido a las labores de mantenimiento, corresponden a 38,09 toneladas CO<sub>2</sub> eq.

Para el caso de las emisiones por fugas de refrigerante producto de la operación de estos equipos, por recomendación del Ingeniero Rodolfo Elizondo, sustentado en la referencia bibliografía que se muestra en la tabla 4.7 y de acuerdo con el IPCC, se utilizó un factor de emisión del 10 % de la carga de refrigerante inicial por año. Además, los factores de Potencial de Calentamiento Global utilizados para el cálculo de las emisiones se muestran en tabla 4.8, para los tipos de refrigerantes que se utilizan en la sede central del ITCR.

**Tabla 4.7** Valores de literatura de fugas de refrigerante al medio ambiente producto de la operación de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

<b>Fuente</b>	<b>Factor de emisión por uso ( % de carga inicial/año)</b>
(Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006)	$1 \leq X \leq 10$ **
(UK Emissions of HCFs, PFCs and SF6 and potencial emissions reduccion oportunities., March. 1999)	$10 \leq X \leq 20$
(Haydock, 2003)	$8 \leq X \leq 12$
(Colbourne, 2006)	$4 \leq X \leq 17,7$

\*\* Valor menor para países desarrollados y valor mayor para países en desarrollo.  
Fuente: Elaborado por Rodolfo Elizondo con datos de fuentes indicadas.

**Tabla 4.8** Tabla resumen de valores PAO Y PGI de los refrigerantes que se encuentran en el ITCR.

<b>Tipo de Refrigerante</b>	<b>PGI</b>
R410A	2088
R22	1810
R407C	1774

Fuente: Elaboración propia con datos de IPCC (2019). (SPSS)

En la tabla 4.10, se muestra que, según los cálculo, en el 2018 se emitieron 149.5 t de CO<sub>2</sub> eq a la atmósfera, correspondiente a las fugas que se generan por la operación de los aires acondicionados. Los equipos que generan mayores emisiones de esta fuente son los que utilizan refrigerante R410A. Esto debido a que son los equipos con mayor cantidad de unidades instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago y, además, este tipo de refrigerante tiene un mayor valor de Potencial de Calentamiento Global que los otros dos tipos de gases refrigerantes que se encuentran en la sede central del ITCR.

**Tabla 4.9** Cuadro resumen de emisiones directas de CO<sub>2</sub> eq, por mantenimiento de aires acondicionados, 2018.

Registro de emisiones por mantenimiento aires acondicionados del campus central ITCR,2018							
Periodo Recarga	N° Activo	Departamento	Capacidad Calorifica (Btu)	Refrigerante	Cantidad de Recarga (lb)	CO <sub>2</sub> (t)	
II Semestre	54223	Escuela Ing Producción Industrial	60 000	R22	2,0	1,65	
II Semestre	75266	Biblioteca Jose Figueres Ferrer	60 000	R410A	0,5	0,47	
II Semestre	-	Escuela Administración de empresas	60 000	R410A	3,0	2,85	
II Semestre	-	Escuela Administración de empresas	60 000	R410A	4,0	3,80	
II Semestre	59807	Escuela Electromecania	24 000	R410A	1,5	1,42	
II Semestre	76638	Escuela de Materiales	72 000	R410A	8,8	8,35	
II Semestre	59790	Unidad de Proveduría/Archivo	120 000	R410A	12,6	11,96	
II Semestre	58125	Escuela de Forestal	24 000	R410A	3,0	2,85	
I Semestre	54661	Departamento de Administración del mantenimiento	12 000	R410A	2,0	1,90	
I Semestre	59996	Biotecnología	24 000	R410A	3,0	2,85	
<b>Total</b>						<b>38,09</b>	t CO <sub>2</sub> eq

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

**Tabla 4.10** Cuadro con datos de emisiones directas por operación de aires acondicionados, por cada tipo de gas refrigerante.

Refrigerante	CO <sub>2</sub> (t)	
R410A	134,0	
R22	15,6	
R407C	0,0	
<b>Total</b>	<b>149,5</b>	t CO <sub>2</sub> eq

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

- Emisiones indirectas

Estas corresponden a las emisiones por la generación de electricidad, la cual es consumida por los sistemas de aire acondicionado. Para el cálculo del consumo energético de estos equipos, se decidió realizar un sondeo de las horas diarias de consumo de cada uno de las unidades, para poder determinar el consumo energético anual de los aires acondicionados y realizar la respectiva conversión a toneladas de CO<sub>2 eq</sub> emitidas al medio ambiente, con el factor mencionado en la tabla 3.9 del marco teórico.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas al ambiente, producto del consumo energético, corresponde a 151,9 t de CO<sub>2</sub>, producto de un consumo de 2 014,0 MWh al año. Es importante aclarar que este dado es una estimación, como se mencionó anteriormente, se calculó un promedio de operación de los equipos y se utilizaron datos de placa de potencia, los cuales permitieron obtener el consumo energético de estos equipos y así estimar las emisiones emitidas de forma indirecta.

**Tabla 4.11** Datos de consumo energético para el año 2018.

Consumo eléctrico sistemas de aire acondicionado (kWh)	CO <sub>2</sub> (t)	
2014006,661	151,9	t CO <sub>2 eq</sub>

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

A partir de los kWh anuales consumidos por los sistemas de aire acondicionado, se calcula el costo de la energía anual correspondiente al uso de estos equipos.

En el año 2018, el consumo energético producto de los sistemas de aire acondicionado instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago correspondió a ₡89 989 254.

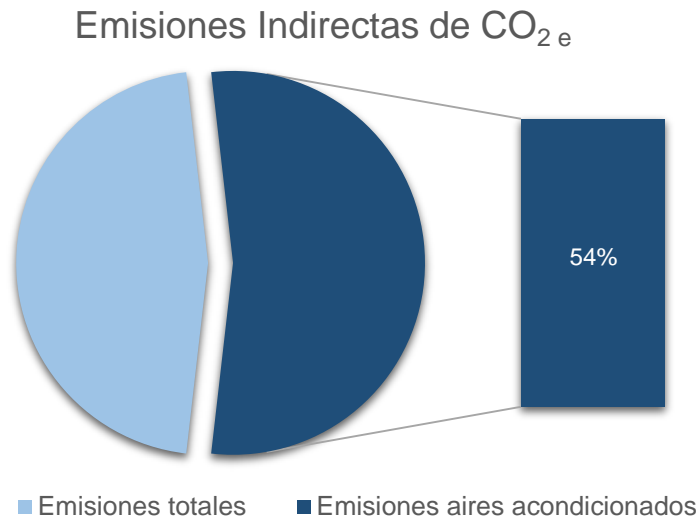
**Tabla 4.12** Cálculo de costos anual por consumo energético de los aires acondicionados.

Consumo de energía	Primeros 3000 kW h	₡127.140*	₡127.140
	Más de 3000 kWh	₡42,38*	₡85.226.462
Demanda	Primeros 8 kW	₡51 364,56*	51 364,56
	Más de 8 kW	₡6.421,57*	₡4.635.652
<b>Costo Total</b>			<b>₡89.989.254</b>

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

\*Datos correspondientes a la Tarifa Eléctrica T-CS durante el año 2018, JASEC.

En el año 2018, el consumo energético total del Campus Tecnológico Central Cartago correspondió a 3 756 569 kWh, lo cual equivale a 283,24 t de CO<sub>2</sub> eq. Al realizar una comparación entre las emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> emitidas en el año 2018 por el consumo energético total en el campus en estudio y las emisiones indirectas obtenidas del cálculo estimado del consumo energético de los aires acondicionados, se obtuvo el siguiente gráfico como resultado.



**Figura 4.18** Distribución de fuente de emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> e.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)



Por lo tanto, del 100 % de las emisiones indirectas que se emitieron en el 2018 por concepto de consumo energético en el Campus Tecnológico Central Cartago del ITRC, el 40 % corresponde a las emitidas por consumo energético de los sistemas de aire acondicionado.

Al ser estos equipos la mayor porción de consumidores energéticos del campus en estudio, es necesario generar acciones de manera inmediata para el control y la mejora de la eficiente de la energía de estos equipos, ya que esto permitiría, en primera instancia, reducir los costos generados por la facturación eléctrica y, de forma indirecta, disminuiría las emisiones de CO<sub>2</sub> eq emitidas al medio ambiente.

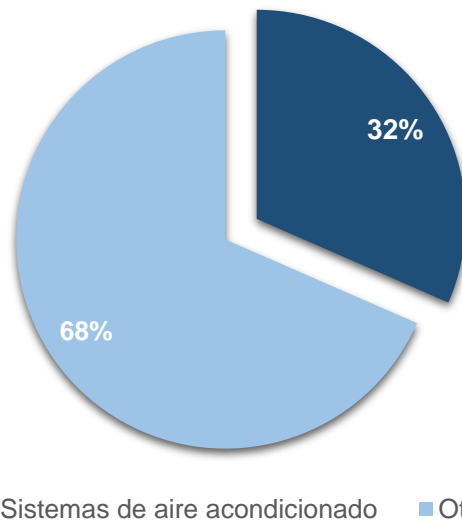
Como resultado del INGEI en el año 2018, se obtuvo un total de 339,5 t de CO<sub>2</sub> eq que fueron emitidas a la atmósfera. El mayor aporte fue por el consumo eléctrico, correspondiente al 44,7 % del total de las emisiones, seguido de las emisiones directas por las fugas producto de la operación de los equipos, con un valor significativo del 44 %.

**Tabla 4.13** Huella Carbono generada por los aires acondicionados en el 2018.

Fuente	CO2 (t) eq	%
Consumo Energético	151,9	44,7
Operación de equipos	149,5	44,0
Recargas Mantenimiento	38,1	11,2
<b>Total</b>	<b>339,5</b>	<b>100,0</b>

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

Con los resultados obtenidos de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq emitidas en el 2018 producto de la operación de los aires acondicionados y el dato del total de emisiones cuantificadas generadas en el Campus Tecnológico Central Cartago correspondiente a 1076 t de CO<sub>2</sub> eq, se obtiene el gráfico de la figura 4.19. Los sistemas de aire acondicionado son los responsables de generar el 32 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> eq al año del ITRC.



**Figura 4.19** Distribución del total de emisiones de CO<sub>2</sub> eq al año.

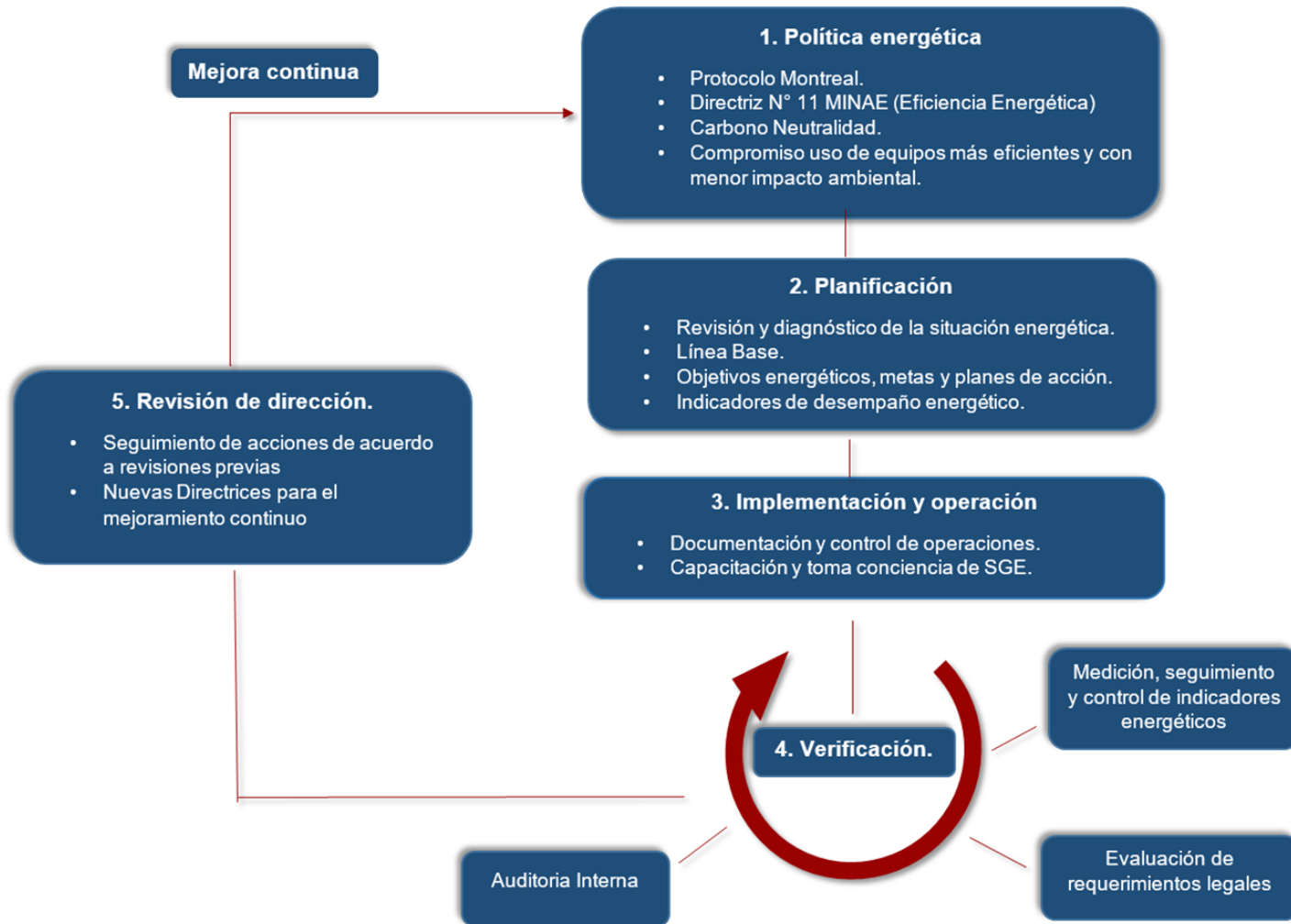
Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

## **5 CAPÍTULO V. MODELO DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA PARA LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO**

---

### **5.1. MODELO DE GESTIÓN ENERGÉTICO PROPUESTO**

A partir del levantamiento de las unidades realizado previamente, así como del análisis de las condiciones operaciones y los hallazgos que se presentan en el capítulo 4 a nivel de eficiencia energética en los aires acondicionados instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago, se propone el siguiente modelo energético, el cual se sustenta en una metodología basada en la norma INTE/ISO 50001: 2011. Esta consiste en una serie de etapas que integran los procesos asociados con la planificación, ejecución, la verificación, el control y la mejora del modelo, los cuales se cuentan relacionados todos entre sí.



**Figura 5.1** Modelo de Gestión Energético propuesto para sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago.

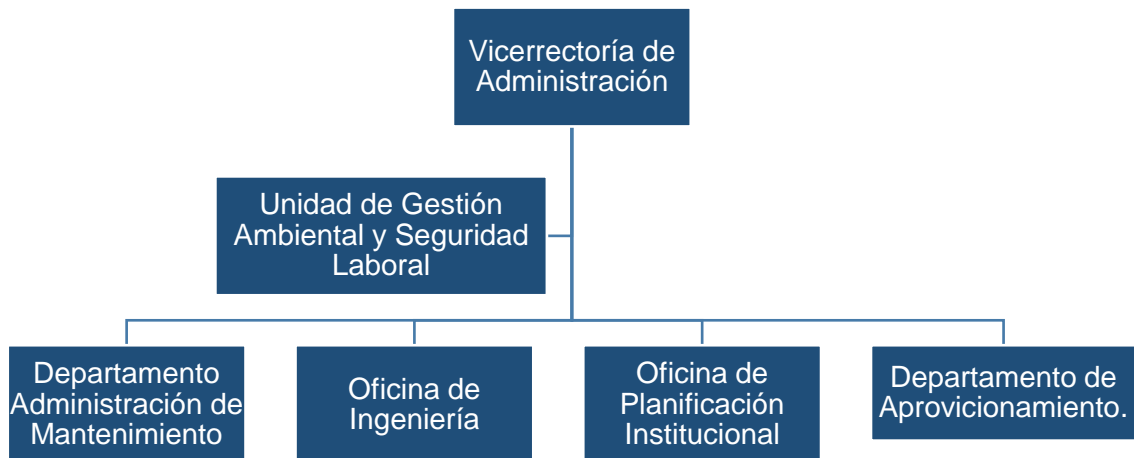
*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word)*

### 5.1.1. POLÍTICA ENERGÉTICA

Esta corresponde a la primera etapa del Modelo de Gestión Energético, es lo esencial para su desarrollo, ya que se establecen las bases políticas y compromiso para el éxito del modelo.

#### 5.1.1.1. Compromiso de los altos directivos

Para este Modelo de Gestión Energética, es necesario contar con el compromiso de los altos directivos de la institución, esto con el fin de entender la importancia del sistema de gestión de la energía y las ventajas que este suponen a la institución. A partir de esto, se propone un comité para la gestión energética, en donde se incluyen personas de los diferentes departamentos del ITCR, que se encuentren estrechamente relacionados con el desarrollo del modelo. En la figura 5.2 se presenta el organigrama del comité propuesto para la gestión energética.



**Figura 5.2** Organigrama de comité de gestión energético.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word)

Este comité debe incluir un representante de cada uno de los departamentos, que se muestran la figura 5.2. Los miembros deben ser personas proactivas, las cuales sean partícipes y se comprometan con las ideas de mejora energética planteadas.

Para que el Modelo de Gestión Energético tenga éxito, es necesario el compromiso de los altos jefes, por esta razón, el comité debe estar encabezado por un representante de Vicerrectoría de Administración, que se encargará de aprobar las Directrices que permita implementar el Modelo de Gestión Energética. La Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral, al ser la unidad encargada de brindar la asesoría en materia de protección ambiental, relacionada con todas las dependencias del ITCR, posee la función de dar guía, ejecución y supervisión al Modelo Gestión Energético que se propone. El DAM, como departamento encargado de la gestión de mantenimiento de los activos en estudio, es parte fundamental en el comité.

Por otra parte, la Oficina de Ingeniería, al ser el encargado de la ejecución de nuevos proyectos de edificación, contribuirá para la construcción de espacios energéticamente más eficientes, el Departamento de aprovisionamiento, tendrá la función de incluir en los carteles de contratación los criterios técnicos establecidos por el DAM para la compra de los sistemas de aire acondicionado. Por último, la Oficina de Planificación Institucional se encargará de considerar el planeamiento a mediano y largo plazo tanto de las directrices, como de los planes de acción propuestos en el Modelo de Gestión Energética, por parte de cada una de las dependencias del Campus Tecnológico Central Cartago.

#### **5.1.1.2. Política energética**

La política energética, mostrada en el apéndice 1 del presente documento, es un marco de referencia para establecer los objetivos y las acciones a ejecutar, con el fin de mejorar el desempeño energético de los sistemas de aire acondicionado, así como el compromiso por la disminución del impacto ambiental que generan estos equipos. Esta política energética se sustenta en el cumplimiento de requerimientos legales y en el compromiso de los altos jefes de la institución.

## **5.1.2. PLANIFICACIÓN**

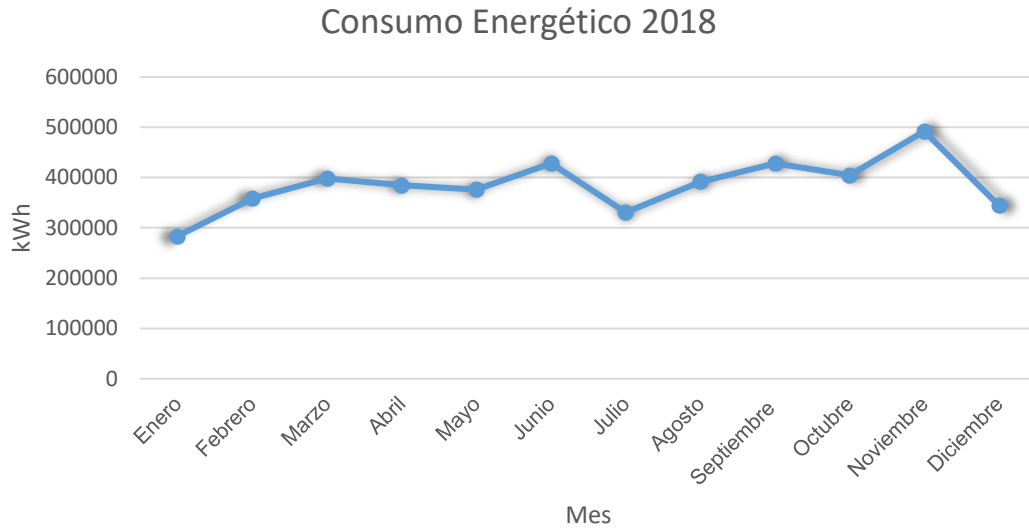
La etapa de planificación consiste en la recolección de datos relevantes a la situación energética de los sistemas de aire acondicionado para establecer una línea base que permita, posteriormente, plantear los objetivos, las metas y los planes de acción del Modelo de Gestión Energético, así como los indicadores energéticos que permitirán monitorear y controlar el modelo propuesto.

### **5.1.2.1. Revisión y diagnóstico de situación energética**

En el capítulo 4 de este documento se muestra un análisis a detalle del estado energético de los sistemas de aire acondicionado, donde se incluyen un análisis estadístico de la información técnica del levantamiento previamente realizado de los sistemas instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago, además de un listado de los hallazgos más importantes referentes a la condición operacional de los sistemas, y aspectos propios en la gestión de mantenimiento que ejecuta el DAM.

Se incluye, además, un análisis de la vida útil de los sistemas de aire acondicionado presentes en el Campus Tecnológico Central Cartago, seguidamente, un análisis comparativo de las eficiencias energéticas de los sistemas de aire acondicionado, por medio del indicador de relación de eficiencia energética (REE) basado en la Directriz N°11 del MINAE. Por último, se realiza un inventario de los gases de efecto invernadero generados por los aires acondicionados.

Un dato que no se incluyó en el capítulo 4, pero que es relevante al análisis energético, es la tendencia del consumo energético total del Campus Tecnológico Central Cartago en el 2018. Estos datos forman parte de la línea base a establecer que permitirán realizar comparaciones en los próximos años, para evaluar el consumo energético real contra lo esperado.



**Figura 5.3** Tendencia del consumo de electricidad en el año 2018.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

### 5.1.2.2. Línea base energética

A partir del análisis de la situación energética de los aires acondicionados, se ha establecido una línea base energética correspondiente al año 2018. Esta permite, por medio de los indicadores, controlar el modelo, ya que mide las mejoras en el desempeño energético.

### 5.1.2.3. Indicadores de desempeño energético

Los indicadores energéticos permitirán dar un monitorio y control por medio de la medición del desempeño energético de los aires acondicionados instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago. Para el control del modelo que se propone se plantean 3 indicadores.

En la tabla 5.1, se muestran los indicadores, el primero cuantifica la cantidad total de toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas producto de la operación de los aires acondicionados por año. El segundo indicador va a relacionar las recargas de refrigerante en lb por año. Y el último indicador desde una perspectiva energética, de refiere a la cantidad de kWh consumidos por los aires acondicionados al año.



**Tabla 5.1** Indicadores de desempeño energético, ambiental y mantenimiento de los aires acondicionados

<b>Indicador</b>	<b>Perspectiva</b>	<b>Unidad</b>
Emisiones de Dióxido de Carbono emitidas al ambiente producto de aires acondicionados por año	Ambiental	t CO <sub>2</sub> eq /año
Cantidad de recargas de refrigerante por mantenimiento por año	Mantenimiento	kg/año (lb/año)
Consumo energético de los aires acondicionados por año	Energético	kWh/año

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

#### **5.1.2.4. Objetivos energéticos, metas y planes de acción para la gestión energética**

Luego de analizar a profundidad las condiciones operaciones y energéticas de los aires acondicionados instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago y además del cálculo de la huella de carbono que generan estos equipos, se identificaron 3 puntos principales, en los que se enfocará para evaluar e identificar acciones que permitan disminuir el consumo energético y las implicaciones ambientales, generados por los aires acondicionados.

##### **5.1.2.4.1. Labores de mantenimiento.**

Las buenas prácticas de mantenimiento de los aires acondicionados representan un punto de ahorro energético importante, pues los equipos al funcionar de manera óptima, mejoran eficiencias energéticas. Como se menciona anteriormente, el DAM actualmente contrata los servicios de mantenimiento preventivo de estos equipos, sin embargo, es necesario dar un seguimiento y el adecuado registro a labores de mantenimiento realizadas por estas empresas.

#### 5.1.2.4.2. Equipos energéticamente ineficientes

Además de un cumplimiento a nivel de directriz, es fundamental que los equipos que se utilizan en las labores cotidianas de la institución cumplan con índices energéticos certificados y que tengan vigente su vida útil. Estos dos aspectos generan grandes ahorros energéticos a la institución, además de la disminución de las emisiones de carbono al ambiente.

#### 5.1.2.4.3. Gas refrigerante de los aires acondicionados

Igual que el punto anterior, el cumplimiento legal debe ser prioridad para la institución, por esta razón, una transición al uso de tecnologías con refrigerantes natural implicaría, primeramente, acatamiento legal, una responsabilidad ambiental de la institución por un desarrollo más sostenible y directamente una disminución en el consumo energético del Campus Tecnológico Central Cartago.

A partir del análisis anterior, se proponen los objetivos, las metas y los planes de acción, así como el respectivo indicador que permitirá medir el éxito del objetivo planteado.

**Tabla 5.2** Objetivos y metas del Modelo de Gestión Energético de los aires acondicionados.

N°	Objetivo	Meta	Indicador
1	Reducir las emisiones de CO <sub>2</sub> eq emitidas al medio ambiente (Directo e indirecto) generadas por los sistemas de aire acondicionado en la sede central del ITCR.	Reducir en un 15 % las emisiones de CO <sub>2</sub> eq para el periodo 2019-2021.	Emisiones de CO <sub>2</sub> eq producto de aires acondicionados por año.
			Cantidad de refrigerante recargado por año.
2	Reducir el consumo de energía de los sistemas de aire acondicionado en el Campus Tecnológico Central Cartago.	Reducir en un 10 % el consumo energético que generan los sistemas de aire acondicionado para un periodo 2019- 2021.	Consumo energético de los sistemas de aire acondicionado por año.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

### **5.1.3. IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN**

En esta etapa se implementan los planes de acción producto de la etapa de planificación, con el fin de mejorar el desempeño energético de los sistemas de aire acondicionado. Esta etapa incluye el manejo de la documentación que permita respaldar y poner en evidencia el desarrollo de los planes planteados, así como control de las operaciones e intervenciones de mantenimiento ejecutadas en los sistemas de aire acondicionado. Por esta razón es que la etapa incluye un proceso de capacitación y concientización del rol del DAM y del impacto que este departamento tiene sobre el desempeño energético de los sistemas de aire acondicionado.

#### **5.1.3.1. CONTROLES OPERACIONES**

Como parte de las acciones para generar un ciclo de mejora continua, en conjunto con la etapa verificación, es necesario llevar un registro de los controles operacionales. La documentación de las labores de mantenimiento permite generar registros operacionales para, posteriormente, revisarlos y, a partir de los datos registrados, tomar decisiones sobre la gestión de estos activos. Por ello, se propone una hoja de registros de las labores de mantenimientos correctivas y predictivas, realizadas tanto por las empresas que prestan servicios de mantenimientos a los sistemas de aire acondicionado, como por el DAM.

#### **5.1.4. VERIFICACIÓN**

Esta etapa de verificación consiste en medir, monitorear y analizar los indicadores de desempeño energético propuestos en la etapa de planificación. Además, se realizan auditorías internas que permiten cuantificar el cumplimiento de los objetivos energéticos y la eficacia de los planes de acción. Esta etapa, asimismo, evalúa el cumplimiento de los requerimientos legales establecidos en la política energética, así como los aprendizajes y crecimientos que el Modelo de Gestión Energético supone en materia energética a la institución.

#### **5.1.5. REVISIÓN DE DIRECCIÓN**

Los altos jerarcas son los encargados en esta etapa de revisar los resultados de la auditoría realizada en la etapa de verificación, dar seguimiento a las revisiones previas que la dirección realiza, además de revisar la política energética y evaluar la necesidad de generar nuevas directrices energéticas. Los altos directivos deben generar las recomendaciones para mejorar el desempeño energético para los siguientes periodos.

## 5.2. DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Para realizar una jerarquización de los sistemas de aire acondicionado y determinar el orden de prioridad en la sustitución de estos sistemas, se utiliza un análisis de criticidad, el cual consiste en un sistema de puntuación, con la finalidad de obtener una calificación y establecer los sistemas de aire acondicionado con mayor criticidad. Para el análisis de criticidad de los aires acondicionados, se establecen criterios que permitan evaluar la condición de los equipos referentes al impacto ambiental, seguridad, productividad, integridad de otros equipos, valor económico y disponibilidad e impacto legal. Además, se establece una escala de calificación para evaluar estos criterios.

**Tabla 5.3** Tabla con criterios de evaluación y sus definiciones para el análisis de criticidad.

	Criterio Evaluación	Definición.
A	Impacto legal	Medida en el incumplimiento del Protocolo de Montreal, donde se establece la programación de la producción e importación de los refrigerantes que agotan la capa de ozono.
B	Impacto a medio ambiente	Medida en que produce liberaciones de gases al ambiente, generando emisiones de dióxido de carbono, deterioro de capa de ozono y cambio climático. (Fugas de refrigerante)
C	Impacto energético	Medida en que los equipos no cumplen con los índices de eficiencia energética, según Directriz 11 MINAE, generando mayor consumo energético
D	Valor económico	Entiéndase como la medida de la vida útil de los equipos, su nivel representa riesgo en el desempeño energético, susceptibilidad a desgaste de material ocasionado fugas de refrigerante y mayor presencia de averías
E	Impacto en la producción y la calidad.	Produce alteraciones directas en el proceso productivo, ocasionando no cumplir con parámetros de calidad necesarios y poner en riesgo otros equipos.

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

**Tabla 5.4** Tabla con escala de puntuación de criticidad

Puntuación	Escala
3	Muy critico
2	Critico
1	Moderado
0	Leve

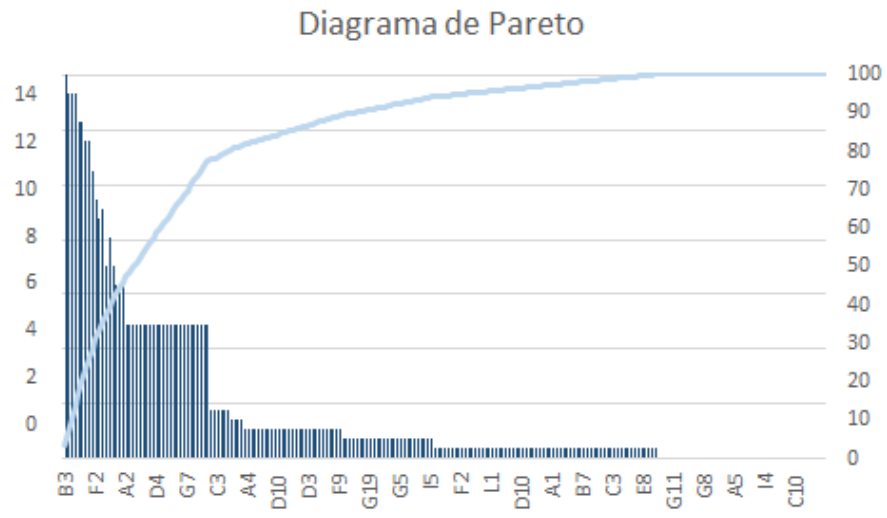
*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

Con los criterios definidos y la escala de calificación, se procede a realizar la calificación de los sistemas de aire acondicionado en estudio. Este proyecto incluye una primera etapa del análisis, en donde se realizará el estudio únicamente a los equipos que fueron adquiridos con fondos económicos del ITCR, ya que la finalidad del estudio es establecer la jerarquización para la sustitución de los equipos, y los adquiridos con fondos del Banco Mundial se encuentran aún en periodo de garantía.

A partir de la puntuación obtenida del análisis, se determina el estado de los equipos. Aquellos con puntuación igual o superior a 9 corresponden a un equipo en estado crítico, y los que poseen puntuación menor a 9 se encuentran en un estado no crítico.

Después de realizar el análisis de criticidad, y considerando la puntuación obtenida de cada uno de los equipos, se realiza un diagrama de Pareto, en donde se puede evidenciar, de forma gráfica, cuáles sistemas de aire acondicionado son el 20 % de los equipos que se encuentran en un estado más crítico. En la figura 5.4, se muestra el diagrama de Pareto.

En la tabla 5.5, se muestran los equipos que, de acuerdo con la puntuación obtenida del análisis de criticidad y el diagrama de Pareto, son los prioritarios durante un proceso de sustitución. Principalmente, estos equipos se caracterizan por tener vida útil caducada, utilizar refrigerante R22, índices de eficiencia energética por debajo de lo permitido y, por la finalidad de estos equipos, alguna anomalía en la operación del equipos, produce un impacto sobre las condiciones a controlar en el recinto.



**Figura 5.4** Diagrama de Pareto de sistemas de aire acondicionado.

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

**Tabla 5.5** Lista de sistemas de aire acondicionado más críticos.

Edificio	Código	Departamento	N° activo	Abastece	Fecha Instalación	Marca	Tipo A/C
B3	B3-01	Edificio B3	39560	Laimi C	2/2/2006	York	Mini split
C3	C3-01	Biblioteca José Figueres	45610	Bilab primer piso	30/5/2008	York	split piso cielo
F11	Clin-01	Clínica	45609	Odontología	30/5/2008	York	split piso cielo
G7	G7-07	Biología	47714	Laboratorio de ingeniería de tejidos 2	5/1/2009	York	Mini split
G7	G7-09	Biología	44557	Laboratorio de ingeniería de tejidos	29/2/2008	Air-pro	Ventana
G7	G7-10	Biología	39535	Laboratorio de piel	2/2/2006	Air-pro	Ventana
A5	CIC-02	Centro en investigación en computación	43942	A5-03	23/2/2001	Carrier	split piso cielo
B5	B5-01	Esc. Deporte y cultura	45608	Teatro	30/5/2008	York	Mini split
B5	B5-02	Esc. Deporte y cultura	38655	Teatro	27/1/2005	Tempstar	Split piso cielo
F2	F2-01	F2/ Computadores	44211	Aula segundo piso	3/6/2003	Carrier	Mini split
F2	F2-04	F2/ Computadores	44252	F2-10 Laboratorio	3/6/2003	Carrier	Split piso cielo
F9	F9-06	Escuela Ciencias del Lenguaje	45809	Lab B ciencias del lenguaje	29/5/2008	Miller	Split piso cielo
G7	G7-08	Biología	47017	Oficina	30/11/2008	Air-pro	Mini split
I5	I5-03	Escuela de materiales I5	36812	Laboratorio computacional de materiales	9/5/2003	Air-pro	split piso cielo
A5	CIC-01	Centro en investigación en computación	43943	Desconocido	23/2/2001	Carrier	split piso cielo
C4	C4-01	Laboratorio Física/Química	28457	Laboratorio de agua potable	12/2/1997	Carrier	Ventana
C4	C4-02	Laboratorio Física/Química	28458	Laboratorio agua potable	12/2/1997	Carrier	Ventana
C4	C4-03	Laboratorio Física/Química	28323	Laboratorio cromatografía	30/12/1996	Carrier	Mini Split
A2	DAT-02	DATIC	39541	Servidores	2/2/2006	York	Paquete
A4	CS-02	Escuela Ciencias sociales	42032	A4-05	30/5/2007	Carrier	split piso cielo
A4	CS-03	Escuela Ciencias sociales	42031	A4-05	30/5/2007	Carrier	split piso cielo

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)



**Tabla 5.6** Continuación lista de sistemas de aire acondicionado más críticos.

Edificio	Código	Departamento	N° activo	Abastece	Fecha Instalación	Marca	Tipo A/C
C3	C3-10	Biblioteca José Figueres	20746	Desconocido	30/5/1988	Daikin	Cassette
C3	C3-11	Biblioteca José Figueres	20745	Desconectado	30/5/1988	Daikin	Cassette
C9	Laim1-02	Laimi 1	32271	Sala computadoras	26/10/2002	York	Paquete
C9	Laim1-03	Laimi 1	32272	Sala computadoras	26/10/2002	York	Paquete
D10	D10-10	Escuela Electromecánica	45984	D10-20 oficina	17/10/2008	Air-pro	Mini split
D3	D3-06	Central telefónica	32626	Central telefónica	18/10/2002	LG	Ventana
D4	D4-02	Unidad de Proveeduría	39384	Dirección	7/1/2006	Miller	Multi plit
D4	D4-03	Unidad de Proveeduría	39384	Oficina en conjunto	7/1/2006	Miller	Multi plit
D7	D7-03	ATI	38032	Oficina de reuniones	6/12/2003	Luxaire	Ventana
D8	D8-01	Departamentos de servicios generales	38416	Centro de archivo y comunicación	30/12/2004	York	Mini split
D8	D8-04	Publicaciones	38420	Taller de Publicaciones	30/12/2004	York	Mini split
D8	D8-05	Archivo	14974	Archivo	30/1/1983	Emerson	Ventana
F9	F9-01	Escuela Ciencias del Lenguaje	45890	Aula F9-04	23/7/2008	Miller	Split piso cielo
G5	G5-01	Centro experimental de la construcción	59805	Laboratorio	14/4/2012	York	Mini split
G6	G6-04	CIVCO	21187	Cuarto ambientales controlados		Daikin	Ventana
G7	G7-02	Bioteología		Cuarto frio		Lennox	Ducto
G7	G7-03	Bioteología		Cuarto caliente		Lennox	Ducto
G7	G7-05	Bioteología	AL-0827	Cuarto de transferencia		Goodman	Mini split
G7	G7-12	Bioteología	59996	Laboratorio de piel	24/8/2012	York	Mini split
I3	I3-08	Escuela Producción Industrial	54223	Aula I3-08	27/5/2010	York	Split piso cielo
I5	I5-08	Escuela de materiales I5	36811	Metalografía /laboratorio de electroquímica	21/5/2003	York	Ventana
MAT	MAT-02	Matemáticas	35164	Desconocido	28/3/2002	Mitsubishi	Cassette

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

### 5.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DEL IMPACTO AMBIENTAL, ENERGÉTICO Y FINANCIERO ENTRE REFRIGERANTE NATURALES Y CONVENCIONALES

#### 5.3.1. SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

Para la selección del sistema de aire acondicionado que utiliza refrigerante natural, se consideraron los parámetros de disponibilidad de importación, cumplimiento de la Directriz 11 del MINAE y cumplimiento de Protocolo de Montreal.

Actualmente, la Dirección de Gestión de Calidad Ambiental y la Oficina Técnica de Ozono realizan programas para promover el uso de sistemas de aire acondicionado con mayores índices de eficiencia energética y que utilizan refrigerante R-290, por lo tanto, se considera seleccionar para el análisis, la marca empleada en los proyectos demostrativos con unidades de aire acondicionado verdes implementados en el país.

**Tabla 5.7** Datos técnicos de sistemas de aire acondicionado.

Marca	Modelo	Tipo A/C	Tipo de Refrigerante	Potencia (W)	Capacidad Calorífica W (BTU/h)	Cantidad Refrigerante kg (lb)	EER
NXW	GSC 12 FIXH 7 GGPG	Mini Split	R290	795	3514,8 (12 000)	1,476 (0,671)	4,4

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

Por otra parte, se selecciona de las unidades instaladas en el Campus Tecnológico Central Cartago, dos unidades que, según el análisis de criticidad realizado anteriormente, son equipos que deben sustituirse próximamente, con similares contextos operacionales y que, además, puedan ser sustituidos por el aire acondicionado verde antes mencionado.

**Tabla 5.8** Datos Técnicos de sistemas de aire acondicionado.

Marca	Promedio Operación h/día	Tipo A/C	Tipo de Refrigerante	Potencia (W)	Capacidad Calorífica W (BTU/h)	Cantidad Refrigerante kg (lb)	EER
York	5	Mini Split	R410A	1100	3514,8 (12 000)	3,34(1,52)	3,20
Air-pro	4,5	Mini Split	R22	1200	3514,8 (12 000)	3,38(1,54)	2,93

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

### 5.3.2. ANÁLISIS AMBIENTAL

Para realizar la comparación referente al impacto ambiental de los sistemas previamente seleccionados, se cuantifican las emisiones de dióxido de carbono equivalentes emitidas al ambiente.

La tabla 5.9 muestra el cálculo de las emisiones directas equivalentes emitidas al medio ambiente en un año. Para este cálculo, se empleó un factor de emisión del 10 % de la carga de refrigerante inicial por año para los equipos instalados actualmente en el campus, por tratarse de equipos con vida útil y un factor del 1 % para el equipos que utiliza refrigerante natural, considerando que sea un equipo nuevo y con labores de mantenimiento óptimas.

**Tabla 5.9** Cálculo de emisiones directas por operación de los sistemas de aire acondicionado.

Refrigerante	Cantidad de Refrigerante (kg)	Factor de Fugas	PCG	t CO <sub>2</sub> eq
R22	0,69	10 %	1810	0,12489
R410A	0,7	10 %	2088	0,14616
R290	0,671	1 %	3	0,00002

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

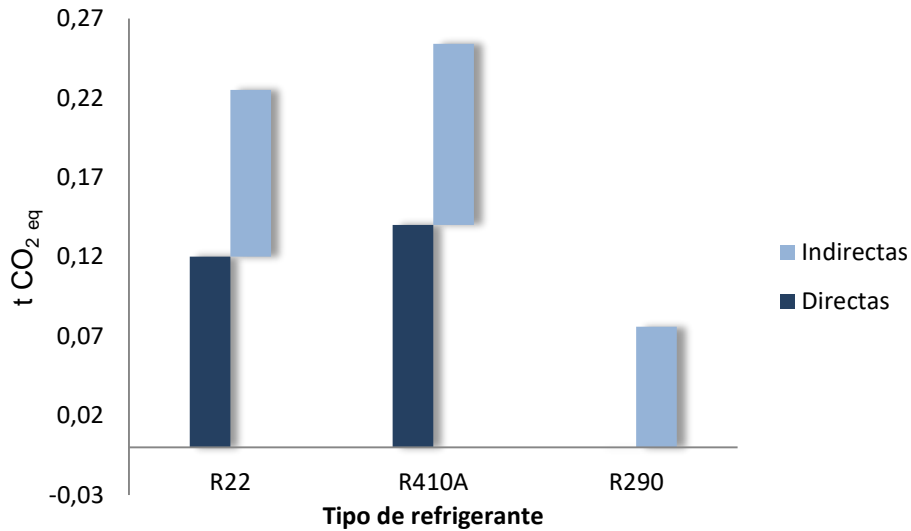
Al cuantificar las emisiones indirectas producto del consumo energético de los sistemas de aire acondicionado, se utiliza un promedio operación anual igual para los tres equipos y con el mismo factor de emisión que establece el IMN, de la tabla 3.9 del marco teórico.

**Tabla 5.10** Emisiones indirectas por operación de los sistemas de aire acondicionado.

Refrigerante	Promedio de Operación anual	Potencia (W)	Consumo Energético (kWh/año)	t CO <sub>2</sub> eq
R22	1260	1100	1386,0	0,105
R410A	1260	1200	1512,0	0,114
R290	1260	795	1001,7	0,076

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

En el gráfico 5.5, se muestra una comparación de las emisiones equivalentes totales emitidas por año de los 3 sistemas de aire acondicionado analizados. Lo que demuestra que el refrigerante R22, el cual se encuentra regulado por la implicación a la capa de ozono, genera menos emisiones que el refrigerante R410A, en contexto operacional similar. Además, tomando como base el equipo que utiliza hidrocarburo, al sustituir una unidad de R22, se reduciría en 196 % las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. Con respecto al equipo con gas refrigerante R410A, se disminuiría en un 234 % las toneladas de CO<sub>2</sub> eq emitidas por año.



**Figura 5.5** Comparación de emisiones de CO<sub>2</sub> eq por tipo de refrigerante.

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

La transición al uso de sistemas de aire acondicionado con refrigerante natural proporciona grandes beneficios al ambiente, principalmente en implicaciones directas. Asimismo, con esta solución, se cumpliría con el Protocolo de Montreal, al no utilizar sustancias agotadoras de la capa de ozono, así como el cumplimiento de la Directriz 11 del MINAE. Estos equipos tienen índices de eficiencia energética mayores a los establecidos en la normativa. Por otra parte, contribuyen al compromiso tanto de la universidad en mantener su estado de Carbono Neutral, así como contribuyendo a las acciones que realiza el actual gobierno por la descarbonización del país.

### 5.3.3. ANÁLISIS ENERGÉTICO Y FINANCIERO

Para efectos del análisis energético y económico, se considera un promedio de 6 horas diarias, durante 210 días efectivos al año, considerando jornada laboral de lunes a viernes y sin contemplar en los cálculos los periodos de vacaciones. El dato de horas de operación, se obtuvo del sondeo realizado a los usuarios de los equipos en estudio.

**Tabla 5.11** Comparación del consumo energético de los 3 sistemas de aire acondicionado

Refrigerante	EER	Potencia (kW)	Consumo Energético (kWh/año)	Diferencia (kWh/año)	Diferencia %
R22	3,2	1,1	1386	384,3	38,36
R410A	2,93	1,2	1512	510,3	50,9
R290	4,4	0,765	1001,7		

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

Los sistemas de aire acondicionado con refrigerante natural son equipos energéticamente más eficientes, al calcular el consumo energético de los 3 escenarios, se obtiene como resultado que, de los 3 equipos el aire acondicionado, el equipo con refrigerante R410A es el que consume mayor energía, 1512 kWh/año, esto equivale a un 50,9 % más con respecto al R290, y el equipo con R22 consume un 38,36 % más de energía con respecto al hidrocarburo.

Utilizando los datos obtenidos del análisis de consumo energético, se cuantifica el costo anual producto del uso de cada uno de los sistemas de aire acondicionado, así como el ahorro monetario correspondiente a la disminución del consumo energético, al sustituir los sistemas de aire acondicionados con refrigerante convencional, por unidades que utilizan refrigerante natural.

**Tabla 5.12** Análisis financiero del consumo energético de los 3 sistemas de aire acondicionado.

Refrigerante	Costo Energético Anual	Ahorro Anual
R22	¢58 739	¢16 287
R410A	¢64 079	¢21 627
R290	¢42 452	

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

Al sustituir un sistema de aire acondicionado que utiliza refrigerante R22 por uno con refrigerante hidrocarburo, se tiene como resultado un ahorro anual de ¢16 287. En el caso de la sustitución del equipo con R410A, el ahorro anual en la facturación eléctrica es de ¢21 627.

**Tabla 5.13** Tabla comparativa desde un enfoque ambiental, energético y financiero de 3 tipos de refrigerantes para sistemas de aire acondicionado

Refrigerante	Emisiones t CO <sub>2</sub> eq	Consumo Energético (kWh/año)	Costo energético anual
R22	0,105	1386,0	¢58 739
R410A	0,114	1512,0	¢64 079
R290	0,076	1001,7	¢42 452

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

## 6 CONCLUSIONES

---

- Al realizar el levantamiento de los sistemas de aire acondicionado, se identificaron hallazgos importantes a nivel de condiciones operacionales, gestión de estos equipos, así como el calcular de la huella de carbono de estos, de manera que se establece una línea base, para el control y toma de decisiones en la gestión de los sistemas en estudio.
- El desarrollo de una política energética para la gestión de los aires acondicionados es vital para el compromiso de los altos jefes, a partir de esto, se pueden establecer nuevas directrices en la institución, las cuales, de manera progresiva, permitan mejorar el desempeño energético de la institución.
- El análisis de los sistemas de aire acondicionado con refrigerante convencional (R22-R410A) y los sistemas con refrigerante natural (R290), pone en evidencia que los refrigerantes naturales aportan una reducción mínima del 30 % de las emisiones de CO<sub>2 eq</sub> y una diferencia del 40 % en el consumo energético de estos equipos.
- La creación de una herramienta para el Departamento de Administración de Mantenimiento e indicadores de desempeño es necesaria para el control y monitoreo de las labores de mantenimiento, así como las emisiones de CO<sub>2 eq</sub> producto del uso por los aires acondicionados.



## 7 RECOMENDACIONES

---

- El Instituto Tecnológico de Costa Rica debe considerar la transición al uso de refrigerantes naturales en los sistemas de aire acondicionado, como parte de las acciones para mantener al Campus Tecnológico Central Cartago Carbono Neutral.
- Llevar un control de los equipos de aire acondicionado con reportes de fugas de refrigerante.
- Informar e incentivar a los usuarios sobre el uso eficiente y responsable de los sistemas de aire acondicionado.
- Realizar una identificación del número de activo de todos los sistemas de aire acondicionado, esto para poder identificar todos los equipos en un proceso de sustitución.
- Realizar una recopilación de datos anualmente, de los indicadores energéticos, con el fin de revisar los objetivos y metas planteadas en los Modelos de Gestión energéticos.
- Las compras de los sistemas de aire acondicionado con capacidad mayores a 60 000 BTU/h, deben tener sellos de eficiencia energético reconocidos.

## 8 REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

---

Agencia Internacional de Energia (2015) Indicadores de Eficiencia Energetica: Bases Esenciales para el establecimiento de políticas. Paris. Francia

ASHRAE. (2010). *Designation and safety classification of refrigerants*. Alanta: USA, ASHRAE.

Chacón, A. R. (2010). Los gases del efecto invernadero. *Rescatemos el Virilla*, 16(43), 6-7.

Delgado, I. (2010). Cambio climático acelerado. *Rescatemos el Virilla*, 16(43), 4-5.

Directriz N° 011–MINAET(2014). Eficiencia Energetica. Costa Rica. Recuperado el 12 de mayo de <http://www.mcj.go.cr/actualidad/ambiental/normativa/011.pdf>

DITECA (s.f.) Guía para la elaboración de acciones en cambio climático. Recuperado el 9 de abril de [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia\\_elaboracion\\_inventario\\_gases\\_efecto\\_invernadero\\_v1.0\\_0.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia_elaboracion_inventario_gases_efecto_invernadero_v1.0_0.pdf)

Grajales, I. (2019). El TEC se convierte en la primera universidad pública carbono neutral del país. Recuperado el 23 de mayo de [/www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2019/02/27/tec-se-convierte-primera-universidad-publica-carbono-neutral-pais](http://www.tec.ac.cr/hoyeneltec/2019/02/27/tec-se-convierte-primera-universidad-publica-carbono-neutral-pais).

Gómez, L. (2008). Mantenimiento y eficiencia energética. *Mantenimiento*, 11(59), 6-9.

- Gómez, L., Jiménez, A. (2018). *Informe sobre levantamiento de inventario técnico de equipos de aire acondicionados en el campus del ITCR*. Costa Rica.
- Heubes, J. M. (2010). *Refrigeration, air conditioning and foam blowing sectors technology roadmap*. Alemania: Giz Proklima.
- IMN. (2017). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero*. San José.
- INTECO. (2006). *Gases de efecto invernadero - Parte 1: Especificación con orientación a nivel de organización, para la cuantificación y el informe de las emisiones y remociones de gases de efecto invernadero*. San José.
- INTE/ISO 50001:2011 . *Sistemas de gestión de la energía –Requisitos con orientación para su uso*.Costa Rica. Recuperado el 28 de marzo de [http://biblioteca.tec.ac.cr/exlibris/aleph/a23\\_2/apache\\_media/EI1PXF4YRG1HC46838ADED1XHAEFMI.pdf](http://biblioteca.tec.ac.cr/exlibris/aleph/a23_2/apache_media/EI1PXF4YRG1HC46838ADED1XHAEFMI.pdf)
- IPCC. (1999). Global Warming Potential. Recuperado el 3 de mayo de <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/aviation/index.php?idp=71>
- IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Main, 2(OVERVIEW), 12. Recuperado de [http://doi.org/http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2\\_Volume2/V2\\_3\\_Ch3\\_Mobile\\_Combustion.pdf](http://doi.org/http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf)
- Ley 7223. (1991). *Reforma Aprobación del Protocolo de Montreal, relativo a las Sustancias*. Costa Rica.
- Ley 8219. (1998). *Aprobación del protocolo de kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático*. Costa Rica.

Ley 9405. (2016). *Aprobación del acuerdo de París*. Costa Rica.

Ley 7092 (1988). Reglamento a Ley del Impuesto sobre la Renta. Costa Rica.

MINAE (s.f.). Sustancias agotadoras de la capa de ozono. Protocolo de Montreal-  
Oficina Técnica del ozono.

MINAE. (2014). Manual de buenas prácticas en refrigeración .

MINAE. (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. San José.

MINAE (2015). Guía para la elaboración del inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Recuperado el 3 de abril de [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia\\_elaboracion\\_inventario\\_gases\\_efecto\\_invernadero\\_v1.0\\_0.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia_elaboracion_inventario_gases_efecto_invernadero_v1.0_0.pdf)

ONUDI (2015) . Guía práctica para la implementación de un sistema de gestión de la energía. Recuperado el 7 de mayo de <https://open.unido.org/api/documents/4676845/download/Gu%C3%ADa%20Pr%C3%A1ctica%20para%20la%20Implementaci%C3%B3n%20de%20un%20Sistema%20de%20Gesti%C3%B3n%20de%20la%20Energ%C3%ADa>

Plazas. P (2012). Los refrigerantes y el medio ambiente. (Tesis de licenciatura) Recuperado el 24 de abril en [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16336/Memoria\\_PFC\\_Plazas\\_Monroy\\_Juan\\_Pablo.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16336/Memoria_PFC_Plazas_Monroy_Juan_Pablo.pdf)

TEC (2019). *Qué es el TEC*. Recuperado de <https://www.tec.ac.cr/que-es-tec>

Sánchez, H. (2016). *Diagnostico energético para el campus central y centro académico San José*. Costa Rica.

Stoecker W. (1982). *Refrigeration and air conditioning*. ed. mcgraw hill.

U S Environmental Protection Agency. (2015b). *Climate Change: Basic Information*.

Recuperado el 3 de mayo de <http://www3.epa.gov/climatechange/basics/>

## 9 APÉNDICES.

---

### A. POLÍTICA ENERGÉTICA.

#### Política energética

“El Instituto Tecnológico de Costa Rica es una institución nacional autónoma de educación superior universitaria, dedicada a la docencia, la investigación y la extensión de la tecnología y las ciencias conexas para el desarrollo de Costa Rica”<sup>1</sup>. Como parte integral de su visión como universidad, busca contribuir al país apeándose a las normas éticas, humanitarias y ambientales.

Con un compromiso por el uso sostenible de las fuentes de energía en el Campus Tecnológico Central Cartago, se plantea un Modelo de Gestión Energética para los sistemas de aire acondicionado, que permita mantener el estado de Campus carbono neutral, además del cumplimiento legal y promover el uso de tecnologías limpias, que generen menor impacto al ambiente.

#### **Alcance.**

Aplica a todos los funcionarios, docentes, investigadores, comunidad estudiantil, y empresas que ejecuten actividades relacionadas a los sistemas de aire acondicionado instalados en el Campus Tecnológico Central Cartago.

#### **Política**

“El Instituto Tecnológico de Costa Rica habrá uso racional y eficiente de los sistemas de aire acondicionado, y promoverá la adquisición de tecnologías de sistemas de aire acondicionados energéticamente más eficientes y con menor impacto ambiental”

---

<sup>1</sup> *Qué es el TEC.* Recuperado de <https://www.tec.ac.cr/que-es-tec>

## **Principios de la política energética.**

- Cumplir legislación vigente en materia de eficiencia energética y conservación de la energía.
- Incentivar a los funcionarios, docente y estudiantes al uso eficiente de los sistemas de aires acondicionados.
- Únicamente el Departamento de Administración de Mantenimiento aprobará la compra de nuestros sistemas de aire acondicionado, con parámetros, técnicos y de operación establecidos por este departamento.
- Considerar cuando las condiciones de mercado lo permitan, la adquisición de sistemas de aire acondicionado energéticamente más eficientes, y con menor impacto ambiental, los cuales utilizan gas refrigerante hidrocarburos.(R-290)
- Exclusivamente permitir la compra de aires acondicionados que cumplan con el Protocolo Montreal (gases refrigerantes que actualmente son regulados) y la Directriz N° 11 del MINAE.
- Asegurar la disponibilidad de información, recursos humanos y económicos para el cumplimiento de la política energética.
- Cumplir con planes de acción para el uso eficiente de los sistemas de aire acondicionado.
- Contemplar diseños de edificaciones energéticamente más eficientes y mantenimiento basado en condiciones operacionales.
- Generar un canal de comunicación en materia energética, tanto de dentro de la institución, así como fuera de ella, donde se comunique sobre logros y metas alcanzadas en el desempeño energético.
- Compromiso por mantener al Campus Tecnológico Central Cartago carbono neutral.
- Contemplar mecanismos óptimos para la disposición final de los gases refrigerantes de los sistemas de aire acondicionado, con la finalidad de disminuir daños al medio ambiente.

### **Acciones a implementar para el cumplimiento de la política energética.**

1. La Vicerrectoría de Administración será la jefatura responsable del cumplimiento de las disposiciones, por parte de cada departamento involucrado, en el uso eficiente de los sistemas de aire acondicionado.
2. La Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral apoyará la divulgación a la comunidad del ITCR, en fomentar y aplicar un uso racional y eficiente de los sistemas de aire acondicionado.
3. El Departamento de Administración de Mantenimiento deberá:
  - Verificar y mantener el óptimo funcionamiento de los sistemas de aire acondicionado.
  - Propondrá en conjunto con los demás integrantes del comité de gestión energética de los sistemas de aire acondicionado, los criterios técnico, referentes a índices de eficiencia energética y uso de refrigerante naturales para las nuevas adquisiciones de estos equipos, con el objetivo de que sean incorporados en los carteles de contratación administrativa.
  - Verificar que las comprar de los sistemas de aire acondicionado cumplan con los criterios técnicos previamente establecidos.
  - Establecer los mecanismos óptimos para la disposición final de los gases refrigerantes de los sistemas de aire acondicionado, con la finalidad de disminuir daños al medio ambiente.
4. El Departamento de Proveduría deberá incluir en los carteles de contratación los criterios técnicos establecidos por el Departamento de Administración de Mantenimiento para las compras de los sistemas de aire acondicionado.
5. La Oficina de Planificación Institucional deberá realizar la proyección institucional para la transición al uso de equipos de aire acondicionado energéticamente más eficientes y con menor impacto ambiental.
6. Cada departamento deberá ser responsable de velar para que los sistemas de aire acondicionado queden apagadas después de su jornada laboral, a



excepción de aquellas unidades deben permanecer encendidas por necesidad de los equipos.

7. La Oficina de Ingeniería deberá incluir tanto en los diseños como en las remodelaciones criterios que contribuyan en la construcción de espacios energéticamente más eficientes, tales como el aprovechamiento de la ventilación natural y la colocación de techos verdes, que contribuyen a la disminución de la carga térmica de los recintos a acondicionar.
8. Los funcionarios que integran el comité de Gestión Energética de los aires acondicionados, deberán comprometerse a la revisión y la actualización de los objetivos, metas y planes de acción del Modelo de gestión energético.
9. La institución se compromete a un proceso de mejora continua, optimizando el uso de la energía, donde los procesos y operaciones generen ahorros significativos.

## B. PLANES DE GESTIÓN ENERGÉTICO PARA SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

Planes de gestión energética.	
<b>Plan N° 1:</b>	
<b>Objetivo.</b> Reducir las emisiones de CO <sub>2</sub> emitidas al medio ambiente generadas por los sistemas de aire acondicionado.	
<b>Meta.</b> Reducir en un 15 % las emisiones de CO <sub>2</sub> emitidas producto del uso de estos sistemas, en el periodo 2019-2021.	
<b>Descripción.</b> El cálculo de las toneladas de dióxido de carbono emitidas al medio ambiente, directas e indirectas, correspondientes al año 2018 equivalen a un total de 339 t de CO <sub>2e</sub> . El indicador para evaluar el objetivo estratégico corresponde a emisiones de CO <sub>2</sub> / año.	
N°	Actividad
1	Instalación de adecuados sistemas de amortiguación de vibraciones en todas unidades condensadora de los sistemas de aire acondicionado.
2	Monitorear las unidades de aire acondicionado con registros de recargas de refrigerante por labores de mantenimiento.
3	Planificar labores de mantenimiento para prever corrosión en los condensadores.
4	Todas las actividades del plan N°2. (Emisiones indirectas)
5	Implementar la herramienta para sustitución de manera progresiva de los equipos de aire acondicionado, en donde se considera aspectos de obsolescencia, ineficiencia energética, registro de fugas, malas prácticas en mantenimiento y tipo de refrigerante.

## Planes de Acción

### Plan N° 2:

**Objetivo.** Reducir el consumo de energía de los aires acondicionados en el Campus Tecnológico Central Cartago.

**Meta.** Reducir en un 10 % el consumo energético que generan los aires acondicionados para el periodo 2019- 2021.

**Descripción.** Como resultado del análisis de la operación de los equipos, para aumentar la eficiencia energética de los equipos, y disminuir el consumo energético de los mismos. Se proponen las siguientes actividades.

N°	Actividad
1	Programar limpieza general de filtros frecuentemente, así como la evaluación para sustitución de los mismos.
2	Reemplazar aislantes térmicos de las tuberías en malas condiciones.
3	Informar y concientizar a los usuarios de los aires acondicionados sobre un uso responsable y consiente de estos equipos.( Ver Apéndice 6)
4	Intervenir los aires acondicionados que no funcionan y que aún están con ciclo de vida vigente.
5	Retirar los equipos con vida útil caducada y que no se encuentran funcionando.
6	Transición al uso de aires acondicionados con refrigerante natural.
7	Sellar fugas de aire en ventanas y puertas para disminuir el esfuerzo realizado por los aires acondicionados.
8	Actividad # 5 Plan N° 1

## Planes de acción

### Plan N° 3.


**Objetivo.** Reducir el consumo de energía de los aires acondicionados en el Campus Tecnológico Central Cartago.

**Meta.** Reducir en un 10 % el consumo energético que generan los aires acondicionados para el periodo 2019- 2021.

**Descripción.** Como resultado del análisis de las condiciones de los aires acondicionados, así como en la ejecución de las labores de mantenimiento se proponen estas actividades para generar mantenimiento energéticamente más eficiencia.

N°	Actividad
1	Programar labores de mantenimiento basadas en condiciones operacionales de cada equipo.
2	Mejorar el registro de las labores de mantenimiento que se realizan a los aires acondicionados.
3	Aumentar las labores de limpieza de las zonas cercanas a los condensadores (hojas y ramas de los arboles).
4	Mejorar el manejo de los condensadores para evitar golpes en los intercambiadores.
5	Establecer los límites de las labores de mantenimiento por parte del DAM, para establecer las contrataciones de mantenimiento de los aires acondicionados, así como la programación de las labores fundamentadas en el contexto operacional de los mismos.
6	Desarrollar un organigrama de las labores de mantenimiento de los aires acondicionados que le corresponden al DAM.

### C. HOJA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO.

 <b>TEC</b>   Tecnológico de Costa Rica	Mantenimiento preventivo y correctivo de sistemas de aire acondicionado Campus Tecnológico Central Cartago					N°
	Empresa					Fecha
Técnico Encargado				Supervisor		
<b>Datos Técnicos</b>						
Ubicación				N° Activo		
Marca				Serie		
Modelo				Tipo		
Refrigerante				Amperaje		
Presión Alta				Voltaje		
Presión Baja				Capacidad		
<b>Carga Refrigerante</b>						
Recarga de Refrigerante	Si <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>				
Cantidad Refrigerante	<input type="text"/>	lb				
Estado de tubería de refrigerante:						
<b>Mantenimiento Preventivo</b>						
<b>Actividad</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Verificación</b>	<b>Bueno</b>	<b>Regular</b>	<b>Malo</b>
Limpeza Condensador			Estado de Rodamientos			
Limpeza evaporador			Anclajes condensador			
Limpeza de filtros			Amortiguadores			
Cambio de filtros			Operatividad termostato			
Lubricación de rodamientos			Tarjeta electrónica			
Limpeza serpentines			Aislantes térmicos			
Limpeza tablero eléctrico			Estado tablero eléctrico			
Observaciones.						
Recomendaciones.						

Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)

**D. RECOMENDACIONES DE USOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO, PARA MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE ESTOS EQUIPOS, EN AULAS Y OFICINAS.**

- En periodos de calor, previo a encender los sistemas de aire acondicionado, se recomienda hacer uso de ventilación natural, abriendo ventanas, permitiendo la renovación del aire del recinto.
- Apagar los sistemas de aires acondicionados una hora antes de finalizar la jornada laboral, además de mantener estos sistemas apagados durante el periodo de almuerzo.
- Mantener dentro del rango de 23 o 25 °C, la temperatura de los sistemas de aire acondicionado en aquellos recintos que utilizan aires acondicionados por condiciones de confort.(Por cada grado menos temperatura, representa un 10 % más de consumo energético).
- En los recintos acondicionados por confort, establecer un límite de 21°C, esto permite mantener un estado de eficiencia energética.
- Al momento de encender el aire acondicionado, evitar programar la temperatura inferior a los 21°C.
- Mantener puertas y ventanas cerradas en los recinto, durante la utilización de los sistemas de aire acondicionado, para evitar la entrada de calor.

## E. TABLA RESÚMENES.

**Tabla 9.1** Resumen de cantidad de sistemas de aire acondicionado por departamento.

<b>Departamento</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Escuela de Electrónica	24	8,4
Centro de Investigación en Biotecnología	22	7,7
Biblioteca José Figueres	14	4,9
Escuela de Química	14	4,9
Seguridad Laboral e Higiene ambiental	14	4,9
Biotecnología	12	4,2
Forestal	12	4,2
Administración de Empresas	9	3,2
Escuela de Materiales I5	9	3,2
Escuela Electromecánica	9	3,2
Escuela Ciencias del Lenguaje	8	2,8
Escuela Producción Industrial	8	2,8
Centro en Investigación en Computación	7	2,5
Laboratorio Institucional de Microscopía	6	2,1
Centro de las Artes	5	1,8
Laimi 2	5	1,8
TEC Digital	5	1,8
VIE/Cooperación	5	1,8
Biblioteca TICS	4	1,4
CIVCO	4	1,4
Edificio C1/ Federación Estudiantes	4	1,4
Escuela de Materiales I4	4	1,4
F2/ Computadores	4	1,4
Laboratorio Física/Química	4	1,4
Central Telefónica	3	1,1
CIPA	3	1,1
DATIC	3	1,1
Departamento de Servicios Generales	3	1,1
Edificio D3	3	1,1
Escuela Ciencias Sociales	3	1,1
Escuela Física	3	1,1
Escuela de Construcción	3	1,1
Laimi 1	3	1,1
Unidad de Proveduría	3	1,1
Administración de Mantenimiento	2	0,7
Ambiental	2	0,7
Centro Experimental de la Construcción	2	0,7

<b>Departamento</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Clínica	2	0,7
Comedor	2	0,7
Diseño Industrial	2	0,7
Edificio B2	2	0,7
Edificio B3	2	0,7
Editorial	2	0,7
Educación Técnica	2	0,7
Escuela Deporte y cultura	2	0,7
Fundatec	2	0,7
Matemáticas	2	0,7
Monitoreo	2	0,7
Rectoría	2	0,7
Archivo	1	0,4
ATI	1	0,4
Cabina de Producción/ CEDA	1	0,4
Contenedores Biotecnología	1	0,4
Dirección de Posgrado	1	0,4
Edificio B1 lado derecho	1	0,4
Edificio B1 lado izquierdo	1	0,4
Escuela Agrícola	1	0,4
Escuela Electromecánica/Taller	1	0,4
Estación Solar	1	0,4
Oficina de Ingeniería	1	0,4
Publicaciones	1	0,4
Unidad de Proveeduría/archivo	1	0,4
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>100,0</b>

*Fuente: Elaboración propia (SPSS)*



**Tabla 9.2** Tabla resumen correlación de promedio de horas y finalidad de equipos.

Promedio de horas de funcionamiento	Finalidad de los equipos						Total	
	Confort		Desconocido		Necesidad de los equipos			
	n	%	n	%	n	%	n	%
0 horas	6	7,2	13	48,1	19	10,9	38	13,3
De 0,5 horas a 5 horas	51	61,4	8	29,6	63	36,0	122	42,8
De 5,1 horas a 10 horas	24	28,9	4	14,8	56	32,0	84	29,5
De 10,1 horas a 24 horas	2	2,4	2	7,4	37	21,1	41	14,4
<b>Total</b>	<b>83</b>	<b>100,0</b>	<b>27</b>	<b>100,0</b>	<b>175</b>	<b>100,0</b>	<b>285</b>	<b>100,0</b>

*Fuente: Elaboración propia (SPSS)*

**Tabla 9.3** Lista de equipos que operan sin registro de años de operación.


Edificio	Código	Departamento	Lugar que abastece	Marca
A5	CIC-07	Centro en investigación en computación	Auditorio A5-01	York
B1	B1-01	Edificio B1 lado derecho	B1-10	York
B1	B1-02	Edificio B1 lado izquierdo	B1-10	York
B5	B5-03	Educación técnica	Oficinas	Innovair
B5	B5-04	Educación técnica	Dirección	York
B7	B7-01	Fundatec	Oficina	Ciac
B7	B5-05	Cabina de producción/ CEDA	Cuarto de producción	Ecox
B7	B7-02	Fundatec	Cuarto de Servidores	Ciac
D1	Adm-01	Administración de Empresa	Laboratorio de economía experimental	York
D1	Adm-02	Administración de Empresa	Laboratorio de economía experimental	York
D1	Adm-03	Administración de Empresa	Sala de video conferencia	York
D1	Adm-04	Administración de Empresa	Sala de video conferencia	York
D1	Adm-05	Administración de Empresa	Cuarto control economía experimental	York
D1	Adm-06	Administración de Empresa	Salón ejecutivo	York
D1	Adm-07	Administración de Empresa	Oficina dirección 305	York
D1	Adm-08	Administración de Empresa	Sala reuniones tercer piso 306	York
D1	Adm-09	Administración de Empresa	Dirección	York

<b>Edificio</b>	<b>Código</b>	<b>Departamento</b>	<b>Lugar que abastece</b>	<b>Marca</b>
D10	D10-02	Escuela Electromecánica	D10-20	Goldstar
D10	D10-03	Escuela Electromecánica	D10-20	Goldstar
D4	D4-01	Unidad de Proveduría/archivo	Deposito archivo almacenamiento	York
D7	D7-01	Monitoreo	Oficina de monitoreo	York
D8	D8-02	Departamentos de servicios generales	Oficinas Asamblea Institucional	Miller
D8	D8-03	Departamentos de servicios generales	Oficinas Asamblea Institucional	Miller
E8	E8-01	Centro de las artes	Auditorio	Daikin
E8	E8-02	Centro de las artes	Auditorio	Daikin
E8	E8-03	Centro de las artes	Auditorio	Daikin
E8	E8-04	Centro de las artes	Auditorio	Daikin
E8	E8-05	Centro de las artes	Cuarto de control	York
G19	G19-01	Centro de investigación en biotecnología	Desconocido	Emerson
G19	G19-02	Centro de investigación en biotecnología	Bacteriología G19-24	Westinghouse
G19	G19-03	Centro de investigación en biotecnología	Laboratorio Bio control G19-27	Westinghouse
G19	G19-04	Centro de investigación en biotecnología	Laboratorio Bio procesos vegetales G19-22	Westinghouse
G19	G19-05	Centro de investigación en biotecnología	Bioenergía G19-25	Westinghouse
G19	G19-06	Centro de investigación en biotecnología	Laboratorio de biología molecular G19-19	Westinghouse
G19	G19-07	Centro de investigación en biotecnología	Laboratorio de biología sintética G19-21	Westinghouse
G19	G19-08	Centro de investigación en biotecnología	Laboratorio de Crio conservación G19-13	Westinghouse
G19	G19-09	Centro de investigación en biotecnología	Coordinación G19-13	Westinghouse
G19	G19-10	Centro de investigación en biotecnología	Cuarto Crecimiento Bioenergía G19-25	Westinghouse
G19	G19-11	Centro de investigación en biotecnología	Cubículos C G19-10	Westinghouse
G19	G19-12	Centro de investigación en biotecnología	Cubículos A G19-26	Westinghouse
G19	G19-13	Centro de investigación en biotecnología	Cubículos B G19-20	Westinghouse
G19	G19-14	Centro de investigación en biotecnología	Sala de conferencias G19-28	Westinghouse
G19	G19-15	Centro de investigación en biotecnología	Sala de reuniones G19-15	Westinghouse
G19	G19-16	Centro de investigación en biotecnología	Secretaria G 19-14	Westinghouse
G19	G19-17	Centro de investigación en biotecnología	Laboratorio de Virología G19-23	Westinghouse
G19	G19-18	Centro de investigación en biotecnología	Cuarto crecimiento vegetal in vitro 27°C G19-09	Westinghouse

<b>Edificio</b>	<b>Código</b>	<b>Departamento</b>	<b>Lugar que abastece</b>	<b>Marca</b>
G19	G19-19	Centro de investigación en biotecnología	Laboratorio transferencia vegetal G19-07	Westinghouse
G19	G19-20	Centro de investigación en biotecnología	Cuarto de crecimiento vegetal in vitro 21°C G19-05	Westinghouse
G7	G7-02	Biología	Cuarto frío	Lennox
G7	G7-03	Biología	Cuarto caliente	Lennox
G7	G7-05	Biología	Cuarto de transferencia	Goodman
G7	G7-14	Laboratorio Institucional de Microscopía	Cuarto de microscopía	Westinghouse
G8	G8-01	Laboratorio Institucional de Microscopía	Laboratorio de nanotecnología	TGM
I8	I8-01	Estación Solar	Desconocido	York
L1	L1-01	Forestal	Laboratorio anatomía de la madera	Cooltek
L1	L1-02	Forestal	Laboratorio química de la madera	Everwell
L3	L3-01	Forestal	Sistemas de información geográfica L3-06	Daikin
L3	L3-02	Forestal	Laboratorio de computadoras L3-05	Daikin
L3	L3-03	Forestal	Aula 03	York
L3	L3-04	Forestal	Sistemas de información geográfica L3-06	Daikin
L3	L3-05	Forestal	Laboratorio de computadoras L3-05	Daikin
L3	L3-06	Forestal	Laboratorio de computadoras L3-05	Daikin
M8	M8-01	Oficina de Ingeniería	Cuarto eléctrico	York

*Fuente: Elaboración propia (SPSS)*

**F. FORMULARIO PARA LEVANTAMIENTO DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.**

<b>LEVANTAMIENTO DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO</b>		
Campus Tecnológico Central Cartago Código A/C		
<b>Información General</b>		
Departamento/Escuela.	Ubicación	Tiempo promedio de operación
N° de activo	Funcionando	Adquirido por
		Lugar que Abastece
		Fecha de Instalación
<b>Información Técnica</b>		
Marca	Modelo	Voltaje de Operación (V)
Serie	Tipo de A/C	Corriente de Placa (A)
Tipo de Refrigerante	Potencia (KW)	Capacidad (BTU/ h)
		Cantidad de Refrigerante
		Cuenta con contrato de mantenimiento
		Finalidad del Equipo
<b>Observaciones</b>		

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Word)*

**G. REGISTRO DE CONSUMO ENERGÉTICO CORRESPONDIENTE AL AÑO 2018.**

<b>Mes</b>	<b>Consumo (kWh)</b>
Enero	283753
Febrero	358338
Marzo	398416
Abril	384663
Mayo	376167
Junio	427912
Julio	330702
Agosto	391289
Septiembre	428117
Octubre	404640
Noviembre	491791
Diciembre	344009
<b>Total</b>	<b>6429996</b>
<b>Promedio</b>	<b>379196</b>

*Fuente: Elaboración propia (Microsoft Excel)*

## H. LEVANTAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO DEL CAMPUS TECNOLÓGICO CENTRAL CARTAGO.

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
A1	REC-01	Rectoría	61723	si	TEC	Sala de reuniones consejo institucional	13/1/2013	York	split Ducto		R410A	7500	220	34,3	60000	2,5	2,34	Confort
A1	REC-02	Rectoría	64458	si	TEC	Oficina Vicerrectoría de Administración	21/12/2013	Carrier	Mini Split	38KCC124313C	R410A	3200	220	14,5	24000	5,6	2,20	Confort
A1	VIE-01	VIE	61735	si	TEC	Sala reuniones VIE	13/1/2013	York	Mini split	RVEC24DS-ADR	R410A	3200	220	12,5	24000	2,5	2,20	Confort
A1	VIE-02	VIE/Cooperación	73177	si	TEC	cooperación	6/11/2015	Carrier	Mini split	42KCL109313G	R410A	1250	220	6	9000	2	2,11	Confort
A1	VIE-03	VIE/Cooperación	73176	si	TEC	cooperación	6/11/2015	Carrier	Mini split	42KCL109313G	R410A	1250	220	6	9000	2	2,11	Confort
A1	VIE-04	VIE/Cooperación	73178	si	TEC	cooperación	6/11/2015	Carrier	Mini split	42KCL109313G	R410A	1250	220	6	9000	2	2,11	Confort
A1	VIE-05	VIE/Cooperación	73179	si	TEC	cooperación	6/11/2015	Carrier	Mini split	42KCL109313G	R410A	1250	220	6	9000	2	2,11	Confort
A2	DAT-01	DATIC	57120	si	TEC	Servidores	24/6/2011	Emerson	Precisión	S23UA030VDG0020G0	R407C	1386	220	6,3	12000		2,54	Necesidad de los equipos
A2	DAT-02	DATIC	39541	si	TEC	Servidores	2/2/2006	York	Paquete	DM090C00A2AAA4	R22	8400	220	38,2	90000	7,24	3,14	Necesidad de los equipos
A2	DAT-03	DATIC	54660	si	TEC	Oficinas Asistentes	30/9/2010	York	Mini split	YHJE18ZT6AMHORX	R410A	1500	220	6,75	18000	2,09	3,51	Necesidad de los equipos
A4	Fis-01	Escuela Fisica	al-0300	no	TEC	laboratorio metrologia		Daikin	split piso cielo	R71BBVHL	R22	3700	220	17,4			0,00	Desconocido
A4	Fis-02	Escuela Fisica	al-0257	no	TEC	Asociación estudiantes Fisica		Lennox	split piso cielo	LXCM50C-KFAF	R22	6400	220	29,1		6	0,00	Confort
A4	Fis-03	Escuela Fisica	64669	si	TEC	Laboratorio de microscopia	18/1/2014	Data aire	Precisión	DAMA-0112-AJ	R410A	1870	220	8,5	12000	1,6	1,88	Necesidad de los equipos
A4	CS-01	Escuela Ciencias sociales	54234	si	TEC	A4-04	21/6/2010	York	split piso cielo	YOEA60FS-ADH	R22	6600	220	30,4	24000	6	1,07	Confort
A4	CS-02	Escuela Ciencias sociales	42032	si	TEC	A4-05	30/5/2007	Carrier	split piso cielo	n2ae60aka	R22	8200	220	37,5	60000	7,2	2,14	Confort
A4	CS-03	Escuela Ciencias sociales	42031	si	TEC	A4-05	30/5/2007	Carrier	split piso cielo	n2ae60aka	R22	8200	220	37,5	60000	7,2	2,14	Confort
A5	CIC-01	Centro en investigación en computación	43943	no	TEC	Desconocido	23/2/2001	Carrier	split piso cielo		R22	2816	220	12,8	24000	3,76	2,50	Desconocido
A5	CIC-02	Centro en investigación en computación	43942	si	TEC	A5-03	23/2/2001	Carrier	split piso cielo	38CKC024330	R22	2816	220	12,8	24000	3,76	2,50	Necesidad de los equipos
A5	CIC-03	Centro en investigación en computación	52150	si	TEC	LUTEC A5-05	21/1/2010	York	split piso cielo	YOEA60FS-ADT	R410A	4600	220	34,3	60000	5,6	3,82	Necesidad de los equipos
A5	CIC-04	Centro en investigación en computación	85089	si	TEC	SALA SERVIDORES	7/5/2018	Innovair	split piso cielo	UV60C2DBI	R410A	5148	220	23,4	60000	4,6	3,41	Necesidad de los equipos
A5	CIC-05	Centro en investigación en computación	61721	si	TEC	LAB ESCIENEC A5-02	13/1/2013	York	split piso cielo	YOEA36FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,70	Confort
A5	CIC-06	Centro en investigación en computación	61722	si	TEC	LAB ESCIENEC A5-02	13/1/2013	York	split piso cielo	YOEA36FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,70	CONFORT
A5	CIC-07	Centro en investigación en computación		si	TEC	AUTORIO A5-01		York	Paquete	ZF120C00N2AAC7	R410A	11000	220	50	120000	12	3,20	CONFORT

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
B1	B1-01	Edificio B1 lado derecho		si	TEC	B1-10		York	Cassette	MCA-48CRN	R22	4600	220	21,1	48000	4,9	3,06	Necesidad de los equipos
B1	B1-02	Edificio B1 lado izquierdo		si	TEC	B1-10		York	Cassette	MCA-48CRN	R22	4600	220	21,1	48000	4,9	3,06	Necesidad de los equipos
B2	B2-01	Edificio B2	61722	si	TEC	Sistemas de información admisión y registro	13/1/2013	York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,70	Necesidad de los equipos
B2	B2-02	Edificio B2	61721	si	TEC	Expediente estudiantil admisión y registro	13/1/2013	York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,70	Necesidad de los equipos
B3	B3-02	Edificio B3	AL-0901	no	TEC	Laboratorio computación H		York	split piso cielo		R22	6270	220	28,5	60000		2,80	Desconocido
B3	B3-01	Edificio B3	39560	si	TEC	Laimi C	2/2/2006	York	Mini split		R22	8000	220	36,4	60000	12	2,20	Necesidad de los equipos
B5	B5-01	Esc. Deporte y cultura	45608	si	TEC	Teatro	30/5/2008	York	Mini split	YJEA24FS-ADA	R22	2750	220	12,5	24000	16,7	2,56	Confort
B5	B5-02	Esc. Deporte y cultura	38655	si	TEC	Teatro	27/1/2005	Tempstar	cielo	MK036AWAT	R22	3520	220	16	36000	4,9	3,00	Confort
B5	B5-03	Educación técnica		si	TEC	Oficinas		Innovair	Cassette	ICS0629C21	R410A	2400	220	10	24000	2,7	2,93	Confort
B5	B5-04	Educación técnica		si	TEC	Dirección		York	Mini split	YJHJXC012BAR-FX	R410A	1030	220	6	12000	2,27	3,41	Confort
B6	B6-01	Editorial	64459	si	TEC	Sala reuniones	21/12/2013	Carrier	Mini split	42KCL112313G	R410A	1300	220	9	12000	1,3	2,70	Confort
B6	B6-02	Editorial	64460	si	TEC	Oficina	21/12/2013	Carrier	Mini split	42KCL112313G	R410A	1300	220	10	12000	1,3	2,70	Confort
B7	B7-01	FundaTec	EC	si	Externo	Oficina		Ciac	Mini split	ch41a-012H3U1C	R410A	1276	220	5,8	12000	1,43	2,75	Confort
B7	B5-05	CEDA		SI	TEC	PRODUCCION		ECOX	MINI SPLIT	EACM009C11B	R410A	1250	220	6	9000	2	2,11	Confort
B7	B7-02	FundaTec	EC	SI	Externo	Cuarto de Servidores		Ciac	Mini split	ch41a-012H3U1C	R410A	1276	220	5,8	12000	1,43	2,75	Confort

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
C1	C1-01	Estudiantes	70449	SI	TEC	C1-10	2/10/2014	Carrier	cielo	42FLC0482002301	R410A	5300	220	24,3	48000	7,37	2,65	Desconocido
C1	C1-02	Estudiantes	64670	SI	TEC	MATEC	18/1/2014	York	cielo	YOEA60FS-ADT	R410A	4600	220	21,1	60000	4,9	3,82	Desconocido
C1	C1-03	Estudiantes	57913	SI	TEC	C1-04	23/12/2011	Lennox	cielo		R410A	6300	220	28,9	48000	4,8	2,23	Desconocido
C1	C1-04	Estudiantes	77087	SI	TEC	C1-06	3/9/2016	York	cielo	YOEA60FS-ADT	R410A	7500	220	34,3	60000	5,6	2,34	Desconocido
C3	C3-01	Biblioteca José Figueres	45610	No	TEC	Bilab primer piso	30/5/2008	York	split piso cielo	AC036X1024A	R22	4730	220	21,5	36000	3,15	2,23	Necesidad de los equipos
C3	C3-04	Biblioteca José Figueres	77948	si	TEC	colección general	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW-4	R410A	5700	220	25,8	64000	18,2	3,29	Necesidad de los equipos
C3	C3-03	Biblioteca José Figueres	77947	si	TEC	colección general	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW-4	R410A	5700	220	25,8	64000	18,2	3,29	Necesidad de los equipos
C3	C3-02	Biblioteca José Figueres	77946	si	TEC	colección general	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW-4	R410A	5700	220	25,8	64000	18,2	3,29	Necesidad de los equipos
C3	C3-05	Biblioteca José Figueres		si	TEC	sala conferencia	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5900	220	27	72000	8,8	3,57	Confort
C3	C3-06	Biblioteca José Figueres	76641	si	TEC	sala conferencia	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5900	220	27	72000	8,8	3,57	Confort
C3	C3-07	Biblioteca José Figueres		si	TEC	sala conferencia	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5900	220	27	72000	8,8	3,57	Confort
C3	C3-08	Biblioteca José Figueres	76640	si	TEC	sala conferencia	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5900	220	27	72000	8,8	3,57	Confort
C3	C3-09	Biblioteca José Figueres	75266	si	TEC	sala formación	30/4/2016	Lennox	split piso cielo		R410A	5800	220	26,4	60000	9	3,03	Necesidad de los equipos
C3	C3-10	Biblioteca José Figueres	20746	No	TEC	desconocido	30/5/1988	Daikin	Cassette	R4LTH	R22	3982	220	18,1		1	0,00	Desconocido
C3	C3-11	Biblioteca José Figueres	20745	No	TEC	desconectado	30/5/1988	Daikin	Cassette	R100ATGU	R22	3982	220	18,1		4,85	0,00	Desconocido
C3	C3-12	Biblioteca José Figueres	22189	No	TEC	desconocido					R22		220					Desconocido
C3	C3-13	Biblioteca José Figueres		no	TEC	desconocido		Lennox	Split ducto		R410A	5800	220	35,8	60000	12,5	3,03	Desconocido
C3	C3-15	Biblioteca José Figueres	62448	si	TEC	Cuarto telecomunicaciones	19/7/2013	Carrier	Mini split	42KCD124313G	R410A	3200	220	14,5	24000	5,6	2,20	Necesidad de los equipos
C10	C10-01	Comedor	82201	si	TEC	Dirección	21/6/2017	York	Mini split		R410A	770	220	3,6	9000	1,65	3,42	Confort
C10	C10-02	Comedor	82202	si	TEC	Nutrición	21/6/2017	York	Mini split	YJHJZC09	R410A	770	220	3,6	9280	1,65	3,53	Confort
C4	C4-01	Laboratorio Física/Química	28457	No	TEC	Lab agua potable	12/2/1997	Carrier	Ventana		R22	1900	220	9,2	18000		2,77	Necesidad de los equipos
C4	C4-02	Laboratorio Física/Química	28458	si	TEC	Lab agua potable	12/2/1997	Carrier	Ventana		R22	1900	220	9,2	18000	2,5	2,77	Necesidad de los equipos
C4	C4-03	Laboratorio Física/Química	28323	si	TEC	Lab cromatografía	30/12/1996	Carrier	Mini Split	38cckb048-301	R22	7018	220	31,9	48000	6,63	2,00	Necesidad de los equipos
C4	C4-04	Laboratorio Física/Química	57707	si	TEC	Aguas residuales	31/8/2012	Comfortstar	Mini split		R410A	1660	220	7,5	12000	1,32	2,12	Necesidad de los equipos
C9	Laim1-01	Laimi 1	54659	si	TEC	Cuarto eléctrico	30/9/2010	York	Mini Split	HADC18FS-ADS	R410A	5280	220	9,3	18000	4,4	1,00	Necesidad de los equipos
C9	Laim1-02	Laimi 1	32271	si	TEC	Sala computadoras	26/10/2002	York	Paquete	DM150C00A2AAA2A	R22	33880	220	154	180000	10	1,56	Necesidad de los equipos
C9	Laim1-03	Laimi 1	32272	si	TEC	Sala computadoras	26/10/2002	York	Paquete	DM150C00A2AAA2A	R22	33880	220	154	180000	10	1,56	Necesidad de los equipos



Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
D1	Adm-01	Administración de Empresa		si	TEC	Lab de economía experimental		York	Split piso cielo	YOEAE60FS-ADH	R410A	3850	220	17,2	48000	4,9	3,65	Necesidad de los equipos
D1	Adm-02	Administración de Empresa		si	TEC	Lab de economía experimental		York	Split piso cielo	YOEAE60FS-ADH	R410A	3850	220	17,2	48000	4,9	3,65	Necesidad de los equipos
D1	Adm-03	Administración de Empresa		si	TEC	Sala de video conferencia		York	Split piso cielo	YOEAE60FS-ADH	R410A	3850	220	17,2	48000	4,9	3,65	Necesidad de los equipos
D1	Adm-04	Administración de Empresa		si	TEC	Sala de video conferencia		York	Split piso cielo	YOEAE60FS-ADH	R410A	3850	220	17,2	48000	4,9	3,65	Necesidad de los equipos
D1	Adm-05	Administración de Empresa		si	TEC	Cuarto control economía experimental		York	Mini split	HAEC12FS-ADS	R410A	1120	220	4,89	12000	2,93	3,14	Necesidad de los equipos
D1	Adm-06	Administración de Empresa		si	TEC	salón ejecutivo		York	Split ducto	FXRPO48H06M	R410A	3830	220	17,5	36000	4,8	2,75	Confort
D1	Adm-07	Administración de Empresa		si	TEC	Oficina dirección 305		York	Mini split	HAEC12FS-ADS	R410A	1080	220	4,9	12000	2,93	3,25	Confort
D1	Adm-08	Administración de Empresa		si	TEC	Sala reuniones tercer piso 306		York	Mini split	HAEC12FS-ADS	R410A	1080	220	4,9	12000	2,93	3,25	Confort
D1	Adm-09	Administración de Empresa		si	TEC	Dirección		York	Mini split	HAEC12FS-ADS	R410A	2000	220	8,8	24000	5,29	3,51	Confort
D10	D10-01	Escuela Electromecánica	59791	si	TEC	Bodega	14/4/2012	York	Mini split	RVDC18DS-ADR	R410A	1750	220	8	18000	2,16	3,01	Necesidad de los equipos
D10	D10-02	Escuela Electromecánica		si	TEC	D10-20		Goldstar	Ventana	GA-1823FS	R22	1900	220	9,2	18000	2,5	2,77	Confort
D10	D10-03	Escuela Electromecánica		si	TEC	D10-20		Goldstar	Ventana	GA-1823FS	R22	1900	220	9,2	18000	2,5	2,77	Confort
D10	D10-04	Escuela Electromecánica	59807	si	TEC	D10-13	14/4/2012	York	Mini split	RVEC24DS-ADR	R410A	2350	220	16	24000	2,6	2,99	Necesidad de los equipos
D10	D10-05	Escuela Electromecánica/Taller	78760	si	TEC	D11-03/Laboratorio metrología	31/4/2016	York	Mini split	YJHJYC018BAR-AX	R410A	1470	220	6,8	17000	3,11	3,39	Necesidad de los equipos
D10	D10-06	Escuela Electromecánica	59808	si	TEC	D10-13	14/4/2012	York	Mini split	RVEC24DS-ADR	R410A	2350	220	16	24000	2,6	2,99	Necesidad de los equipos
D10	D10-07	Escuela Electromecánica	20407	no	TEC	Bodega		Carrier	Ventana	S1DTC112351	R22	1220	220	5,5	12000	1,11	2,88	Necesidad de los equipos
D10	D10-08	Escuela Electromecánica	69232	si	TEC	D10-25	24/7/2014	York	Mini split		R410A	2350	220	9,8	24000	2,6	2,99	Necesidad de los equipos
D10	D10-09	Escuela Electromecánica	69231	si	TEC	D10-25	24/7/2014	York	Mini split		R410A	2350	220	9,8	24000	2,6	2,99	Necesidad de los equipos
D10	D10-10	Escuela Electromecánica	45984	no	TEC	D10-20 OFICINA	17/10/2008	Air-pro	Mini split		R22	1150	220	6,3	9000	1,16	2,29	Confort
D2	D2-01	TEC DIGITAL	59802	SI	TEC	Cuarto servidores tec digital	14/4/2012	York	Mini split	RVEC09DS-ADR	R410A	820	220	3,7	9000	1,26	3,21	Necesidad de los equipos
D2	D2-02	TEC DIGITAL	59800	SI	TEC	Oficina de comunicación	14/4/2012	York	Mini split	RVEC12DS-ADR	R410A	1100	220	5	12000	1,52	3,20	Necesidad de los equipos
D2	D2-03	TEC DIGITAL	59801	SI	TEC	Oficina de comunicación	14/4/2012	York	Mini split	RVEC24DS-ADR	R410A	2350	220	16	24000	2,6	2,99	Necesidad de los equipos
D2	D2-04	TEC DIGITAL	61231	no	TEC	Sala capacitación de personal	21/1/2013	york	Cassette	GC-36CF26T/U	R410A	3900	220	17,9	36000	4,90	2,70	Confort
D2	D2-05	TEC DIGITAL	61232	no	TEC	Sala capacitación de personal	27/1/2013	york	Cassette	GC-36CF26T/U	R410A	3900	220	17,9	36000	4,90	2,70	Confort
D3	D3-01	Edificio D3	78185	si	TEC	AUTORIO D3-01	28/12/2015	LG	Cassette	ATNQ54GMLE3	R410A	6380	220	29	54000	6,6	2,48	Confort
D3	D3-02	Edificio D3	78184	si	TEC	AUTORIO D3-01	17/6/2016	LG	Cassette	ATNQ54GMLE3	R410A	6380	220	29	54000	6,3	2,48	Confort
D3	D3-03	Edificio D3	78183	si	TEC	AUTORIO D3-01	24/9/2015	LG	Cassette	ATNQ54GMLE3	R410A	6380	220	29	54000	6,3	2,48	Confort
D3	D3-04	Central telefonica	41782	no	TEC	Central Telefonica		Carrier	Ventana		R22	2838	220	12,9	24000	2,6	2,48	Necesidad de los equipos
D3	D3-05	Central telefonica	61730	si	TEC	Central Telefonica	13/1/2013	York	Mini split	RVEC24DS-ADR	R410A	4570	220	20,8	24000	2,93	1,54	Necesidad de los equipos
D3	D3-06	Central telefonica	32626	no	tec	Central Telefonica	18/10/2002	LG	Ventana		R22	2838	220	12,9	24000	2,6	2,48	Desconocido

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
D4	D4-01	Unidad de Proveeduría/archivo	59790	si	TEC	Deposito archivo almacenamiento		York	Paquete	ZF120C00A2AAA5A	R410A	9100	220	41,6	120000	12,6	3,86	Necesidad de los equipos
D4	D4-02	Unidad de Proveeduría	39384	si	TEC	Dirección	7/1/2006	Miller	Multi plit	NHX3-012KNW1	R22	1280	220	5,8	12000	1,4	2,75	Confort
D4	D4-03	Unidad de Proveeduría	39384	si	TEC	Oficina en conjunto	7/1/2006	Miller	Multi plit	NHX3-012KNW1	R22	1280	220	5,8	12000	1,4	2,75	Confort
D4	D4-04	Unidad de Proveeduría	61731	si	TEC	Oficina	13/1/2013	York	Mini split	RVEC24DS-ADR	R410A	2350	220	16	24000	2,6	2,99	Confort
D7	D7-01	Monitoreo		si	TEC	Oficina de monitoreo		York	Mini split	YJHJYC024BAR-FX	R410A	2050	220	9,3	24000	3,89	3,43	Necesidad de los equipos
D7	D7-02	Monitoreo		no	TEC	Oficina de Coordinación		York	Mini split	RVEC09DS-ADR	R410A	820	220	3,7	9000	1,26	3,21	Necesidad de los equipos
D7	D7-03	ATI	38032	no	tec	oficina de reuniones	6/12/2003	luxaire	Ventana	LSUSCU4A	R22	1220	220	5,5	12000	1,11	2,9	Necesidad de los equipos
D8	D8-01	Departamentos de servicios generales	38416	si	TEC	Centro de archivo y comunicación	30/12/2004	York	Mini split	HLEA24FS-ADA	R22	2700	220	12,5	24000	4,73	2,60	Confort
D8	D8-02	Departamentos de servicios generales		si	TEC	Oficinas asamblea institucional		Miller	Multi plit	NHX012KNW1	R22	1280	220	5,8	12000	1,4	2,75	Confort
D8	D8-03	Departamentos de servicios generales		si	TEC	Oficinas asamblea institucional		Miller	Multi plit	NHX012KNW2	R22	1280	220	5,8	12000	1,4	2,75	Confort
D8	D8-04	Publicaciones	38420	si	TEC	Taller de Publicaciones	30/12/2004	York	Mini split	HLEA12FS-ADA	R22	1330	220	6,1	12000	1,71	2,6	Necesidad de los equipos
D8	D8-05	Archivo	14974	No	TEC	Archivo	30/1/1983	Emerson	Ventana		R22	2024	220	9,2	18000		2,60	Necesidad de los equipos
E8	E8-01	Centro de las artes		si	TEC	Auditorio		Daikin	Paquete	DP5010AHCY2PW	R410A	13000	220	60,0	120000	34	2,7	Confort
E8	E8-02	Centro de las artes		si	TEC	Auditorio		Daikin	Paquete	DP5010AHCY2PW	R410A	13000	220	60,0	120000	34	2,7	Confort
E8	E8-03	Centro de las artes		si	TEC	Auditorio		Daikin	Paquete	DP5010AHCY2PW	R410A	13000	220	60,0	120000	34	2,7	Confort
E8	E8-04	Centro de las artes		si	TEC	Auditorio		Daikin	Paquete	DP5010AHCY2PW	R410A	13000	220	60,0	120000	34	2,7	Confort
E8	E8-05	Centro de las artes		si	TEC	Cuarto de control Sala de reuniones		York	Mini split	RVEC18DS-ADR	R410A	1750	220	8,0	18000	2,16	3,0	Necesidad de los equipos
F1	F1-01	Dirección de Posgrado	77989	si	TEC	Escuela de Construcción Posgrado	2/12/2016	Innovair	Cassette	CE60C2DB2	R410A	6600	220	30,0	62000	10,18	2,8	Confort
F1	F1-02	Escuela de Construcción	55573	no	TEC	Aula F1-06	30/1/2011	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADH	R410A	6210	220	25,6	60000	4,9	2,8	Necesidad de los equipos
F1	F1-03	Escuela de Construcción		si	TEC	Aula F1-06	2019	Innovair	Cassette		R410A	8030	220	36,5	60000	10	2,2	Necesidad de los equipos
F1	F1-04	Escuela de Construcción		si	TEC	Aula F1-06	2019	Innovair	Cassette		R410A	8030	220	36,5	60000	10	2,2	Necesidad de los equipos
F10	Lai2-01	Laimi 2	61711	si	TEC	Auditorio	13/1/2013	York	Ducto	TCGD60S41S3A	R410A	8000	220	35	60000	5,6	2,2	Confort
F10	Lai2-02	Laimi 2	61712	si	TEC	Auditorio	13/1/2013	York	Ducto	TCGD60S41S3A	R410A	8000	220	35	60000	5,6	2,2	Confort
F10	Lai2-03	Laimi 2	57119	si	TEC	Cuarto servidores Laimi 2	24/6/2011	Emerson	Precisión	DPS006AHCY2PW	R407C	1386	220	6,3	12000		2,54	Necesidad de los equipos
F10	Lai2-04	Laimi 2	77947	si	TEC	Laboratorio computadoras	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW	R410A	6512	220	29,6	125000	15,3	5,62	Necesidad de los equipos
F10	Lai2-05	Laimi 2	77947	si	TEC	Laboratorio computadoras	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW	R410A	6512	220	29,6	125000	15,3	5,62	Necesidad de los equipos
F11	Clin-01	Clinica	45609	si	TEC	Odontologia	30/5/2008	York	split piso cielo	MCC55T17	R22	6700	220	30,4	60000	6,2	2,62	Necesidad de los equipos
F11	Clin-02	Clinica	84175	si	TEC	Dirección clinica	5/11/2017	Carrier	Mini split	42KHC012DS	R410A	1090	220	1,9	13000	1,21	3,49	Confort
F2	F2-01	F2/ Computadores	44211	No	TEC	Aula segundo piso	3/6/2003	Carrier	Mini split	38CKC048	R22	7018	220	31,9	48000	2,73	2,00	Desconocido
F2	F2-02	F2/ Computadores	35882	no	TEC	desconocido		LG	split piso cielo	LP-E5022CA	R22	3850	220	19	44000	7,7	3,35	Desconocido
F2	F2-03	F2/ Computadores	52986	si	TEC	Cuarto tele comunicaciones	12/12/2009	York	Mini split	YJEA18FS-ADA	R22	2350	220	9,8	18000	2,6	2,24	Necesidad de los equipos
F2	F2-04	F2/ Computadores	44252	no	TEC	F2-10 Laboratorio	3/6/2003	Carrier	Split piso cielo		R22	7018	220	31,9	48000	2,73	2,00	Necesidad de los equipos

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
F9	F9-01	Escuela Ciencias del Lenguaje	45890	si	TEC	Aula F9-04	23/7/2008	Miller	Split piso cielo	NFX7-0365VW2	R22	4200	220	19,1	36000	4,3	2,51	Confort
F9	F9-02	Escuela Ciencias del Lenguaje	45806	SI	TEC	Aula F9-02	29/5/2008	Mitsubishi	Cassette	PLA-A36AA	R410A	3700	220	17	36000	6	2,85	Confort
F9	F9-03	Escuela Ciencias del Lenguaje	45807	si	TEC	Cabina operador	29/5/2008	Mitsubishi	Mini split	MS-A10ND	R410A	3000	220	14	24000	6	2,34	Confort
F9	F9-04	Escuela Ciencias del Lenguaje	45808	si	TEC	oficina reuniones	29/5/2008	Mitsubishi	Mini split	MS-A10ND	R410A	3000	220	14	24000	6	2,34	Necesidad de los equipos
F9	F9-05	Escuela Ciencias del Lenguaje	55570	si	TEC	Cuarto de telecomunicaciones	30/1/2011	York	Mini split	HAEC12FS-ADS	R410A	1120	220	4,89	12000	2,93	3,14	Necesidad de los equipos
F9	F9-06	Escuela Ciencias del Lenguaje	45809	si	TEC	Lab B ciencias del lenguaje	29/5/2008	Miller	Split piso cielo	NFX7-0365VW2	R22	4200	220	19,1	36000	4,3	2,51	Necesidad de los equipos
F9	F9-07	Escuela Ciencias del Lenguaje		si	TEC	Lab A ciencias del lenguaje	2019	Mcquay	Cassette	NFX7-0365VW2	R410A	6000	220	27,3	61400	2,5	3,00	Necesidad de los equipos
F9	F9-08	Escuela Ciencias del Lenguaje	45810	si	TEC	Aula A-09	13/1/2013	York	mini split	YOE A60FS-ADH	R410A	4642	220	21,1	60000	4,9	3,79	confort
G10	G10-01	CIPA	57907	si	TEC	Área oficina	27/11/2011	York	Split piso cielo	moiu-1774060-hcu216a	R410A	3830	220	17,5	36000	4,8	2,75	Necesidad de los equipos
G10	G10-02	CIPA	69233	si	TEC	Área toc	24/7/2014	Innovair	Mini split	WOE18C2DB1	R410A	1880	220	8,7	18000	1,28	2,80	Necesidad de los equipos
G10	G10-03	CIPA	61210	si	TEC	Preparacion de muestra	21/1/2013	TGM	Mini split	MWGRNT185	R410A	1800	220	39	18000	2,2	2,93	Necesidad de los equipos
G11	G11-01	Contenedores Biotecnología		no	TEC	Contenedores Biotecnología		Ecox	Split piso cielo		R410A	1700	220	7,5	18000	1,012	3,10	Desconocido
G17	G17-01	Ambiental	84349	si	TEC	Laboratorio de agua	11/12/2017	Carrier	Split piso cielo	42KUE060N	R410A	4800	220	22	60000	8,8	3,66	Necesidad de los equipos
G17	G17-02	Ambiental	45921	si	TEC	Laboratorio de agua	26/7/2008	York	Mini split	YJEA12FS-ADA	R410A	1100	220	5	12000	1,52	3,20	Necesidad de los equipos
G19	G19-01	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Desconocido		Emerson	Precisión		R410A	1910	220	8,7	12800	1,768	1,96	Desconocido
G19	G19-02	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Bacteriología G19-24		Westinghouse	Ducto	GB5BM-X24K-B	R410A	2900	220	13,5	24000	2,86	2,4	Necesidad de los equipos
G19	G19-03	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Lab Biocontrol G19-27		Westinghouse	Ducto	B6BMM060K-C	R410A	6000	220	27,6	60000	4,33	2,9	Necesidad de los equipos
G19	G19-04	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Lab Bioprocesos vegetales G19-22		Westinghouse	Ducto	B6BMM036K-B	R410A	3900	220	17,8	36000	3,21	2,7	Necesidad de los equipos
G19	G19-05	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Bioenergía G19-25		Westinghouse	Ducto	B6BMM060K-C	R410A	6000	220	27,5	60000	4,33	2,9	Necesidad de los equipos
G19	G19-06	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Lab de biología molecular G19-19		Westinghouse	Ducto	B6BMM036K-B	R410A	3900	220	17,8	36000	3,21	2,7	Necesidad de los equipos
G19	G19-07	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Lab de biología sintética G19-21		Westinghouse	Ducto	GB5BM-X24K-B	R410A	2900	220	13,5	24000	2,86	2,4	Necesidad de los equipos
G19	G19-08	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Crioconservación G19-13		Westinghouse	Mini split		R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Necesidad de los equipos
G19	G19-09	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Coordinación G19-13		Westinghouse	Mini split	WIHXD12KW4A	R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Confort
G19	G19-10	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Cuarto Crecimiento Bioenergía G19-25		Westinghouse	Mini split	WIHXD12KW4A	R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Necesidad de los equipos

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
G19	G19-11	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Cubiculos C G19-10		Westinghouse	Mini split	W1K5971583	R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Necesidad de los equipos
G19	G19-12	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Cubiculos A G19-26		Westinghouse	Mini split	WIHXD12KW4A	R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Necesidad de los equipos
G19	G19-13	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Cubiculos B G19-20		Westinghouse	Mini split		R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Necesidad de los equipos
G19	G19-14	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Sala de conferencias G19-28		Westinghouse	Ducto	GB5BM-X24K-BS	R410A	5104	220	23,2	48000	3,74	2,8	Confort
G19	G19-15	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Sala de reuniones G19-15		Westinghouse	Mini split		R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Confort
G19	G19-16	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Secretaria G 19-14		Westinghouse	Mini split		R410A	1166	220	5,3	12000	1,5	3,0	Confort
G19	G19-17	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Lab Virologia G19-23		Westinghouse	Ducto	GB5B-X24K-B	R410A	2900	220	13,5	24000	2,86	2,4	Necesidad de los equipos
G19	G19-18	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Cuarto crecimiento vegetal in vitro 27°C G19-09		Westinghouse	Ducto	B6BMM048K-B	R410A	5100	220	23,2	48000	3,74	2,8	Necesidad de los equipos
G19	G19-19	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Lab transferencia vegetal G19-07		Westinghouse	Ducto	B6BMM060K-C	R410A	6070	220	27,6	60000	4,33	2,9	Necesidad de los equipos
G19	G19-20	Centro de investigación en biotecnología		si	TEC	Cuarto de crecimiento vegetal in vitro 21°C G19-05		Westinghouse	Ducto	B6BMM048K-B	R410A	5104	220	23,2	48000	3,7	2,8	Necesidad de los equipos
G19	G19-21	Centro de investigación en biotecnología	73913	si	TEC	Cuarto de telecomunicaciones G19-18	27/12/2015	Lennox	Ducto	AHR60D3XH21B	R410A	1925	220	8,75	24000	5,78	3,4	Necesidad de los equipos
G19	G19-22	Centro de investigación en biotecnología	78759	si	TEC	Cuarto de preparación de soluciones G19-06	21/1/2017	York	Mini split	YJHXC024BAR-FX	R410A	2050	220	9,3	24000	3,89	3,4	Necesidad de los equipos
G5	G5-01	Centro experimental de la construcción	59805	si	TEC	Laboratorio	14/4/2012	York	Mini split		R410A	1100	220	5	12000	1,52	3,2	Necesidad de los equipos
G5	G5-02	Centro experimental de la construcción	59799	si	TEC	Laboratorio	14/4/2012	York	Split piso cielo		R410A	6500	220	25,5	60000	4,8	2,70	Necesidad de los equipos
G6	G6-03	CIVCO	59806	si	TEC	Sala de Reuniones	14/4/2012	York	Mini split	RVEC12DS-ADR	R410A	1100	220	5	12000	1,52	3,20	Confort
G6	G6-04	CIVCO	21187	no	TEC	Cuarto ambientales controlados		Daikin	Ventana	W45LBVH	R22	2024	220	9,2	18000		2,60	Necesidad de los equipos
G6	G6-02	CIVCO	59803	si	TEC	Cuarto ambientales controlados	14/4/2012	York	Mini split	RVEC12DS-ADR	R410A	1100	220	5	12000	1,52	3,20	Necesidad de los equipos
G6	G6-01	CIVCO	59804	si	TEC	Cuarto ambientales controlados	14/4/2012	York	Mini split	RVEC12DS-ADR	R410A	1100	220	5	12000	1,52	3,20	Necesidad de los equipos

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
G7	G7-01	Biotecnología	55291	si	TEC	Cultivo de tejidos vegetales	30/1/2011	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADH	R410A	6250	220	25,6	60000	4,9	2,81	Necesidad de los equipos
G7	G7-02	Biotecnología		si	TEC	Cuarto frio		Lennox	Ducto	NFCO4800B1	R22	4840	220	22	48000	6,5	2,90	Necesidad de los equipos
G7	G7-03	Biotecnología		si	TEC	Cuarto caliente		Lennox	Ducto	NFCP4800B1	R22	4840	220	22	48000	6,5	2,90	Necesidad de los equipos
G7	G7-04	Biotecnología	86749	si	TEC	Laboratorio de docencia	26/11/2018	Innovair	Ducto	VEV62C2R18	R410A	5300	220	26,7	62000	2,1	3,43	Necesidad de los equipos
G7	G7-05	Biotecnología	AL-0827	si	TEC	Cuarto de transferencia		Goodman	Mini split	WME-18-1-KFAH	R22	2156	220	9,8	18000	2,6	2,45	Necesidad de los equipos
G7	G7-06	Biotecnología	86750	si	TEC	Laboratorio de docencia	26/11/2018	Innovair	Ducto	VEV62C2R18	R410A	5300	220	26,7	62000	2,1	3,43	Necesidad de los equipos
G7	G7-07	Biotecnología	47714	si	TEC	Laboratorio de ingeniería de tejidos 2	5/1/2009	York	Mini split	YJEA18FS-ADA	R22	1980	220	8,6	17500	2,7	2,59	Necesidad de los equipos
G7	G7-08	Biotecnología	47017	si	TEC	Oficina	30/11/2008	Air-pro	Mini split	APHEDF1221CA	R22	1200	220	5,5	12000	1,54	2,93	Necesidad de los equipos
G7	G7-09	Biotecnología	44557	si	TEC	Laboratorio de ingeniería de tejidos	29/2/2008	Air-pro	Ventana	APW1N024	R22	2838	220	12,9	24000	2,6	2,48	Desconocido
G7	G7-10	Biotecnología	39535	si	TEC	Laboratorio de piel	2/2/2006	Air-pro	Ventana	APW1N018	R22	2024	220	9,2	18000	2,5	2,60	Desconocido
G7	G7-12	Biotecnología	59996	si	TEC	Laboratorio de piel	24/8/2012	York	Mini split	RVEC24DS-ADR	R410A	2345	220	9,8	24000	2,6	3,00	Necesidad de los equipos
G7	G7-13	Biotecnología	86582	si	TEC	Biología molecular	2019	Innovair	Split Piso Cielo	VEV62C2R18	R410A	5300	220	26,7	62000	2,1	3,4	Necesidad de los equipos
G7	G7-14	Laboratorio Institucional de Microscopía		si	TEC	Cuarto de microscopía		Westinghouse	Mini split	W1IHD1-12KA4	R410A	1870	220	8,5	12000	1,5	1,9	Necesidad de los equipos
G8	G8-01	Laboratorio Institucional de Microscopía		si	TEC	Laboratorio de nanotecnología		TGM	Mini split		R410A	1661	220	7,55	12000	1,17	2,1	Necesidad de los equipos
G8	G8-02	Laboratorio Institucional de Microscopía	77083	si	TEC	Laboratorio de nanotecnología	3/9/2016	York	Ducto	TCGD60S41S3A	R410A	8000	220	35	60000	5,6	2,2	Necesidad de los equipos
G8	G8-03	Laboratorio Institucional de Microscopía	77084	si	TEC	Laboratorio de nanotecnología	3/9/2016	York	Ducto	TCGD60S41S3A	R410A	8000	220	35	60000	5,6	2,2	Necesidad de los equipos
G8	G8-04	Laboratorio Institucional de Microscopía	85122	si	TEC	Laboratorio de nanotecnología	22/5/2018	Westric	Precisión	CX-005 FSH1DPD	R410A	4710	220	9,6	60000	7,5	3,7	Necesidad de los equipos
G8	G8-05	Laboratorio Institucional de Microscopía	85123	si	TEC	Laboratorio de nanotecnología	22/5/2018	Westric	Precisión	CX-005 FSH1DPD	R410A	4710	220	9,6	60000	7,5	3,7	Necesidad de los equipos
G8	G8-06	Administración de Mantenimiento	54661	si	TEC	Oficina dirección	30/9/2010	York	Mini split	HAEC12FS-ADS	R410A	3520	220	4,7	12000	2,93	1,0	Confort
G8	G8-07	Administración de Mantenimiento	84176	si	TEC	Sala de reuniones	5/12/2017	Carrier	Mini split	42KHC01205	R410A	1090	220	4,9	12000	1,11	3,2	Confort
H2	H2-01	Escuela Agrícola	54807	si	TEC	Laimi Agrícola	29/8/2010	York	Mini split	HADC12FS-ADS	R410A	4570	220	20,77	12000	2,93	0,8	Necesidad de los equipos

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
I3	I3-08	Escuela Producción Industrial	54223	si	TEC	Aula I3-08	27/5/2010	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADH	R22	6700	220	30,4	60000	6,2	2,6	Confort
I3	I3-02	Escuela Producción Industrial	58520	si	TEC	Sala de reuniones	20/1/2012	York	Mini split	HAS-18FS-ADS	R410A	1500	220	6,6	18000	4,41	3,5	Confort
I3	I3-04	Industrial	55571	si	TEC	Aula I3-04	30/1/2011	York	cielo	YOE60FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,7	Confort
I3	I3-05	Industrial	55572	si	TEC	Aula I3-05	30/1/2011	York	cielo	YOE60FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,7	Confort
I3	I3-06	Industrial	57850	si	TEC	Aula I3-07	18/11/2011	York	cielo	YOE60FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,7	Confort
I3	I3-07	Industrial	57849	si	TEC	Aula I3-07	18/11/2011	York	cielo	YOE60FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,70	Confort
I3	I3-03	Industrial	59792	si	TEC	Aula PLC	14/4/2012	York	cielo	YOE60FS-ADH	R410A	3200	220	14,6	60000	4,9	5,49	Confort
I3	I3-01	Industrial	86549	si	TEC	Aula I3-01	17/10/2018	Innovair	cielo	UV60C2DBI	R410A	8030	220	36,5	62000	2,1	2,26	Confort
I4	I4-01	Escuela de Materiales I4	61732	si	TEC	Laboratorio de modulación y simulación	16/5/2013	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADT	R410A	3880	220	26,8	60000	4,9	4,53	Necesidad de los equipos
I4	I4-02	Escuela de Materiales I4	61734	si	TEC	Laboratorio difracción de rayos x	16/5/2013	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADT	R410A	2700	220	14,4	24000	3,13	2,60	Necesidad de los equipos
I4	I4-03	Escuela de Materiales I4	61733	si	TEC	Laboratorio mecánica de materiales	16/5/2013	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,70	Necesidad de los equipos
I4	I4-04	Escuela de Materiales I4	45983	si	TEC	Aula I4-01	17/10/2008	Air-pro	Split piso cielo	APACE54821CM	R22	4400	220	21,5	48000	6,6	3,20	Necesidad de los equipos
I5	I5-01	Escuela de materiales I5	83430	si	TEC	Espectrometría de emisión óptica y calorimetría	27/1/2018	York	Mini split	YHJE182T6AMHORX	R410A	1550	220	6,75	18000	2,09	3,40	Necesidad de los equipos
I5	I5-02	Escuela de materiales I5	83429	si	TEC	sala de reunion	14/1/2018	York	Mini split	YHJE232T6AMHORX	R410A	2700	220	16	23000	2,65	2,50	Necesidad de los equipos
I5	I5-03	Escuela de materiales I5	36812	si	TEC	Lab computacional de materiales	9/5/2003	Air-pro	split piso cielo	PFC-030A216-STD	R22	2750	220	13,4	30000	4,6	3,20	Necesidad de los equipos
I5	I5-04	Escuela de materiales I5	83428	si	TEC	laboratorio de corrosión	27/2/2018	York	Mini split	YHJE232T6AMHORX	R410A	2700	220	16	18000	2,65	1,95	Necesidad de los equipos
I5	I5-05	Escuela de materiales I5	61729	si	TEC	Lab materiales borosos y celulares	13/1/2013	York	split piso cielo	YOE60FS-ADM	R22	2030	220	9,38	18000	3,5	2,60	Necesidad de los equipos
I5	I5-06	Escuela de materiales I5	76639	si	TEC	lab de mecánica de materiales	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5900	220	27	72000	8,8	3,57	Necesidad de los equipos
I5	I5-07	Escuela de materiales I5	76638	si	TEC	laboratorio de nanomateriales	27/8/2016	Daikin	Cassette	FXFQ100PVE9	R410A	4400	220	27	72000	8,8	4,79	Necesidad de los equipos
I5	I5-08	Escuela de materiales I5	36811	si	TEC	metalografía /laboratorio de electroquímica	21/5/2003	York	Ventana	Y5USC24-6A	R22	2838	220	12,9	24000	2,6	2,48	Necesidad de los equipos
I5	I5-09	Escuela de materiales I5	61728	si	TEC	antiguo microscopia electronica/ bodega 2	13/12/2012	York	Mini split	HLEA18FS-ADA	R22	1950	220	8,9	18000	2,24	2,70	Necesidad de los equipos
I8	I8-01	Estación Solar		si	TEC	Desconocido		York	Mini split	YHJE12ZT6AMHORX	R410A	1080	220	4,9	12000	2,93	3,25	Desconocido

Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
K1	K1-01	Escuela de Electronica	PMI	si	Banco Mundial	Cuarto electrico nivel 3 y 2	2017	Data Aire	Precisión		R410A	1496	220	6,8	32000	4	6,27	Necesidad de los equipos
K1	K1-05	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	auditorio nivel 1	2017	LG	Cassette		R410A	4356	220	19,8	36000	11	4,4	Confort
K1	K1-06	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	auditorio nivel 1	2017	LG	Cassette		R410A	4356	220	19,8	36000	11	4,4	Confort
K1	K1-07	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	auditorio nivel 1	2017	LG	Cassette		R410A	4356	220	19,8	36000	11	4,4	Confort
K1	K1-08	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Cuarto electrico nivel 1	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-09	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-10	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-11	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-12	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-13	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-14	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-15	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-16	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-18	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-19	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-20	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-21	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-22	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 2	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	24000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-23	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 3	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	36000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-24	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 3	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	36000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-25	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Laboratorio nivel 3	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	36000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-26	Escuela de Electronica	PMI	si	Banco Mundial	Cuarto TI nivel 3	2017	Data Aire	Precisión		R410A	3600	220	5,3	32300	4	2,63	Necesidad de los equipos
K1	K1-27	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Cuarto TI nivel 4	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos
K1	K1-28	Escuela de Electronica	PMI	SI	Banco Mundial	Cuarto TI nivel 5	2017	LG	Cassette		R410A	4180	220	19	19000	14,3	4,4	Necesidad de los equipos


Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
K2	K2-01	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Aula y laboratorios	2017	LG	Cassette		R410A	11798	220	53,6	172000	16,54	4,3	Confort
K2	K2-02	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Cuarto de servidores	2017	Data Aire	Precisión		R410A	924	220	4,2	17000	1,85	5,4	Necesidad de los equipos
K2	K2-03	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Aula y laboratorios	2017	LG	split piso cielo		R410A	6400	220	29	48000	1,9	2,2	Necesidad de los equipos
K2	K2-04	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Aulas primer y segundo piso	2017	LG	Cassette	ARUNU28GTPC2	R410A	2082	220	9,5	28000	2,5	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-05	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Aulas primer y segundo piso	2017	LG	Cassette	ARUNU28GTPC2	R410A	2082	220	9,5	28000	2,5	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-06	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Laboratorios	2017	LG	Cassette	ARUNU42GTM2	R410A	3122	220	14,2	42000	2,8	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-07	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	laboratorios	2017	LG	Cassette	ARUNU42GTM2	R410A	3122	220	14,2	42000	2,8	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-08	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Laboratorios	2017	LG	Cassette	ARUNU36GTNC2	R410A	4180	220	19	36000	14,3	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-09	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Laboratorios	2017	LG	Cassette	ARUNU36GTNC2	R410A	4180	220	19	36000	14,3	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-10	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Data Center	2017	Data Aire	Cassette	DAMA-0112-CO	R410A	3850	220	17,5	28000	2,5	2,13	Necesidad de los equipos
K2	K2-11	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Aulas primer y segundo piso	2017	LG	Cassette	ARUNU28GTPC2	R410A	2082	220	9,5	28000	2,5	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-12	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Aulas primer y segundo piso	2017	LG	Cassette	ARUNU28GTPC2	R410A	2082	220	9,5	28000	2,5	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-13	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Laboratorios	2017	LG	Cassette	ARUNU42GTM2	R410A	3122	220	14,2	42000	2,8	3,9	Necesidad de los equipos
K2	K2-14	Seguridad Laboral e Higiene ambiental	PMI	si	Banco Mundial	Laboratorios	2017	LG	split piso cielo	AVNQ48LLA2	R410A	6400	220	29	48000	1,9	2,20	Necesidad de los equipos
K3	K3-01	Biblioteca TICS	PMI	si	Banco Mundial	Aula Primer Planta	2017	LG	Split ducto		R410A	12000	220	70	168000	23,6	4,1	Necesidad de los equipos
K3	K3-02	Biblioteca TICS	PMI	si	Banco Mundial	Cuarto Eléctrico	2017	LG	Mini Split		R410A	2400	220	10	46000	1,9	5,6	Necesidad de los equipos
K3	K3-03	Biblioteca TICS	PMI	si	Banco Mundial	Data center	2017	LG	Mini split		R410A	2000	220	11	22000	3,19	3,2	Necesidad de los equipos
K3	K3-04	Biblioteca TICS	PMI	si	Banco Mundial	Cubiculo 7600	2017	LG	Split piso cielo		R410A	6400	220	29	48000	4,18	2,2	Confort
K6	K6-01	Diseño industrial	PMI	si	Banco Mundial	Segundo Nivel	2017	LG	Mini split		R410A	1920	220	11,5	21000	2,75	3,2	Necesidad de los equipos
K6	K6-02	Diseño industrial	PMI	si	Banco Mundial	Primer Nivel	2017	LG	Cassette		R410A	6400	220	29	54000	7,26	2,5	Necesidad de los equipos
L1	L1-01	Forestal		si	TEC	Lab anatomia de la madera		Cooltek	Mini split	ST-12CRN-RFMD	R410A	1650	220	8	12000	1,06	2,1	Necesidad de los equipos
L1	L1-02	Forestal		si	TEC	Lab química de la madera		Everwell	Mini split	MC1823	R410A	2900	220	15,8	18000	1,98	1,8	Necesidad de los equipos
L1	L1-03	Forestal	85009	si	TEC	Lab ensayos no destructivos	7/6/2018	Cooltek	Mini split	ST-12CRN-RFMD	R410A	1650	220	8	12000	1,06	2,1	Necesidad de los equipos
L1	L1-04	Forestal	57746	si	TEC	Lab propiedades de la madera	30/11/2012	Cooltek	Mini split	SR18CRV1-CL	R410A	2860	220	13	18000	1,89	1,8	Necesidad de los equipos
L1	L1-05	Forestal	84571	si	TEC	Desconocido	25/6/2018	Innovair	Split piso cielo		R410A	8000	220	36,5	62000	10,18	2,3	Necesidad de los equipos



Edif	Código	Departamento	N° activo	Funciona	Adquirido	Abastece	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (w)	Voltaje (V)	Corriente Placa (A)	Capacidad (BTU/h)	Cant Refrigerante (lb)	EER	Finalidad
L3	L3-01	Forestal		si	TEC	Sistemas de información geografica L3-06		Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	8500	220	39,4	120000	17,38	4,1	Necesidad de los equipos
L3	L3-02	Forestal		si	TEC	Lab de computadoras L3-05		Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	8500	220	39,4	120000	17,38	4,1	Necesidad de los equipos
L3	L3-03	Forestal		si	TEC	Aula 03		York	Split piso cielo	YOEFA36FS-ADT	R410A	3900	220	17,9	36000	4,9	2,70	Confort
L3	L3-04	Forestal		si	TEC	Sistemas de información geografica L3-06		Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	16400	220	60,3	168000	25,7	3,00	Necesidad de los equipos
L3	L3-05	Forestal		si	TEC	Lab de computadoras L3-05		Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	16400	220	60,3	168000	25,7	3,00	Necesidad de los equipos
L3	L3-06	Forestal		si	TEC	Lab de computadoras L3-05		Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	7900	220	39,4	96200	17,4	3,57	Necesidad de los equipos
L4	L4-01	Forestal	58125	si	TEC	Lab genética forestal	23/12/2011	Carrier	Mini split	42KCC124313G	R410A	2700	220	12,5	25000	2,5	2,71	Necesidad de los equipos
M8	M8-01	Oficina de Ingeniería		si	TEC	Cuarto electrico		York	Mini split	YOJMJXCO18BAR-RX-FX	R410A	1470	220	6,8	18000	3,11	3,59	Necesidad de los equipos
MAT	MAT-01	Matematicas		no	TEC	Desconocido		AG			R22		220					Desconocido
MAT	MAT-02	Matematicas	35164	no	TEC	Desconocido	28/3/2002	Mitsubishi	Cassette	PUG42CKB	R22	5300	220	24,3	24000	4	1,33	Desconocido
K5	K5-01	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	Sala de reuniones dirección cuarto piso	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ22ATL	R410A	15130	220	76	120000	18,9	2,32	Confort
K5	K5-02	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	Sala reuniones 1, tercer piso	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ22ATL	R410A	15130	220	76	120000	18,9	2,32	Confort
K5	K5-03	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	Sala de reuniones 2, tercer piso	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ20ATL	R410A	13990	220	76	120000	18,9	2,51	Confort
K5	K5-04	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	Sala tutorias	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ20ATL	R410A	13990	220	76	120000	18,9	2,51	Confort
K5	K5-05	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	Bodega Piso #1	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ10ATL	R410A	8382	220	38,1	95500	13,2	3,34	Desconocido
K5	K5-06	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#6	2018	Stulz	Ducto	SCS-060-SSA	R407C	946	220	4,3	60000		18,58	Necesidad de los equipos
K5	K5-07	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#8	2018	Stulz	Ducto	SCS-012-SSA	R407C	550	220	2,5	12000		6,39	Necesidad de los equipos
K5	K5-08	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#2	2018	Stulz	Ducto	SCS-012-SSA	R407C	550	220	2,5	12000		6,39	Necesidad de los equipos
K5	K5-09	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#3	2018	Stulz	Ducto	SCS-096-SSA	R407C	2112	220	9,6	96000		13,31	Necesidad de los equipos
K5	K5-10	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#4	2018	Stulz	Ducto	SCS-096-SSA	R407C	2112	220	9,6	96000		13,31	Necesidad de los equipos
K5	K5-11	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#5	2018	Stulz	Ducto	SCS-096-SSA	R407C	2112	220	9,6	96000		13,31	Necesidad de los equipos
K5	K5-12	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#7	2018	Stulz	Ducto	SCS-096-SSA	R407C	2112	220	9,6	96000		13,31	Necesidad de los equipos
K5	K5-13	Escuela de Química	PMI	si	Banco Mundial	#1	2018	Stulz	Ducto	SCS-012-SSA	R407C	2112	220	9,6	96000		13,31	Necesidad de los equipos
K5	K5-14	Escuela de Química	PMI	si	Mundial	#9	2018	Stulz	Ducto	SCS-096-SSA	R407C	2112	220	9,6	96000		13,31	los equipos

# 10 ANEXOS.

Anexo 1 Boleta reporte de mantenimiento empresa A/C servicios aires acondicionados.



**AC SERVICIOS**  
Aires Acondicionados

**Nº 29908**

**REPORTE DE MANTENIMIENTO**

Fecha:	23-02-18	Refrigerante:	R410a
Cliente:	TEL Cortago	Fases:	7
Contacto:	Jefferson Ilama	Amperaje:	10.2 A
Ubicación de equipo:	Biología 67	Voltaje:	220V.
Tipo de equipo:	Mini Split	Presión alta:	
Capacidad:	24,000 BTU	Presión baja:	175psi
Código:		Temperatura suministro:	
MARCA:	York	Temperatura retorno:	
TÉCNICOS:	Martin	Tiempo preventivo:	
	Gabriel	Tiempo correctivo:	
	Magdiel	O.T.	

Modelo condensador:	KVDS24DS - ADR	Serie:	23840258211200021
Modelo evaporador:		Serie:	

Limpeza general del equipo:		Verificación funcionamiento compresores:	
Limpeza de difusores y rejillas:		Verificación estado ventiladores:	
Detección y corrección de ruidos anormales		Verificación cables eléctricos y terminales:	
Reparación fugas en ductos:		Verificación operación contactores y reles:	
Revisión de anclajes:		Verificación operación presostatos:	
Verificación operación evaporador:		Verificación filtro secador:	
Verificación operación termostato:		Verificación operación resistencia carter:	
Verificación temperaturas succión y descarga:		Verificación operación térmico compresor:	
Verificación nivel de refrigerante:		Verificación estado tubería de refrigeración:	
Verificación funcionamiento motores:		Verificación nivel de aceite:	

**OBSERVACIONES:** Por concepto de Revisión

Se reemplaza el equipo con refrigerante R410a - (3 libras)


Si el equipo presenta algún problema se recomienda buscar fuga; Además se debe instalar junta en un tramo de la tubería ya que esta no existe y la tubería condensa.

RECIBIDO:

Jefferson Ilama C.

---

NOMBRE




---

FIRMA

Anexo 2 Boleta de reporte de mantenimiento empresa Beirute.



**REPORTE DE SERVICIO**

Nº 15414

REFRIGERACION INDUSTRIAL  
**BEIRUTE** S.A.  
TELÉFONO 2521-6464 • FAX 2222-3570  
APARTADO 2728-SAN JOSE, COSTA RICA

DIA	MES	AÑO
25	Oct	18

Nombre del Cliente: DEC

Teléfono: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

Dirección: Cordego

Nombre del Técnico asignado: Romny Man. C. Código: \_\_\_\_\_

Según orden de compra N° \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

Autorizado por: Ing. Oscar Pérez

Salida de la compañía: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Llegada al lugar de trabajo: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Vehículo utilizado por el técnico: \_\_\_\_\_ Total de Kilómetros: \_\_\_\_\_

Descripción del trabajo efectuado: Mantenimiento Preventivo

Ubicación: DI Centro Archivo Serie: M1M1421170

Activo: - Capacidad: 120,000 BTU/hr.

Tipo: Bugate Refrigerante: R410a - 105/250 Psi.

Marca: York (resistencia) Voltaje: 206.8 V.

Modelo: ZF20C0012AAAS4 Ampere: Comp #2 10.5 amps.

Materiales Utilizados: Oil cool clean / lubricante / Alti - Reun.

Salida del lugar de trabajo: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Llegada de la compañía: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Observaciones del técnico: Circuito del compresor #2 fuera de servicio por fuga de refrigerante. Se requiere de correctivo, localización de fuga y carga completa de gas refrigerante R410a. Reemplazo de tapa AS6

Firma del técnico: Romny Man. C.

Nombre del Cliente \_\_\_\_\_ Firma del Cliente \_\_\_\_\_ Cédula del Cliente \_\_\_\_\_

Anexo 3 Boleta de reporte de mantenimiento empresa Beirute.



**REPORTE DE SERVICIO**

Nº 15477

REFRIGERACION INDUSTRIAL  
**BEIRUTE** S.A.  
 TELÉFONO 2521-6464 • FAX 2222-3570  
 APARTADO 2728-SAN JOSE, COSTA RICA

DIA	MES	AÑO
15	Nov	15

Nombre del Cliente: TEC

Teléfono: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

Dirección: Cartago

Nombre del Técnico asignado: Renny Mora Código: \_\_\_\_\_

Según orden de compra N° \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

Autorizado por: Jng Oscar Pérez

Salida de la compañía: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Llegada al lugar de trabajo: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Vehículo utilizado por el técnico: \_\_\_\_\_ Total de Kilómetros: \_\_\_\_\_

Descripción del trabajo efectuado: Mantenimiento preventivo 9/1 Esc. Ing. Materiales

Ubicac: Lab. de maquinado y mediciones Serie Activo: -

Marca: Daikin Amp: -

Modelo: RXYMQ6PVE Volt: -

Serie: E00SSSO Refrig: R410a

Tipo: Casette Capacidad: -

Materiales Utilizados: Alkifoam Fabricante Mt cool Klean

Salida del lugar de trabajo: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Llegada de la compañía: Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Observaciones del técnico: Equipo no se realiza mantenimiento ya que está en garantía y aparentemente tiene fuga de refrigerante

Firma del técnico: Renny M

Nombre del Cliente

Firma del Cliente

Cédula del Cliente

**Anexo 4** Aire Acondicionado tipo mini Split que utiliza refrigerante hidrocarburo.



The advertisement features a silver Godrej NXW mini-split AC unit at the top. To its right is a BEE Energy Star label with a red starburst design and the text 'POWER SAVING' and '5'. Below the unit, the text reads 'INDIA'S MOST POWER SAVING GREEN INVERTER AC' followed by 'WITH' and a logo consisting of a semi-circle with five stars and a green leaf, with '6.15 ISEER' written below it. At the bottom, the Godrej logo and 'NXW - Next World AC' are displayed, along with the slogan 'SOCH KE BANAYA HAI'.

*Fuente: Tomado de catálogo godrej (2019)*

## Anexo 5 Especificaciones técnicas de sistemas de aire acondicionado verdes.

MODEL NAME	GSC 12 GIG 5 DGOG	GSC 18 GIG 5 DGOG	GSC 18 FIXH 5 GGPG	GSC 12 FIXH 7 GGPG	GIC 12 BAH 8 GGQG	GIC 24 BAH 5 GWQG	GIC 18 LAH 5 GWQG
OPERATING MODE	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling	Cooling
RATED VOLTAGE	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V	230 V
RATED FREQUENCY/PHASE	50 hz / 1 Phase	50 hz / 1 Phase	50 hz / 1 Phase	50 hz / 1 Phase	50 hz / 1 Phase	50 hz / 1 Phase	50 hz / 1 Phase
COOLING CAPACITY	3440 W	5000 W	5000 W	3550 W	3600 W	6300 W	5300 W
RATED POWER INPUT	830 W	1350 W	1350 W	795 W	1800 W	1775 W	1380 W
RATED INPUT CURRENT	3.9 A	6.0 A	6.0 A	3.7 A	3.7 A	8.6 A	6.7 A
REFRIGERANT	R290	R290	R290	R290	R290	R290	R290
REFRIGERANT CHARGE	0.300 kg	0.350 kg	0.310 kg	0.305 kg	0.305 kg	0.380 kg	0.340 kg
AIR FLOW VOLUME	630 CMH	850 CMH	850 CMH	850 CMH	850 CMH	1100 CMH	1100 CMH
WEIGHT	IDU	10 kg	13 kg	13 kg	13 kg	16.5 kg	16.5 kg
	ODU	28 kg	33 kg	27.5 kg	30 kg	30 kg	30 kg

### FULL LOAD & HALF LOAD SETTING FOR INVERTER MODELS

MODEL NOMENCLATURE	CAPACITY RATING	SELECT SET TEMP	SELECT MODE	TEST MODE ACTIVITY BY	TEST MODEL - IDU DISPLAY
GSC 12 GIG 5 DGOG	100%	16	Cool Mode Fan Speed - High	Press "DISPLAY" key 6 times	Display on IDU display panel will flash continuously
	50%	17			
GSC 18 GIG 5 DGOG	100%	16			
	50%	17			
GSC 18 FIXH 5 GGPG	100%	16			
	50%	17			
GSC 12 FIXH 7 GGPG	100%	16			
	50%	17			
GIC 12 BAH 8 GGQG	100%	16			
	50%	17			
GIC 24 BAH 5 GWQG	100%	16			
	50%	17			
GIC 18 LAH 5 GWQG	100%	16			
	50%	17			

Fuente: Tomado de catálogo godrej (2019)