

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



**“Estudio de factibilidad basado en el análisis del ciclo de vida útil para la determinación del impacto financiero, técnico y ambiental de la operación y mantenimiento de los sistemas de aire 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

**Realizado por:**

Marcela de los Ángeles Mata Mata

Cartago Junio, 2021



engineerscanada

Escuela Acreditada por el  
Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB)

**Profesor Guía**

Ing. Ignacio Del Valle Granados

**Asesor Industrial**

Ing. Manuel Centeno López

**Tribunal Examinador**

Ing. Alberto Garro Zavaleta

Ing. Oscar Monge Ruiz

# INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE Y LA EMPRESA

## Información del estudiante

Nombre completo: Marcela de los Ángeles Mata Mata  
Número de cédula: 305100639  
Número de carné: 2016139145  
Número de teléfono: +506 87488620  
Correo Electrónico: mar.mata1198@gmail.com  
Dirección de domicilio: Cartago, Cartago, El Molino, Residencial Don Bosco.

## Datos de la empresa

Nombre: Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Actividad Principal: Docencia, investigación y extensión de la tecnología y ciencias conexas.  
Dirección: Cartago, 1 km al sur de la Basílica de los Ángeles.  
Teléfono: +506 25525333



“Estudio de factibilidad basado en el análisis del ciclo de vida útil para la determinación del impacto financiero, técnico y ambiental de la operación y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica” por Marcela de los Ángeles Mata Mata se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

## **DEDICATORIA**

A mis padres, Norma y Sergio, por darme lo más importante que unos padres le pueden dar a una hija, la educación.

A mis hermanas Laura, Isabel y Alejandra, por su apoyo incondicional.

A Roberto, por acompañarme en este proceso.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer principalmente a mi familia, a mis padres por motivarme a salir adelante en esta etapa, y a impulsarme a dar lo mejor de mí. A mis hermanas, por motivarme y apoyarme.

A todos mis amigos que estuvieron conmigo durante toda esta etapa universitaria, gracias por su apoyo, sus consejos y todos los buenos momentos que compartimos juntos.

Al Ing. Ignacio Del Valle Granados, por guiarme durante esta práctica profesional, gracias por el conocimiento transmitido. Al personal de DAM, por toda la ayuda brindada y colaboración en este proyecto.

# ÍNDICE

1	CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1	Introducción.....	3
1.2	Reseña de la empresa.....	4
1.2.1	TEC .....	4
1.2.2	Departamento de Administración de Mantenimiento .....	5
2	CAPÍTULO II. ANTECEDENTES .....	6
3	CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
3.1	Descripción de problema .....	8
3.2	Objetivos.....	9
3.2.1	Objetivo general .....	9
3.2.2	Objetivos específicos.....	9
3.3	Justificación .....	10
3.4	Viabilidad .....	12
3.5	Alcance .....	12
3.6	Limitaciones .....	13
4	CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO.....	14
4.1	Perspectiva Ambiente .....	14
4.1.1	Gases de efecto invernadero.....	14
4.1.2	Estrategias para combatir el cambio climático.....	15
4.2	Sustancias refrigerantes .....	17
4.2.1	Historia y emisiones por los sistemas de aire acondicionados .....	17
4.2.2	Clasificación de las sustancias refrigerantes .....	19
4.2.3	Clases de sustancias refrigerantes .....	19
4.2.4	Unidades de medida del impacto ambiental de los refrigerantes .....	20
4.3	Sistema de aire acondicionado.....	21
4.3.1	Tipos de sistemas de aire acondicionado. ....	21
4.3.2	Sistemas tipo <i>inverter</i> .....	22
4.4	Mantenimiento.....	23
4.4.1	Tipos de Mantenimiento.....	23
4.4.2	Mantenimiento Tercerizado .....	23
4.4.3	Ciclo de vida útil .....	24

4.4.4	Energía .....	28
4.4.5	Cuadro de Mando Integral.....	29
4.4.6	Indicadores .....	34
5	CAPÍTULO V. METODOLOGÍA.....	35
6	CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.....	36
6.1	Situación actual.....	36
6.2	Condiciones operacionales de los sistemas de aire acondicionado .....	50
6.3	Impacto ambiental ocasionado por los sistemas de aire acondicionado.....	58
6.4	Departamento de Administración de Mantenimiento.....	64
6.5	Determinación de la vida útil del sistema de aire acondicionado.....	66
6.6	Determinación del costo de ciclo de vida de los sistemas de aire acondicionado .....	69
6.6.1	Costo de compra e incorporación.....	70
6.6.2	Costos de operación y mantenimiento.....	72
6.6.3	Costo por desincorporación.....	75
6.6.4	Costo del ciclo de vida útil de los sistemas de aire acondicionado .....	76
7	CAPÍTULO VII. CRITERIOS PARA PLANTEAMIENTO DE DIRECTRIZ .....	77
7.1	Criterios legales-ambientales.....	77
7.2	Criterio Financiero- Con base en el Costo del Ciclo de Vida .....	79
7.2.1	Análisis del CAPEX para los sistemas de aire acondicionado.....	80
7.2.2	Análisis del OPEX para los sistemas de aire acondicionado. ....	80
7.2.3	Análisis del punto óptimo de vida económico para el negocio. ....	81
7.3	Criterio Financiero- Con base en el costo de mantenimiento.....	81
8	CAPÍTULO VIII. RESULTADOS .....	82
8.1	Criterio legal-ambiental.....	82
8.2	Criterio Financiero- Con base en el costo del ciclo de vida .....	82
8.3	Criterio Financiero- Con base en el costo de mantenimiento.....	85
8.4	Decisión de los equipos con base a los criterios expuestos. ....	86
8.5	Resultados ambientales.....	92
8.6	Resultados económicos.....	92
8.6.1	Equipos que deben retirarse de la institución.....	92
8.6.2	Equipos a los que se le debe suspender el mantenimiento. ....	94
9	CAPÍTULO IX. PROYECCIÓN ENERGÉTICA .....	95

9.1	Línea base para el consumo energético .....	95
9.2	Indicadores de desempeño energético .....	96
10	CAPÍTULO X. CUADRO DE MANDO INTEGRAL .....	97
10.1	Metodología .....	97
10.2	Desarrollo del CMI .....	97
10.2.1	Misión y visión del departamento .....	97
10.2.2	Análisis FODA .....	98
10.2.3	Definición de objetivos .....	99
10.2.4	Mapa estratégico.....	101
10.2.5	Indicadores .....	103
10.2.6	Codificación de indicadores .....	106
10.2.7	Metas .....	107
10.3	Propuesta de Cuadro de Mando Integral.....	108
11	CAPÍTULO XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	110
11.1	Conclusiones .....	110
11.2	Recomendaciones.....	111
12	CAPÍTULO XII. BIBLIOGRAFÍA .....	112
13	CAPÍTULO XIII. ANEXOS .....	116
13.1	Anexo 1. Lista de los equipos de aire acondicionado de la institución. ....	116
13.2	Anexo 2. Costo del Ciclo de Vida Útil para los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago. ....	130
13.3	Anexo 3. Equipos que funcionan con sustancia refrigerante R22 .....	137
13.4	Anexo 4. Equipos que carece de información para determinar el Criterio Financiero- Costo del ciclo de vida útil.....	138
13.5	Anexo 5. Equipos que representan una pérdida para el negocio, según su costo de ciclo de vida útil. ....	143
14	APÉNDICE .....	146
14.1	Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Aires Acondicionados .....	146
14.2	Directriz DCN-001-2009 .....	149

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Campus Tecnológico Cartago. ....	4
Figura 4-1 Representación gráfica del Efecto Invernadero.....	14
Figura 4-2 . Mapas de columna total de ozono del 8 de septiembre, donde el Agujero de ozono tuvo un área máxima para el este año (2010 al 2019). Los mapas son obtenidos del OMI .....	16
Figura 4-3 Historia de las sustancias refrigerantes.....	17
Figura 4-4 Emisiones por equipos de refrigeración. ....	18
Figura 4-5 Compresor convencional versus compresor <i>inverter</i> . ....	22
Figura 4-6 Curva de la bañera. ....	24
Figura 4-7 Estructura de costos en el ciclo de vida útil de un activo. ....	25
Figura 4-8 Concepto de desglose de costos.....	27
Figura 4-9 Líneas Base, relación entre IDEs, LBEs y metas energéticas. ....	29
Figura 4-10 Vinculación de la misión y visión de la compañía según CMI. ....	30
Figura 4-11 Marco estratégico para la puesta en marcha de una CMI.....	31
Figura 4-12 Proceso del CMI.....	33
Figura 6-1 Equipo con oxidación ferrosa en la estructura.....	50
Figura 6-2 Equipo con oxidación en los sistemas de sujeción .....	51
Figura 6-3 Equipo con hojas en los abanicos. ....	52
Figura 6-4 Equipos que acumulan hojas. ....	52
Figura 6-5 Hojarasca producto del mantenimiento de zonas verdes.....	53
Figura 6-6 Golpes en el aletado del condensador.....	53
Figura 6-7 Datos de placa de los equipos dañada .....	54
Figura 6-8 Equipo con el sistema eléctrico expuesto .....	54
Figura 6-9 Equipo con tomacorriente expuesto .....	55
Figura 6-10 Equipo sin amortiguador cinemático.....	55
Figura 6-11 Aislamiento reemplazado en la intemperie .....	56
Figura 6-12 Equipo desconectado .....	56
Figura 6-13 Equipo abandonado .....	57
Figura 6-14 Emisiones de gases de efecto invernadero para el Campus Central Cartago .....	58
Figura 6-15 Niveles para el costo del ciclo de vida útil .....	69
Figura 7-1 Comportamiento de los costos en un análisis de costo de ciclo de vida útil. ....	79

Figura 10-1 Análisis FODA .....	98
Figura 10-2 Plan estratégico.....	102

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Tipos de sistemas de aire acondicionado en Campus Tecnológico Cartago .....	6
Tabla 4-1 Clasificación de las sustancias refrigerantes según ANSI/ASHRAE 34. ....	19
Tabla 6-1 Cambios en los sistemas de aire acondicionado del Campus Central Cartago .....	37
Tabla 6-2 Tipo de refrigerante acondicionado instalados en el Campus Central Cartago .....	39
Tabla 6-3 Tipo de sistema de aire acondicionado instalados en el Campus Central Cartago .....	41
Tabla 6-4 Tipo de equipo según marca .....	43
Tabla 6-5 Clasificación de equipos funcionales según marca.....	45
Tabla 6-6 Capacidad calorífica para los equipos del Campus Tecnológico Central Cartago. ....	46
Tabla 6-7. Clasificación de los sistemas de aire acondicionado según finalidad de los equipos. ...	46
Tabla 6-8 Clasificación de los equipos según bloque de edificios.....	48
Tabla 6-9 Recargas de refrigerante en el periodo 2018-2019 .....	59
Tabla 6-10 Valores de literatura de fugas de refrigerante al medio ambiente producto de la operación de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. ....	60
Tabla 6-11 Tabla resumen de valores PAO Y PCG de los refrigerantes que se encuentran en el ITCR.....	60
Tabla 6-12 Emisiones directas por operación de los sistemas de aires acondicionados, por tipo de refrigerante .....	61
Tabla 6-13 Factor de emisión por uso de la electricidad.....	61
Tabla 6-14 Consumo energético de los equipos de aire acondicionado en 2018 y 2019.....	62
Tabla 6-15 Emisiones de CO <sub>2</sub> debidos a los sistemas de aire acondicionado en el año 2019. ....	63
Tabla 6-16 Equipo que no funcionan en el Campus Tecnológico Central Cartago .....	66
Tabla 6-17 Vida útil y funcionalidad de los sistemas de aire acondicionado .....	68
Tabla 6-18 Cantidad de equipos a los cuales se le determinó el costo de compra e incorporación. .....	70
Tabla 6-19 Clasificación de equipos según costo y compra e incorporación .....	71
Tabla 6-20 Clasificación según rango de costo de compra e incorporación .....	71

Tabla 6-21 Costo del mantenimiento de los equipos en el 2020.....	73
Tabla 6-22 Clasificación según rango de costo de mantenimiento .....	74
Tabla 6-23 Clasificación según rango de costo de mantenimiento .....	75
Tabla 6-24 Clasificación según rango de costo del ciclo de vida útil .....	76
Tabla 8-1 Equipos que funcionan con refrigerante R22 separados según bloque de edificios. ....	82
Tabla 8-2 Clasificación según bloque de edificios a los equipos los cuales no se les pudo aplicar el criterio financiero por falta de información.....	83
Tabla 8-3 Equipos que deben ser retirados por medio de la directriz CN-001-2009.....	83
Tabla 8-4 Clasificación según bloque de edificios a los equipos que representan una pérdida para el negocio. ....	84
Tabla 8-5 Equipos que se les debe corregir el mantenimiento.....	85
Tabla 8-6 Equipo que debe retirarse según los criterios. ....	87
Tabla 8-7 Equipos a los cuales hay que suspender el mantenimiento.....	89
Tabla 8-8 Equipos que deben retirarse de la institución, estructura de costos.....	93
Tabla 9-1 Indicadores energéticos.....	96
Tabla 10-1 Objetivos estratégicos de perspectiva financiera .....	99
Tabla 10-2 Objetivos estratégicos de perspectiva al cliente.....	99
Tabla 10-3 Objetivos estratégicos de perspectiva de procesos internos .....	100
Tabla 10-4 Objetivos estratégicos de perspectiva aprendizaje y crecimiento personal del departamento .....	100
Tabla 10-5 Indicadores de la perspectiva financiera.....	103
Tabla 10-6 Indicadores de la perspectiva cliente .....	104
Tabla 10-7. Indicadores de procesos internos .....	104
Tabla 10-8 Indicador de la perspectiva de desarrollo y aprendizaje .....	105
Tabla 10-9 Código para cada perspectiva .....	106
Tabla 10-10 Cuadro de Mando Integral .....	108
Tabla 13-1 Levantamiento de los equipos del Campus Tecnológico Cartago.....	116
Tabla 13-2 Costo del ciclo de vida de los equipos del Campus Tecnológico Central Cartago....	130
Tabla 13-3 Equipos de R22, los cuales deben retirarse o sustituirse. ....	137
Tabla 13-4 Equipo sin información para realizar el criterio .....	138
Tabla 13-5 Equipos que solo poseen fecha de instalación .....	139

Tabla 13-6 Equipos que representan una pérdida para el negocio. ....	143
Tabla 13-7 Equipos que próximamente representan una pérdida para el campus. ....	145

## ÍNDICE DE GRÁFICOS.

Gráfico 2-1 Distribución de vida útil de los equipos de aire acondicionado instalados en el Campus Tecnológico Cartago. ....	6
Gráfico 2-2 Distribución del total de emisiones de CO <sub>2</sub> al año. ....	7
Gráfico 2-3 Diagrama de Pareto de sistemas de sistemas de aire acondicionado. ....	7
Gráfico 6-1 Funcionalidad de los equipos en el Campus Sede Central .....	38
Gráfico 6-2 Tipos de refrigerante en el Campus Tecnológico Central Cartago. ....	40
Gráfico 6-3 Tipos de refrigerante de equipos funcionales del Campus Tecnológico Central Cartago. ....	40
Gráfico 6-4 Clasificación según tipo de sistema de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago .....	42
Gráfico 6-5. Clasificación según tipo de sistema de aire acondicionado funcionales. ....	43
Gráfico 6-6 Clasificación de todos los equipos por su función- .....	47
Gráfico 6-7 Clasificación de todos los equipos funcionales por su función- .....	47
Gráfico 6-8 Clasificación de los equipos según bloque de edificios. ....	49
Gráfico 6-9 Emisiones indirectas de CO <sub>2</sub> en el Campus Tecnológico Central Cartago en el año 2019. ....	62
Gráfico 6-10 Emisiones de CO <sub>2</sub> del Campus Tecnológico Central Cartago. ....	63
Gráfico 6-11 Vida útil y funcionalidad de los sistemas de aire acondicionado .....	68
Gráfico 9-1 Consumo de los sistemas de A/C del campus de Cartago .....	95
Gráfico 9-2 Proyección del consumo de los sistemas de A/C del campus de Cartago .....	96

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

A/C: Aire acondicionado

ARESEP: Autoridad Reguladora de Servicios Públicos

CMI: Cuadro de Mando Integral

DAM: Departamento de Administración de Mantenimiento

DATIC: Departamento Administrativo de Información y las Comunicaciones

GASEL: Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

ISO: *International Organization of Standardization* (Organización Internacional de Normalización)

ITCR: Instituto Tecnológico de Costa Rica

JASEC: Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago

LAIMI: Laboratorio Institucional de Microcomputadoras

LCC: *Life Cycle Cost* (Costo de ciclo de vida)

MINAE: Ministerio de Ambiente y Energía

TEC: Tecnológico de Costa Rica

UNE: Asociación Española de Normalización

## RESUMEN

En el siguiente informe se desarrolla un estudio de factibilidad, basado en el análisis del ciclo de vida útil para los sistemas de aire acondicionado en el Campus Tecnológico Central Cartago, debido a que el Departamento de Administración de Mantenimiento desconoce el impacto financiero, técnico y ambiental de los activos, lo que hace imposible tomar decisiones bajo un criterio ingenieril.

Primero, con la lista actualizada de los diferentes equipos a lo largo del campus, por medio de visitas, y en conjunto con diferentes departamentos de la institución, se determinó el costo del ciclo de vida útil por medio de los costos de adquisición, operativos (mantenimiento y electricidad) y desincorporación.

Con base en lo observado en las visitas y en la literatura consultada, se determinan tres criterios base para tomar acciones sobre los activos. El primero es ambiental, ya que hace referencia al refrigerante R22. El segundo es respecto al ciclo de vida útil y a su costo y el tercero es referente a la relación del costo de mantenimiento y adquisición. Basado en estos criterios, se determina que 22 equipos del campus deben ser retirados y 45 se les debe suspender el mantenimiento porque representan una pérdida para la institución, pero son necesarios en el campus. Esas decisiones generarían un ahorro anual de alrededor de 6 millones de colones y una disminución de 12 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Con la información anteriormente obtenida, se realiza una proyección de la facturación a partir de una línea base, la cual, al aplicar los criterios descritos, se determina que se generaría una reducción de un 5 % del consumo de energía. Después se determinan indicadores energéticos para analizar el desempeño de los sistemas de aire acondicionado del campus.

Para finalizar el proyecto, se plantea un Cuadro de Mando Integral, con el objetivo de analizar y mejorar el mantenimiento por medio de cada una de sus perspectivas con sus respectivos indicadores y metas, para que el Departamento de Administración de Mantenimiento pueda optimizar sus labores.

**Palabras clave:** sistema de aire acondicionado, ciclo de vida útil, costo de adquisición, costo de operación, proyección de facturación, Cuadro de Mando Integral.

## **ABSTRACT**

In the following report it will be developed a study of feasibility, based on the analysis of the life cycle for air conditioning systems in Campus Tecnológico Central Cartago, because the Maintenance Administration Department does not know the financial, technical, and environmental impact of the assets, which makes impossible to take decisions based on engineering criteria.

First, with the updated list of the different assets along the campus throughout some visits, and in combination with different departments of the institution, the life cycle cost is determined with acquisition, operatives (maintenance and electricity) and disincorporation costs.

Based on what it was observed on the visits, and in literature consulted, three criteria are determined to be the base for taking actions over the assets. The first one is the environmental issue due to it refers to the R22 refrigerant. The second one is about the life cycle and its cost, and the third one refers to the relation between the acquisition and maintenance cost. Based on these criteria, 22 assets in the campus should be removed and the maintenance must be suspended in 45 assets because they represent a monetary loss to the institution, but they are needed in the campus. These decisions will generate annually ₡ 6 million of saving and will reduce 12 metric tons of CO<sub>2</sub> emissions.

With the information previously obtained, an electrical billing projection is made, based on a base line. When applying the three criteria described, it will be a reduction of 5 % of the electrical consumption. After that, energy indicators will be determined to analyze the performance of the air conditioning systems in the campus.

To conclude the project, a Balanced Scorecard is developed, with the objective of analyzing and improving maintenance through each one of its perspectives with different indicators and goals, that will help the Maintenance Administration Department to optimize their work.

**Key words:** air conditioning systems, life cycle, acquisition cost, operating cost, billing projection, balanced scorecard

# 1 CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Introducción

Los sistemas de aire acondicionado son una herramienta muy importante para el control de temperatura, humedad y limpieza del aire en un espacio (Wang, 2001). Este tiene múltiples propósitos que abarca desde el *comfort* hasta para mantener las condiciones especiales, por ejemplo, en un laboratorio.

Para que estos sistemas sean eficientes, primero se necesita tener una sustancia refrigerante adecuada, ya que este se encarga de extraer el calor del recinto. Con el paso del tiempo, se han creado diversos tipos de refrigerantes que lamentablemente generan un daño al ambiente; ya que producen gases de efecto invernadero o destruyen la capa de ozono.

El análisis del costo de ciclo de vida útil es una herramienta importante, el cual cuantifica el impacto real de todos los costos a lo largo de la vida útil del activo. Saber este costo permite tomar decisiones, identificando si al equipo es necesario seguir brindándole mantenimiento o si el costo para mantener en operación se vuelve muy caro en comparación con el costo del equipo.

En el presente proyecto se desarrollará un estudio de factibilidad, basado en el análisis del ciclo de vida útil para la determinación del impacto financiero, técnico y ambiental de la operación y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Primero, a partir del costo de vida útil se determinarán los costos de operación y mantenimiento, seguidamente se establecerán criterios técnico-financieros que permitan establecer en cuáles recintos es necesario emplear sistemas de aire acondicionado. Con los equipos que se mantengan a partir de estos criterios, se realizará una proyección de la facturación eléctrica, según la norma ISO 50006-2014. Para terminar, se espera diseñar un Cuadro de Mando Integral para una adecuada gestión de los equipos.

Este proyecto servirá para que el Departamento de Administración de Mantenimiento (DAM), conozca la situación de los equipos de los sistemas de aire acondicionado del Campus Central Cartago y así pueda tomar mejores decisiones respecto al mantenimiento de estos sistemas. Conociendo el impacto financiero, técnico y ambiental, se pueden realizar inspecciones de mantenimiento de manera óptima y con el buen funcionamiento de los equipos, la eficiencia de estos mejorará, disminuyendo el consumo eléctrico y por ende las emisiones de CO<sub>2</sub> al ambiente.

Como limitante del proyecto se cuenta con la gran variedad de sistemas de aire acondicionado de la institución, lo cual puede generar atrasos en el proyecto, además de que, al ser un trabajo teórico, no se tomarán ninguna medición a los diferentes recintos.

## **1.2 Reseña de la empresa**

### **1.2.1 TEC**

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, 2020)

Durante la gestión del presidente de la República José Figueres Ferrer, junto con Daniel Oduber Quirós, el comité de apoyo y la población cartaginesa, consolidaron la creación de un nuevo centro de educación superior. En 1971 se celebró la firma de la Ley de Creación de Tecnológico de Costa Rica bajo el consecutivo legislativo 4777.

El Tecnológico de Costa Rica estuvo instalado en el Edificio Pirie y en 1973, comenzaron las tres carreras del TEC: Ingeniería en Construcción, Ingeniería en Producción Industrial e Ingeniería en Mantenimiento Industrial. Luego, se compraron 100 hectáreas, donde actualmente se ubica el Campus Central. Este se encuentra a 1 435 m sobre el nivel del mar y con un clima tropical húmedo, aunque suele ser más templado debido a su ubicación geográfica y altura, con lluvias moderadas y temperaturas frescas que varían entre 15 y 26 grados centígrados la mayor parte del año. (TEC,2020)



Figura 1-1 Campus Tecnológico Cartago.

Fuente: TEC (2020)

## **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, 2020)

## **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, 2020)

### **1.2.2 Departamento de Administración de Mantenimiento**

Este departamento se divide en dos unidades: Unidad Civil, encargada de las zonas verdes, lavado de edificios, pintura, carpintería, mantenimiento, remodelación de edificios e infraestructura. La segunda unidad es la Electromecánica, encargada del área eléctrica, fontanería, soldadura, redes, equipos móviles, sistemas de aire acondicionado y electrónica. (TEC, 2019)

## **Misión**

“Garantizar el adecuado funcionamiento de los activos físicos, instalaciones y servicios, su mantenimiento y mejoras necesarias para el desarrollo de las actividades y fines del TEC.”

## **Visión**

“Ser un departamento capaz de satisfacer los requerimientos de los usuarios y partes interesadas del TEC, realizando nuestras labores con excelencia, buscando siempre la mejora continua.”

## 2 CAPÍTULO II. ANTECEDENTES

A nivel TEC, en el proyecto de la Ing. Kimberly Robles (2019), titulado “Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aires Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica”, primero realizó un inventario de los equipos dando como resultado, 285 para el Campus Tecnológico Central Cartago.

Tabla 2-1 Tipos de sistemas de aire acondicionado en Campus Tecnológico Cartago

Tipo de A/C	n	%
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: Robles (2019)

También, se realizó un análisis de los periodos de operación de cada uno de los equipos y se obtuvo como resultado que el 59 % de los equipos se encuentran operando con un ciclo de vida menor a 10 años, un 10 % continúan operando después de su ciclo de vida útil, 22 % de los equipos no se les fue posible identificar el costo de vida útil, el 8 % de los equipos superó su ciclo de vida útil y no funcionan y solo un 1 % no ha cumplido sus 10 años de ciclo de vida útil y no funcionan.



Gráfico 2-1 Distribución de vida útil de los equipos de aire acondicionado instalados en el Campus Tecnológico Cartago.

Fuente: Robles (2019)

En cuanto a las emisiones, los sistemas de aire acondicionado son los encargados del 32 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> al año.



Gráfico 2-2 Distribución del total de emisiones de CO<sub>2</sub> al año.

Fuente: Robles (2019)

En cuanto la eficiencia energética, Robles (2019), realizó un análisis para determinar si los equipos cumplen los valores de eficiencia de la norma INTE E14-1:2015. Se encontró que los 13 equipos, tipo ventana con capacidad igual o menor a 24 000 BTU/h, ninguno cumple con la norma. Para los aires tipo ducto con capacidad igual o menor a 24 000 BTU/h, solo 17 de los 122 equipos tienen eficiencia por encima de la norma. Para los 22 sistemas de aire acondicionado tipo ducto, entre los 36 000 BTU/h y 60 000BTU/h, solo 13 están por encima de la norma. Por último, para los aires con capacidad entre 36 000 BTU/h y 60 000 BTU/h de los 61 equipos, solo el 32 % de los equipos cumple con la norma. En total, estos equipos consumen el 40 % de la energía eléctrica del TEC.

Robles (2019), realizó un diagrama Pareto donde determina el orden de prioridad de sustitución de los sistemas de aire acondicionado, el 20 % de los equipos se encuentran en estado crítico.

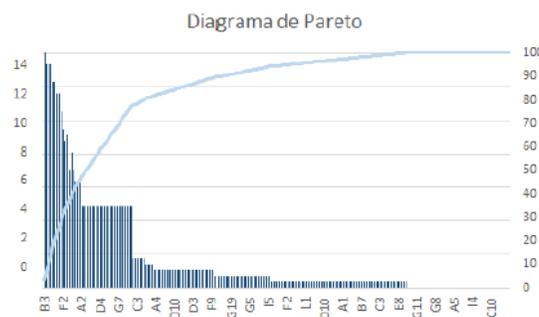


Gráfico 2-3 Diagrama de Pareto de sistemas de sistemas de aire acondicionado.

Fuente: Robles (2019)

### **3 CAPÍTULO III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 Descripción de problema**

El Departamento de Administración de Mantenimiento (DAM) desconoce si la gestión de mantenimiento se correlaciona con el análisis de ciclo de vida útil del activo, específicamente en su estructura de costos de operación y mantenimiento.

Por lo tanto, al desconocer el impacto financiero, técnico y ambiental de la operación y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado del Tecnológico de Costa Rica, Campus Tecnológico Central Cartago, es imposible tomar decisiones bajo un criterio ingenieril.

Es importante que el DAM tenga criterios técnico-financieros basados en el análisis de ciclo de vida útil, de forma tal que asegure la adecuada gestión de mantenimiento de los equipos.

## **3.2 Objetivos**

### **3.2.1 Objetivo general**

Desarrollar un estudio de factibilidad, basado en el análisis del ciclo de vida útil para la determinación del impacto financiero, técnico y ambiental de la operación y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

### **3.2.2 Objetivos específicos**

1. Determinar los costos de operación y mantenimiento de los equipos de aire acondicionado por medio de la estimación del ciclo de vida útil, estableciendo consumo, y mantenimiento correctivo y preventivo.
2. Establecer los criterios técnicos-financieros que permitan el planteamiento de una reglamentación (directriz) que defina los recintos a los cuales se emplearán sistemas de aire acondicionado, cumpliendo así con el Protocolo de Montreal, Plan Nacional de Energía (2015-2030), Protocolo de Kyoto y Acuerdo de París.
3. Determinar la proyección de la facturación de energía eléctrica según la norma ISO 50006-2014 para el Campus Tecnológico Central Cartago, de acuerdo con los estudios técnicos financieros de los equipos que permanecen instalados, según la directriz propuesta a nivel institucional.
4. Diseñar un Cuadro de Mando Integral, que permita la adecuada gestión de mantenimiento a los equipos por medio de cada una de sus perspectivas, de manera que se refleje el impacto a la reducción en sus costos de operación y mantenimiento.

### 3.3 Justificación

Este proyecto servirá para que el Departamento de Administración de Mantenimiento (DAM), tenga un estudio sobre los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Cartago y pueda brindarles el mantenimiento adecuado a estos equipos, según sus necesidades. Estos criterios les permitirán conocer el impacto financiero, técnico y ambiental de la operación y mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado, para así poder realizar las inspecciones de una forma más eficiente, ya que estas se ven limitadas por cuestiones de personal y tiempo, es decir, no pueden hacer inspección a todos los equipos.

A los equipos de preferenciales, el DAM realiza dos visitas al año de mantenimiento preventivo y para equipos preferenciales como son el DATIC y el LAIMI 2 se realiza una visita al mes. Para el caso de los equipos de *confort*, lo esperado es realizar una visita de mantenimiento preventivo cada tres meses, según el Ing. Carlos Pérez, encargado de sistemas de aire acondicionado en el DAM.

Con la información recolectada, se podrá determinar cuáles equipos deben ser retirados o suspenderles el mantenimiento, porque representan una pérdida para el negocio, debido a que los costos de mantenimiento y operación pueden resultar muy elevados, al compararlos con el costo de la adquisición de nuevos equipos.

En cuanto al ambiente, el TEC debe respetar las diferentes leyes como: Ley N° 7223 del año 1991, donde se compromete con el cumplimiento de Protocolo de Montreal para reducir el uso de la sustancia refrigerante HCFC, como el R22, el cual opera como sustancia refrigerante en el TEC. La ley N° 8219 de 1998, donde se aprueba el Protocolo de Kyoto. La Ley N°9405 del 2016 y la aprobación del Acuerdo de París, donde el país se compromete ser carbono neutro y a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero al 50 % respecto al año 2021.

El Plan Nacional de Energía 2015-2030, en sus orientaciones para la política energética, tiene como objetivo sectorial 2: “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).

El Ministerio de Hacienda de Costa Rica, con fundamento de la Dirección General de Administración de Bienes y Contratación Administrativa, presentó Guías de Criterios Sustentables, donde destaca las Compras Públicas Sustentables. En ella se encuentra la directriz N° 011-MINAE donde esta

...está dirigida a los jefes de todas las instituciones de la administración pública, incluyendo aquellos órganos, entes, empresas e instituciones del sector público centralizado, descentralizado institucional y territorial, mediante la cual se establece la prohibición de adquirir equipos, luminarias y artefactos de baja eficiencia que provoquen alto consumo de electricidad para ser utilizados en los edificios e instalaciones de tránsito peatonal que ocupe el sector público”. (MINAE, s.f)

El TEC cuenta con su Plan Estratégico 2017-2021, donde uno de sus ejes principales consiste en la energía en donde se definen actividades académicas relacionadas con el uso eficiente de la energía. Además, en sus ejes transversales, en cuanto a tecnología, en la cual se establece sobre la realización, utilización y el conocimiento de herramientas, métodos y procedimientos para resolver un problema o servir a algún propósito, haciendo uso del conocimiento científico. (TEC, s.f.)

El TEC, además de estar galardonado con la Bandera Azul Ecológica, la sede central en el 2019 se convirtió en la primera universidad pública en ser carbono neutral, la certificación fue dada por INTECO. Las acciones que tomaron (Grajales,2019) son:

- La renovación de la flota vehicular y capacitación a los choferes.
- Mejoras en el consumo de electricidad, utilizando iluminación eficiente y paneles solares, techos UPVC y cambiando sistemas de aire acondicionado con ventilación natural.
- Reducción de residuos sólidos, eliminando el plástico de un solo uso.

### **3.4 Viabilidad**

Realizar un estudio de factibilidad mejoraría el desempeño del DAM, ya que esto permitiría que se pueda desarrollar una investigación de calidad y provecho que le permita al departamento tomar las mejores decisiones con respecto a los sistemas de aire acondicionado, en cuanto a mantenimiento, como es la reposición de equipos de mayor eficiencia, como los dispositivos *inverter*.

Es importante tener acceso a la información, sobre datos de los diferentes equipos, así como facturación eléctrica, costos de mantenimiento, tanto correctivo como predictivo, muchos de ellos ya visibilizados, debido al trabajo realizado por la Ingeniera Kimberly Robles (2019) titulado “Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aires Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica”

### **3.5 Alcance**

El proyecto busca poner en evidencia partir del análisis del ciclo de vida útil, el impacto que tienen los equipos de manera financiera, técnica y ambiental para así, en un futuro, tomar acciones sobre ellos, ya que, al conocer mejor estos aspectos, se podrá disminuir la emisión de gases CO<sub>2</sub>, además de los costos, tanto en el ámbito energético como en de mantenimiento.

Este estudio de factibilidad representa una línea base para poder sustituir, de la mejor manera, los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Cartago, para así cumplir con las acciones que realiza la Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL) que tiene el TEC. Considera, además, el compromiso que tiene el Gobierno de Costa Rica, con respetar los acuerdos como el Protocolo de Kyoto, Protocolo de Montreal y Acuerdo de París, buscando siempre sostenibilidad ambiental.

Este proyecto solo presenta las bases para sustituir los sistemas de aire acondicionado, este proyecto no incluye diseño y selección de los sistemas de aire acondicionado.

### **3.6 Limitaciones**

Una limitante es que, en el TEC, cada departamento compra sus equipos de aire acondicionado, por lo que hay una gran variedad, y los distintos ambientes donde están conectados, esto puede generar atrasos en el proyecto. Adicionalmente, el proyecto solo utiliza información científica para la implementación de la directriz, además de costos, no se toma en cuenta las condiciones actuales del recinto, por lo que no se requiere hacer mediciones.

Por limitante de tiempo, este proyecto no contempla diseño y selección de equipo de aire acondicionado para el Campus Tecnológico Central Cartago, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

## 4 CAPÍTULO IV. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Perspectiva Ambiente

Actualmente es inevitable darse cuenta de que el planeta sufre un cambio climático. El aumento de temperatura se debe más que todo a las actividades humanas que provocan gases del efecto invernadero. Esta situación ha preocupado a gran parte de la población y en especial a las Naciones Unidas que con fundamento en el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) que ha intentado revertir la situación o al menos mitigarla, siendo así un esfuerzo insuficiente. (Mondragón et al, 2019)

#### 4.1.1 Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) se producen de manera natural y son necesarios para la mayoría de los seres vivos que habitan en el planeta, debido a que estos mantienen la radiación del sol que, cuando va de vuelta al espacio, queda atrapada por estos gases presentes en la atmosfera; lo que produce un calentamiento en la superficie terrestre y esta se vuelva habitable. Sin embargo, si la cantidad de estos gases aumenta, la temperatura de la tierra sube porque la radiación que emite el sol se queda atrapada en el planeta.

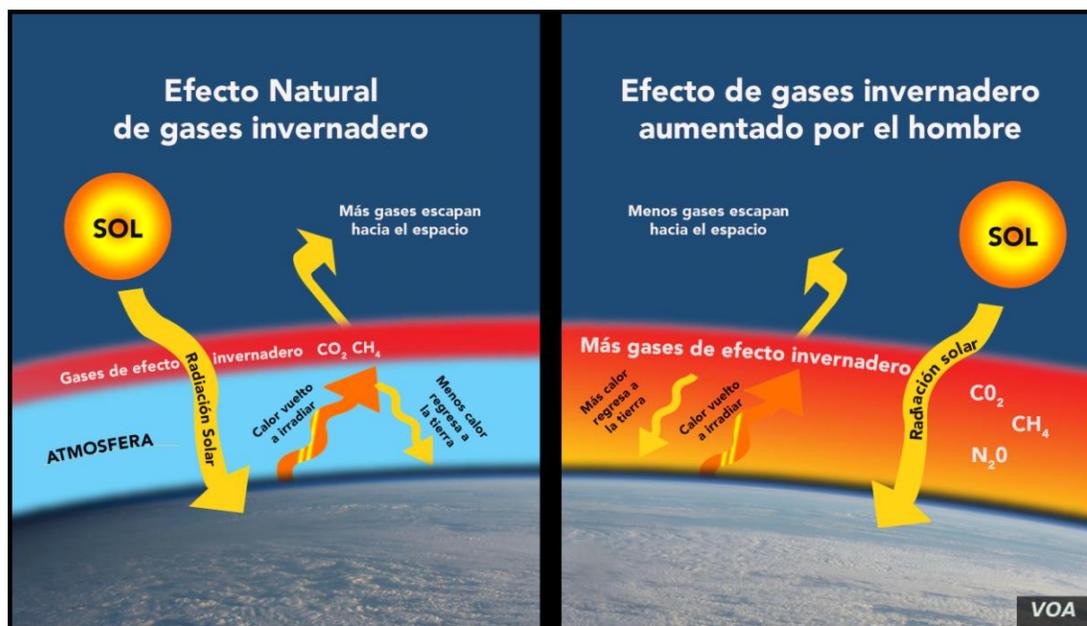


Figura 4-1 Representación gráfica del Efecto Invernadero.

Fuente: Benavides & Esperanza (2007)

Por actividades humanas como la deforestación, industrialización y agricultura, la cantidad de GEI en la atmósfera ha incrementado, lo que genera directamente el aumento de la temperatura del planeta. El GEI más abundante actualmente, alrededor de dos tercios de todos los tipos de GEI es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). (Naciones Unidas, 2020)

#### **4.1.2 Estrategias para combatir el cambio climático**

##### **Protocolo de Kyoto**

El protocolo de Kyoto fue adoptado en 1997, pero este entró en vigor hasta el 2005. Este protocolo basado en principios y disposiciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, además de sus anexos, compromete a los países industrializados y economías en transición, a limitar y reducir las emisiones de los GEI, de acuerdo con objetivos individuales acordados con políticas y medidas de mitigación, las cuales deben informar periódicamente. (UNFCCC,2008)

##### **Acuerdo de París**

En diciembre del año 2015, las partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), alcanzaron un acuerdo para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. Este acuerdo hace que todos los países tengan como causa común combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos. Con respecto a los GEI, este acuerdo alienta a las partes a conservar y mejorar los sumideros y depósitos de GEI, también establece mecanismos para contribuir a la mitigación de las emisiones de GEI y apoyar el desarrollo sostenible, con el fin de evitar que el planeta aumente su temperatura a 2 °C. (United Nations Climate Change, sf)

##### **Protocolo de Montreal**

El protocolo de Montreal es un acuerdo internacional con el objetivo de proteger la capa de ozono, con la meta de eliminar las sustancias que agotan el ozono (SAO). Sin la capa de Ozono, aumentan los niveles de radiación ultravioleta que ingresan al planeta, lo que genera problemas en los humanos, como en el medio ambiente. Desde 1987 hasta finales del 2014, se ha logrado eliminar el 98 % de las SAO controladas, gracias a esta disminución, como efecto colateral entre 1989 al 2013, se han reducido las emisiones de CO<sub>2</sub> en 135 000 millones de toneladas. Sin embargo, por la transición de los CFC a los HCFC que tiene un menor potencial de agotamiento del ozono

(PAO) se debe seleccionar en el ámbito de refrigeración y de sistemas de aire acondicionado, alternativas adecuadas que sean amigables con el ambiente. (PNUD,s. f.).

En las enmiendas del protocolo de Montreal, se pueden mencionar la Enmienda de Londres, donde se incorporan sustancias controladas 10 CFC, la Enmienda de Copenhague donde se incluye en las sustancias controladas los HCFC y HBFC, la Enmienda de Montreal donde se establecen un sistema de licencias para la importación y exportación de sustancias controladas y la Enmienda de Beijing, en la que se incorporó al “bromoclorometano” a las sustancias controladas. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2014)

La Enmienda de Kigali, entró a regir a partir del 1 de enero del 2019 y en esta se habla que, durante los próximos 30 años, se reducirá en más del 80 % la producción y el consumo proyectados de hidrofluorocarbonos (HFC), las cuales son reguladas por el protocolo de Montreal. (GIZ, 2019)

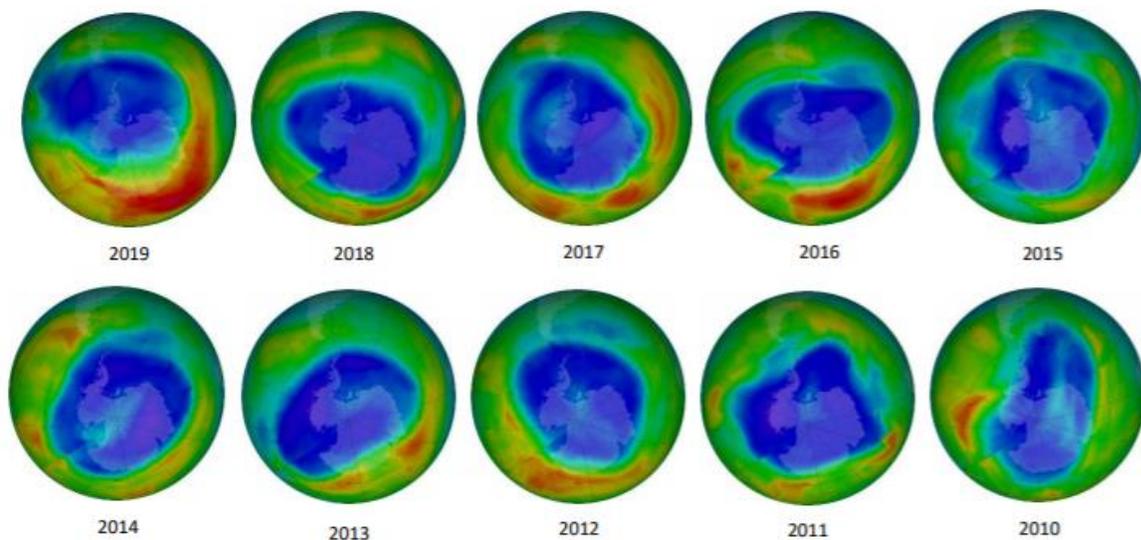


Figura 4-2 . Mapas de columna total de ozono del 8 de septiembre, donde el Agujero de ozono tuvo un área máxima para el este año (2010 al 2019). Los mapas son obtenidos del OMI

Fuente: Benítez et al. (2019)

## 4.2 Sustancias refrigerantes

Una sustancia refrigerante se define como un fluido que se utiliza para absorber y transmitir calor en un sistema de refrigeración. Estas sustancias absorben calor a bajas temperaturas y presiones y liberan calor a altas temperaturas y presiones. (Wang, 2001)

### 4.2.1 Historia y emisiones por los sistemas de aire acondicionados

La práctica de la refrigeración probablemente ha existido desde la época de las cavernas, utilizando el hielo como sistema de enfriamiento, después se utilizaron diferentes métodos como fosos, sistemas de evaporación o incluso el agua, este último considerado como la primera sustancia refrigerante. Con el paso del tiempo se perfeccionaron las diversas técnicas, en la primera parte del siglo XIX donde se probaron muchas sustancias refrigerantes, destacando el amoníaco, propano, agua, bióxido de carbono, bióxido de azufre, cloruro de metilo y algunos hidrocarburos, utilizando el amoníaco; por tener excelentes propiedades sustancia sustancias refrigerantes. (Plazas, 2012)

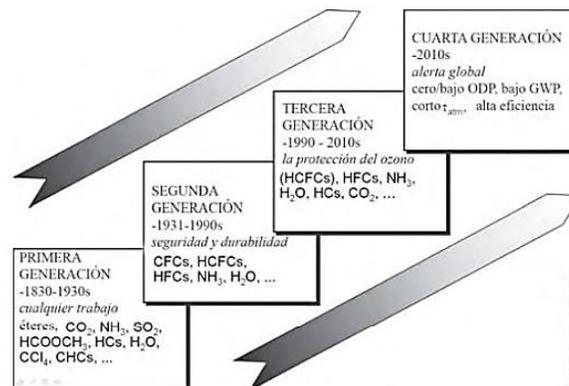


Figura 4-3 Historia de las sustancias refrigerantes.

Fuente: Calm (2009).

A principios del siglo XX, con el desarrollo de las unidades electrodomésticas, surgió otro problema, el sistema de refrigeración era bastante riesgoso pues las sustancias refrigerantes son tóxicas, operaban a grandes presiones u ocasionaban corrosión en el sistema. En 1928, C.F Kettering solicitó a Thomas Midgely desarrollar un nuevo producto, por lo que se obtuvieron sustancias refrigerantes como R-11 y R-12. En 1929 nacieron las sustancias refrigerantes halogenados, denominados clorofluorocarbonos (CFC) como el Freón 12, y después Freón 11, el Freón 21, el Freón 114, y el Freón 22. Sin embargo, estos no fueron aceptados por su alto costo,

por ser productos inodoros o debido a que se tenían que realizar cambios en el diseño de los sistemas de refrigeración ya existentes. En 1950, nacieron el hidroclorofluorocarbonos (HCFC) como la segunda generación de estas sustancias refrigerantes. (Calm, 2009)

Al principio de los años ochenta, con la ampliación de los diversos compuestos halogenados y los freones, la NASA realizó estudios y encontró una reducción en la capa de ozono en la Antártida, puesto que la emisión de los compuestos halogenados tiene bromo y cloro. Por lo tanto, se empezaron a sustituir las sustancias refrigerantes R-11 y R-12 con R-123 y R-134a.

La refrigeración se encuentra en continua evolución, debido a dos de los problemas ya antes mencionados, el efecto de los gases sobre la capa de ozono y el calentamiento global ya que, el dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, HFC, perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre, son gases de efecto invernadero. Actualmente las comunidades internacionales, con el objetivo de disminuir los efectos, indican que a partir del 2010 los HCFC no se pueden utilizar puros, si no reciclados y a partir del 2015, no se podrá usar ningún tipo de HCFC. Los CFC son mucho más dañinos para la capa de ozono. Actualmente estamos próximos a despedirnos del R-22. (Barreras 2011)

En la siguiente figura se muestra las emisiones de CO<sub>2</sub> que representan los sistemas de aire acondicionado. En indirectas se debe a contaminación por consumo energético y en las directas se debe a recargas de sustancia refrigerante por mantenimiento. (Heubes ,2010)

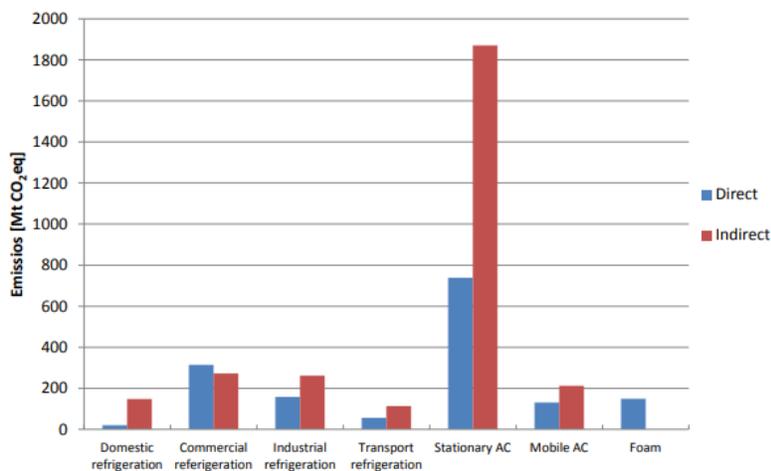


Figura 4-4 Emisiones por equipos de refrigeración.

Fuente: Heubes (2010)

#### 4.2.2 Clasificación de las sustancias refrigerantes

Según el estándar 34 de ASHRAE las sustancias refrigerantes se clasifican, según el origen, entre ellas se observan (Urrego, 2014):

Tabla 4-1 Clasificación de las sustancias refrigerantes según ANSI/ASHRAE 34.

Serie	Nombre	Algunas sustancias refrigerantes
000	Metanos	R12, R23
100	Etanos	R134a, R141b
200	Propanos	R290
400	Zeotrópos	R407C, R410A
500	Azeótropos	R502, R507
600	Orgánicos	R600, R600a
700	Inorgánicos	R717, R744

Elaboración propia: Microsoft Word

Fuente: Urrego (2014)

#### 4.2.3 Clases de sustancias refrigerantes

**Halocarbonos:** Son compuestos químicos conformados por una estructura de carbono a la que se le une un halógeno como flúor, cloro y/o bromo. Los refrigerantes que se encuentran en esta categoría se dividen en tres grupos básicos.

- CFC (Clorofluorocarbonados): contienen átomos de cloro y flúor que sustituyen los átomos de hidrógeno.
- HCFC (hidroclorofluorocarbonos): contienen átomos de hidrógeno, cloro y flúor. El hidrogeno permite una oxidación rápida, lo que afecta menos la capa de ozono. Los más usados son el R22 para aires acondicionados y el R123 para *chillers*.
- HFC (hidrofluorocarbonos): contienen átomos de hidrógeno y flúor y no contienen cloro, provocando una oxidación rápida. Su uso aparece como alternativa para sustituir los CFC, puesto que no afectan la capa de ozono, pero ocasionan gases de efecto invernadero.
- Mezclas. Es la unión de dos o más sustancias refrigerantes distribuidas uniformemente en proporciones variables. Surgen como alternativas para acelerar las sustancias destructoras de ozono. Estas se dividen en:

- Zeotrópicas: está conformado por dos o más refrigerantes puros de diferente volatilidad, lo que genera que al evaporarse y condensarse en el sistema de refrigeración su composición y su temperatura de saturación cambien.
- Azeotrópicas: son las mezclas formadas por dos o más refrigerantes puros con la misma volatilidad. Cuando se evaporan o se condensan en el sistema de refrigeración su composición y su temperatura de saturación no cambian.

**Sustancias refrigerantes inorgánicos:** Contiene combinaciones de elementos de la tabla periódica que no contienen carbono, excepto CO<sub>2</sub>. Entre ellos destacan el agua (R178), amoníaco (R717), dióxido de carbono (R744).

**Refrigerantes orgánicos:** Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que contiene carbono, excepto R744. Los refrigerantes más comunes son:

- Hidrocarburos HC: son los compuestos formados únicamente por carbono e hidrógeno. Por tener propiedades termodinámicas similares, se pueden usar para sustituir a las R134a u las R12. Estos refrigerantes son: Las sustancias refrigerantes más comunes son los hidrocarburos (HC), donde destaca el etano (R70), propano (R290) y isobutano (R600a).

#### 4.2.4 Unidades de medida del impacto ambiental de los refrigerantes

**Potencial de Agotamiento de Ozono, PAO** (ODP en inglés). Es la relación del impacto sobre el ozono de una sustancia química comparada con el impacto de una masa igual de CFC-11, el cual está definido como 1.

**Potencial de Calentamiento Global, PCG** (GWP en inglés). Este potencial se usa para comparar la capacidad de diferentes gases de efecto invernadero (GEI). Está basado en la capacidad de absorber calor y en la velocidad de descomposición del gas con respecto al dióxido de carbono.

**Tiempo de Vida Media.** La vida media es el tiempo necesario para que la concentración de la sustancia en la atmosfera disminuya a la mitad.

### 4.3 Sistema de aire acondicionado

Según Hassan (1996), los sistemas de aire acondicionado se pueden definir como un proceso para el control de temperatura, humedad y limpieza del aire en un espacio, con el objetivo de llevar las condiciones del ambiente a valores estandarizados que garanticen una sensación de *confort*.

La temperatura se controla por medio del ciclo de refrigeración, donde se extrae el calor por medio de una sustancia refrigerante, el proceso se compone de cuatro pasos fundamentales:

- **Expansión:** En esta está en estado líquido en alta presión, para enviarlo al evaporador se necesita un elemento de expansión con el objetivo de disminuir temperatura y presión del líquido.
- **Evaporador:** En esta etapa el líquido se evapora, cediendo frío al aire impulsado por medio de un ventilador, en esta etapa la sustancia refrigerante se convierte en gas.
- **Compresión:** El gas se comprime para aumentar su temperatura y presión.
- **Condensación:** El vapor a alta presión circula por el condensador para convertirse en sustancia refrigerante líquida a alta presión.

La humedad relativa se controla mediante humidificadores o des- humidificadores, añadiendo o extrayendo vapor de agua al ambiente, mientras que la calidad del aire se controla mediante el uso de filtros o sistemas de ventilación. Ya cuando el aire este correctamente tratado, se requiere una buena distribución de este por lo que se debe contar con ventiladores, ductos y equipos del sistema de aire acondicionado (Pita, 2002)

#### 4.3.1 Tipos de sistemas de aire acondicionado.

##### Sistemas tipo paquete

Estos sistemas son conocidos como unidades centrales del sistema de aire acondicionado, contienen el condensador, el evaporador, compresor y elemento expansor en un mismo gabinete.

## Sistemas acondicionados tipos *Split*

Estos sistemas son conocidos como descentralizados, donde el compresor y condensador se ubican en el exterior del recinto mientras que la unidad evaporadora se ubica en el interior. Ambos equipos se conectan por medio de tuberías y conexiones eléctricas. Sus tipos son:

- Tipo *cassette*: estos se instalan en los techos falsos.
- Tipo *mini Split*: Estos se instalan en partes altas de la pared.
- Tipo *Split piso cielo*: estos se ubican en el techo, o vertical sobre el piso.
- Tipo *multi Split*: consiste en una unidad evaporadora donde se pueden manejar diferentes evaporadores. A estos sistemas también se le conoce como flujo de refrigerante variable (VRF) o volumen de refrigerante variable (VRV).

### 4.3.2 Sistemas tipo *inverter*

La *tecnología inverter* a diferencia de los sistemas convencionales, se adapta al compresor a las necesidades del momento, permitiendo únicamente consumir la energía necesaria. Estos aires acondicionados cuentan con un sensor de cambios de temperatura, los cuales hacen que se pueda variar las revoluciones del compresor para proporcionar la potencia demandada, así los equipos disminuyen la potencia para evitar arranques del compresor.

El *sistema inverter* hace posible que el compresor trabaje a un 30 % por encima de su potencia para llegar rápidamente a su temperatura deseada y funcionar 15 %, debajo de su potencia, dando como resultado una reducción de ruido y consumo. (Claes, 2016)

La diferencia más notoria entre los compresores convencionales consiste en que trabajan con un compresor individual, mientras que el *Inverter* trabaja con un compresor gemelo

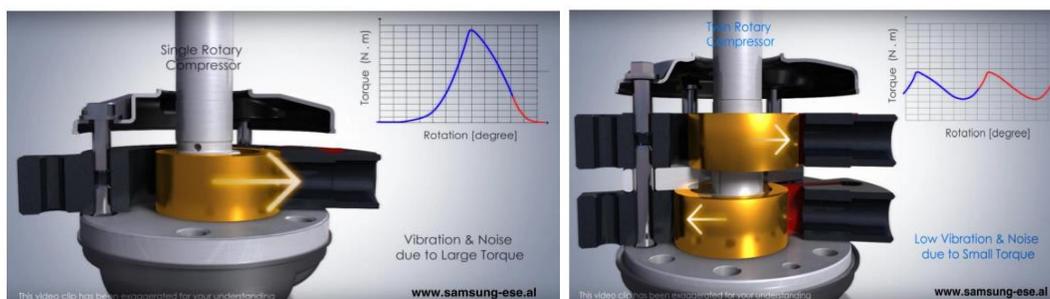


Figura 4-5 Compresor convencional versus compresor *inverter*.

Fuente: Claes (2016)

## 4.4 Mantenimiento

### 4.4.1 Tipos de Mantenimiento

Según Duffuaa (2000), el mantenimiento se define como “la combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales un equipo o sistema se conserva o se repara para que pueda realizar sus funciones designadas”. Según García (2003), existen 5 tipos de mantenimiento los cuales son:

- **Mantenimiento correctivo:** son las tareas designadas para corregir defectos que se van presentando en los distintos equipos.
- **Mantenimiento preventivo:** es el mantenimiento que tiene como misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando correcciones en el tiempo oportuno.
- **Mantenimiento predictivo:** su objetivo es conocer e informar permanentemente el estado y operatividad del equipo mediante el conocimiento de sus valores operacionales.
- **Mantenimiento cero horas:** Consiste en intervenir el equipo y dejarlo como nuevo.
- **Mantenimiento en uso:** es mantenimiento básico de un equipo realizado por los mismos usuarios del equipo.

### 4.4.2 Mantenimiento Tercerizado

El mantenimiento tercerizado o subcontratado, consiste en que las empresas dueñas de los activos contratan a una empresa externa con el objetivo de realizar el trabajo de mantenimiento o parte de él.

El mantenimiento se terceriza por diversos factores, principalmente rentabilidad económica, ya que se reducen los costos de mantenimiento o en su planilla. Adicionalmente, otras razones por las cuales se realiza son debido a cuando no hay suficiente planilla, de conocimiento o medios técnicos, flexibilizar recursos de mantenimiento. (González, 2005)

Una de las desventajas es que, dependiendo de los grados de externalización, se puede delegar toda la gestión, lo que genera que la empresa no pueda tomar decisiones sobre esta y solo manejar presupuesto, lo que genera pérdida del *know how*, pérdida del control de las instalaciones, conocimiento, experiencia entre otros.

### 4.4.3 Ciclo de vida útil

Según Pérez (2020), confiabilidad se define como la probabilidad de que un elemento funcione de una manera satisfactoria durante un periodo de tiempo determinado. La confiabilidad disminuye la ocurrencia de falla de los activos.

*Weibull* es una distribución de probabilidad continua, la cual modela la distribución de fallas en un sistema o activos cuando la probabilidad de fallas varía con el tiempo. El comportamiento de esta tasa de fallas en función del tiempo, se conoce como curva de la bañera. El parámetro de forma  $\beta$  define la tendencia de tasa de fallas, cuando  $\beta$  es menor a 1, la frecuencia de fallas decrece, si es igual a 1 la tasa de fallas es constante y si es mayor a 1, la frecuencia de fallas crece y representa la fase de envejecimiento del activo (Crespo y Parra, 2017).

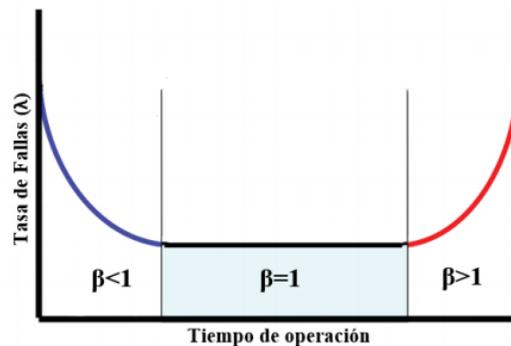


Figura 4-6 Curva de la bañera.

Fuente: Pérez (2020)

Si se tiene una técnica de análisis de costos de vida útil se puede evaluar de forma anticipada los potenciales problemas de diseño y cuantificar el viable impacto en los costos a lo largo del ciclo de vida de los activos.

Costo de vida útil se define según Woodhouse (1999), citado por Pérez (2020), como

...un proceso sistemático de evaluación técnico-económica, aplicada en el proceso de selección y reemplazo de sistemas de producción, que cuantifica el impacto real de todos los costos a lo largo del ciclo de vida de los activos y de esta forma poder seleccionar el activo que aporte los mayores beneficios al sistema productivo. (p.80).

Según Pérez (2020), para realizar un buen análisis del costo de vida del equipo se debe tener en claro:

- Características de los costos: El costo de ciclo de vida debe contemplar el costo de todas las funciones durante toda la extensión del ciclo de vida, estos incluyen los costos de diseño, adquisición, operación, mantenimiento y producción y disposición final.
- En el análisis de los costos asociados a un activo, estos se agrupan en dos grandes grupos, los CAPEX o Costos de Capital incluyen diseño, desarrollo, adquisición, instalación, entrenamiento de staff, manuales, documentación, herramientas e instalaciones para mantenimiento y repuestos de aseguramiento. Por otra parte, los OPEX o costos operacionales, incluyen mano de obra, operaciones, mantenimiento planificado, almacenamiento, contrataciones, mantenimiento correctivo – penalizaciones por eventos de fallas/baja confiabilidad y desincorporación.
- Tasa de descuento: es el costo de capital que se aplica para determinar el valor presente de un pago futuro, es decir, la tasa de descuento es útil para conocer el valor del dinero del futuro en la actualidad. El impacto de la tasa de descuento es que permite una comparación directa año a año, ante posibles cambios inflacionarios o efectos económicos.
- Ciclo de vida útil esperado: la vida de un sistema (proceso, elemento componente, equipo) es definida en términos semejantes a la vida humana, como el promedio de años en el cual se espera que el sistema funcione. Es necesario definir la cantidad de años que el activo funciona hasta el *overhaul* para realizar los cálculos

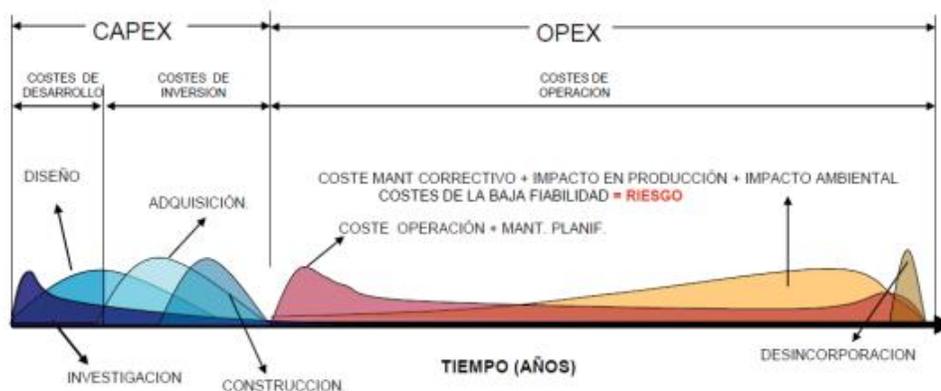


Figura 4-7 Estructura de costos en el ciclo de vida útil de un activo.

Fuente: Pérez (2020)

### **Norma UNE-EN 60300-3-3.**

La norma UNE-EN 60300-3-3, titulada Gestión de la Confiabilidad. La parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida es parte de la Normalización Española, creadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR), el año 2017.

En este se habla que el costo del ciclo de vida es un proceso de ejecución del análisis económico del activo sobre una parte o todo el ciclo de vida para tomar decisiones que puedan minimizar el costo de propiedad, sin dejar de cumplir con los requerimientos de este. El objetivo principal del cálculo de ciclo de vida útil es proporcionar criterios para la toma de decisiones en cualquiera o todas las fases del ciclo de vida del producto

El principal uso de este documento es comparar diferentes alternativas de solución donde el costo de propiedad que comprende mantenimiento, operaciones, mejoras requieren un balance entre el costo de adquisición y disposición final.

Para la estimación del coste existen tres métodos:

- Método de coste de ingeniería: Se estiman directamente los atributos de coste de los elementos particulares de coste, examinando el producto componente a componente o pieza por pieza.
- Método de coste por analogía: Este se utiliza basada en la experiencia de productos o tecnologías similares. Esta técnica puede ser una las menos complejas y menor dedicación de tiempo. Se aplica fácilmente a componentes del producto de los cuales hay experiencia o datos reales
- Método paramétrico: Este usa parámetros y variables para desarrollar relaciones para la estimación de costes. Las relaciones son normalmente tiene forma de ecuaciones.

Como lo menciona la norma de la versión 2004:

$$LCC = Coste_{de\ adquisición} + Coste_{de\ propiedad} + Coste_{de\ eliminación} \quad (1)$$

En ambas versiones se menciona que es importante descomponer el LCC total en elementos de coste que lo sustituyen. Estos elementos deben identificarse individualmente para poder definirlos claramente y lograr una adecuada estimación. Un posible enfoque para identificar los elementos del coste es creando niveles más bajos. Esto se puede ilustrar con la figura 1-3 donde están representados los siguientes aspectos del producto:

- Descomposición del producto en niveles más bajos (esto es, estructura de descomposición del producto o trabajo)
- El momento en el ciclo de vida en que se lleva a cabo el trabajo o actividad (esto es las fases del ciclo de vida)
- La categoría de costes de los recursos aplicables tales como mano de obra, materiales, energía o combustible.

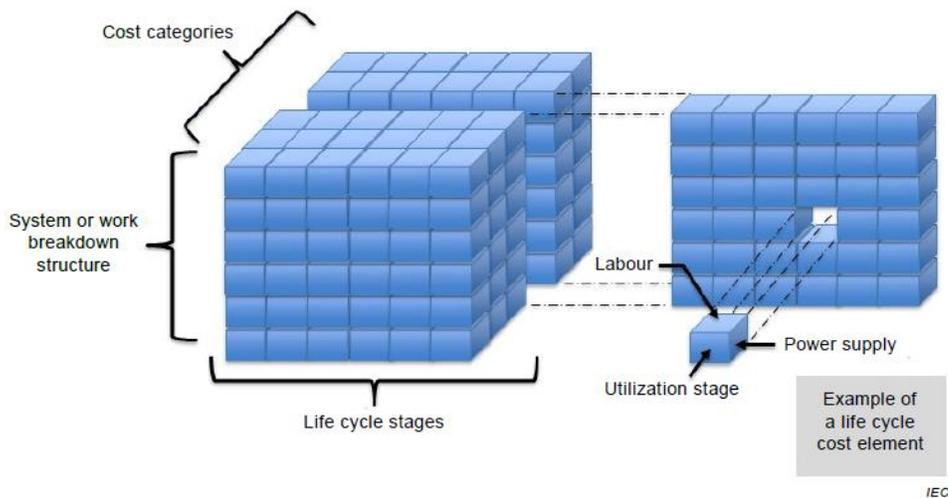


Figura 4-8 Concepto de desglose de costos

Fuente: Asociación Española de Normalización y Certificación. (2017).

#### **4.4.4 Energía**

##### **Norma 50001**

Este documento tiene como objetivo permitir que las organizaciones establezcan sistemas y procesos para la mejora continua del desempeño energético, incluyendo la eficiencia energética, el uso y el consumo de la energía. En este documento se especifica los requisitos mínimos de un sistema de gestión para una organización.

Los indicadores de desempeño energético (IDEn) y las líneas de base energética (LBEn) son dos elementos interrelacionada para demostrar mejoras en el desempeño energético.

El ciclo se denomina Planificar- Hacer- Verificar y Actuar (PHVA). En este proceso de conocer la organización, se implementan planes de acción, se realiza un seguimiento del desempeño energético y se toman acciones para tener una mejora continua.

##### **Norma 50006**

Esta norma ofrece un índice orientativo que contiene líneas de base energéticas e indicadores de desempeño para la implantación de un Sistema de Gestión de energía. Los conceptos necesarios para esta norma destacan

- ENPI: valor o medida que cuantifica los resultados con la eficiencia energética, uso y consumo en instalaciones, sistemas, procesos y equipos.
- ENB: es una referencia que caracteriza y cuantifica el rendimiento energético de una organización durante un periodo de tiempo. Se utiliza para el cálculo del ahorro de energía, como una referencia antes y después de la implementación de mejora de eficiencia energética.
- IDEs: son indicadores de desempeño de energía que se utilizan para cuantificar de manera eficaz, su desempeño energético de la organización o de cada una de sus partes
- LBEs: Son referencias cuantitativas utilizadas para comparar los valores de IDE en el tiempo y para cuantificar los cambios en el desempeño energético.

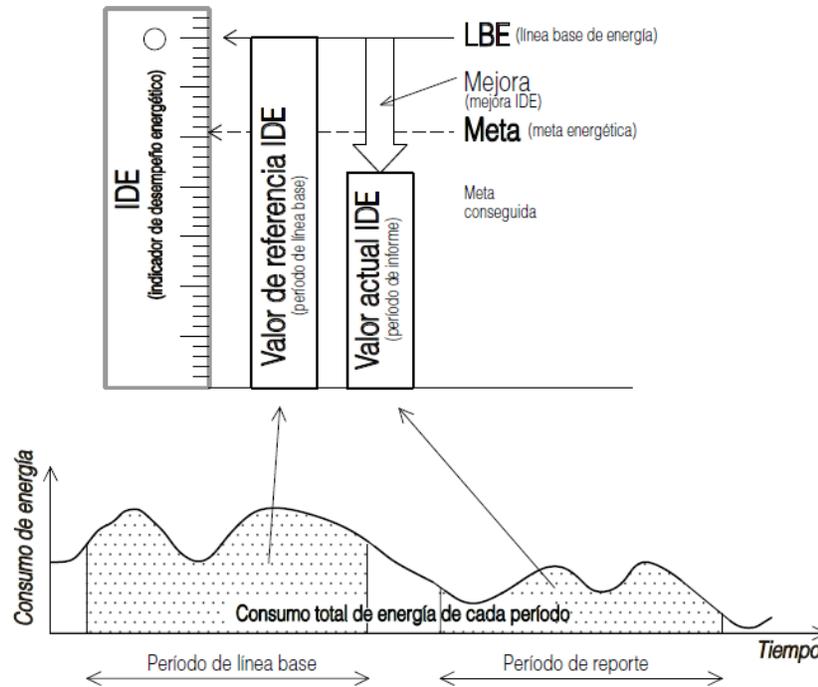


Figura 3 – Conceptos de período de línea base y período de informe de un IDE

Figura 4-9 Líneas Base, relación entre IDEs, LBEs y metas energéticas.

Fuente ISO 50006 (2014)

#### 4.4.5 Cuadro de Mando Integral

El Cuadro de Mando Integral (CMI) es una herramienta funcional pues proporciona a directivos y equipos de trabajos instrumentos de medición por medio de indicadores cuantitativos formulados para alcanzar las metas y los objetivos propuestos, los cuales complementan los indicadores financieros. Esta técnica es de suma importancia para medir la efectividad en los procesos, sumado a la necesidad que tienen las organizaciones de mejorar sus servicios. Además, ayuda a que la gestión de los equipos sea de importancia en todos los niveles de una compañía, pues, ya que es un instrumento que permite la concreción, representación y seguimiento de las estrategias de la organización, alineando los objetivos y las metas de todos los equipos de trabajo. (Niven, 2006).

Un Cuadro de Mando Integral es necesario puesto que muchas organizaciones solamente se basan en los índices financieros, sin embargo, con el CMI se conserva la medición financiera y se añade la perspectiva cliente, procesos internos y formación de personal. Además, es un modelo integral ya que se incluye todas las líneas de empleados desde alta gerencial a operarios. (Kaplan & Norton, 2002)

El CMI debe transformar los objetivos y estrategias a indicadores tangibles y además estos deben presentar un equilibrio entre procesos externos e internos; ofreciendo ventajas a clientes, procesos críticos, formación y crecimiento del personal. Todo esto relacionado como se muestra en la Figura 4-10 (Kaplan & Norton, 2002).

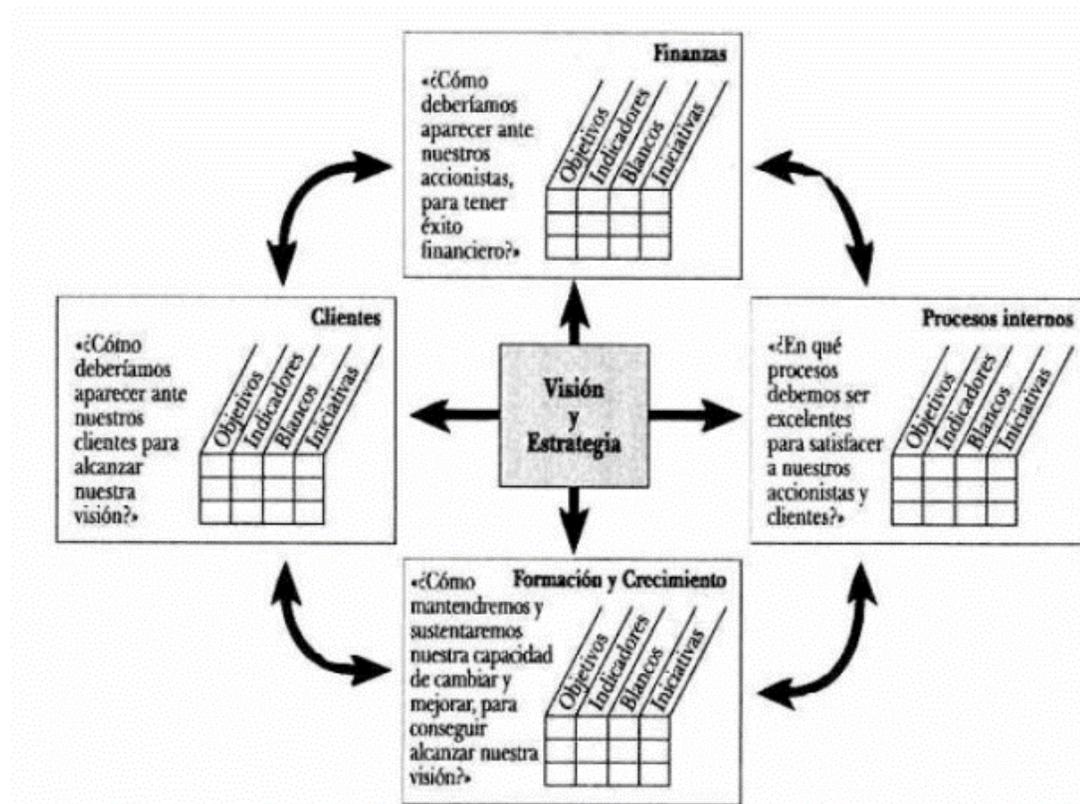


Figura 4-10 Vinculación de la misión y visión de la compañía según CMI.

Fuente: Kaplan & Norton (2002)

Más que un sistema de medición táctico u operativo, la formulación del CMI está sirviendo para gestionar la estrategia a largo plazo y para toma de decisiones más importantes. En la Figura 4-11 muestra el marco estratégico para la puesta en marcha de un Cuadro de Mando Integral, donde se observa cuáles aspectos como el consenso y traducción de la misión y estrategia, comunicación efectiva, planificación y establecimiento de objetivos, así como formación y retroalimentación estratégica son indispensables para lograr resultados positivos al implantar este modelo de gestión (Kaplan & Norton, 2002)

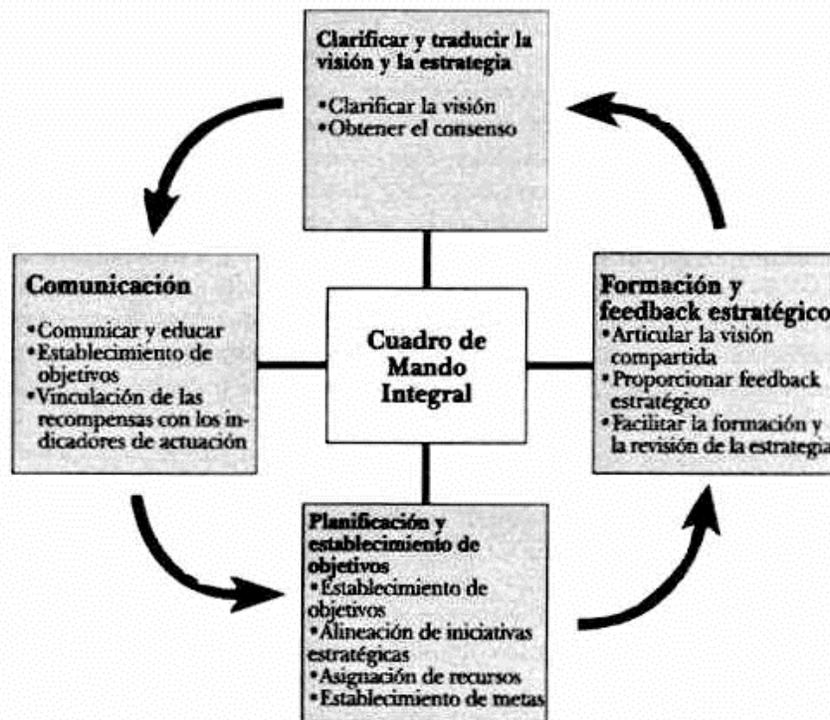


Figura 4-11 Marco estratégico para la puesta en marcha de una CMI

Fuente: Kaplan & Norton (2002)

#### 4.4.5.1 Perspectivas

El Cuadro de Mando Integral presenta cuatro perspectivas, las cuales son: perspectiva financiera, perspectiva al cliente, perspectiva interna o procesos de negocio y perspectiva de aprendizaje y crecimiento. Estas permiten equilibrar entre objetivos a corto y largo plazo, definir resultados deseados y acciones para conseguirlos, diferenciar entre medidas subjetivas y objetivas y clasificar metas sencillas y las más difíciles de obtener. (Kaplan & Norton, 2002)

##### **Perspectiva financiera**

Los indicadores financieros son valiosos para resumir de una forma sencilla y medible las consecuencias económicas de las acciones que ya se han realizado. Esta perspectiva sirve de enfoque para todos los objetivos e indicadores de todas las demás perspectivas, permite responder a las expectativas en cuanto a parámetros financieros de rentabilidad, crecimiento y valor al accionista. Esta perspectiva analiza factores tales como flujo de caja, crecimiento de ventas, rendimientos del capital, el valor añadido económico, entre otros (Kaplan & Norton, 2002).

### **Perspectiva del cliente**

Esta perspectiva incluye medidas de satisfacción de los clientes y mercados, pues una estrategia bien formulada e implantada incluye la satisfacción del cliente, retención de estos, así como la adquisición de nuevos clientes. Además, esta perspectiva debe incluir indicadores de valor añadido que la empresa aporta a clientes específicos o fundamentales, con la finalidad de atraer nuevos prospectos y confirmar la fidelidad de los actuales. Por ejemplo, continuidad en la entrega de productos y servicios, capacidad de adelantarse a las necesidades emergentes, basados en la evolución del mercado, entre otros (Kaplan & Norton, 2002).

### **Perspectiva interna o de proceso de negocio**

En esta perspectiva se identifican los objetivos e indicadores estratégicos asociados a los procesos clave de la organización o empresa. Esta perspectiva se realiza después de plantear los objetivos de las 2 perspectivas anteriores, debido a que en este punto se formula propuestas que generen valor, atraigan y retengan clientes en los segmentos del mercado seleccionado, además de satisfacer las expectativas de excelentes rendimientos financieros.

### **Perspectiva de formación y crecimiento**

La cuarta perspectiva del CMI se refiere a la formación, aprendizaje y crecimiento de la organización, esto con el objetivo de que la empresa tenga un motor del desempeño futuro a largo plazo y refleja su capacidad para adaptarse a las nuevas realidades, cambiar y mejorar.

Esta perspectiva se centra en tres fuentes principales: las personas, los sistemas y los procedimientos. Ya que las perspectivas anteriores pueden revelar deficiencias, la compañía deberá invertir en la capacitación de colaboradores, potenciar los sistemas y tecnologías de la información, además, coordinar los procedimientos y rutinas de toda la organización (Kaplan & Norton, 2002).

#### 4.4.5.2 Fases para la elaboración de un CMI

Para realizar un Cuadro de Mando Integral se necesitan 6 fases que se pueden dividir en tres áreas:

1. Análisis estratégicos, los cuales se determinan el conjunto de amenazas y oportunidades que el entorno presenta a la organización, así como el conjunto de fortalezas y debilidades. Aquí se determinan los objetivos y misiones y metas.
2. Formulación de estrategias, a nivel corporativo como de negocio o funcional de las posibles alternativas que se tienen para conseguir la misión y los objetivos que se han elegido, a partir del contexto definido en los análisis externo e interno.
3. Implantación estratégica, proceso por el cual se pone en marcha la opción estratégica elegida, teniendo en cuenta la estructura organizativa y la cultura empresarial que sirvan de soporte a la implantación. Este proceso se completa con la planificación y control estratégico, de tal forma que se verifiquen los resultados obtenidos con la misión y los objetivos previamente planteados por medio de indicadores.



Figura 4-12 Proceso del CMI

Fuente: Piedra (2020)

#### 4.4.6 Indicadores

Según García (2003), para que el Departamento de Mantenimiento pueda decidir si se deben realizar cambios o determinar algún aspecto concreto, se debe definir una serie de parámetros que permitan evaluar los resultados del área.

**Tiempo medio entre fallos MTBF:** este indicador nos permite conocer la frecuencia con la que suceden las averías. Se determina con las horas de un periodo entre el número de averías.

$$MTBF = \frac{\text{N.º de horas totales del periodo de tiempo analizado}}{\text{N.º de averías}} \quad (2)$$

**Tiempo medio de reparación MTTR:** este nos permite conocer la importancia de las averías considerando el tiempo medio hasta su solución.

$$MTBF = \frac{\text{N.º de horas de paro por averías}}{\text{N.º de averías}} \quad (3)$$

Analizando junto con las ecuaciones anteriores se tiene la siguiente fórmula para determinar la disponibilidad

$$DISP = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100\% \quad (4)$$

**Disponibilidad total:** Es el número de horas que el equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}} \quad (5)$$

Cuando se tiene la disponibilidad de cada uno de los equipos se puede calcularse la media aritmética, para obtener la disponibilidad total de la planta.

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N.º de equipos significativos}} \quad (6)$$

**Disponibilidad por averías:** es el mismo caso que el anterior solo tomando en cuenta las paradas por averías, es decir las intervenciones no programadas.

$$\text{Disponibilidad por avería} = \frac{\text{Horas totales} - \text{Horas de parada por avería}}{\text{Horas totales}} \quad (7)$$

## 5 CAPÍTULO V. METODOLOGÍA

1. Determinar los costos de operación y mantenimiento por medio del costo del ciclo de vida útil.

Antes de realizar este objetivo es necesario tener un listado actualizado de los equipos y sus características ubicados en el Campus Tecnológico Central Cartago. Esto se realizará con listas brindadas por el DAM como realizando visitas para verificar si los equipos se encuentran en la institución y sus situaciones operativas.

Para realizar este objetivo con respecto al costo de operación se necesita información sobre las licitaciones de las empresas tercerizadas, estas brindadas por el DAM, para determinar el costo eléctrico se necesita la potencia de los equipos como la tarifa a la que están sujetas según ARESEP. Con el costo de adquisición se obtiene la información del Departamento de Contabilidad como del Departamento de Aprovisionamiento. Toda esta información va a ser tabulada por medio de *Microsoft Excel*.

2. Criterios técnico- financieros que permitan el planteamiento de una reglamentación.

Para realizar el planteamiento de la directriz se parte del análisis del costo de vida útil realizado en la sección anterior, complementado con referencias bibliográficas donde se hable del impacto del costo del ciclo de vida en la organización como impacto en el ambiente de estos sistemas de aire acondicionado.

3. Proyección de la facturación por medio de la norma ISO 50006-2014

Con base en los resultados de la directriz aplicados en los sistemas de aire acondicionado en la institución, se realiza un análisis cuantitativo por medio de una proyección de la facturación según la norma ISO 50006- 2014 donde se determinó la línea base para el Campus Tecnológico Central Cartago y se describieron indicadores energéticos.

4. Diseño del Cuadro de Mando Integral.

A partir de los recolectado a lo largo del proyecto como por información del Departamento de Administración de Mantenimiento, se realiza el Cuadro de Mando Integral con los respectivos indicadores y metas para cada una de las perspectivas.

## **6 CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO**

Antes de realizar cualquier análisis a un activo, en este caso el costo del ciclo de vida útil, es necesario conocer el estado actual de los equipos con el fin de adquirir el conocimiento necesario para generar un buen análisis y tomar las mejores decisiones sobre estos. En los siguientes apartados se hablará de los sistemas de aire acondicionado ubicados actualmente en el Campus Tecnológico Central Cartago, con el objetivo de conocer el objeto de estudio y establecer las pautas para realizar el análisis con costo de ciclo de vida útil de los equipos y su respectiva directriz para futuras sustituciones de los equipos.

### **6.1 Situación actual**

El cuanto respecta al Campus Tecnológico Central Cartago, el Departamento de Administración de Mantenimiento, no cuenta con una lista actualizada y completa sobre los sistemas de aire acondicionado del campus, por lo tanto, la lista que se entrega a las empresas que realizan el mantenimiento no es la óptima para mantener los sistemas de aire en las mejores condiciones. Esto adicionalmente afecta a la Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL) debido a que no se puede saber con exactitud las implicaciones ambientales respecto al CO<sub>2</sub> que generan, tanto directamente como indirectamente los equipos.

Para realizar este trabajo no se incluyeron equipos de los cajeros que se encuentran en el Campus Tecnológico Central Cartago debido a que estos son activos de los bancos respectivos, así como las unidades que dan servicio a las oficinas ASETEC.

En el informe realizado por Kimberly Robles (2019), titulado “Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aires Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica”, que se realiza durante el primer semestre del 2019, se contabilizaron 285 unidades de aire acondicionado. Para el primer semestre del año 2021, se contabilizan 291, debido a que se realizó un retiro de 14 unidades y una incorporación de 20 unidades.

Tabla 6-1 Cambios en los sistemas de aire acondicionado del Campus Central Cartago

Item	Edificio	Departamento	Abastece	N° Activo	Tipo
<b>RETIRADOS</b>					
1	C4	Laboratorio de Física/Química	Lab Agua Potable	28457	Ventana
2	C4	Laboratorio de Física/Química	Lab Agua Potable	28458	Ventana
3	C4	Laboratorio de Física/Química	Lab Cromatografía	28323	Mini Split
4	C4	Laboratorio de Física/Química	Aguas Residuales	57707	Mini Split
5	D7	Área Académica de Administración de Tecnologías de Información	Oficina de Reuniones	38032	Ventana
6	D8	Taller de Publicaciones	Taller de Publicaciones	38420	Mini Split
7	F1	Escuela de Ingeniería en Construcción	Aula F1-06	55573	Piso cielo
8	F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	Desconocido	35882	Mini Split
9	F2	Escuela de Ingeniería en Electrónica	Antiguo Electrónica	NA	Split
10	F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Aula A-09 (LAB A)	45810	Piso cielo
11	G6	CIVCO	Cuartos Ambientales Controlados	21187	Ventana
12	G7	Ingeniería en Biotecnología	Laboratorio de Ingeniería de Tejidos	44557	Ventana
13	G7	Ingeniería en Biotecnología	Laboratorio de Piel	39535	Ventana
14	G7	Laboratorio Institucional de Microscopía	Cuarto de Microscopía	NA	Mini Split
<b>NUEVOS</b>					
1	C4	Escuela de Física	Desconocido	NA	Mini Split
2	F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	F2-11	9085	Cassette
3	F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	F2-12	9085	Cassette
4	F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	F2-06C	5366	Piso cielo
5	F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	A-09	61727	NV
6	G2	Editorial	Desconocido	NA	Mini Split
7	G7	Ingeniería en Biotecnología	Desconocido	NA	Paquete
8	G7	Ingeniería en Biotecnología	Desconocido	NA	Mini Split
9	G7	Ingeniería en Biotecnología	Ingeniería de Tejidos	NA	Mini Split
10	G7	Ingeniería en Biotecnología	Biología Molecular	86582	Cielo
11	G7	Ingeniería en Biotecnología	Biología Molecular	86583	Cielo
12	K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Varios sectores del edificio	PMI	Cassette
13	K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Varios sectores del edificio	PMI	Cassette
14	K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Varios sectores del edificio	PMI	Cassette
15	K3	Learning Commons	Desconocido	PMI	Fan Coil
16	K3	Learning Commons	Desconocido	PMI	Fan Coil
17	K5	Escuela de Química	Lab. de Suelos	PMI	Mini Split
18	K5	Escuela de Química	Microbiología	PMI	Cassette
19	L2	Escuela de Ingeniería Forestal	Herbario Cibi	NA	NV
20	NA	FUNDATEC	Desconocido	NA	Cassette
<b>EQUIPOS QUE SE CAMBIARON DE LUGAR</b>					
1	C4	Escuela Física	Laboratorio	64669	Precisión
2	G2	Editorial	Sala Reuniones	64459	Mini Split
3	B7	Auditoría Interna	Oficina	NA	Mini Split

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word.

Los importantes cambios de estos equipos se pueden ver en la tabla 6-1, estos se deben debido a la remodelación de diversos edificios alrededor del Campus Tecnológico Central Cartago, por ejemplo, con la construcción del edificio de la Escuela de Química (K5), el edificio C4 que era destinado a los laboratorios de física y química, actualmente pertenece a solo a física porque los equipos ya presentes ya no son funcionales o los equipos del departamento es mejor trasladarlos como ocurrió con el equipo de precisión de la Escuela de Física.

Es importante determinar el estado de los equipos en cuanto a condiciones operacionales, ciclo de vida útil, tipo de refrigerante, entre otros, con el objetivo de determinar si existe o no oportunidad de mejora. En cuanto a funcionalidad de los equipos en el primer semestre del 2019, de las 285 unidades de aire acondicionado el 91% de los equipos se encuentran operando mientras que el resto 9 % corresponde a equipos que no funcionan. Para el 2021, de las 291 unidades, los sistemas de aire acondicionado funcionales son 270 que equivale al 92,78 %, mientras que las que no funcionan son 21 que equivale al 7,21 %. Esto se puede representar en el grafico 6-1.

### Funcionalidad de los equipos

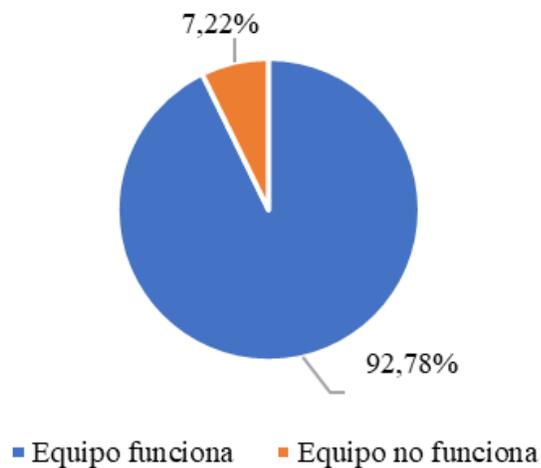


Gráfico 6-1 Funcionalidad de los equipos en el Campus Sede Central

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

Los equipos instalados, en cuanto a potencia eléctrica, en el primer semestre del 2019 representan un 1,212 MW, mientras que, para el mismo periodo del 2021, representa 1,217 2 MW, es decir hubo un aumento de 5 200 W. Se puede determinar que el consumo eléctrico, costos por facturación y emisiones de CO<sub>2</sub> se mantienen constantes. Sin embargo, si se considera solo los equipos que están funcionando, eso equivale a 1,1584 MW que equivale a una disminución de 58 800 W.

En cuanto a carga de enfriamiento instalada en el 2019, la capacidad calorífica de todos los dispositivos corresponde a 11 530 980 BTU/h (3,38 MW). En cuanto al año 2021, la capacidad calorífica de todos los activos corresponde a 12 418 300 BTU/h (3,64 MW) y tomando en cuenta sus unidades funcionales, la capacidad calorífica de todos los activos corresponde a 11 830 500 BTU (3,47 MW)

Al categorizar los equipos por tipo de refrigerante para el 2021, el 79,04 % corresponde a la sustancia refrigerante R410A. En segunda posición está el refrigerante R22 con un 17,18 %, Los equipos restantes corresponden a refrigerante R407C.

Tabla 6-2 Tipo de refrigerante acondicionado instalados en el Campus Central Cartago

Tipo de Refrigerante	Año 2019		Año 2021	
	n	%	n	%
R410A	214	75,1	230	79,04
R22	60	21,1	50	17,18
R407C	11	3,9	11	3,78
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>100</b>	<b>291</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Es importante tomar en cuenta que el refrigerante R410A forma parte de las sustancias refrigerantes zeotrópicas, las cuales no generan daños a la capa de ozono, pero posee un potencial de calentamiento global. El R22 al ser un CFC sus emisiones destruyen la capa de ozono y además pertenecen a los 6 gases que generan efecto invernadero. Por último, el refrigerante R407c es una sustancia zeotrópica la cual no daña la capa de ozono, pero sí genera un efecto invernadero. (Urrengo,2014)

### Tipo de Refrigerante

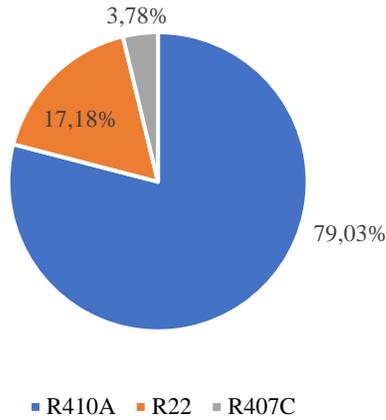


Gráfico 6-2 Tipos de refrigerante en el Campus Tecnológico Central Cartago

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

Con respecto a los sistemas de aire acondicionado que están funcionando, hay 35 que funcionan con refrigerante R22 lo que equivale a un 12,965 %, 11 equipos que funcionan con R407C que equivale a un 4,07 % y 224 equipos con refrigerante R410A que equivale a 82,96 %, como se ve representado en el gráfico 6-3.

### Tipo de Refrigerante

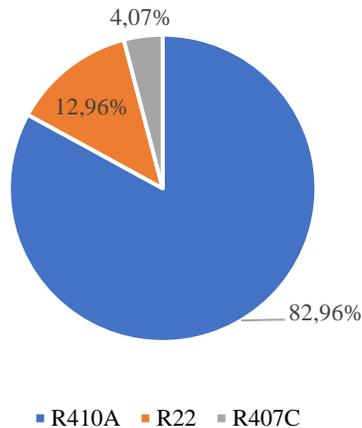


Gráfico 6-3 Tipos de refrigerante de equipos funcionales del Campus Tecnológico Central Cartago.

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

En cuanto a los tipos de sistemas de aire acondicionado destaca en primer lugar las unidades tipo *mini Split* con un 30,6 %, seguido los equipos tipo *cassette* con un 22,3 % y en tercer lugar están los equipos tipo *Split piso-cielo* corresponden al 19,6 % de todos los sistemas de aire acondicionado. En menor porcentaje se encuentran los sistemas tipo paquete, ventana, precisión, VRV, *multi Split* y *Split ducto*. Con esto se puede determinar que, al existir una gran cantidad de tipos de aire acondicionado, se requiere labores de mantenimiento específicas.

Tabla 6-3 Tipo de sistema de aire acondicionado instalados en el Campus Central Cartago

Tipo de A/C	Año 2019		Año 2021	
	n	%	n	%
<i>Mini Split</i>	89	31,2	89	30,6
<i>Cassette</i>	61	21,4	65	22,3
<i>Split Piso Cielo</i>	55	19,3	57	19,6
Ducto	29	10,2	22	7,6
Paquete	14	4,9	15	5,2
Ventana	13	4,6	7	2,4
Precisión	9	3,2	18	6,2
VRV	5	1,8	7	2,4
<i>Multi Split</i>	4	1,4	2	0,7
<i>Split Ducto</i>	4	1,4	2	0,7
<i>Fan Coil</i>	0	0	2	0,7
No se puede observar	2	0,7	5	1,7
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>100</b>	<b>270</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

En el gráfico 6-4, se puede ver la cantidad de equipos según el tipo de sistema de aire acondicionado.

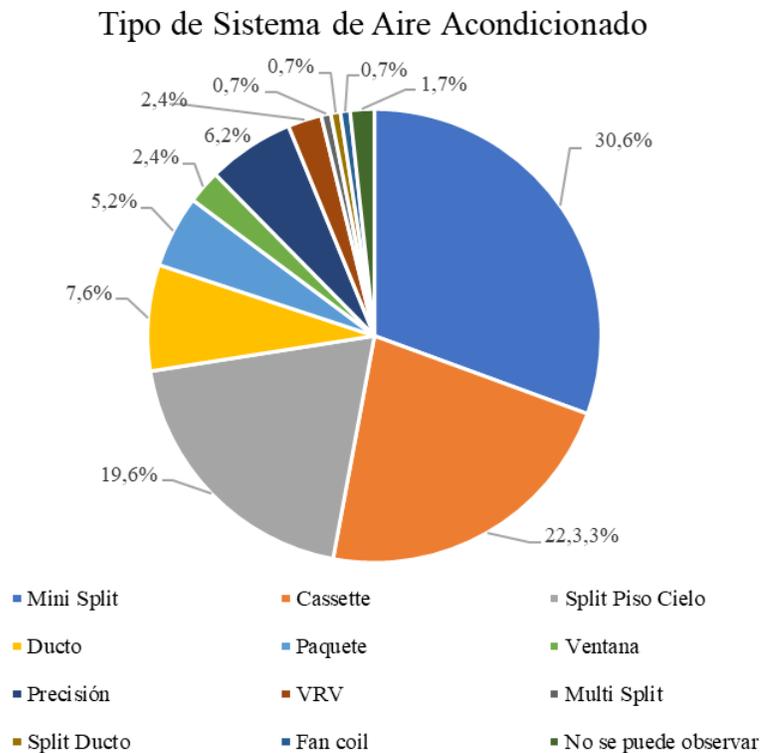


Gráfico 6-4 Clasificación según tipo de sistema de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

En cuanto a los tipos de sistemas de aire acondicionado que están funcionando en la sede central, hay 87 equipos *mini Split* que equivale a un con un 32,22 %, seguido los equipos tipo *cassette* con 61 equipos lo que representa un 22,59 % y en tercer lugar están los equipos *tipo Split* piso-cielo con 50 equipos que representa 18,52 %. En cuanto al resto de los equipos funcionales hay 21 equipos tipo ducto, 3 tipo ventana y 2 equipos que no se pueden observar. La cantidad de equipos funcionales de tipo paquete, precisión, VRV, *multisplit*, *split ducto* y *fan coil* es igual a la cantidad total, es decir estos equipos instalados están funcionando. Los porcentajes se pueden resumir en el gráfico 6-5.

### Tipo de Sistema de Aire Acondicionado

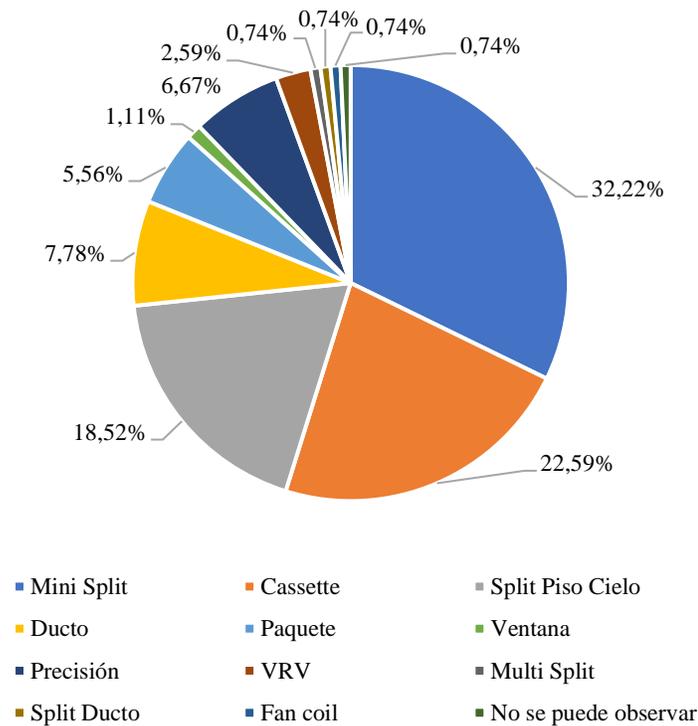


Gráfico 6-5. Clasificación según tipo de sistema de aire acondicionado funcionales.

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

Adicionalmente a la variedad de sistemas que existen en el Campus Tecnológico Central Cartago, el mantenimiento se dificulta aún más debido a las diferentes marcas de equipos que se encuentran. La mayor cantidad de marcas que se encuentran son York con un 32,99 %, LG 17,18 %, Daikin 9,62 %, Carrier 7,22 % y Westinghouse 5,15 %, la lista completa se puede ver en la tabla 6-4.

Tabla 6-4 Tipo de equipo según marca

Marca de A/C	Año 2019		Año 2021	
	n	%	n	%
York	94	33,0	96	32,99
LG	45	15,8	50	17,18
Daikin	29	10,2	28	9,62
Carrier	24	8,4	21	7,22
Westinghouse	20	7,0	15	5,15

Innovair	11	3,9	16	5,50
Stulz	9	3,2	9	3,09
Lennox	7	2,5	8	2,75
Air-pro	6	2,1	4	1,37
Miller	6	2,1	6	2,06
Data Aire	5	1,8	5	1,72
Emerson	4	1,4	4	1,37
Mitsubishi	4	1,4	4	1,37
Cooltek	3	1,1	3	1,03
Ciac	2	0,7	3	1,03
Ecox	2	0,7	2	0,69
Goldstar	2	0,7	2	0,69
TGM	2	0,7	2	0,69
Westric	2	0,7	2	0,69
AG	1	0,4	1	0,34
Comfortstar	1	0,4	0	0
Everwell	1	0,4	1	0,34
Goodman	1	0,4	1	0,34
Luxaire	1	0,4	0	0
Mcquay	1	0,4	1	0,34
Tempstar	1	0,4	1	0,34
Nordyne	0	0,0	4	1,37
No se puede observar	1	0,4	1	0,34
<b>Total</b>	<b>285</b>	<b>100</b>	<b>291</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

En cuanto a equipos funcionales clasificados por tipo se tiene el siguiente la tabla 6-5.

Tabla 6-5 Clasificación de equipos funcionales según marca.

<b>Marca de A/C</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
York	92	34,07
LG	49	18,15
Daikin	25	9,26
Carrier	16	5,93
Westinghouse	15	5,56
Innovair	16	5,93
Stulz	9	3,33
Lennox	6	2,22
Miller	6	2,22
Data Aire	5	1,85
Emerson	3	1,11
Air-pro	3	1,11
Nordyne	4	1,48
Mitsubishi	3	1,11
Cooltek	3	1,11
Ciac	3	1,11
Ecox	1	0,37
Goldstar	2	0,74
TGM	2	0,74
Westric	2	0,74
Everwell	1	0,37
Goodman	1	0,37
Samsung	1	0,37
Mcquay	1	0,37
Tempstar	1	0,37
<b>TOTAL</b>	<b>270</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Según su capacidad de BTU/h el 43,99 % de los equipos se encuentran entre 0 y 24 000 BTU/h, el 23,02 % se encuentra entre 24 000 BTU/h y 48 000 BTU/h y en tercer lugar con un 20,27 % se encuentran entre 48 000 BTU y 72 000 BTU/h. En la siguiente tabla se resume todos los resultados, tanto todos los equipos que se encuentran en el Campus Tecnológico Central Cartago como de solo los equipos funcionales en la misma sede.

Tabla 6-6 Capacidad calorífica para los equipos del Campus Tecnológico Central Cartago.

Capacidad de BTU	Totalidad de los equipos		Equipos funcionales	
	n	%	n	%
0-24 000	128	43,99	122	45,19
24 000- 48 000	67	23,02	57	21,11
48 000- 72 000	59	20,27	57	21,11
72 000 - 96 000	10	3,44	10	3,70
96 000- 120 000	18	6,19	18	6,67
120 000- 144 000	2	0,69	2	0,74
144 000- 168 000	1	0,34	1	0,37
168 000- 192 000	3	1,03	3	1,11
Sin registro	3	1,03	0	0,00
<b>Total</b>	<b>291</b>	<b>100</b>	<b>270</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Según la finalidad de los equipos, para el año 2019, el 61, % de los sistemas de aire acondicionado se utilizan por necesidad de los equipos, el 29 % se utilizan por confort y el 10 % no se conoce la función de estos. Para el año 2021 el 30,24 % de los equipos son destinados para *confort*, el 59,11 % se utilizan por necesidad de los equipos, y el 10, 24 % de los equipos no se sabe el uso.

Tabla 6-7. Clasificación de los sistemas de aire acondicionado según finalidad de los equipos.

Finalidad de los equipos	Totalidad de los equipos		Equipos funcionales	
	n	%	n	%
<i>Confort</i>	88	30,24	84	31,11
Necesidad de los equipos	172	59,11	167	61,85
Desconocido	31	10,65	19	7,04
<b>Total</b>	<b>291</b>	<b>100</b>	<b>270</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

En el gráfico siguiente se puede ver de manera visual la clasificación de todos los equipos por su función.

### Clasificación de equipos por su función

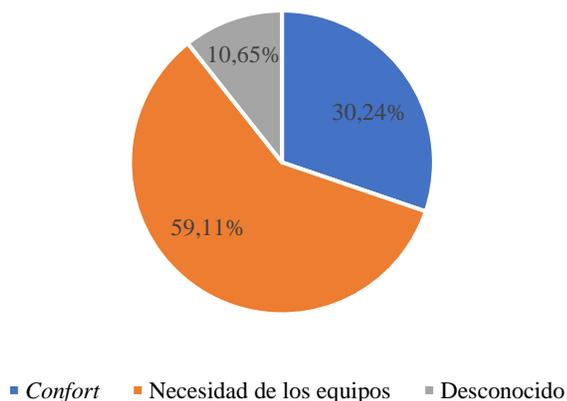


Gráfico 6-6 Clasificación de todos los equipos por su función-

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

En cuanto a los equipos que se encuentran funcionando el 31,11 % de ellos funcionan para *confort*, el 61,86 % por necesidad de los equipos, y el 7,04 % no se sabe la función de estos.

### Clasificación de los equipos por función

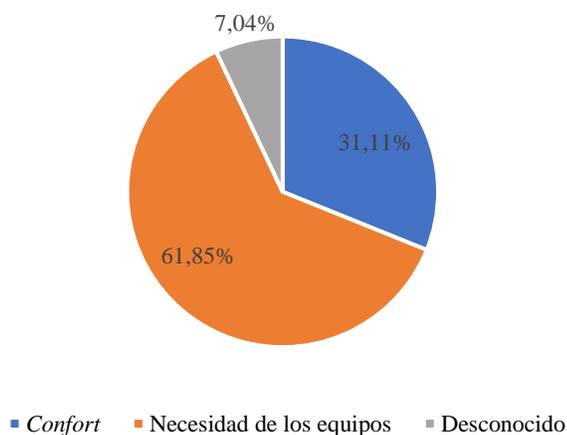


Gráfico 6-7 Clasificación de todos los equipos funcionales por su función-

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

Al realizar una división por sectores, se puede observar lo siguiente, que los lugares que tienen más sistemas de aire acondicionado corresponden a los edificios K con un 22,34 %, G con un 19 % y en tercer lugar el bloque de edificios D con un 13,75 %. En la tabla 6-8 se resume la cantidad y el porcentaje tanto de todos los equipos como para equipos funcionales.

Tabla 6-8 Clasificación de los equipos según bloque de edificios

Bloque de edificios	Todos los equipos		Equipos funcionales	
	n	%	n	%
A	24	8,25	19	7,04
B	14	4,81	13	4,81
C	25	8,59	21	7,78
D	40	13,75	32	11,85
E	5	1,72	5	1,85
F	23	7,90	21	7,78
G	57	19,59	56	20,74
H	1	0,34	1	0,37
I	22	7,56	22	8,15
K	65	22,34	65	24,07
L	13	4,47	13	4,81
NA	2	0,69	2	0,74
<b>Total</b>	<b>291</b>	<b>100</b>	<b>270</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

En el bloque A se encuentran los departamentos administrativos del TEC y escuela como la de Física, Matemáticas y Ciencias Sociales. En el bloque B se encuentran los edificios del departamento de computación, la escuela de Cultura y Deporte, Educación Técnica, FEITEC. En el bloque C está el edificio de aulas de la Escuela de Matemáticas, la Biblioteca José Figueres Ferrer, laboratorios de física, LAIMI 1 y comedor. En el bloque D se encuentra la Escuela de Administración de Empresas y Electromecánica, TEC Digital, Central Telefónica, Departamento de Aprovisionamiento, Monitoreo, Servicios Generales y Archivo. El bloque E es el Centro de las Artes, El bloque F corresponde a la Escuela de Construcción, Computadores, Ciencias del

Lenguaje, LAIMI 2 y la clínica. En el bloque G se encuentra la Editorial, CEVCO, CIVCO, Biotecnología, Ambiental, DAM. En el bloque H esta la Escuela de Ingeniería Agrícola, Bloque I esta la escuela de Ingeniería de los Materiales, Producción Industrial. El bloque K los cuales son los edificios financiados con el banco mundial está la Escuela de Electrónica, Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, Biblioteca TICS y la Escuela de Química. El bloque L corresponde a la escuela de Forestal y, por último, las que no se reconocen corresponden a la oficina de ingeniería y el nuevo FUNDATEC. En el siguiente gráfico se ejemplifica por bloque todos los equipos.

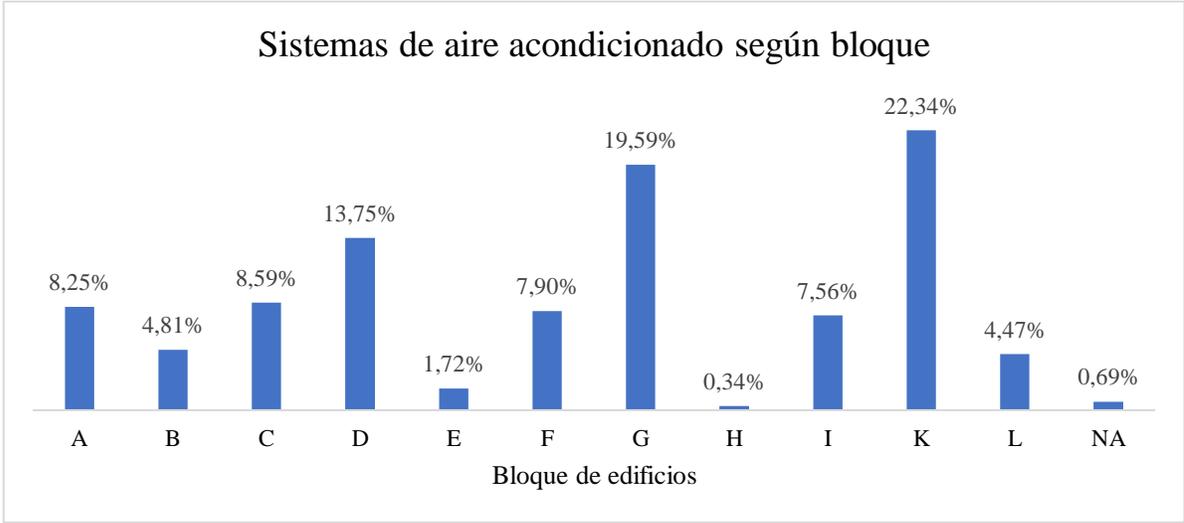


Gráfico 6-8 Clasificación de los equipos según bloque de edificios.

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel*

## 6.2 Condiciones operacionales de los sistemas de aire acondicionado

A partir de las inspecciones realizadas en las visitas alrededor del Campus Tecnológico Central Cartago, se pueden determinar las siguientes condiciones operacionales relevantes para el proyecto, las cuales se describirán a continuación.

Para comenzar, en cuanto al número de activo que maneja el Departamento de Aprovisionamiento, los equipos de aire acondicionado del campus central, muchos de los equipos no tienen el código o el código está en un lugar aleatorio, ya en el condensador o el evaporador ya que esto dificulta conseguir información por parte del equipo del mismo Departamento.

Los principales problemas que sufren estos sistemas de aire acondicionados se deben a que como las unidades condensadoras se encuentran a la intemperie y la mayoría carece de limpieza frecuente o mantenimiento de pintura y además no se tiene cubiertas que protejan la integridad de los equipos, es decir no tienen protección contra elementos como la lluvia y el sol e incluso la vegetación, lo que genera:

**Oxidación ferrosa:** Las carcasas y los abanicos, al estar en contacto con la lluvia y con el sol, se oxidan lo que genera una disminución en el ciclo de vida útil de estos, un ejemplo se puede ver en la figura 6-1 que es un equipo de la Escuela de Ingeniería de los Materiales.



Figura 6-1 Equipo con oxidación ferrosa en la estructura.

Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, los sistemas de sujeción, al estar bajo las mismas condiciones, sufren oxidación, lo cuales afecta a los equipos ya que esto disminuye la capacidad de realizar su función, lo que aumenta las vibraciones, lo que genera problemas tanto a nivel mecánico como liberación de la sustancia refrigerante al ambiente. En la siguiente imagen se puede ver cómo esto sufre oxidación, esta imagen corresponde a un equipo de la Escuela de Ciencias del Lenguaje.



Figura 6-2 Equipo con oxidación en los sistemas de sujeción

Fuente: Elaboración propia.

**Infraestructura:** Un aspecto por tomar en cuenta, antes de colocar el equipo es la loza, esta tiene que sobresalir del equipo por lo menos entre 30 cm hacia afuera del eje del condensador, ya que la loza además de darle un soporte al equipo sirve para que las salpicaduras de la lluvia cuando cae a la tierra, o incluso el barro, no salpique el condensador, por lo tanto, es una estrategia de mantenimiento de manera preventiva. También hay que tomar en cuenta que, según fabricantes, la distancia entre el equipo y una pared es de alrededor de 24 in (61 cm), con el objetivo de que el equipo no pierda eficiencia debido a que tiene menos áreas de ventilación en una de sus caras. Esto se puede apreciar en la figura 6-1.

**Acumulación de vegetación:** Como los equipos están a la intemperie cerca de una gran cantidad de árboles y zonas verdes. Ocasiona que las unidades condensadoras se vean afectados por las ramas y por las hojas.



Figura 6-3 Equipo con hojas en los abanicos.

Fuente: Elaboración propia.

El equipo anterior se encuentra en la Escuela de Producción Industrial, en la imagen 6-4 se puede ver que la causa de la acumulación de hojas se debe a que las unidades condensadoras están debajo de un árbol.



Figura 6-4 Equipos que acumulan hojas.

Fuente: Elaboración propia.

**Mantenimiento de las zonas verdes:** Realizar el mantenimiento de las zonas verdes genera dos problemas en las unidades condensadoras del sistema de aires acondicionados. El primer problema es que al realizar el corte del césped cerca del condensador, el personal encargado no recoge el césped cortado por lo que se queda alrededor del equipo. Esto genera problema ya que disminuye la eficiencia de los equipos e incluso su operación, debido a que las piezas móviles se pueden atorar, lo que impide su funcionamiento. En la imagen 6-5 se ve reflejado la vegetación seca alrededor de la unidad.



Figura 6-5 Hojarasca producto del mantenimiento de zonas verdes.

Fuente: Elaboración propia.

El segundo problema, se debe a que, al recortar el césped, la unidad condensadora sufre golpes por las piedras, lo que igualmente afecta la eficiencia de los equipos.

Cabe recalcar que las deformaciones en el aletado del condensador se pueden dar por otros factores como el transporte de los equipos o golpes en general.



Figura 6-6 Golpes en el aletado del condensador.

Fuente: Elaboración propia.

**Datos de placa:** los condensadores al estar expuestos y los datos de placa al ser una etiqueta, con el paso del tiempo estos datos se borran, dificultando ver la información de los equipos. En la imagen 6-7 se puede ver en la imagen de la izquierda los datos totalmente borrados y a la derecha la etiqueta rota.



Figura 6-7 Datos de placa de los equipos dañada

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al sistema eléctrico, hay equipos los cuales el sistema eléctrico se ve deteriorado, ya que los cables conductores se ven expuestos, lo cual puede generar daños a las personas porque son conductores de corriente o se puede generar un corto circuito al estar expuestos a elementos como el agua.

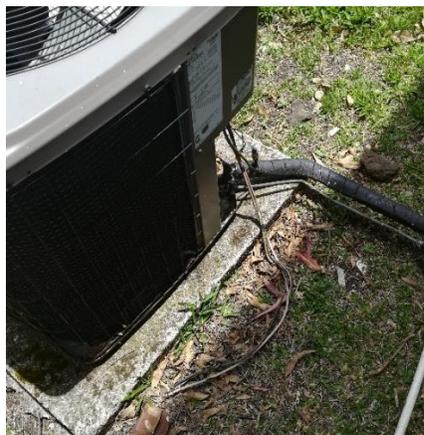


Figura 6-8 Equipo con el sistema eléctrico expuesto

Fuente: Elaboración propia.

Además, hay sistemas que tienen adicionales tomacorrientes de los cuales están a la intemperie, como la siguiente imagen la cual corresponde un sistema del edificio C1.



Figura 6-9 Equipo con tomacorriente expuesto

Fuente: Elaboración propia.

Otro aspecto importante, el cual se pudo observar en las visitas es que muchos de muchos de los equipos no tienen amortiguadores cinemáticos, los cuales ocasionan mayores vibraciones a los equipos. Estos amortiguadores generalmente los provee el fabricante.



Figura 6-10 Equipo sin amortiguador cinemático

Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al aislamiento de las tuberías, algunas de ellas no presentan aislamiento como se observa en la imagen 6-8, la cual tiene la línea de succión descubierta, la mayoría de ellas se ve en buenas condiciones, por lo tanto se puede determinar que se ven reparadas recientemente debido a que hay equipos en los cuales el aislamiento viejo se ve alrededor de los equipos, lo que ocasiona

además de un impacto visual, genera un daño ambiental debido a que no se tiene una correcta disposición de los desechos.



Figura 6-11 Aislamiento reemplazado en la intemperie

Fuente: Elaboración propia.

También en el campus se puede ver muchos dispositivos abandonados, los cuales no funcionan porque ya cumplieron su ciclo de vida útil, estos equipos no se le dan mantenimiento lo cual genera un impacto visual importante. En la primera imagen se puede apreciar un equipo el cual está desconectado de la escuela de computadores



Figura 6-12 Equipo desconectado

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente imagen es un equipo abandonado de la Biblioteca José Figueres Ferrer.



Figura 6-13 Equipo abandonado

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 Impacto ambiental ocasionado por los sistemas de aire acondicionado

En cuanto al impacto ambiental de los aires acondicionados, el más importante por destacar es el que produce las sustancias refrigerantes, ya que contienen gases de efecto invernadero. Se tomó como año base el 2019 debido a que durante el año 2020 las operaciones durante el TEC se vieron limitadas por la pandemia a raíz del COVID-19 y durante el año 2021 se prohíbe el uso de los sistemas de aire acondicionado.

En cuanto registro de emisiones, el departamento que está a cargo es la Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL), los cuales realizan inventarios de emisiones que contemplan consumo eléctrico, combustibles fósiles, recarga de refrigerantes entre otros. En la siguiente figura se muestra la cantidad de gases de CO<sub>2</sub> al ambiente según el nivel de alcance, para el año 2019 y el primer semestre del 2020.



Figura 6-14 Emisiones de gases de efecto invernadero para el Campus Central Cartago

Fuente: GASEL (2019)

## Emisiones de CO<sub>2</sub> directas

Las emisiones directas son las causadas por la liberación de las sustancias refrigerantes, ya sea cuando se realiza una recarga a las unidades de aire acondicionado, las cuales se realizan durante las labores de mantenimiento, o por la liberación de estos al medio ambiente debido a su operación.

En cuanto a las recargas de refrigerantes el departamento encargado de llevar los inventarios de las emisiones es la Unidad de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL). En la siguiente tabla se muestran los registros de los años 2018 y 2019.

Tabla 6-9 Recargas de refrigerante en el periodo 2018-2019

Fecha	N° de boleta	Tipo de refrigerante	Cantidad de refrigerante	
			Libras (lb)	Kilogramo (kg)
<b>2018</b>				
23/2/2018	29928	R410	2	0,907
15/3/2018	29908	R410	3	1,361
24/5/2018	30383	R410	3	1,361
10/8/2018	30590	R410	4	1,814
23/10/2018	15406	R410	1,5	0,680
9/11/2018	15457	R410	0,5	0,227
16/11/2018	15481	R410	3	1,361
16/11/2018	15482	R410	4	1,814
23/11/2018	15524	R22	2	0,907
10/12/2018	15588	R410	3	1,361
<b>2019</b>				
24/5/2019	33255	R-410 A	3,00	1,361
31/5/2019	33265	R-410A	4,50	2,045
14/6/2019	33511	R-410 A	3,50	1,588
21/8/2019	34259	R-410 A	6,50	2,954
29/10/2019	1101	R-22	2,70	1,227
29/10/2019	1102	R-22	4,40	1,950
29/10/2019	1103	R-410 A	1,50	0,680
29/10/2019	1104	R-410 A	6,50	2,948
31/10/2019	1105	R-410 A	1,50	0,680
31/10/2019	1106	R-410 A	2,00	0,907
8/11/2019	1113	R-410 A	6,00	2,722
13/11/2019	1122	R-410 A	3,50	1,588
13/11/2019	1123	R-410 A	2,60	1,179
14/11/2019	1125	R-22	4,00	1,814

Fuente: GASEL, (2020). Elaboración propia. *Microsoft Word*.

Las emisiones directas, se dan también por la liberación de los refrigerantes durante el uso de las unidades de aire acondicionado. Según la Ing. Kimberly Robles (2019), por recomendación del Ing. Rodolfo Elizondo, se utilizó un valor de emisión de 10 % de la carga inicial por año.

Tabla 6-10 Valores de literatura de fugas de refrigerante al medio ambiente producto de la operación de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Fuente	Factor de emisión por uso ( % de carga inicial/año)
(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.

Fuente: Robles (2019)

Además, se muestran los valores PCG para los refrigerantes que se encuentran en el Campus Tecnológico Central Cartago

Tabla 6-11 Tabla resumen de valores PAO Y PCG de los refrigerantes que se encuentran en el ITCR.

Tipo	PCG
R410A	2100
R22	1810
R407C	1800

Fuente: Urrengo (2014). Elaboración propia. *Microsoft Word*.

En comparación con el año 2018, se puede determinar que la cantidad de toneladas métrica de CO<sub>2</sub> de refrigerante R410A aumentó en 5,83 toneladas, mientras, la cantidad de CO<sub>2</sub> por parte de refrigerante R22 disminuyó en 1,1 toneladas y en cuanto a refrigerante R407c no se logró determinar la carga de refrigerante.

Tabla 6-12 Emisiones directas por operación de los sistemas de aires acondicionados, por tipo de refrigerante

Refrigerante	2018	2019
	CO <sub>2</sub> (t)	
R410A	134,0	139,83
R22	15,6	14,50
R407C	0,0	0,0
Total	149,5	154,33

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

### Emisiones CO<sub>2</sub> indirectas

Las emisiones indirectas son las causadas por la generación de electricidad, las cual es utilizada por los sistemas de aire acondicionado. Primero con el levantamiento se estimó las horas diarias de uso de cada una de las unidades, con el objetivo de determinar el consumo energético anual y poder realizar la conversión de toneladas métrica de CO<sub>2</sub> emitidas al medio ambiente.

Para poder realizar la conversión de kWh a toneladas métrica de CO<sub>2</sub> se realiza por medio de los factores de emisión de gases de efecto invernadero, los cuales son avalados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Los principales factores tomados en cuenta son la energía, procesos industriales, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y por último residuos.

Para la realización de este informe se utiliza en la sección energía, el uso de electricidad, este factor cambia cada año y para este caso se utiliza del año 2019. (IMN,2020).

Tabla 6-13 Factor de emisión por uso de la electricidad

Año	Factor de Emisión kg CO <sub>2</sub> e /kWh
2019	0,0365
2018	0,0395
2017	0,049
2016	0,0557
2015	0,0381
2014	0,1170

Fuente Instituto Meteorológico Nacional (2020). Elaboración propia. *Microsoft Word*.

Con el levantamiento realizado para este informe en cuanto a kWh al año, partiendo del hecho que los todos los equipos que operan 210 días al año, el consumo eléctrico de los sistemas de aire acondicionado anual es 1 591 645,44 kWh, para el año 2018 fue de 2 014 006,66 kWh y esto generó una disminución de 13,3 toneladas métrica de CO2

Tabla 6-14 Consumo energético de los equipos de aire acondicionado en 2018 y 2019.

Año	2018*	2019
Consumo energético sistemas de aire acondicionado (kWh/año)	2 014 006,66	1 591 645,44
CO2 (t)	79,55	58,10

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

\*Con base en 210 días al año, se utilizó el factor de emisión 0,0395 CO2 e /kWh. Además, se tomaron en cuenta 365 días para equipos de data center y cuartos eléctricos.

Las emisiones para el Campus Tecnológico Central Cartago por consumo de electricidad, como se menciona en la figura 6-14 es de 177,2 t CO<sub>2</sub> para el periodo 2019 y primer semestre 2020. Si se toma en cuenta que durante el año 2020 las operaciones durante el TEC se vieron limitadas durante la pandemia a raíz del COVID-19, se puede determinar que la mayoría de las emisiones fueron ocasionadas durante el 2019.

Por lo tanto, para el año 2019 el 32,79 % de las emisiones indirectas fueron ocasionadas por el uso de los sistemas de aires acondicionado.

### Emisiones indirectas de CO2

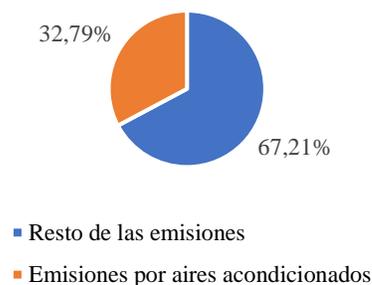


Gráfico 6-9 Emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> en el Campus Tecnológico Central Cartago en el año 2019

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel.*

En cuando a las emisiones totales para el año 2019 se realiza los siguientes tabla resumen.

Tabla 6-15 Emisiones de CO<sub>2</sub> debidos a los sistemas de aire acondicionado en el año 2019.

Emisiones de CO <sub>2</sub>	Toneladas métricas (t)	%
Recarga de refrigerante	48,4	18,56
Operación de los sistemas de aire acondicionado	154,33	59,17
Consumo energético	58,10	22,78
<b>Total</b>	<b>260,83</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Según la imagen 6-14, de 981,6 toneladas métrica de CO<sub>2</sub> que se generan en la Campus Tecnológico Central Cartago, 260,83 toneladas corresponden a emisiones por los sistemas de aire acondicionado. Lo que en porcentajes representa un 26,57 % de los gases de efecto invernadero producidos por el campus se debe a los sistemas de aire acondicionado.

Emisiones totales ocasionadas por los sistemas AC

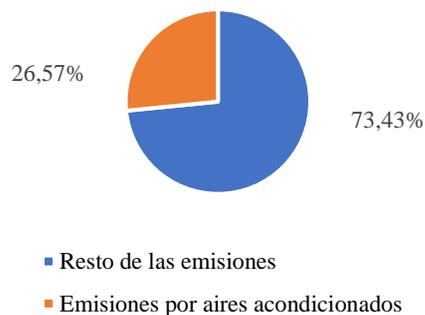


Gráfico 6-10 Emisiones de CO<sub>2</sub> del Campus Tecnológico Central Cartago

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel.*

## 6.4 Departamento de Administración de Mantenimiento

Una de las funciones del Departamento de Administración de Mantenimiento consiste en velar por el mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas eléctrico y mecánico de los equipos e instalaciones que están presentes en el TEC. Por lo tanto, es necesario que el DAM tenga actualizada la lista de los equipos de sistemas de aire acondicionado, así como condiciones operacionales y datos de placa de los equipos. Esto con el objetivo de mejorar las condiciones operacionales de los equipos, y que estos sistemas de aire acondicionado sean energéticamente eficientes y así mantener disponibilidad, disminuir costos y proteger el medio ambiente.

Dentro de la información recolectada por medio del personal del DAM se puede ver las siguientes deficiencias en el departamento de administración de mantenimiento que afecta directamente en el desempeño de los sistemas de aire acondicionado.

En cuanto al listado de los sistemas de aire acondicionado del campus central del DAM no tiene un registro actualizado y completo, además que este listado solo cuenta con la siguiente información: capacidad BTU, marca del equipo, tipo de sistema, modelo, modelo del evaporador, modelo del condensador, número de edificio, lugar que abastece y número de activo. Este listado no cuenta con información importante como los datos de placa de los equipos y como se menciona en la sección anterior, esta información se borra por causas naturales, además de fecha de instalación y ciclo de vida. Según personal del departamento de mantenimiento, el número de activo no es relevante para realizar el mantenimiento, por lo que no se tienen una manera clara de identificar a qué equipo se le realiza el mantenimiento y a cuáles no.

Una de las causas por las cuales el DAM no posee un listado actualizado se debe a que, en el TEC, cada departamento es el encargado de comprar sus propios equipos de aire acondicionado, por lo que genera variedad de marcas y equipos. Los únicos requisitos son el cumplimiento de la directriz 11 del MINAE y que los equipos sean tipo *inverter*, ya que estos son más eficientes.

La deficiencia del listado y no tener el control de los equipos con su adecuado número de activo, adicionado con la tercerización del mantenimiento, hace imposible tener un registro adecuado de las labores de mantenimiento que se realizan a los equipos.

Al no gestionar de la manera adecuada los equipos, adicional al mantenimiento externo, se genera un desconocimiento del impacto ambiental como económico que genera los equipos. Esto

afecta directamente a la Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral, GASEL, la cual es la encargada de llevar un inventario de emisiones y registro de recargas de refrigerantes. Al no tener un registro completo, el TEC se ve afectado con su compromiso que tiene con el ambiente de ser carbono neutral.

El mantenimiento de los equipos es necesario, ya que al realizar unas buenas prácticas de mantenimiento se ve afectado de manera positiva la eficiencia de estos. Estos equipos, al estar en buen estado, hay menor riesgo de que los equipos no tengan una buena disponibilidad y confiabilidad, además al aumentar su eficiencia energética, la facturación eléctrica disminuye, aumentando así las emisiones indirectas de dióxido de carbono.

## 6.5 Determinación de la vida útil del sistema de aire acondicionado.

Como menciona Woodhouse (1999), citado por Pérez (2020), el ciclo de vida útil es un proceso de evaluación técnico-económica, que cuantifica el impacto real de todos los costos a lo largo del ciclo de vida de los activos. Por lo tanto, como parte de este proyecto se analizaron los periodos de operación de cada uno de los equipos, con el objetivo de minimizar las pérdidas y maximizar la eficiencia de los equipos.

Según el Ministerio de Hacienda, por medio de la Dirección General de la Contabilidad Nacional, se publicó en el 2009 una directriz titulada Valoración Revaluación, Depreciación de Propiedad Planta y Equipo, donde para equipos de aire acondicionado la vida útil es de 10 años. (Espinoza,2009)

Primero, se analizará el estado de los equipos, los cuales no funcionan, y para el levantamiento actual son 21 unidades, lo cual cabe destacar:

- 10 tienen fecha de instalación y todos ellos tienen más de 10 años de ciclo de vida útil, estipulado por el Ministerio de Hacienda
- 15 equipos funcionan con la sustancia refrigerante R22, y los 6 equipos restantes con R410A.
- 16 equipos se le brinda mantenimiento

Tabla 6-16 Equipo que no funcionan en el Campus Tecnológico Central Cartago

Ítem	Edificio	Departamento	N° activo	Fecha de Instalación	Marca	Refrigerante
1	A4	Escuela de Física	A1-0300		Daikin	R22
2	A4	Escuela de Física	A1-0257		Lennox	R22
3	A4	Escuela de Matemáticas			AG	R22
4	A4	Escuela de Matemáticas	35164	28/3/2002	Mitsubishi	R22
5	A5	Centro en Investigación en Computación	43943	23/2/2001	Carrier	R22
6	B3	Escuela de Ingeniería en Computación	A1-0901		York	R22

7	C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	20746	30/5/1988	Daikin	R22
8	C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	20745	30/5/1988	Daikin	R22
9	C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	22189			R22
10	C3	Biblioteca José Figueres Ferrer			Lennox	R410A
11	D2	TEC Digital	61231	21/1/2013	York	R410A
12	D2	TEC Digital	61232	27/1/2013	York	R410A
13	D6	Central telefónica	41782		Carrier	R22
14	D6	Central telefónica	32626	18/10/2002	LG	R22
15	D7	Monitoreo			York	R410A
16	D8	Unidad del Centro de Archivo y Comunicación	14974	30/1/1983	Emerson	R22
17	D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	20407		Carrier	R22
18	D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	45984	17/10/2008	Air-pro	R22
19	F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	44252	3/6/2003	Carrier	R22
20	F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	5366		Carrier	R410A
21	G11	Contenedores Biotecnología			Ecox	R410A

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Como Costa Rica está comprometido con el Protocolo de Montreal y sus diferentes enmiendas, además el TEC está comprometido con ser carbono neutral, los 15 equipos de funcionan con refrigerante R22 deben ser retirados. En cuanto los equipos que trabajan con refrigerante R410A, los equipos que corresponden al departamento de computadores, monitoreo y los contenedores de biotecnología los equipos ya no se encuentran desconectados y ya no tienen refrigerante ni están conectados eléctricamente, por lo tanto, ya fue determinado que en el lugar ya no se necesitan. Los equipos ubicados en la biblioteca José Figueres Ferrer ya fue sustituido por otro en cuanto este dejó de funcionar y no fue retirado ni desconectado. Por último, los equipos del departamento del TEC Digital tienen daño en la tarjeta electrónica.

En cuanto a los equipos funcionales, 100 equipos que se encuentran operando con una vida menor a 10 años, 70 equipos no fue posible identificar su ciclo de vida, 33 equipos siguen operando, pero su ciclo de vida ya caducó.

Para la totalidad de los equipos, la clasificación según ciclo de vida útil y funcionalidad se clasifican en la siguiente tabla.

Tabla 6-17 Vida útil y funcionalidad de los sistemas de aire acondicionado

Clasificación	n	%
Funcionan y tienen vida útil vigente	163	56,01
No es posible determinar vida útil	74	25,43
Funcionan y tienen vida útil caducada	44	15,12
No funcionan y vida útil caducada	8	2,75
No funcionan, vida útil vigente	2	0,69
<b>Total</b>	<b>291</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Para representar de manera visual la información de la tabla 6-17, presenta el siguiente gráfico.

Ciclo de vida útil

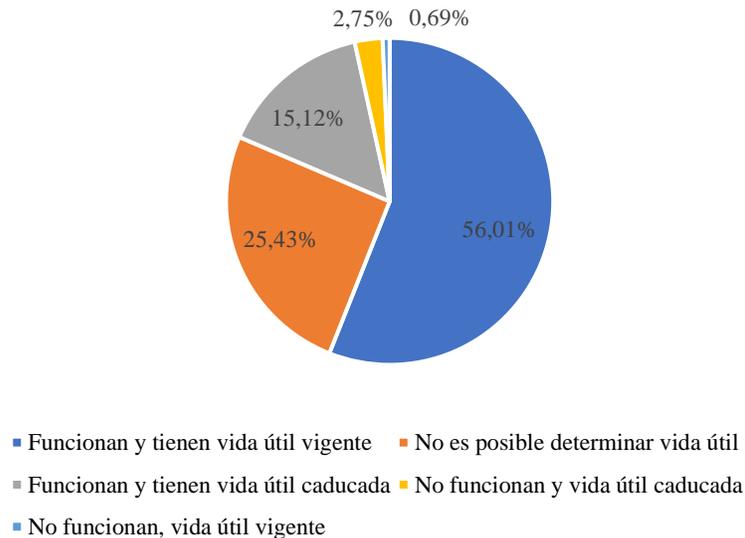


Gráfico 6-11 Vida útil y funcionalidad de los sistemas de aire acondicionado

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel.*

## 6.6 Determinación del costo de ciclo de vida de los sistemas de aire acondicionado

Para determinar el costo de ciclo de vida de cualquier activo, en este caso el sistema de aire acondicionado es necesario tener en cuenta el método, el cual se va a emplear para determinar el costo y seguidamente descomponer el LCC en diferentes elementos con el objetivo de lograr una adecuada estimación (AENOR,2017).

Se utilizará el método de coste de ingeniería donde se estima directamente los elementos del coste del equipo en general. En cuanto al segundo nivel de desglose, para este proyecto que determina que el costo del ciclo de vida (LCC) para los sistemas de aire acondicionado es igual a la suma de los costos de compra del equipo, los costos de operación y mantenimiento y costo de desincorporación.

$$LCC = C_{CI} + C_{OM} + C_D \quad (8)$$

- LCC= costo del ciclo de vida
- $C_{CI}$ = costo de compra e incorporación
- $C_{OM}$ = Costo de operación y mantenimiento
- $C_D$ = costo de desincorporación

En cuanto al tercer nivel de desglose se destaca el costo de operación y mantenimiento para el proyecto corresponde a la suma del costo por electricidad más el costo de mantenimiento.

$$C_{OM} = C_E + C_M \quad (9)$$

- $C_E$ = Costo por consumo eléctrico
- $C_M$ = Costo por mantenimiento

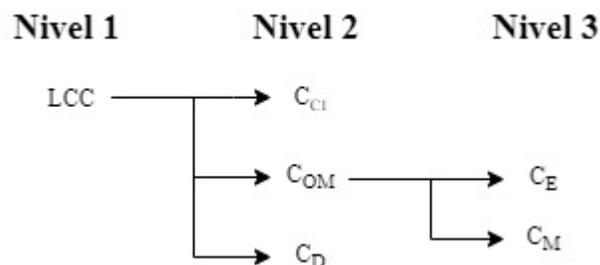


Figura 6-15 Niveles para el costo del ciclo de vida útil

Fuente: Elaboración propia. Draw.io

Antes de detallar los costos, cabe recalcar que los equipos que no se toman en cuenta para realizar el análisis son los siguientes:

- Los equipos que no están funcionando, detallados en la tabla 6-16 de la 6.5.
- Los equipos de precisión prioritarios que para el Campus Tecnológico Central Cartago corresponde al aire acondicionado de precisión del edificio del LAIMI 2 y el aire acondicionado de precisión del Data Center del DATIC.

Aunque los equipos de precisión son sofisticados, estos están incluidos en la lista con las unidades convencionales, según el Ing. Carlos Pérez del DAM, “los equipos de precisión requieren un mantenimiento normal, se toman más datos de información y revisión de más sistemas ya que una de sus funciones es el control de la humedad”.

### 6.6.1 Costo de compra e incorporación

Este corresponde el costo de la compra e instalación de los equipos en el lugar establecido. Para el Campus Tecnológico Central Cartago, las empresas a las que se le comprar los equipos ya tienen incluida el monto de instalación de los equipos. En cuanto estos costos, la información fue brindada por Daniel Abarca Calderón, encargado de los activos del Departamento de Contabilidad. Los activos que no estaban en la información brindada fueron buscados por número de activo por Abraham Mena Mata, del Departamento de Aprovisionamiento.

Por lo tanto, se presenta la siguiente tabla resumen donde se puede ver la cantidad de equipos a los cuales se le determinó el costo de incorporación.

Tabla 6-18 Cantidad de equipos a los cuales se le determinó el costo de compra e incorporación.

<b>Equipos</b>	<b>Comprados con fondos del TEC</b>	<b>Comprados con fondos del Banco Mundial</b>
Se le determinó costo de compra e incorporación	135	1
No se le determinó costo de compra e incorporación	68	64
<b>Total</b>	<b>203</b>	<b>65</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

El caso de los equipos financiados por el banco mundial, según Evelyn Bonilla Cervantes del Departamento de Aprovisionamiento, el costo de los equipos está incluido como parte de la obra, lo que se dificulta encontrar la información detalla del costo de los equipos, además los expedientes ya fueron enviados al Departamento de Archivo lo de hace aún más difícil rastrear las facturas de instalación. Los equipos comprados con dinero perteneciente a los fondos del Banco Mundial corresponden a 65 de los 132 a los cuales no se les pudo determinar el costo de instalación.

Para la determinación del costo se utiliza el valor en libros que resulta el valor de adquisición del activo menos la depreciación.

Tabla 6-19 Clasificación de equipos según costo y compra e incorporación

<b>Equipos</b>	<b>n</b>
Presentan un monto de costo del equipo	101
El equipo ya no tiene costo	35
<b>Total</b>	<b>136</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Al clasificar estos equipos según rango de precio se tiene la siguiente tabla.

Tabla 6-20 Clasificación según rango de costo de compra e incorporación

<b>Precio ¢</b>	<b>Totalidad de los equipos</b>
	<b>n</b>
40 000 a 200 000	28
200 000 a 400 000	20
400 000 a 600 000	6
600 000 a 800 000	7
800 000 a 1 000 000	2
1 000 000 a 2 000 000	11
2 000 000 a 3 000 000	9
4 000 000 a 5 000 000	3
Más de 5 000 000	15
<b>Total</b>	<b>101</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

## **6.6.2 Costos de operación y mantenimiento**

Como ya se menciona anteriormente esta etapa se divide en dos tipos de costos:

### **Costo por mantenimiento**

Como ya se ha mencionado a lo largo de este informe, el mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado se encuentra tercerizado por lo que, a la hora de hacer la licitación, el proceso consiste en que el DAM les brinda a las empresas la lista con los equipos a los cuales hay que realizarles el mantenimiento, posteriormente, las empresas envían sus cotizaciones y se elige la mejor oferta.

Cabe recalcar que el Departamento de Administración de Mantenimiento, presenta un problema con la lista de los equipos, los cuales se pueden profundizar los siguientes problemas:

Al hacer el levantamiento actualizado para este proyecto y al compararlo con la lista enviada para la cotización del mantenimiento del año 2020, se encuentra que, para el Campus Tecnológico Central Cartago, en total hay 291 equipos, de ellos 16 equipos se les brinda mantenimiento, pero estos equipos ya no están en funcionamiento, mientras que 17 equipos funcionales e instalados, no se les brinda mantenimiento y 13 equipos ya no se encuentran en la institución y están incluidos en la lista de mantenimiento.

Otro problema encontrado consiste en que hay gran variedad de equipos que se encuentran repetidos, como los equipos en el LAIMI 2 los cuales son 2 tipo paquete y en la lista de mantenimiento hay 4, esto genera que haya más 16 equipos más incluidos en la lista.

Es importante a tomar en cuenta debido a que cuanto más cantidad de equipos haya en la lista más va a aumentar el costo del mantenimiento, lo que genera un impacto económico en el presupuesto del departamento, esto debido a que hay 303 equipos de los 291 que se encuentran en el campus.

Otro dato importante, que se debe tomar en cuenta para la realización del proyecto consiste en que la cotización se realiza por ronda, y la clasificación de estos presupuestos para el Campus Tecnológico Central Cartago se clasifica según si los equipos son adquiridos por el Banco Mundial o no. Por lo tanto, no se sabe el costo del mantenimiento para un equipo en específico. Para realizar el costo por mantenimiento se toma el costo total al año de mantenimiento y se divide según la

cantidad de los equipos de aire acondicionado que se les envió a los diferentes proveedores, según clasificación. Como solamente se pudo conseguir la cotización del 2020 y esta se encuentra en dólares se realizará la conversión a colones con el tipo de cambio correspondiente a cada año. Los datos se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 6-21 Costo del mantenimiento de los equipos en el 2020

	<b>Cantidad de equipos US\$</b>	<b>Costo por una ronda US\$</b>	<b>Costo por equipo US\$</b>	<b>Costo por dos rondas US\$</b>	<b>Costo por equipo US\$</b>
Sistema de aire acondicionado adquiridos con fondos del TEC	236	\$10 816,90	\$45,83	\$ 21 633, 80	\$ 91,66
Sistema de aire acondicionado adquiridos con fondos del Banco Mundial	70	\$ 3 132, 00	\$44,74	\$6 264,00	\$ 89,49

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel.*

\*Incluye unidades de Sede San José y cuartos de refrigeración del edificio K4.

El dólar, al ser una moneda dura, es decir una moneda que no sufre devaluaciones con facilidad, para determinar el costo en mantenimiento en colones para cada año, se realizará la conversión según el tipo de cambio según lo determina el Banco Central de Costa Rica.

Partiendo del hecho de que a los equipos se le realice el mantenimiento dos veces al año, según el Ing. Jefferson Ilama del DAM, generalmente se realizan entre los meses de mayo y noviembre, se le determinó el costo de mantenimiento, es decir si se instala a partir del mes cinco, se toma solo una ronda y si se instala a partir del mes de noviembre, no se toma en cuenta ninguna ronda y se toma completo el año siguiente.

Primero debido a que en algunos equipos no se logran determinar con certeza la fecha que fue instalado, no se puede determinar la cantidad de años a los cuales se le brinda mantenimiento. Además, hay diez equipos los cuales están funcionando, sin embargo, no se les brinda mantenimiento, estos equipos tampoco se conoce con certeza desde cuándo están en esa condición, por lo tanto, tampoco se toman en cuenta para determinar el costo por mantenimiento.

De las 268 unidades, los cuales se le determina el costo de mantenimiento, 200 equipos se logró determinar el costo de mantenimiento, mientras que hay 68 unidades que no se le logró

determinar el costo de mantenimiento debido a lo estipulado en el párrafo anterior. La clasificación según rango de costo está descrita en el siguiente párrafo.

Tabla 6-22 Clasificación según rango de costo de mantenimiento

Precio ₡	Equipos de aire acondicionado
	n
50 000 a 200 000	38
200 000 a 400 000	87
400 000 a 600 000	51
600 000 a 800 000	19
800 000 a 1 000 000	5
<b>Total</b>	<b>200</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

Los equipos que rondan entre los 50 000 y 200 000 colones consisten en los instalados entre el 2017 y el 2020, mientras que los que el costo de mantenimiento está entre 200 000 y 400 000 son los instalados entre 2012-2017, entre 400 000 y 600 000 los instalados entre el 2010- 2013, los que tienen un costo entre 600 000 y 800 000 se instalaron entre el 2006 y el 2008 y por último los que tienen un costo de 800 000 fueron instalados entre el 2000 y el 2003.

### Costo por consumo eléctrico

Para el Campus Tecnológico Central Cartago, las compañías las cuales brindan servicio de fluido eléctrico son, la Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago, conocido como JASEC y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).

La JASEC le brinda fluido eléctrico a la totalidad del campus de Cartago con la excepción de los edificios financiados con el Banco Mundial (bloque K) las cuales están a cargo del ICE. La tarifa que manejan ambas entidades es la preferencial T-CS, según ARESEP, la cual se aplica a centros de enseñanza como las universidades.

Para determinar el costo por consumo eléctrico, se determina la cantidad de energía promedio mensual total del campus de Cartago, en kWh, para verificar en cuál bloque de la tarifa se va a aplicar según la ARESEP para cada una de las compañías. Cuando se determina cuál tarifa

se va a usar a lo largo de los años, con la potencia de los equipos y la estimación de horas de uso, se determina los kWh anuales, para cada uno de los equipos. Para este caso se desprecia los costos de impuestos y de alumbrado.

Para este caso, se toman 17,5 días mensuales. Hay equipos los cuales se desconoce la fecha de instalación, por lo tanto, no se tomaron en cuenta para realizar el costo por electricidad.

De los 268 analizados para realizar el costo del ciclo de vida útil, 62 de ellos no se logró determinar el costo por electricidad y 206 sí se logró determinar el costo. En la siguiente tabla se muestra el rango de los precios.

Tabla 6-23 Clasificación según rango de costo de mantenimiento

Precio ₡	Equipos de aire acondicionado
	n
28 000 a 200 000	35
200 000 a 400 000	49
400 000 a 600 000	22
600 000 a 800 000	18
800 000 a 1 000 000	16
1 000 000 a 2 000 000	36
2 000 000 a 3 000 000	11
3 000 000 a 5 000 000	12
Mas de 5 000 000	7
<b>Total</b>	<b>206</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

### 6.6.3 Costo por desincorporación

Como los equipos de la institución son activos de cada departamento, estos no se pueden retirar, pero sí se pueden desconectar. Este proceso incluye desconexión del equipo y recolección del refrigerante adecuado con el objetivo de no dañar el ambiente. Según el Ing. Carlos Pérez el precio de la desincorporación corresponde a 80 dólares por cada equipo.

Al tipo de cambio de 612, 85 colones por lo tanto se estima que el costo de desincorporación es de 49 028,30 colones.

#### 6.6.4 Costo del ciclo de vida útil de los sistemas de aire acondicionado

A partir de lo descrito en las secciones anteriores, al sumar cada uno de los costos, se determina el costo del ciclo de vida de cada uno de los sistemas de aire acondicionado. Estos datos están resumidos en la siguiente tabla, las cuales estas clasificado por rango de costos.

Se puede observar en la tabla, que los valores más bajos se deben a que en algunos equipos, por falta de información, solo se tienen costos de desincorporación o hay costos faltantes.

Tabla 6-24 Clasificación según rango de costo del ciclo de vida útil

Precio ¢	Equipos de aire acondicionado
	n
40 000 a 200 000	63
200 000 a 400 000	21
400 000 a 600 000	32
600 000 a 800 000	11
800 000 a 1 000 000	14
1 000 000 a 2 000 000	60
2 000 000 a 3 000 000	23
3 000 000 a 5 000 000	18
5 000 000 a 7 000 000	11
Mas de 7 000 000	15
<b>Total</b>	<b>268</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

## **7 CAPÍTULO VII. CRITERIOS PARA PLANTEAMIENTO DE DIRECTRIZ**

En la presente sección, basado en la información recopilada, se determinará los criterios necesarios para decidir si un equipo se debe eliminar o sustituir por uno más reciente. Se tomará en cuenta dos criterios, el primero es el criterio ambiental de acuerdo con los diferentes protocolos y normativas que se aplican, tanto a nivel de Costa Rica como del TEC. El segundo es un criterio económico con base en el costo de vida útil ya estudiados en la sección anterior y la relación del costo de adquisición con el costo de mantenimiento.

### **7.1 Criterios legales-ambientales**

Los siguientes lineamientos tienen como objetivo disminuir el impacto ambiental de los sistemas de aire acondicionado y así cumplir con los diferentes compromisos que tiene el país y el Tecnológico de Costa Rica en el ámbito ambiental, recordando que muchos problemas están apoyados con leyes nacionales.

En Costa Rica la Ley N° 7223 del año 1991, donde se compromete con el cumplimiento de Protocolo de Montreal la producción y el consumo, la sustancia refrigerante HCFC, como el R22 el cual opera como sustancia refrigerante en el TEC.

En cuanto a la eliminación gradual de los Hidroclorofluorocarbonos, Costa Rica cuenta con la estrategia denominada “Plan de gestión de eliminación de HCFC’s 2012-2030”. En este se fundamenta el control de las importaciones de HCFC, además estos esfuerzos se complementan con programas de manejo de sustancias con programas de recuperación, reutilización de sustancias. (Ministerio de Ambiente, Energía y telecomunicaciones, 2013)

Las estrategias de eliminación son discutidas y consensuadas por la “Comisión para la Implementación de la Estrategia Nacional de Eliminación de HCFC” que están integradas por diferentes instancias del Ministerio de Ambiente y Energía, Cámara de Industrias de Costa Rica, INA, Cooperación Alemana GIZ, UCR, TEC. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2014)

En acciones para mitigar los gases de efecto invernadero se encuentran en el Programa País, Carbono Neutralidad 2.0, titulado Portafolio de acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. Tema: gestión y uso seguro de refrigerantes. En este documento se habla de

medidas para mitigar el cambio climático, ya que el término mitigar se define como “una intervención humana para reducir las fuentes o aumentar los sumideros de gases de efecto invernadero” (CMNUCC, 2014). Estas acciones de mitigación son la principal herramienta para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con el paso del tiempo, entre las acciones de mitigación se pueden destacar (Cámara de Industrias de Costa Rica, s.f):

**Regulación de Gases:** Actualmente se implementa la estrategia de eliminación de la segunda familia de gases controlados por el Protocolo de Montreal, los HCFC, cuyo PAO es 95 % menor que el de los CFC, y el plazo de cumplimiento es para el año 2030, en un proceso escalonado.

A partir del año 2020 se prohíbe la importación de sistemas y/o equipos de refrigeración y climatización con gases hidroclorofluorocarbonos (DE-37614-MINAE). Esto permitirá que los usuarios de equipos de climatización opten por alternativas que tengan un menor impacto ambiental.

Para las otras sustancias refrigerantes, las cuales son R410A y R407C son HFC las cuales, en el mes de octubre de 2016, se estableció la Enmienda de Kigali, se incorporan los HFC en el Protocolo de Montreal para su regulación. Para los países en vías de desarrollo, el inicio de la regulación se dará a partir del año 2024. Esta acción es consecuente con el objetivo del Acuerdo de París, firmado el 22 de abril de 2016, de reducir las emisiones de gas de efecto invernadero.

**Equipos ecoeficientes:** Equipo de Aire Acondicionado, puede considerarse ecoeficiente cuando ha contemplado el análisis de ciclo de vida en su diseño, y lo ha incorporado desde su construcción, operación hasta la recuperación de sus partes una vez finalizada su vida útil. Por ello, es deseable que estén diseñados bajo este enfoque para minimizar su impacto ambiental. Por tanto, para considerar un equipo ecoeficiente, debe contemplar gases con potencial de agotamiento de capa de ozono nulo, potencial de calentamiento global con valor marginal o cero y finalmente alta eficiencia energética.

Por medio de estos criterios se determina que los equipos que operen con sustancia refrigerante R22 deben ser eliminados o sustituidos. Los cuales se encuentran resumidos en la siguiente tabla.

## 7.2 Criterio Financiero- Con base en el Costo del Ciclo de Vida

Los criterios financieros para el caso de los sistemas de aire acondicionado van ligados directamente con el costo de ciclo de vida útil evaluados en el punto anterior. El diagrama de Weibull, en la figura 4-6 del marco teórico se observa que conforme el tiempo de operación de los equipos aumenta la tasa de fallas aumenta, esto genera un mal desempeño energético, además que unido al desgaste de los materiales, se libera sustancia refrigerante al entorno, dañando el medio ambiente.

Arata (2009) citado por Raffo (2016), menciona que la disponibilidad de un sistema está relacionada con la confiabilidad y la mantenibilidad de los equipos. Hay equipos los cuales son tan ineficientes que conviene sustituirlos o eliminarlos con el fin de disminuir costos. En la siguiente figura se muestra el punto de confiabilidad óptimo según el costo.

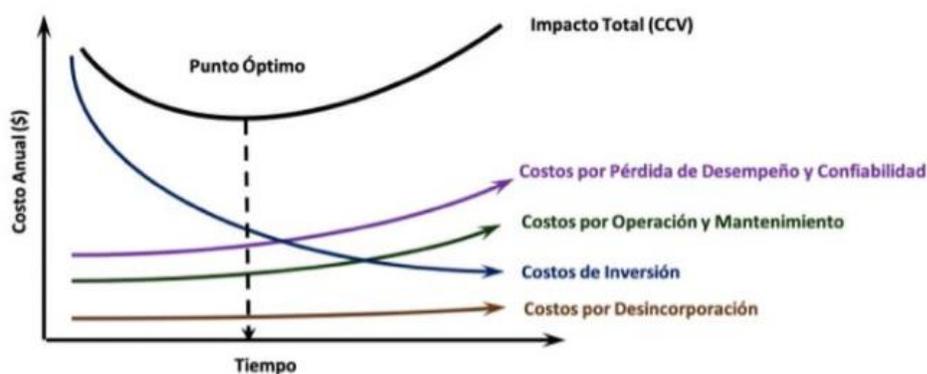


Figura 7-1 Comportamiento de los costos en un análisis de costo de ciclo de vida útil.

Fuente: Silveira (2016)

De la gráfica anterior se tiene tres secciones importantes, la primera sección se encuentra justo en el punto óptimo de vida económica, que es donde hay más beneficio para el negocio, que en este caso es la institución. La segunda es a la derecha del punto óptimo que es donde se incrementa el riesgo y/o costos operativos. Por último, a la izquierda del punto óptimo que es donde no se aprovecha totalmente la vida de los equipos. (Durán, Sojo & Fuenmayor, 2011)

### **7.2.1 Análisis del CAPEX para los sistemas de aire acondicionado**

Para poder determinar el CAPEX con el paso del tiempo, se utilizó la directriz CN-001-2009 titulada Valoración, Revaluación, Depreciación de Propiedad Planta y Equipo. Los activos cada vez pierden valor debido a la depreciación de estos, por lo tanto, hay métodos para calcular la depreciación. El método más aceptado es el de la línea recta donde la depreciación anual equivale a la resta del costo inicial y el valor residual dividido entre los años de vida útil. A partir de este cálculo se puede determinar el valor en libros de los archivos en un número determinado de años que corresponde al costo inicial menos la depreciación anual menos el año de depreciación.

En la directriz anteriormente mencionada para los equipos de aire acondicionado el porcentaje anual de depreciación es de un 10 % y los años de vida útil es de 10 años.

Por lo tanto, para todos los equipos de los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago, la tendencia de esta gráfica es decreciente y lineal durante 10 años.

### **7.2.2 Análisis del OPEX para los sistemas de aire acondicionado.**

En cuanto al OPEX, según lo visto en el análisis del costo de ciclo de vida útil, este corresponde a los costos correspondientes a mantenimiento y a electricidad.

En cuanto al costo de mantenimiento, como se ha mencionado repetidas veces en este informe, este se realiza dos veces al año de manera tercerizada y el precio de este servicio no va a tener grandes cambios, dependiendo de la compañía que se encargue del mantenimiento en cada año. Como se contrata por lote (número de equipos), realmente se desconoce cuánto tiempo se está invirtiendo (determinando en cada equipo) y además el costo es igual para todos los equipos, al ser un valor que cambia muy poco de un año a otro y estos precios han estado estables.

En cuanto al consumo eléctrico, podría ser estacional o permanente y la única variación consiste en el precio de la energía, en este caso no en el consumo puesto que está determinando a base de la potencia del equipo, descrita con base en los datos de placa del equipo y horas de uso, que son datos indiferentes al estado y la condición de los equipos. Por lo tanto, la única variante en este ámbito es el costo de la energía. La cual tampoco sufre muchos cambios a lo largo del tiempo.

En cuanto al costo de depreciación, este se permanecerá constante a lo largo del todo el ciclo de vida útil del equipo y como estos equipos aún permanecen instalados, este costo no se toma en cuenta para el análisis.

Tomando en cuenta el análisis de todos los costos que tiene el OPEX se puede llegar a la conclusión de que la gráfica va a tener una tendencia lineal en todos los dispositivos de aire acondicionado del campus.

### **7.2.3 Análisis del punto óptimo de vida económico para el negocio.**

Con base en el análisis anterior, se puede determinar que el punto óptimo de vida económico para el negocio sucede cuando el costo de operación es igual al costo del valor en libros del equipo. Esto se debe a que si el equipo se desinstala se realiza cuando el activo aún tiene valor, este valor no será aprovechado. Por otra parte, si el equipo ya no tiene valor en libros y se le sigue invirtiendo en mantenimiento, este ya no sería rentable.

Para el caso de los equipos los cuales no cuenten con costo de adquisición e instalación, pero sí cuente con el año de instalación, se tomará en cuenta la directriz CN-001-2009, los cuales indica que los años de vida útil son 10 años.

## **7.3 Criterio Financiero- Con base en el costo de mantenimiento**

Con respecto al costo de mantenimiento es importante conocer si el costo del mantenimiento es el adecuado respecto al estado actual del equipo. Hay casos en los que para la organización es mejor dejar de invertir en el mantenimiento del equipo y es mejor destinar ese presupuesto para adquisiciones de nuevos equipos que son más eficientes.

Además, según Duffua (2000), el mantenimiento preventivo que se le debe dar a un equipo debe ser entre un 10 % a un 15 % del valor de adquisición del activo.

Por lo tanto, en cuanto al mantenimiento de los equipos, los equipos a los cuales el costo de mantenimiento sea mayor al 15 % del valor de adquisición, se le debe realizar una disminución del costo de mantenimiento. Además, si el equipo cumplió su ciclo de vida útil, pero es necesario para la institución, se debe planificar la futura sustitución del equipo y es preferible disminuir el mantenimiento del equipo.

## 8 CAPÍTULO VIII. RESULTADOS

### 8.1 Criterio legal-ambiental

Con base en los criterios determinados en la sección anterior, los equipos que se deben retirar por lo estipulado en el criterio ambiental son 35. Estos se encuentran resumidos en el Anexo 3. A continuación se presenta una clasificación según el bloque de edificio donde se encuentren.

Tabla 8-1 Equipos que funcionan con refrigerante R22 separados según bloque de edificios.

Bloque	Cantidad
A	5
B	5
C	3
D	7
F	4
G	5
I	6
<b>Total</b>	<b>35</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

### 8.2 Criterio Financiero- Con base en el costo del ciclo de vida

Antes de analizar el criterio es necesario tener en cuenta que hay equipos los cuales se le dificulta determinar el ciclo de vida útil puesto que no se puede determinar el año en el cual fueron instalados, o no se logró determinar el costo de la adquisición del equipo, el mantenimiento y electricidad.

Primero los equipos los cuales no se les puede determinar su punto óptimo de sustitución debido a que por falta de información no se logró determinar el costo del ciclo de vida útil, además de no contar con fecha de instalación, lo que imposibilita poder determinar los costos de operación y mantenimiento están resumidos en la siguiente tabla clasificados por bloque de edificios, la tabla donde se detalla el equipo se encuentra en el Anexo 4.

Seguidamente hay equipos de los cuales no se logró determinar el costo de adquisición, sin embargo, sí cuentan con la fecha de instalación. Por lo tanto, estos equipos están resumidos por bloque, la tabla detallada se encuentra en el Anexo 4.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de los equipos por bloque de edificios.

Tabla 8-2 Clasificación según bloque de edificios a los equipos los cuales no se les pudo aplicar el criterio financiero por falta de información.

	<b>Equipos donde no hay información</b>	<b>Equipos donde solo se tiene el año de instalación</b>
<b>Bloque</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cantidad</b>
A	1	0
B	6	1
C	0	1
D	14	1
E	5	0
F	0	4
G	26	3
I	1	0
K	0	64
L	3	0
NA	1	1
<b>Total</b>	<b>57</b>	<b>75</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Basado en la directriz del CN-001-2009 Se puede determinar que de la tabla anterior los siguientes equipos cuales tiene una vida útil mayor a 10 años son los siguientes:

Tabla 8-3 Equipos que deben ser retirados por medio de la directriz CN-001-2009

<b>Edif</b>	<b>Departamento</b>	<b>N° activo</b>	<b>Fecha Instalado</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo A/C</b>	<b>Refrigerante</b>	<b>Potencia (W)</b>
D4	Unidad de Proveeduría	AL-0033	7/1/2006	Miller	<i>Mini Split</i>	R22	<i>Confort</i>
F11	Clínica de Salud	45609	30/5/2008	York	<i>Split Piso Cielo</i>	R22	Necesidad de los equipos

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

De las 268 unidades de aire acondicionado, 136 de ellas sí se logró determinar el costo de adquisición y de operación, además del año el cual fue instalado. Los siguientes equipos son los que representan pérdidas para el TEC.

Se puede observar que los equipos presentaron una pérdida para el negocio, mucho antes de cumplir los 10 años de vida útil que dicta el Ministerio de Hacienda. Son 39 equipos que ya significan una pérdida para el negocio. A continuación, se presenta una tabla dividida por bloque de edificio, en el Anexo 5 se encuentra la tabla completa.

Tabla 8-4 Clasificación según bloque de edificios a los equipos que representan una pérdida para el negocio.

	<b>Equipos donde no hay información</b>
<b>Bloque</b>	<b>Cantidad</b>
A	7
B	3
C	5
D	4
F	7
G	6
H	1
I	4
L	2
<b>Total</b>	<b>39</b>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Todos estos equipos representan una pérdida para el negocio donde la principal causa la cual es valor de los equipos aumenta se debe a que el costo por energía ya que los equipos son de potencia alta y trabajan mucho tiempo. Esto se puede observar por ejemplo en el caso del equipo que se encuentra operando en la Central telefónica que al trabajar las 24 horas el valor del OPEX es mayor al costo del equipo, haciéndolo poco rentable desde el momento en que se adquirió.

Por otro lado, hay 7 equipos los cuales fueron instalados en el 2011 y para este año representan una pérdida al negocio puesto que ya no tienen valor en libros. Sin embargo, en el 2021 aún aparecen como óptimos puesto que este año no hay costos operativos. Estos equipos se ubican en el edificio C1, G10, I3 y L3, el listado completo de los equipos se encuentra en el Anexo 5. Equipos que representan una pérdida para el negocio, según su costo de ciclo de vida útil.

### 8.3 Criterio Financiero- Con base en el costo de mantenimiento

En cuanto al costo de mantenimiento, con base en lo analizado en la sección anterior, realizar el mantenimiento a equipos que ya no tienen valor representa una carga para la organización, en este caso el campus de Cartago. Sin embargo, estos sistemas son necesarios para realizar el buen funcionamiento de los equipos y los procesos que se realizan en los diferentes recintos, por lo tanto, para estos equipos de aire acondicionado se toma la decisión de no darles mantenimiento y enfocar ese presupuesto en la planificación y adquisición de nuevos equipos más eficientes según la directriz 11 del MINAE.

Con base en la Tabla 8-3, la cual habla de los equipos que deben ser retirados por medio de la directriz CN-001-2009. De ellos uno está en la institución por necesidad de los equipos en el recinto. De los 136 equipos a los cuales se le logró determinar el punto óptimo del costo de ciclo de vida para la institución, 29 se recomienda suspender las labores de mantenimiento debido a que representan una pérdida para la institución, estos se encuentran en la Tabla 13-6 y la Tabla 13-7. De todos los equipos anteriormente mencionados 14 de ellos operan con refrigerante R22.

Además, con respecto al mantenimiento de los equipos hay 4 equipos los cuales el costo de mantenimiento del año 2020 (C 53 305) supera el 15 % del costo de adquisición de los equipos. Los equipos se pueden ver en la siguiente tabla, todos estos equipos son necesarios para la institución:

Tabla 8-5 Equipos que se les debe corregir el mantenimiento

Edif	Departamento	N° activo	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Refrigerante	Potencia (W)	Capacidad (BTU/h)
G7	Ingeniería en Biotecnología	47017	30/11/2008	Air-pro	Mini Split	R22	1 200	1 2000
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	36811	21/5/2003	York	Ventana	R22	2 838	2 4000
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	85009	7/6/2018	Cooltek	Mini Split	R410A	1 650	1 2000
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	57746	30/11/2012	Cooltek	Mini Split	R410A	2 860	1 8000

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word

#### **8.4 Decisión de los equipos con base a los criterios expuestos.**

A nivel del Campus Central Cartago, como se dio a conocer en secciones anteriores, la función de los sistemas de aire acondicionado es por *comfort* o por necesidad de los equipos en el recinto. En caso de que los sistemas de aire acondicionado sean por necesidad de los equipos, se toma la decisión de mantenerlos en la institución puesto que el reemplazo se ve limitado por cuestiones de logística, sin embargo, como se habló en la sección anterior ya no se les dará mantenimiento.

Si es importante tener en cuenta que cuando los equipos se reemplacen, se requiere seguir la directriz 11 del MINAE, ya que los equipos deberán tener rangos de eficiencia mayores en al menos dos unidades de los indicados por la Relación de Eficiencia Energética (REE) o en inglés *Energy Efficiency Ratio* (EER) declarados en las etiquetas energéticas, de conformidad con lo establecido en la última versión de la norma INTE28-01-13.

Con respecto al primer criterio, de los 35 equipos que operan con la sustancia refrigerante R22, 14 deben ser retirados.

Con respecto a los respectivos criterios financieros de los 268 equipos analizados, 57 de ellos no se logró determinar el costo por falta de información, 75 de ellos no se encontró información sin embargo sí se contaba con fecha de instalación, utilizando el ciclo de vida de 10 años, se debe retirar un equipo. De los equipos 136 equipos restantes 46 son equipos que representan una pérdida para el negocio, pero de ellos 17 deben ser descartados. De los equipos que se deben retirar por lo descritos por este criterio financiero diez funcionan con refrigerante R22.

En total, 22 equipos que se encuentran en la institución deben ser retirados. Adicionalmente, estos equipos al ser retirados, se asume que ya no tienen costos operativos. En la siguiente tabla se encuentran todos los equipos, los cuales se deben retirar. Hay que tomar en cuenta que hay equipos los cuales cumplen con los dos de los criterios y todos son de *comfort*.

Tabla 8-6 Equipo que debe retirarse según los criterios.

Edif	Departamento	N° activo	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Refrigerante	Potencia (W)	Capacidad (BTU/h)	Cant. Refrigerante	
									lb	kg
A4	Escuela Ciencias Sociales	54234	21/6/2010	York	<i>Split piso cielo</i>	R22	6 600	24 000	6	2,72
A4	Escuela Ciencias Sociales	42032	30/5/2007	Carrier	<i>Split piso cielo</i>	R22	8 200	60 000	7,2	3,27
A4	Escuela Ciencias Sociales	42031	30/5/2007	Carrier	<i>Split piso cielo</i>	R22	8 200	60 000	7,2	3,27
B5	Escuela de Cultura y Deporte	45608	30/5/2008	York	<i>Mini Split</i>	R22	2 750	24 000	16,7	7,57
B5	Escuela de Cultura y Deporte	38655	27/1/2005	Tempstar	<i>Split piso cielo</i>	R22	3 520	36 000	4,9	2,22
D4	Unidad de Proveeduría.	AL-0033	7/1/2006	Miller	<i>Mini Split</i>	R22	1 280	12 000	1,4	0,64
D4	Unidad de Proveeduría.	39384	7/1/2006	Miller	<i>Mini Split</i>	R22	1 280	12 000	1,4	0,64
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	38416	30/12/2004	York	<i>Mini Split</i>	R22	2 700	24 000	4,73	2,15
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	NA	NA	Miller	<i>Multi Split</i>	R22	1 280	12 000	1,4	0,64
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	NA	NA	Miller	<i>Multi Split</i>	R22	1 280	12 000	1,4	0,64
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	NA	NA	Goldstar	Ventana	R22	1 900	18 000	2,5	1,13
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	NA	NA	Goldstar	Ventana	R22	1 900	18 000	2,5	1,13
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45890	23/7/2008	Miller	<i>Split piso cielo</i>	R22	4 200	36 000	4,3	1,95
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45806	29/5/2008	Mitsubishi	<i>Cassette</i>	R410A	3 700	36 000	6	2,72

F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45807	29/5/2008	Mitsubishi	Mini Split	R410A	3 000	18 000	6	2,72
G8	Departamento de Administración de Mantenimiento	77085	30/9/2010	York	Mini Split	R410A	3 520	12 000	2,93	1,33
I3	Escuela Producción Industrial	54223	27/5/2010	York	Split piso cielo	R22	6 700	60 000	6,2	2,81
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	55571	30/1/2011	York	Split piso cielo	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	55572	30/1/2011	York	Split piso cielo	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	57850	18/11/2011	York	Split piso cielo	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	57849	18/11/2011	York	Split piso cielo	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	57907	27/11/2011	York	Split piso cielo	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Por otro lado, si se observa desde los equipos que se les debe suspender el mantenimiento se puede apreciar que, con respecto al primer criterio, de los 35 equipos que operan con la sustancia refrigerante R22, 21 deben ser suspendidos las labores de mantenimiento. Con respecto a los respectivos criterios financieros de los 268 equipos analizados, 57 de ellos no se logró determinar el costo por falta de información, de 75 de ellos no se encontró información, sin embargo, sí se contaba con fecha de instalación, utilizando el ciclo de vida de 10 años, se debe suspender el mantenimiento de un equipo. De los 136 equipos restantes, 46 son equipos que representan una pérdida para el negocio, pero de ellos 29 se deben suspender el mantenimiento. De los equipos que se deben suspender el mantenimiento por lo descritos por este criterio financiero, 13 funcionan con refrigerante R22.

En total, 45 equipos que se encuentran en la institución deben suspenderse las labores de mantenimiento. En la siguiente tabla se encuentran todos los equipos a los cuales hay que suspenderle el mantenimiento.

Tabla 8-7 Equipos a los cuales hay que suspender el mantenimiento.

Edif	Departamento	N° activo	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Refrigerante	Potencia (W)	Capacidad (BTU/h)	Cant. Refrigerante (Ib)	
									lb	kg
A2	DATIC	39541	2/2/2006	York	Paquete	R22	8 400	90 000	7,24	3,28
A2	DATIC	54660	30/9/2010	York	Mini Split	R410A	1 500	18 000	2,09	0,95
A5	Centro en Investigación en Computación	43942	23/2/2001	York	Split piso cielo	R22	2 816	38 000	3,76	1,71
A5	Centro en Investigación en Computación	52150	21/1/2010	York	Split piso cielo	R410A	4 600	60 000	5,6	2,54
B1	Edificio B1.	NA	NA	York	Cassette	R22	4 600	48 000	4,9	2,22
B1	Edificio B1	NA	NA	York	Cassette	R22	4 600	48 000	4,9	2,22
B3	Escuela de Ingeniería en Computación	39560	2/2/2006	York	Split	R22	8 000	60 000	12	5,44
C1	Escuela de Matemáticas	57913	23/12/2011	Lennox	Split piso cielo	R410A	6 300	48 000	4,8	2,18
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	45610	30/5/2008	York	Split piso cielo	R22	4 730	36 000	3,15	1,43
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	62448	19/7/2013	Carrier	Mini Split	R410A	3 200	24 000	5,6	2,54
C9	LAIMI 1	54659	30/9/2010	York	Mini Split	R410A	5 280	18 000	4,4	2,00
C9	LAIMI 1	32271	26/10/2002	York	Paquete	R22	33 800	180 000	10	4,54
C9	LAIMI 1	32272	26/10/2002	York	Paquete	R22	33 880	180 000	10	4,54
D2	TEC Digital	59802	14/4/2012	York	Mini Split	R410A	820	9 000	1,26	0,57
D6	Central Telefónica	61730	13/1/2013	York	Mini Split	R410A	4 570	24 000	2,93	1,33
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	52986	12/12/2009	York	Mini Split	R22	2 350	18 000	2,6	1,18

F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45808	29/5/2008	Mitsubishi	Mini Split	R410A	3 000	24 000	6	2,72
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	55570	30/1/2011	York	Mini Split	R410A	1 120	12 000	2,93	1,33
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45809	29/5/2008	Miller	Split piso cielo	R22	4 200	36 000	4,3	1,95
F11	Clínica de Salud	45609	30/5/2008	York	Split Piso Cielo	R22	6 700	60 000	6,2	2,81
G7	Ingeniería en Biotecnología	NA	13/3/2010	York	Paquete	R410A	2 400	24 000	2,7	1,22
G7	Ingeniería en Biotecnología	55291	30/1/2011	York	Split piso cielo	R410A	6 250	60 000	4,9	2,22
G7	Ingeniería en Biotecnología	NA	NA	Lennox	Ducto	R22	4 840	48 000	6,5	2,95
G7	Ingeniería en Biotecnología	NA	NA	Lennox	Ducto	R22	4 840	48 000	6,5	2,95
G7	Ingeniería en Biotecnología	AL-0827	NA	Goodman	Mini Split	R22	2 156	18 000	2,6	1,18
G7	Ingeniería en Biotecnología	47714	5/1/2009	York	Mini Split	R22	1 980	17 500	2,7	1,22
G7	Ingeniería en Biotecnología	47017	30/11/2008	Air-pro	Mini Split	R22	1 200	12 000	1,54	0,70
G10	CIPA	57907	27/11/2011	York	Split piso cielo	R410A	3 830	36 000	4,8	2,18
G17	Ingeniería Ambiental	45921	26/7/2008	York	Mini Split	R410A	1 100	12 000	1,52	0,69
H2	Escuela de Ingeniería Agrícola	54807	29/8/2010	York	Mini Split	R410A	4 570	12 000	2,93	1,33
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	36812	9/5/2003	Air-pro	Split piso cielo	R22	2 750	30 000	4,6	2,09
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	61729	13/1/2013	York	Split piso cielo	R22	2 030	18 000	3,5	1,59
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	36811	21/5/2003	York	Ventana	R22	2 838	24 000	2,6	1,18

I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	61728	13/12/2012	York	<i>Mini Split</i>	R22	1 950	18 000	2,24	1,02
I4	Escuela de Ciencias e Ingeniería de los Materiales	45983	17/10/2008	Air-pro	<i>Split piso cielo</i>	R22	4 400	48 000	6,6	2,99
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	57746	30/11/2012	Cooltek	<i>Mini Split</i>	R410A	2 860	18 000	1,89	0,86
L4	Escuela de Ingeniería Forestal	58125	23/12/2011	Carrier	<i>Mini Split</i>	R410A	2 700	24 500	2,5	1,13

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

## **8.5 Resultados ambientales**

Con la desincorporación de los 22 equipos de aire acondicionado mencionados anteriormente, se puede disminuir 9,34 toneladas métricas de emisión de CO<sub>2</sub> de manera directa, por vibraciones de los equipos, utilizando un factor de emisión de 10 %. Mientras que, de manera indirecta, al reducir el consumo de electricidad se puede disminuir en 2,63 las toneladas métricas de CO<sub>2</sub> utilizando un factor de emisión de 0,0365 kg CO<sub>2</sub>/kWh.

## **8.6 Resultados económicos**

Para analizar el impacto económico que tiene los criterios anteriormente mencionados, se dividirá y se analizará los equipos en dos secciones, primero se verá el impacto de quitar los sistemas de aire acondicionado anteriormente mencionados, comparando el costo de electricidad y mantenimiento contra el costo de desincorporación. La segunda sección consiste en analizar los equipos que se deben quedar en la institución en cuanto ahorros de mantenimiento.

### **8.6.1 Equipos que deben retirarse de la institución**

Como se puede apreciar en la Tabla 8-6, hay 22 equipos los cuales se deben retirar de la institución, estos representan un impacto operativo tanto en electricidad como en mantenimiento.

Para realizar el análisis económico se tomará como base el costo kWh que indica el ARESEP para el año 2021, la tarifa preferencial de la JASEC para un bloque mayor a 3000 kWh es de ₡ 40,26 por cada kWh. Con respecto al costo del mantenimiento tercerizado como para el 2021, se toma como base el costo de la cotización del año 2020 (₡ 53 305) debido a que el presente año no se realizó cotización. Además, se tomará en cuenta el costo de desincorporación (₡49 028).

En la siguiente tabla se resume los equipos que se retiran y cuánto sería el impacto en la institución.

Tabla 8-8 Equipos que deben retirarse de la institución, estructura de costos.

<b>Edif</b>	<b>Departamento</b>	<b>N° activo</b>	<b>Costo de electricidad anual</b>	<b>Costo total</b>	<b>Costo total mensual</b>	<b>Meses de recuperación</b>
A4	Escuela Ciencias Sociales	54234	₡ 279 002	₡ 332 307	₡ 27 692	2
A4	Escuela Ciencias Sociales	42032	₡ 346 639	₡ 399 943	₡ 33 329	1
A4	Escuela Ciencias Sociales	42031	₡ 346 639	₡ 399 943	₡ 33 329	1
B5	Escuela de Cultura y Deporte	45608	₡ 116 251	₡ 169 555	₡ 14 130	3
B5	Escuela de Cultura y Deporte	38655	₡ 148 801	₡ 202 106	₡ 16 842	3
D4	Departamento de Aprovisionamiento	AL-0033	₡ 32 466	₡ 85 770	₡ 7 148	7
D4	Departamento de Aprovisionamiento	39384	₡ 32 466	₡ 85 770	₡ 7 148	7
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	38416	₡ 45 655	₡ 98 960	₡ 8 247	6
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	NA	₡ 32 466	₡ 85 770	₡ 7 148	7
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	NA	₡ 32 466	₡ 85 770	₡ 7 148	7
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	NA	₡ 64 255	₡ 117 560	₡ 9 797	5
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	NA	₡ 64 255	₡ 117 560	₡ 9 797	5
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45890	₡ 106 528	₡ 159 833	₡ 13 319	4
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45806	₡ 125 128	₡ 178 433	₡ 14 869	3
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	45807	₡ 126 819	₡ 180 124	₡ 15 010	3
G8	Departamento de Administración de Mantenimiento	77085	₡ 59 520	₡ 112 825	₡ 9 402	5
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	54223	₡ 283 229	₡ 336 534	₡ 28 044	2
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	55571	₡ 148 378	₡ 201 683	₡ 16 807	3

I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	55572	₡ 148 378	₡ 201 683	₡ 16 807	3
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	57850	₡ 148 378	₡ 201 683	₡ 16 807	3
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	57849	₡ 148 378	₡ 201 683	₡ 16 807	3
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	57907	₡ 65 946	₡ 119 251	₡ 9 938	5
<b>Total</b>			<b>₡ 2 902 041</b>	<b>₡4 074 745</b>	<b>₡339 562</b>	

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Primero se determinó el costo de electricidad mensual utilizando 17,5 días al mes durante los 12 meses para cada uno de los equipos, seguidamente se le sumó el costo de mantenimiento anual de mantenimiento que corresponde a ₡ 53 305 por las dos visitas. Esto se dividió entre los 12 meses para determinar el ahorro mensual con el objetivo de determinar cuántos serían los meses de recuperación si se invierte en la desincorporación de los equipos. Se puede observar que con 17 equipos se recupera el costo de desincorporación en menos de medio año, mientras que con 5 se recuperar el costo de desincorporación en un poco más de medio año.

En total, anualmente se estarían ahorrando 4 millones de colones anuales con la desincorporación de estos equipos.

### **8.6.2 Equipos a los que se le debe suspender el mantenimiento.**

Si a los 45 equipos se le suspende el mantenimiento, el ahorro anual de ₡ 2 398 725. Con un ahorro mensual de ₡ 200 000 al mes. Además de la Tabla 8-5 de los equipos a los cuales se les debe realizar una disminución del mantenimiento, solo a un equipo es necesario hacerlo, este se encuentra en el edificio L1 y fue instalado en el 2018, su costo fue de ₡ 285 250 por lo tanto el mantenimiento debe ser el 15 % y debe ser de ₡ 37 688. A este equipo es necesario hacerle solo una revisión mensual para reducir el mantenimiento, por lo tanto, el costo final es de ₡ 26 652,5. Esto produce que en total el ahorro de mantenimiento sea de alrededor de ₡2 400 000, con un ahorro mensual de ₡ 200 000, es decir la reducción de mantenimiento de este equipo no afecta en gran medida el ahorro total.

## 9 CAPÍTULO IX. PROYECCIÓN ENERGÉTICA

En esta sección se hará el desarrollo de las líneas base energéticas para los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago, donde se determinará la línea base referente al consumo eléctrico.

### 9.1 Línea base para el consumo energético

Para los sistemas de aire acondicionado para el año 2019 se tiene el siguiente reporte consumo de energético determinado por el Ing. Jermie Vargas Calderón en su proyecto de graduación “Modelo de Gestión Energética para el Consumo Eléctrico y Combustible Fósil del Campus Central Sede Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica bajo la norma INTE/ISO 50001”.

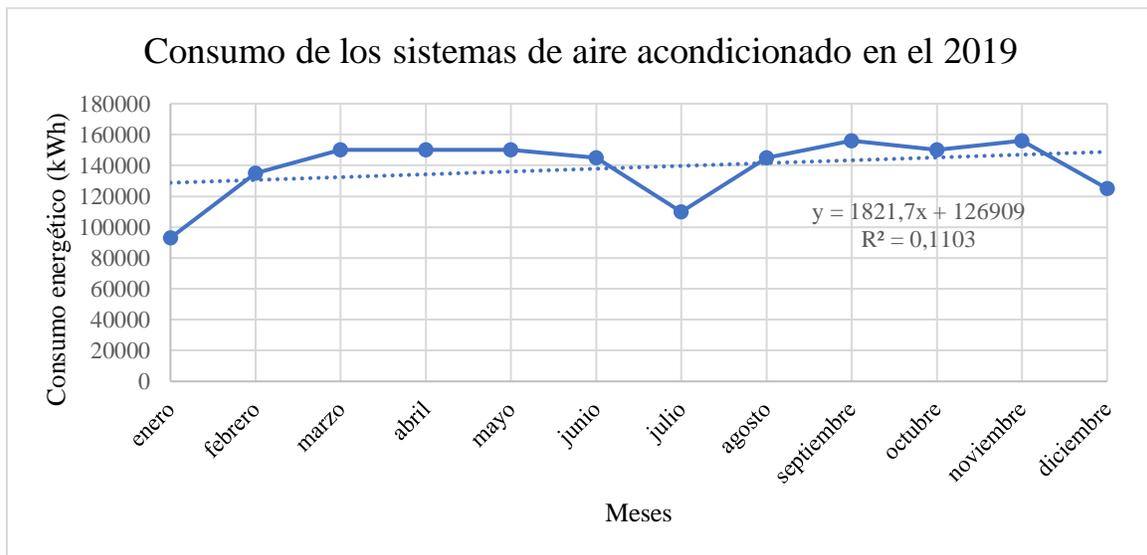


Gráfico 9-1 Consumo de los sistemas de A/C del campus de Cartago

Fuente: Vargas (2019). Elaboración propia. *Microsoft Excel*.

La gráfica anterior será utilizada para determinar por medio de la norma ISO 50006-2014 la línea base de energía y el indicador de desempeño energético.

Para determinar el impacto que tienen la reducción de los sistemas de aire acondicionado, se toma en cuenta que, según el levantamiento realizado para este proyecto, en un mes los kWh de los equipos de aire acondicionado equivalen a 131 472,88 kWh. Si se retiran los 22 equipos según las directrices ya estipuladas el consumo energético disminuye mensual en 125 466,005 kWh. A partir de esto se puede determinar que el consumo de energía disminuye un 5 %.

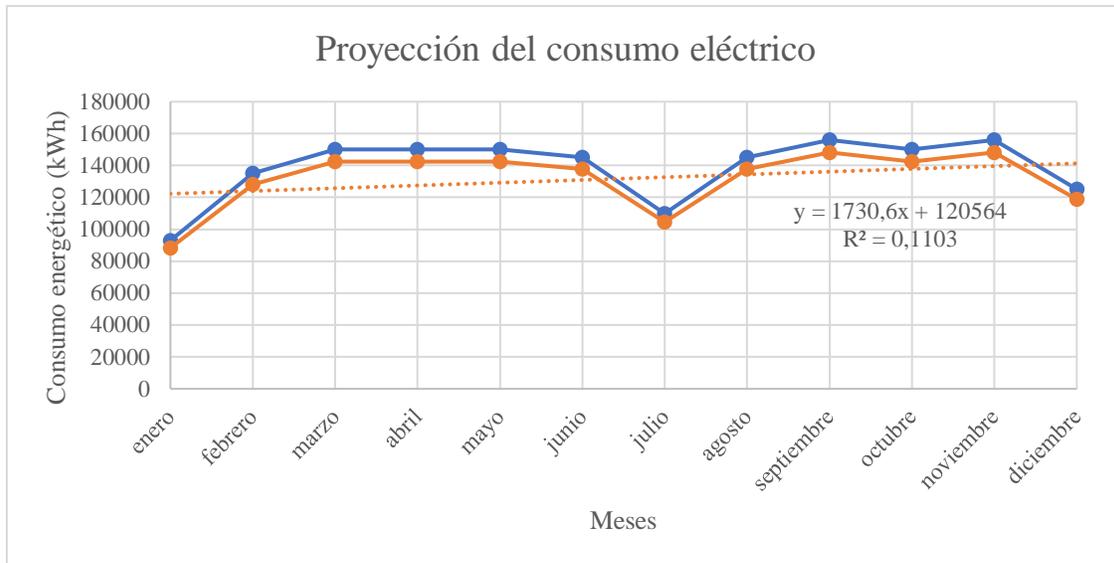


Gráfico 9-2 Proyección del consumo de los sistemas de A/C del campus de Cartago

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Excel.*

## 9.2 Indicadores de desempeño energético

Los indicadores de desempeño energético son una herramienta para analizar el desempeño del sistema de aire acondicionado del campus. Según el MINAET (2011), en la Guía de elaboración de Programas de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) en el sector público de Costa Rica, se menciona que indicadores básicos energéticos para el consumo energético pueden ser kWh/ mes y en cuanto a emisiones de gases, se puede tomar en cuenta las emisiones de CO<sub>2</sub> por consumo de electricidad.

Cuando se tiene un indicador mensual hay que tener en cuenta que estos se pueden ver afectados por la cantidad de equipos que hay en la institución, puesto que, si aumenta el consumo energético, puede ser porque hay mayor cantidad de equipos. Por lo tanto, hay que tener una lista actualizada de equipos para tener esto en cuenta para los indicadores.

Tabla 9-1 Indicadores energéticos

Indicador	Información	Unidad
Emisiones de CO <sub>2</sub> emitidas al ambiente producto de la energía del sistema aires acondicionados por año.	CO <sub>2</sub> producidos por cada kWh del equipo.	t CO <sub>2</sub> eq /kWh
Consumo energético de los aires acondicionados por mes	Cantidad de energía consumida en un mes	kWh/mes

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

## **10 CAPÍTULO X. CUADRO DE MANDO INTEGRAL**

Como se definió anteriormente en el marco teórico, un Cuadro de Mando Integral proporciona instrumentos de medición por medio de indicadores cuantitativos para alcanzar las metas y objetivos propuestos. Es importante porque de este modo se podrán resolver problemas relacionados con la falta de recolección de información y análisis. A continuación, se presenta el Cuadro de Mando Integral (CMI) propuesto para el Departamento de Mantenimiento dirigido a los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago.

### **10.1 Metodología**

El procedimiento utilizado sigue una serie de pasos que se describen a continuación:

1. Recolectar la visión y la misión del Departamento de Administración de Mantenimiento para definir los objetivos meta bases.
2. Realizar un análisis de FODA, el cual describe las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas con la finalidad de anticipar eventos positivos o negativos del departamento.
3. Se elaboran los objetivos estratégicos, basándose en las necesidades planteadas por la gerencia y el Departamento de Mantenimiento.
4. Desarrollar un mapa estratégico; en este se relacionan las cuatro perspectivas entre sí para comparar causas y efectos.
5. Se identifican los indicadores que puedan servir como medio para el logro de objetivos.
6. Se definen las metas de los indicadores propuestos.
7. Por último, se realiza la propuesta del Cuadro de Mando Integral

### **10.2 Desarrollo del CMI**

#### **10.2.1 Misión y visión del departamento**

La misión y la visión del departamento es importante debido a que a partir de ellos se formulan los objetivos estratégicos.

#### **Misión del Departamento de Administración de Mantenimiento.**

“Garantizar el adecuado funcionamiento de los activos físicos, instalaciones y servicios, su mantenimiento y mejoras necesarias para el desarrollo de las actividades y fines del TEC.”

## Visión del Departamento de Administración de Mantenimiento.

“Ser un departamento capaz de satisfacer los requerimientos de los usuarios y partes interesadas del TEC, realizando nuestras labores con excelencia, buscando siempre la mejora continua.”

### 10.2.2 Análisis FODA

Esta versátil herramienta permite evidenciar la situación actual de la empresa desde dos perspectivas, desde las características internas como son las debilidades y fortalezas y sus situaciones externas, como los son oportunidades y amenazas.

El análisis FODA busca que las fortalezas superen a las debilidades y las superen, además, que las oportunidades busquen vencer a las amenazas. Por lo tanto, este análisis es importante porque sirve de retroalimentación, lo que se recomienda revisarlo periódicamente.

A continuación, el análisis FODA para el Departamento de Administración de Mantenimiento entorno de los sistemas de aire acondicionado de la institución.

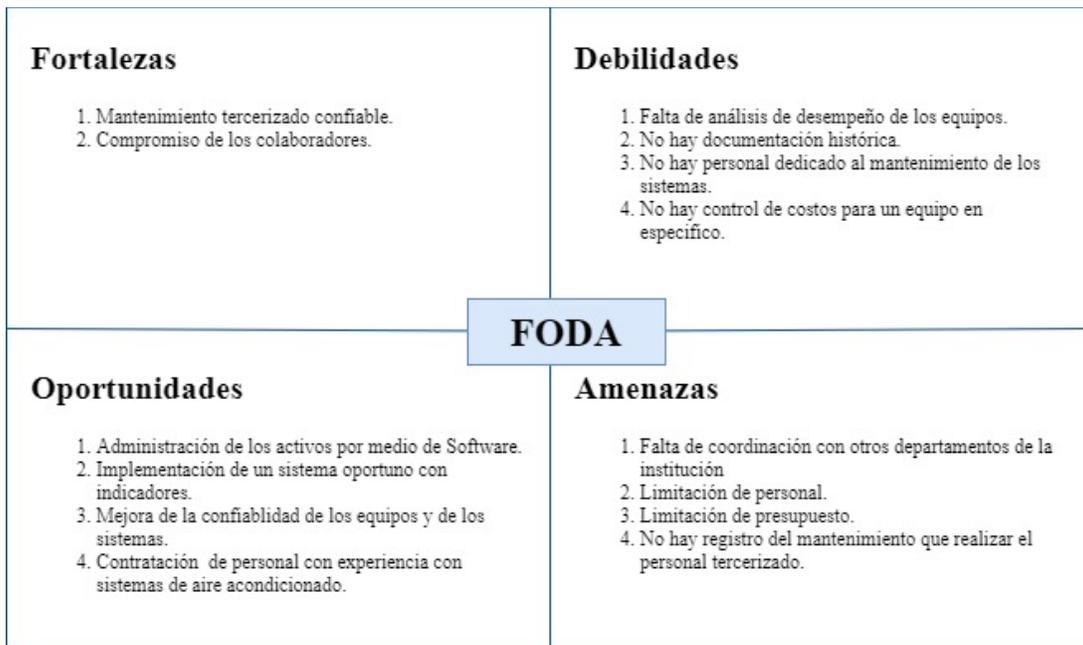


Figura 10-1 Análisis FODA

Fuente: Elaboración propia. Draw.io.

### 10.2.3 Definición de objetivos

Con el fin de solventar las necesidades y adaptarse al contexto operativo de la empresa tanto, a la visión y la misión del Departamento de Administración de Mantenimiento, a lo mostrado en el análisis FODA, como la información captada en las secciones de diagnóstico y análisis, se proponen los siguientes objetivos para solventar todas esas carencias.

Los objetivos se plantean con respecto a las cuatro perspectivas que conforman el Cuadro de Mando Integral, las cuales son perspectiva donde se genera mayor impacto en la organización.

- Objetivos estratégicos de perspectiva financiera.

Tabla 10-1 Objetivos estratégicos de perspectiva financiera

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2
Financiera	Reducir los costos un 25 % asociados a la tercerización.	Reducir el consumo un 5 % de energía de los equipos, como parte del compromiso ambiental.

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Al tener personal limitado para el mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado, adicionado a la falta de un control de los activos correcta y equipos que no se encuentran en condiciones óptimas o se desconoce su ciclo de vida útil, repercuten en el mantenimiento de sistema de aire acondicionado, por lo que cuantificar los costos del mantenimiento es fundamental para proyectar el presupuesto del departamento.

Además, se plantea reducir la facturación energética de la institución con la sustitución y la adquisición de equipos más eficientes que cumplan con la directriz 11 del MINAE.

- Objetivos estratégicos de perspectiva al cliente.

Tabla 10-2 Objetivos estratégicos de perspectiva al cliente

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2
Cliente	Garantizar la disponibilidad de todos los equipos de aire acondicionado.	Gestionar correctamente el 100 % de las averías relacionadas con los sistemas de aire acondicionado.

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Con respecto al objetivo 1, se garantiza que la disponibilidad de los equipos en un 100 % con el fin de que cuando el cliente requiera utilizar los sistemas de aire acondicionado, no surjan problemas en cuanto a equipos que requieran aire acondicionado, como en los que se utilizan para *comfort*.

En el caso del objetivo 2 se refiere a que el departamento tenga buena documentación, retroalimentación y establecimiento de medidas preventivas para evitar la ocurrencia de las fallas. Y si ocurren averías, que el personal de mantenimiento sea capaz de tomar acciones para corregir el problema y poner en marcha el sistema.

- Objetivos estratégicos de perspectiva de procesos internos.

Tabla 10-3 Objetivos estratégicos de perspectiva de procesos internos

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2
<b>Procesos internos</b>	Realizar recorridos de mantenimiento preventivo.	Cumplir con el 100 % del plan de mantenimiento en el periodo.

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

Con respecto del objetivo 1, el departamento de mantenimiento debe realizar recorridos donde se realicen mantenimientos preventivos en los equipos y analicen el estado de estos para determinar el tipo de mantenimiento que necesitan y así lograr con la mayor eficiencia, los trabajos que el sistema necesita con un menor tiempo, lo que implica menor necesidad de tercerización.

En cuanto al objetivo 2 es necesario que el equipo de mantenimiento cumpla con las visitas y revisiones de los sistemas de aire acondicionado

- Objetivos estratégicos de perspectiva aprendizaje y crecimiento personal del departamento.

Tabla 10-4 Objetivos estratégicos de perspectiva aprendizaje y crecimiento personal del departamento

Perspectiva	Objetivo 1	Objetivo 2	Objetivo 3
<b>Aprendizaje y crecimiento personal del departamento.</b>	Velar por el cumplimiento de las capacitaciones del personal técnico en un 100 %	Invertir 16 horas anuales en revisión y actualización de los equipos disponibles en la institución	Establecer al menos 4 reuniones anuales donde se trate de los cumplimientos de los resultados y nuevas oportunidades de mejora.

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

En cuanto al primer objetivo, es necesario que los que el personal del DAM aumente la motivación y el sentido de pertenencia por medio de capacitaciones, ya que así se pueden realizar el trabajo con mayor eficiencia y se obtienen mejores resultados respecto al mantenimiento de los equipos.

El segundo objetivo se refiere al control de horas invertidas respecto a la revisión de los diversos manuales de fabricante respecto a los sistemas de aire acondicionado. Esto con el objetivo de comprobar si los procedimientos establecidos por los manuales es el que se realiza en los equipos.

El tercer objetivo se refiere a tener por lo menos dos reuniones entre el departamento de mantenimiento y la compañía tercerizada, con el objetivo de informar acerca del cumplimiento de resultados y oportunidades de mejora.

#### **10.2.4 Mapa estratégico**

Los mapas de estrategias son representaciones simplificada de la situación de la empresa y hacia dónde se proyecta. Estos deben proporcionar la mayor información de la manera más simple posible, ordenando según cada perspectiva y, a su vez, relacionados entre sí. Esta representación presenta causa y efecto entre perspectivas y objetivos.

Este se elabora evaluando los objetivos de la perspectiva de aprendizaje y crecimiento del personal, el cual es la base de toda organización. Luego se definen las relaciones existentes entre estos y los objetivos de procesos internos, seguidamente, se relacionan estos objetivos con los de clientes y estos a su vez con los objetivos financieros de la organización. Siendo el objetivo final, disminuir los costos por el mantenimiento de los sistemas de aire acondicionado al Departamento de Administración de Mantenimiento.

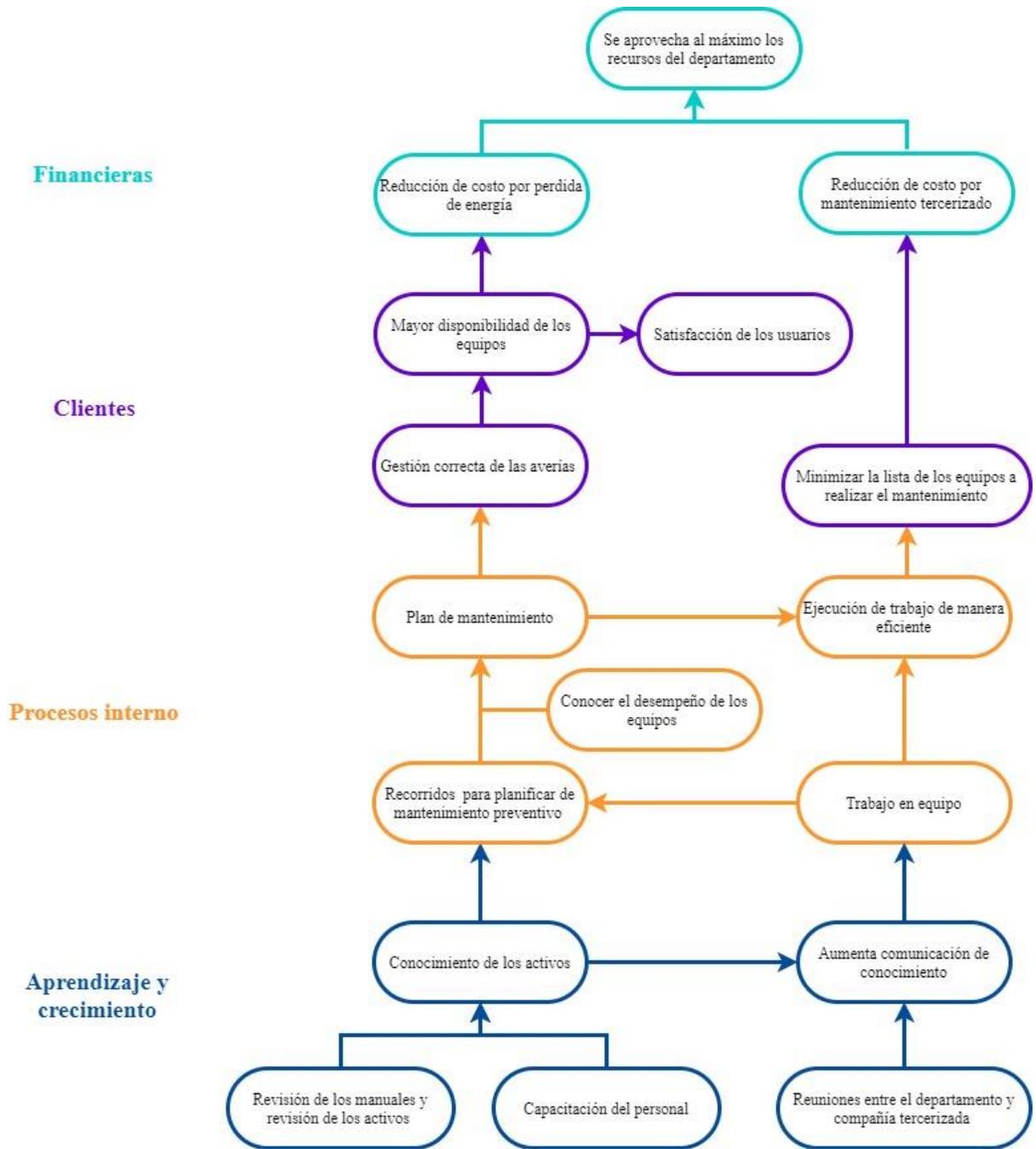


Figura 10-2 Plan estratégico

Fuente: Elaboración propia. Draw.io.

## 10.2.5 Indicadores

A partir de la designación de los objetivos para cada una de las perspectivas, se procede a determinar los indicadores, los cuales deben ser datos numéricos de fácil recolección que permitan calcular de manera cuantitativa los objetivos planteados. Además del indicador, se complementa la información con datos como la descripción del indicador con el objetivo de que una persona externa pueda entender el proceso por seguir, fuente de información donde se describe cómo se va a obtener la información y la fórmula, la cual ya está descrita junto al indicador.

- Perspectiva financiera

Tabla 10-5 Indicadores de la perspectiva financiera

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Fórmula
Financiera	Reducir los costos un 25 % asociados a la tercerización.	Costos de Contrato	$\left(\frac{\text{Contrato anterior} - \text{Contrato actual}}{\text{Contrato anterior}}\right) \times 100$
		Tercerización del mantenimiento	$\left(\frac{\text{Costo Servicios de terceros}}{\text{Costos totales de mantenimiento}}\right) \times 100$
	Reducir el consumo un 5 % de energía de los equipos, como parte del compromiso ambiental.	Consumo energético de los sistemas de aire acondicionado	$\left(\frac{\text{Fact. anterior} - \text{Fact. actual}}{\text{Fact. anterior}}\right) \times 100$

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Con respecto al objetivo de reducir los costos asociados a la tercerización, se tienen 2 indicadores, el primero consiste en el costo de contrato, el cual se mide por medio de una unidad porcentual; haciendo la relación entre el contrato anterior y actual. Esta información se obtendrá de los diferentes contratos de mantenimiento que se den en el DAM y será anual. El encargado debe ser el personal del DAM responsable de las licitaciones.

El otro indicador para el primer objetivo es la tercerización del mantenimiento el cual, al igual que el anterior, es una unidad porcentual del servicio que brinda los terceros entre los costos totales de mantenimiento para los sistemas de aire acondicionado. La fuente de información será el mismo personal del DAM, semestralmente.

Respecto al segundo objetivo de reducir los consumos de energía, el indicador es el consumo energético de los sistemas de aire acondicionado, el indicador es un porcentaje el cual relaciona el costo de la facturación anterior entre el costo de facturación actual. La información se

debe obtener del personal del DAM por medio de los costos de facturación del TEC, los cuales se verán trimestralmente.

- Perspectiva Cliente

Tabla 10-6 Indicadores de la perspectiva cliente

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Fórmula
Cliente	Garantizar la disponibilidad de todos los equipos de aire acondicionado.	Disponibilidad	$\left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) \times 100$
	Gestionar correctamente el 100 % de las averías relacionadas con los sistemas de aire acondicionado.	MTTR	$\left(\frac{\text{Tiempo de avería}}{n \text{ de avería}}\right)$

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

En cuanto al primer objetivo para mejorar la disponibilidad, se realizará por medio de la relación de la disponibilidad, la cual relaciona el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio de reparación. Para obtener la información se deberá hacer por medio de las órdenes de trabajo que utilizará tanto el DAM como la compañía que realiza la tercerización con una frecuencia semestral y la unidad de medida es porcentual.

Para el segundo objetivo, para gestionar correctamente las averías, se utilizará como indicador el tiempo medio para la reparación, el cual resulta entre la división del tiempo para la reparación entre el número de fallas. Para obtener la información se deberá hacer por medio de las órdenes de trabajo que utilizará tanto el DAM como la compañía que realiza la tercerización con una frecuencia semestral y la unidad son las horas invertidas en la reparación.

- Perspectiva Procesos Internos

Tabla 10-7. Indicadores de procesos internos

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Fórmula
Procesos internos	Realizar recorridos de inspección del funcionamiento y mantenimiento preventivo con el objetivo de ver el estado de los equipos.	Cantidad de recorridos semestrales.	$\sum \text{Cantidad de visitas}$
	Cumplir con el 100 % del plan de mantenimiento en el periodo.	Porcentaje del mantenimiento planificado.	$\left(\frac{OT \text{ ejecutadas}}{OT \text{ totales}}\right) \times 100$

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

En cuanto a procesos internos el primer objetivo el indicador será la cantidad de recorridos de inspección del funcionamiento de los equipos con el objetivo de definir de una mejor manera el mantenimiento preventivo de los equipos. Los encargados serán el personal del DAM, más específicamente el técnico o encargado de los sistemas de aire acondicionado, la frecuencia del indicador será semestral.

En cuanto al segundo objetivo el cual consiste en cumplir con todas las labores de mantenimiento lo cual se va a medir mediante el mantenimiento planificado por medio de una unidad porcentual que define la relación entre las ordenes de mantenimiento planificado ejecutadas entre las ordenes de mantenimiento planificado. Este será realizado por personal del DAM

- Perspectiva desarrollo y aprendizaje

Tabla 10-8 Indicador de la perspectiva de desarrollo y aprendizaje

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Fórmula
<b>Desarrollo y aprendizaje</b>	Velar por el cumplimiento de las capacitaciones del personal técnico en un 100 %	% de entrenamientos realizados	$\left( \frac{\text{Total cap. realizadas}}{\text{Total cap. planificadas}} \right) \times 100$
	Invertir 16 horas anuales en revisión y actualización de los equipos disponibles en la institución	Horas de invertidas en actualización de la cantidad y el estado de los equipos disponibles.	$\sum \text{Horas invertidas}$
		Horas invertidas para recapitular procedimientos de mantenimiento.	$\sum \text{Horas invertidas}$
	Establecer al menos tres reuniones anuales donde se trate de los cumplimientos, de los resultados y nuevas oportunidades de mejora.	Cantidad de reuniones realizadas	$\sum \text{Cantidad de reuniones}$

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

Esta perspectiva presenta tres objetivos, el primero de ellos se refiere a velar por las capacitaciones del personal técnico, se va a utilizar un indicador porcentual de entrenamientos realizados mediante la relación de capacitaciones realizadas entre capacitaciones planificadas. El encargado de esto es el supervisor de mantenimiento del DAM. Este indicador será anual.

El segundo objetivo habla respecto de las horas invertidas de revisión y actualización de equipos, presenta dos indicadores; el primero consiste en contabilizar la cantidad de recorridos realizados por el personal y el segundo indicador, cuantifica la cantidad de horas invertidas en recapitular procesos de mantenimiento con el objetivo de tener una mejora continua. El encargado de supervisión del mantenimiento es el encargado de velar porque los diferentes colaboradores realicen las revisiones y este proceso será anual.

El tercer objetivo establece que se deben hacer tres reuniones anuales y el indicador de este objetivo será la cantidad de reuniones realizadas. Además, de un producto llámese informe donde se pueda documentar los avances respecto al mantenimiento de los aires acondicionados. En estas reuniones es importante que la compañía brinde el mantenimiento y que también esté incluida y pueda ser parte del proceso. El encargado es el supervisor de mantenimiento del DAM, el cual anualmente deberá realizar el informe.

### 10.2.6 Codificación de indicadores

Con el fin de identificar de manera rápida los indicadores, se procede a codificarlos, de manera que sea clara y que evite confusiones entre ellos.

Primeramente, la letra de I de indicador seguido de una letra por cada una de las perspectivas y un número que indique el indicador

Tabla 10-9 Código para cada perspectiva

<b>Código de la perspectiva</b>	<b>Significado</b>
F	Financiera
C	Clientes
P	Procesos Internos
A	Desarrollo y Aprendizaje

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

### **10.2.7 Metas**

Las metas son importantes debido a que permiten establecer los resultados obtenidos para cada uno de los indicadores, así se puede cuantificar el desempeño del objetivo estratégico de cada una de las perspectivas, orientadas al mejoramiento continuo. Con la cuantificación de las metas se puede dar un seguimiento a los procesos de mantenimiento y tomar acciones referentes a los objetivos.

Es común utilizar señalización para las metas para indicar el cumplimiento de los objetivos. Esto se representa por medio de un código de colores donde el verde indica que los resultados cumplen las expectativas, el amarillo indica un cumplimiento medio de los objetivos y un rojo revela un cumplimiento bajo de los objetivos.

## 10.3 Propuesta de Cuadro de Mando Integral

Tabla 10-10 Cuadro de Mando Integral

Perspectiva	Objetivo	Indicador	Descripción	Fuente de información	Código	Fórmula	Unidad	Frecuencia	Encargado	Meta		
										Óptimo	Bueno	Malo
Financiera	Reducir los costos un 25 % asociados a la tercerización.	Costos de Contrato	Determinar la reducción en el costo de contrato.	DAM	IF01	$\left(\frac{Cont. anterior - Cont. actual}{Cont. anterior}\right) \times 100$	%	Anual	Encargado de licitaciones del DAM.	≥25 %	15 % < IF01 ≤ 25 %	<15%
		Tercerización del mantenimiento	Determinar la reducción en el costo de tercerización	DAM	IF02	$\left(\frac{Costo Servicios de terceros}{Costos totales de mantenimiento}\right) \times 100$	%	Anual	Encargado de licitaciones del DAM	≥25 %	15% < IF02 ≤ 25 %	<15%
	Reducir el consumo un 5 % de energía de los equipos, como parte del compromiso ambiental.	Consumo energético de los sistemas de AC	Establece el porcentaje de reducción en el consumo eléctricos de los AC.	Facturación de energía	IF03	$\left(\frac{Fact. anterior - Fact. actual}{Fact. anterior}\right) \times 100$	%	Semestral	Supervisor del mantenimiento de los aires acondicionados del DAM	≥5 %	2,5 % < IF03 ≤ 5 %	<2,5%
Cliente	Garantizar la disponibilidad de todos los equipos de aire acondicionado.	Disponibilidad	Garantizar que los equipos estén disponibles para su uso.	DAM	IC01	$\left(\frac{MTBF}{MTBF + MTTR}\right) \times 100$	%	Semestral	Técnico encargado de los sistemas de AC del DAM	≥88 %	70 % < IC01 ≤ 88 %	<70%
	Gestionar correctamente el 85 % de las averías relacionadas a los sistemas de aire acondicionado	MTTR	Establece el tiempo el cual se tarda en atender una avería.	DAM y compañía tercerizada	IC02	$\left(\frac{Tiempo de reparación}{n}\right)$	h	Semestral	Técnico encargado de los sistemas de AC del DAM			
Procesos internos	Realizar recorridos de inspección del funcionamiento mantenimiento preventivo con el objetivo de ver el estado de los equipos.	Cantidad de recorridos semestrales.	Busca determinar la cantidad de veces que se realizan recorridos de los equipos.	DAM	IP01	$\sum$ Cantidad de visitas	n	Semestral	Técnico encargado de los sistemas de AC del DAM	≥6	3 < IP01 ≤ 6	<3
	Cumplir con el 100 % del plan de mantenimiento en el periodo.	% de Cumplimiento del Mnto. preventivo	Muestra proporción de mnto ejecutados con respecto al total planeado.	Estadísticas del mantenimiento	IP02	$\left(\frac{OT ejecutadas}{OT totales}\right) \times 100$	%	Mensual	Técnico encargado de los sistemas de AC del DAM	≥85 %	65 % < IP02 ≤ 85 %	<65 %

Desarrollo y aprendizaje	Velar por el cumplimiento de las capacitaciones del personal técnico en un 100 %	% de entrenamientos realizados	Determinar la cantidad de capacitaciones realizadas	DAM	ID01	$\frac{\text{Total de capacitaciones realizadas}}{\text{Total de capacitaciones planificadas}} \times 100$	%	Anual	Supervisor del mantenimiento del DAM	$\geq 90\%$	$70\% < ID01 \leq 90\%$	$< 70\%$
	Invertir 20 horas anuales en revisión y actualización de los equipos disponibles en la institución	Horas de invertidas en actualización de la cantidad y el estado de los equipos disponibles.	Cuantifica el tiempo que se invirtió en actualización de información del DAM	DAM	ID02	$\sum \text{Horas invertidas}$	h	Anual	Supervisor del mantenimiento del DAM	$\geq 10$	$5 < ID01 \leq 10$	$< 5$
		Horas invertidas para recapitular procedimientos de mnto..	Cuantifica el tiempo invertido en actualizar el mantenimiento	DAM	ID03	$\sum \text{Horas invertidas}$	h	Anual	Supervisor del mantenimiento del DAM	$\geq 10$	$5 < ID01 \leq 10$	$< 5$
	Establecer al menos 3 reuniones anuales donde se hable de los cumplimientos, de los resultados y nuevas oportunidades de mejora.	Cantidad de reuniones realizadas	Cuantifica la cantidad de reuniones realizadas	DAM	ID04	$\sum \text{Cantidad de reuniones}$	n	Anual	Supervisor del mantenimiento del DAM	$\geq 3$	$1 < ID01 \leq 3$	$< 1$

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word.*

# 11 CAPÍTULO XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 11.1 Conclusiones

1. Por medio de la recolección de datos de los diferentes departamentos en el Instituto Tecnológico de Costa Rica se logró determinar el costo de adquisición y de operación, tanto en electricidad como mantenimiento de los diferentes sistemas de aire acondicionado de la institución, estableciendo sus costos de ciclo de vida útil. De ello se logró determinar que 127 supera el millón de colones.
2. Se establecieron criterios técnico-financieros para el planteamiento de una directriz, el primero es sobre un criterio ambiental y el segundo es de índole financiera. Se determinó que los equipos que son una pérdida para el negocio deben ser retirados y si están en operación por necesidad de los equipos, se debe suspender el mantenimiento. Con estas acciones, se estimó que se puede ahorra 4 millones de colones al año en operación, si se retiran 22 equipos de aire acondicionado y 2,5 millones anuales en mantenimiento si se suspende el mantenimiento de los 45 sistemas que requieren seguir perteneciendo al Tecnológico Campus Central Cartago debido a que son esenciales para los recintos donde están instalados.
3. Con base en los equipos que deben ser retirados, se determinó la proyección de la facturación de acuerdo con la norma ISO 50006-2014 para el Campus Tecnológico Cartago es de un 5 %, tomando en cuenta los criterios para el planteamiento de la directriz. Además, se plantearon indicadores energéticos.
4. Se diseñó un Cuadro de Mando Integral para tener una adecuada gestión de los equipos mediante cada una de sus perspectivas.

## 11.2 Recomendaciones

1. Se recomienda que el personal del DAM trabaje en conjunto con el Departamentos de Contabilidad y el Departamento de Aprovisionamiento para tener más información de los activos como fecha de instalación y costo, para realizar análisis de ciclo de vida útil más completos a todos los equipos, los cuales no se pueden determinar por falta de información.
2. En cuanto al mantenimiento, se recomienda contratar un técnico en aire acondicionado que tenga experiencia en realizar planes de mantenimiento y pueda revisar e implementar el Cuadro de Mando Integral con el fin de mejorar las labores en los equipos.
3. Como cada departamento del campus elige su marca de equipo de aire acondicionado, se recomienda que el DAM proporcione opciones de equipos según las necesidades con el fin de realizar un mantenimiento estandarizado.
4. Con el objetivo de ampliar el proyecto se recomienda agregar criterios en cuanto al *comfort* y espacio de los equipos, teniendo como criterios el tamaño del recinto, temperatura del lugar, velocidad del viento, posición con respecto al sol, entre otras cosas. Adicionalmente se recomienda que los edificios utilicen acondicionamiento pasivo con el objetivo de aumentar un ambiente de *comfort* en el espacio.

## 12 CAPÍTULO XII. BIBLIOGRAFÍA

ARESEP. *Consultas la evolución de las tarifas en el tiempo por Empresa.*

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiY2I2YTM1MzEtYzlmYS00NmE1LWF1M2QtYW M2YTYzYTEzMmF1IiwidCI6IjBkNzIzOGY4LWI3ODQtNDk2MCIiZGUyLTZlMzMiM1MwQyNDcwZCIsImMiOjR9>

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2004). *Gestión de la confiabilidad.*

*Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida.* (Norma UNE-EN 60300-3-3:2004)

Asociación Española de Normalización y Certificación. (2017). *Gestión de la confiabilidad.*

*Parte 3-3: Guía de aplicación. Cálculo del coste del ciclo de vida.* (Norma UNE-EN 60300-3-3:2017)

Banco Central de Costa Rica. (2021). *Tipo de cambio de compra del dólar de los Estados Unidos de América.*

<https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20367>

Barreras, Á. L. M. (2011). *Manual técnico de sustancia sustancias refrigerantes.* Marcombo.

Calm, J. M. (2009). *La próxima generación de sustancia sustancias refrigerantes.* Refrig. Creat. Futur.

Cámara de Industrias de Costa Rica. (s.f). *Portafolio de acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto Invernadero Tema: gestión y uso seguro de refrigerantes.* Programa país Carbono Neutralidad 2.0. Costa Rica

*Campus Tecnológico Central Cartago.* (2020). TEC. <https://www.tec.ac.cr/ubicaciones/campus-tecnologico-central-cartago>

Claes López, M. (2016). *Estudio de eficiencia y adaptación de sistemas de aire acondicionado convencionales a tipo inverter.* Instituto Tecnológico de Colima.

*Compras Públicas Sustentables.* (s. f.). Ministerio de Hacienda de Costa Rica. <https://www.hacienda.go.cr/contenido/13023-compras-publicas-sustentables>

- Directriz N°011-MINAE – Dirección de Energía.* (s. f.). MINAE.  
[https://energia.minae.go.cr/?page\\_id=2077](https://energia.minae.go.cr/?page_id=2077)
- Duffuaa, S., Raouf, A., & Campbell, J. (2000). *Sistemas de Mantenimiento*. Editora Limusa S.A.
- Durán, J; Sojo, L & Fuenmayor, E. (2011). *Decisión de Reemplazo o Reparación de un Equipo. Caso de estudio basado en Métodos y Normas Vigentes.*  
<https://www.ipeman.com/articulos/tw/decision-reemplazo-reparacion-equipo.pdf>
- Espinoza, I. (2009). *Valoración Revaluación, Depreciación de Propiedad Planta y Equipo.*  
*Dirección General de la Contabilidad Nacional, Ministerio de Hacienda.* Costa Rica
- García, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Ediciones Díaz Santos, S.A.
- GIZ (2019). *Inventario de Gases de Efecto Invernadero de Refrigeración de Refrigeración y Sistemas de sistema de sistema de sistema de aire acondicionado Costa Rica (2012-2016)*
- González F. (2002). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado.* 2 edición. FC Editorial. España
- Grajales, I. (2019). *El TEC se convierte en la primera universidad pública carbono neutral del país.*  
[/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)
- Hassan G. (1996) *Air Conditioning.* In: *Building Services. Macmillan Building and Surveying Series.* Palgrave, London. [https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1007/978-1-349-11952-3\\_2](https://doi-org.ezproxy.itcr.ac.cr/10.1007/978-1-349-11952-3_2)
- Heubes, J. M. (2010). *Refrigeration, air conditioning and foam blowing sectors technology roadmap.* Alemania: Giz Proklima.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2020). *Factores de emisión de gases de efecto invernadero.*  
 Décima edición. San José, Costa Rica
- INTE/ISO 50001: 2018. *Sistemas de gestión de la energía –Requisitos con orientación para su uso.*
- INTE/ISO 50006: 2014. *Energy management systems — Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) — General principles and guidance.*

- Kaplan, R. & Norton, D. (2002). *Cuadro de mando integral (The Balanced Scorecard)*. (2a. ed.) España: Ediciones Gestión 2000.
- 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 Paris*. Costa Rica.
- MINAE. (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*. San José.
- MINAET. (2011). *Guía para elaboración de Programas de Gestión Ambiental Institución (PGAI) en el sector público de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Ministerio de Ambiente y Energía (2014). *Acciones implementadas por Costa Rica para la preservación de la capa de ozono*.
- Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. (2013) *Plan de gestión para la eliminación de HCFC en Costa Rica. 2013-2030*. Dirección de gestión de Calidad Ambiental- Oficina Técnica del Ozono. San José, Costa Rica.
- Mondragón-Suárez, J. H., Sandoval-Villalbazo, A., & Breña-Ramos, F. (2019). *Calentamiento global: una secuencia didáctica*. Revista Mexicana de Física E, 65(1 Jan-Jun), 52-57.
- Naciones Unidas. (2020). *Cambio climático*. <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>
- Niven, P. (2006). *Balanced scorecard step-by-step*. (2a. ed.) [Cuadro de mando integral paso a paso]. Estados Unidos de América: John Wiley & Sons, Inc. Recuperado de [http://www.vra.com/vralibrary/ebooks/Balanced\\_Scorecard\\_Step\\_by\\_Step.pdf](http://www.vra.com/vralibrary/ebooks/Balanced_Scorecard_Step_by_Step.pdf)
- Parra, C. & Crespo, A. (2017). *Análisis de Fiabilidad, Disponibilidad, Mantenibilidad. Definición de intervalos de Mantenimiento preventivo (Método Costo-Riesgo-Beneficio) Draft-Vol.-9-Sept.-2014*
- Pérez, P. (2020). *Desarrollo y aplicación de un modelo de costo de ciclo de vida para un compresor incorporando aspecto de salud de activos*. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Pita, E. (2002). *Acondicionamiento de Aire. Principios y Sistemas*. México: Compañía Editorial Continental S.A.

Plazas Monroy, J. P. (2012). *Los refrigerantes y el medio ambiente*.

Protocolo de Montreal | PNUD. (s. f.). UNDP.  
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development/environment-and-natural-capital/montreal-protocol.html>

*Qué es el TEC*. (2020) TEC. <https://www.tec.ac.cr/node/8035>

Raffo, J. (2016). *Propuesta de estrategia de mantenimiento para sistemas de aire acondicionado de alta criticidad, mediante aplicación de metodología RCM en el marco de una política de confiabilidad operacional*. Santiago, Chile.

Robles, K. (2019). *Modelo de Gestión Energética para los Sistemas de Aires Acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago del Instituto Tecnológico de Costa Rica*. Costa Rica

Tec (s.f). *Plan estratégico 2017-2021*.

UNFCCC. (2008). Kyoto protocol reference manual on accounting of emissions and assigned amount.

Unidad Institucional de Gestión Ambiental y Seguridad Laboral (GASEL). (2020). Informe de Labores Ambientales. <https://www.tec.ac.cr/unidades/unidad-institucional-gestion-ambiental-seguridad-laboral-gasel>

United Nations Climate Change. (s. f.). *¿Qué es el Acuerdo de París?* <https://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement/que-es-el-acuerdo-de-paris>

Urrego, C. (2014). *Manual de buenas prácticas en refrigeración*. Unidad Técnica Ozono Bogotá, D.C.: Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Wang, S. (2000). *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*. 2da edición. McGraw-Hill.

## 13 CAPÍTULO XIII. ANEXOS

### 13.1 Anexo 1. Lista de los equipos de aire acondicionado de la institución.

Tabla 13-1 Levantamiento de los equipos del Campus Tecnológico Cartago

Edif	Departamento	Abastece	N° activo	Funciona	Prom Operación (h /día)	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Modelo	Refrigerante	Potencia (W)	Capacidad (BTU/h)	Cantidad Refrigerante		Finalidad
													lb	kg	
A1	Rectoría	Sala de Reuniones Consejo Institucional	61723	si	7	13/1/2013	York	Split Ducto	RVEC24DS-ADR	R410A	7 500	60 000	5	2,27	Confort
A1	Rectoría	Oficina Vicerrectoría de Administración	64458	si	4	21/12/2013	Carrier	Mini Split	42KCC124313G	R410A	3 200	24 000	5,6	2,54	Confort
A1	Vicerrectoría de Investigación y Extensión	Sala de Reuniones	61735	si	6,5	13/1/2013	York	Mini Split	RVEC24DS-ADR	R410A	3 200	24 000	2,5	1,13	Confort
A1	Dirección de Cooperación	Oficina Gestión de Cooperación	73177	si	4	6/11/2015	Carrier	Mini Split	42KCL109313G	R410A	1 250	9 000	2	0,91	Confort
A1	Dirección de Cooperación	Oficina Gestión de Cooperación	73176	si	4	6/11/2015	Carrier	Mini Split	42KCL109313G	R410A	1 250	9 000	2	0,91	Confort
A1	Dirección de Cooperación	Oficina Gestión de Cooperación	73178	si	4	6/11/2015	Carrier	Mini Split	42KCL109313G	R410A	1 250	9 000	2	0,91	Confort
A1	Dirección de Cooperación	Oficina Gestión de Cooperación	73179	si	4	6/11/2015	Carrier	Mini Split	42KCL109313G	R410A	1 250	9 000	2	0,91	Confort
A2	DATIC	Servidores	57120	si	24	24/6/2011	Emerson	Precisión	S23UA030VDG0020G0	R407C	1 386	12 000		0,00	Necesidad de los equipos
A2	DATIC	Servidores	39541	si	12	2/2/2006	York	Paquete	DM090C00A2AAA4	R22	8 400	90 000	7,24	3,28	Necesidad de los equipos
A2	DATIC	Oficinas de Asistentes	54660	si	5	30/9/2010	York	Mini Split	HAEC12FS-ADS	R410A	1 500	18 000	2,09	0,95	Necesidad de los equipos
A4	Escuela de Física	Desconocido	A1-0300	no	0		Daikin	Split piso cielo	R71BBVHL	R22	3 700	48 000		0,00	Desconocido
A4	Escuela de Física	Asociación de Estudiantes de Ingeniería Física	A1-0257	no	0		Lennox	Split piso cielo	LXCM50C-KFAF	R22	6 400	48 000	6	2,72	Confort
A4	Escuela de Ciencias Sociales	A4-04	54234	si	5	21/6/2010	York	Split piso cielo	YOEAE60FS-ADH	R22	6 600	24 000	6	2,72	Confort
A4	Escuela de Ciencias Sociales	A4-05	42032	si	5	30/5/2007	Carrier	Split piso cielo	42XQ-060M-30125	R22	8 200	60 000	7,2	3,27	Confort
A4	Escuela de Ciencias Sociales	A4-05	42031	si	5	30/5/2007	Carrier	Split piso cielo	IPA42XQ-060M-30125	R22	8 200	60 000	7,2	3,27	Confort
A4	Escuela de Matemáticas	Desconocido		no	0		AG			R22		48 000		0,00	Desconocido

A4	Escuela de Matemáticas	Desconocido	35164	no	0	28/3/2002	Mitsubishi			R22	5 300	48 000	4	1,81	Desconocido
A5	Centro de Investigación en Computación	Desconocido	43943	no	0	23/2/2001	Carrier	Split piso cielo		R22	2 816	48 000	3,76	1,71	Desconocido
A5	Centro de Investigación en Computación	A5-03	43942	si	3	23/2/2001	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADT	R22	2 816	38 000	3,76	1,71	Necesidad de los equipos
A5	Centro de Investigación en Computación	LUTEC A5-05	52150	si	12	21/1/2010	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADT	R410A	4 600	60 000	5,6	2,54	Necesidad de los equipos
A5	Centro de Investigación en Computación	Sala servidores	85089	si	24	7/5/2018	Innovair	Split piso cielo	UV60C2DBI	R410A	5 148	62 000	4,6	2,09	Necesidad de los equipos
A5	Centro de Investigación en Computación	Lab. eScience A5-02	61721	si	8	13/1/2013	York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
A5	Centro de Investigación en Computación	Lab. eScience A5-02	61722	si	8	13/1/2013	York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
A5	Centro de Investigación en Computación	Auditorio A5-01		si	5		York	Paquete	ZF120C00N2A AC7	R410A	11 000	120 000	12	5,44	Confort
B1	Edificio B1	B1-10		si	8		York	Cassette	MCA-48CRN	R22	4 600	48 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
B1	Edificio B1	B1-10		si	8		York	Cassette	MCA-48CRN	R22	4 600	48 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
B2	Edificio B2	Sistemas de Información Admisión y Registro (B2-1)	61722	si	8	13/1/2013	York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
B2	Edificio B2	Expediente Estudiantil Admisión y Registro (B2-2)	61721	si	8	13/1/2013	York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
B3	Escuela de Ingeniería en Computación	Laboratorio H	AL-0901	no	0		York	Split piso cielo		R22	6 270	60 000		0,00	Desconocido
B3	Escuela de Ingeniería en Computación	LAIMI C (B3-04)	39560	si	11	2/2/2006	York	Split		R22	8 000	60 000	12	5,44	Necesidad de los equipos
B5	Escuela de Cultura y Deporte	Teatro	45608	si	5	30/5/2008	York	Mini Split	YJEE24FS-ADA	R22	2 750	24 000	16,7	7,57	Confort
B5	Escuela de Cultura y Deporte	Teatro	38655	si	5	27/1/2005	Tempstar	Split piso cielo	MK036AWAT	R22	3 520	36 000	4,9	2,22	Confort
B5	Escuela de Educación Técnica	Oficinas		si	5		Innovair	Cassette	ICS0629C21	R410A	2 400	24 000	2,7	1,22	Confort
B5	Escuela de Educación Técnica	Dirección		si	5		York	Mini Split	YJHXC012BAR-FX	R410A	1 030	12 200	2,27	1,03	Confort
B5	Centro de Desarrollo Académico	Cabina Servidor		si	4	2020	Ecox	Mini Split	EACM009C11B	R410A	1 250	9 000	2	0,91	Necesidad de los equipos
B6	Editorial	Oficina	64460	si	4,5	21/12/2013	Carrier	Mini Split	42KCL112313G	R410A	1 300	12 000	1,3	0,59	Confort
B7	Auditoría Interna	Oficina		si	3		Ciac	Mini Split	ch41a-012H3U1C	R410A	1 276	12 000	1,43	0,65	Confort

B7	Auditoría Interna	Cuarto de Servidores		si	12		Ciac	Mini Split	ch41a-012H3U1C	R410A	1 276	12 000	1,43	0,65	Confort
C1	Escuela de Matemáticas	C1-10	70449	si	1	2/10/2014	Carrier	Split piso cielo	42FLC0482002301	R410A	5 300	48 000	7,37	3,34	Desconocido
C1	Escuela de Matemáticas	MATEC	64670	si	3	18/1/2014	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADT	R410A	4 600	60 000	4,9	2,22	Desconocido
C1	Escuela de Matemáticas	C1-04	57913	si	1,5	23/12/2011	Lennox	Split piso cielo		R410A	6 300	48 000	4,8	2,18	Desconocido
C1	Escuela de Matemáticas	C1-06	77087	si	2,5	3/9/2016	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADT	R410A	7 500	60 000	5,6	2,54	Desconocido
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Laboratorio primer piso	45610	si	3	30/5/2008	York	Split piso cielo	AC036X1024A	R22	4 730	36 000	3,15	1,43	Necesidad de los equipos
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Colección General	77948	si	14	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW-4	R410A	5 700	64 000	18,2	8,26	Necesidad de los equipos
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Colección General	77947	si	14	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW-4	R410A	5 700	64 000	18,2	8,26	Necesidad de los equipos
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Colección General	77946	si	14	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY2PW-4	R410A	5 700	64 000	18,2	8,26	Necesidad de los equipos
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Sala de Conferencias	76640	si	4	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5 900	72 000	8,8	3,99	Confort
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Sala de Conferencias	76641	si	4	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5 900	72 000	8,8	3,99	Confort
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Sala de Conferencias	76642	si	1	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5 900	72 000	8,8	3,99	Confort
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Sala de Conferencias	76643	si	1	27/8/2016	Daikin	Cassette	RXYMQ6PVE	R410A	5 900	72 000	8,8	3,99	Confort
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Sala de Conferencias	75266	si	2	30/4/2016	Lennox	Split piso cielo		R410A	5 800	60 000	9	4,08	Necesidad de los equipos
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Desconocido	20746	no	0	30/5/1988	Daikin	Cassette	R4LTH	R22	3 982		1	0,45	Desconocido
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Desconectado	20745	no	0	30/5/1988	Daikin	Cassette	R100ATGU	R22	3 982		4,85	2,20	Desconocido
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Desconocido	22189	no	0					R22				0,00	Desconocido
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Desconocido		no	0		Lennox	Ducto central		R410A	5 800	60 000	12,5	5,67	Desconocido
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	Cuarto de Telecomunicaciones	62448	si	24	19/7/2013	Carrier	Mini Split	42KCD124313G	R410A	3 200	24 000	5,6	2,54	Necesidad de los equipos
C4	Escuela de Física	Laboratorio	64669	si	24	18/1/2014	Data aire	Precisión	DAMA-0112-AJ	R410A	1 870	12 000	1,6	0,73	Necesidad de los equipos
C4	Escuela de Física	Desconocido		si	3	2020	Ciac	Mini Split		R410A	1 276	12 000	1,43	0,65	Confort
C9	LAIMI 1	Cuarto eléctrico	54659	si	10	30/9/2010	York	Mini Split	HADC18FS-ADS	R410A	5 280	18 000	4,4	2,00	Necesidad de los equipos
C9	LAIMI 1	Sala de computadoras	32271	si	14	26/10/2002	York	Paquete	DM150C00A2AAA2A	R22	33 800	180 000	10	4,54	Necesidad de los equipos

C9	LAIMI 1	Sala de computadoras	32272	si	14	26/10/2002	York	Paquete	DM150C00A2AAA2A	R22	33 880	180 000	10	4,54	Necesidad de los equipos
C10	Comedor	Dirección	82201	si	3,5	21/6/2017	York	Mini Split		R410A	770	9 280	1,65	0,75	Confort
C10	Comedor	Nutrición	82202	si	2	21/6/2017	York	Mini Split		R410A	770	9 280	1,65	0,75	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresa	Laboratorio de Economía Experimental		si	6		York	Split piso cielo	YOEA60FS-ADH	R410A	3 850	60 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresa	Laboratorio de Economía Experimental		si	6		York	Split piso cielo	YOEA60FS-ADH	R410A	3 850	60 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresa	Sala de Video Conferencia		si	4		York	Split piso cielo	YOEA60FS-ADH	R410A	3 850	60 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresa	Sala de Video Conferencia		si	4		York	Split piso cielo	YOEA60FS-ADH	R410A	3 850	60 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresa	Cuarto de control de Economía Experimental		si	4		York	Mini Split	HAEC12FS-ADS	R410A	1 120	12 000	2,93	1,33	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresa	Salón Ejecutivo		si	3		York	Ducto	FXRPO48H06M	R410A	3 830	48 000	4,8	2,18	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresa	Oficina dirección 305		si	2		York	Mini Split	HAEC12FS-ADS	R410A	1 080	12 000	2,93	1,33	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresa	Sala de Reuniones 306		si	2		York	Mini Split	HAEC12FS-ADS	R410A	1 080	12 000	2,93	1,33	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresa	Dirección		si	3		York	Mini Split	HAEC12FS-ADS	R410A	2 000	24 000	5,29	2,40	Confort
D2	TEC Digital	Cuarto Servidores	59802	si	24	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC09DS-ADR	R410A	820	9 000	1,26	0,57	Necesidad de los equipos
D2	TEC Digital	Oficina de Comunicación	59800	si	6	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC12DS-ADR	R410A	1 100	12 000	1,52	0,69	Necesidad de los equipos
D2	TEC Digital	Oficina de Comunicación	59801	si	6	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC24DS-ADR	R410A	2 350	24 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
D2	TEC Digital	Sala Capacitación de Personal	61231	no	0	21/1/2013	York	Cassette	GC-36CF26T/U	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
D2	TEC Digital	Sala Capacitación de Personal	61232	no	0	27/1/2013	York	Cassette	GC-36CF26T/U	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
D3	Edificio D3	Auditorio D3-01	78185	si	4	28/12/2015	LG	Cassette	ATNQ54GMLE3	R410A	6 380	54 000	6,6	2,99	Confort
D3	Edificio D3	Auditorio D3-01	78184	si	4	17/6/2016	LG	Cassette	ATNQ54GMLE3	R410A	6 380	54 000	6,3	2,86	Confort
D3	Edificio D3	Auditorio D3-01	78183	si	4	24/9/2015	LG	Cassette	ATNQ54GMLE3	R410A	6 380	54 000	6,3	2,86	Confort
D4	Unidad Proveeduría	Deposito Archivo Almacenamiento	59790	si	14		York	Paquete	ZF120C00A2AAA5A	R410A	9 100	120 000	12,6	5,72	Necesidad de los equipos

D4	Unidad Proveeduría	Dirección	39384	si	3	7/1/2006	Miller	Mini Split		R22	1 280	12 000	1,4	0,64	Confort
D4	Unidad Proveeduría	Oficina en Conjunto	AL-0033	si	3	7/1/2006	Miller	Mini Split		R22	1 280	12 000	1,4	0,64	Confort
D4	Unidad Proveeduría	Oficina	61731	si	3	13/1/2013	York	Mini Split		R410A	2 350	24 000	2,6	1,18	Confort
D6	Central Telefónica	Central Telefónica	41782	no	0		Carrier	Ventana		R22	2 838	18 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
D6	Central Telefónica	Central Telefónica	61730	si	24	13/1/2013	York	Mini Split	RVEC24DS-ADR	R410A	4 570	24 000	2,93	1,33	Necesidad de los equipos
D6	Central Telefónica	Central Telefónica	32626	no	0	18/10/2002	LG	Ventana		R22	2 838	18 000	2,6	1,18	Desconocido
D7	Monitoreo	Oficina de Monitoreo		si	5		York	Mini Split	YJHJYC024BAR-FX	R410A	2 050	24 000	3,89	1,76	Necesidad de los equipos
D7	Monitoreo	Oficina de Coordinación		no	0		York	Mini Split	RVEC09DS-ADR	R410A	820	9 000	1,26	0,57	Necesidad de los equipos
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	Sala de Reuniones	38416	si	2	30/12/2004	York	Mini Split	HLEA24FS-ADA	R22	2 700	24 000	4,73	2,15	Confort
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	Oficinas Asamblea Institucional		si	3		Miller	Multi Split	NHX012KNW1	R22	1 280	12 000	1,4	0,64	Confort
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	Oficinas Asamblea Institucional		si	3		Miller	Multi Split	NHX012KNW2	R22	1 280	12 000	1,4	0,64	Confort
D8	Unidad del Centro de Archivo y Comunicación	Archivo	14974	no	0	30/1/1983	Emerson	Ventana		R22	2 024	18 000		0,00	Necesidad de los equipos
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	Bodega	59791	si	4	14/4/2012	York	Mini Split	RVDC18DS-ADR	R410A	1 750	18 000	2,16	0,98	Necesidad de los equipos
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	D10-20		si	4		Goldstar	Ventana	GA-1823FC	R22	1 900	18 000	2,5	1,13	Confort
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	D10-20		si	4		Goldstar	Ventana	GA-1823FC	R22	1 900	18 000	2,5	1,13	Confort
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	D10-13	59807	si	6	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC24DS-ADR	R410A	2 350	24 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	D10-13	59808	si	6	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC24DS-ADR	R410A	2 350	24 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	Bodega	20407	no	0		Carrier	Ventana	S1DTC112351	R22	1 220	11 800	1,11	0,50	Necesidad de los equipos
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	D10-25	69232	si	4	24/7/2014	York	Mini Split		R410A	2 350	24 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	D10-25	69231	si	4	24/7/2014	York	Mini Split		R410A	2 350	24 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	D10-20 OFICINA Tecnología de Materiales	45984	no	0	17/10/2008	Air-pro	Mini Split		R22	1 150	9 000	1,16	0,53	Confort
D11	Escuela de Ingeniería Electromecánica / Taller	D11-03	78760	si	3	31/4/2016	York	Mini Split	YJHJYC018BAR-AX	R410A	1 470	17 440	3,11	1,41	Necesidad de los equipos

E8	Centro de las Artes	Auditorio		si	4		Daikin	Paquete	DP5010AHCY 2PW	R410A	13 000	120 000	34	15,42	Confort
E8	Centro de las Artes	Auditorio		si	4		Daikin	Paquete	DP5010AHCY 2PW	R410A	13 000	120 000	34	15,42	Confort
E8	Centro de las Artes	Auditorio		si	4		Daikin	Paquete	DP5010AHCY 2PW	R410A	13 000	120 000	34	15,42	Confort
E8	Centro de las Artes	Auditorio		si	4		Daikin	Paquete	DP5010AHCY 2PW	R410A	13 000	120 000	34	15,42	Confort
E8	Centro de las Artes	Cuarto de Control		si	5		York	Mini Split	RVEC18DS- ADR	R410A	1 750	18 000	2,16	0,98	Necesidad de los equipos
F1	Escuela de Ingeniería en Construcción	Sala de Reuniones Posgrado	77989	si	4	2/12/2016	Innovair	Cassette	CE60C2DB2	R410A	6 600	62 000	10,18	4,62	Confort
F1	Escuela de Ingeniería en Construcción	Aula F1-06	86953	si	6	2019	Innovair	Cassette		R410A	8 030	60 000	10	4,54	Desconocido
F1	Escuela de Ingeniería en Construcción	Aula F1-06	86954	si	6	2019	Innovair	Cassette		R410A	8 030	60 000	10	4,54	Desconocido
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	Cuarto Telecomunicaciones	52986	si	12	12/12/2009	York	Mini Split	YJEA18FS- ADA	R22	2 350	18 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	F2-10 Laboratorio	44252	no	0	3/6/2003	Carrier	Split piso cielo		R22	7 018	48 000	2,73	1,24	Necesidad de los equipos
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	F2-06C	5366	no	0		Carrier	Piso cielo		R410A		48 000		0,00	Desconocido
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	F2-11	9085	si	4	19/2/2020	Innovair	Cassette		R410A	4 300	38 000	7,12	3,23	Confort
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	F2-12	9085	si	4	19/2/2020	Innovair	Cassette		R410A	4 300	38 000	7,12	3,23	Confort
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Aula F9-04	45890	si	3	23/7/2008	Miller	Split piso cielo	NFX7- 0365VW2	R22	4 200	36 000	4,3	1,95	Confort
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Aula F9-02	45806	si	4	29/5/2008	Mitsubishi	Cassette	PLA-A36AA	R410A	3 700	36 000	6	2,72	Confort
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Cabina del Operador	45807	si	5	29/5/2008	Mitsubishi	Mini Split	MS-A10ND	R410A	3 000	18 000	6	2,72	Confort
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Oficina de Reuniones	45808	si	2	29/5/2008	Mitsubishi	Mini Split	MS-A10ND	R410A	3 000	24 000	6	2,72	Necesidad de los equipos
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Cuarto de Telecomunicaciones	55570	si	12	30/1/2011	York	Mini Split	HAEC12FS- ADS	R410A	1 120	12 000	2,93	1,33	Necesidad de los equipos
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Lab B	45809	si	6	29/5/2008	Miller	Split piso cielo	NFX7- 0365VW2	R22	4 200	36 000	4,3	1,95	Necesidad de los equipos
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	Lab A		si	6	2019	Mcquay	Cassette	NFX7- 0365VW2	R410A	6 000	61 400	2,5	1,13	Necesidad de los equipos
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	A-09	61727	si	5		YORK	NV	YOEAG0FS- ADT	R410A	3 850	60 000	4,9	2,22	Desconocido
F10	LAIMI 2	Auditorio	61711	si	1,5	13/1/2013	York	Ducto	TCGD60S41S3 A	R410A	8 000	60 000	5,6	2,54	Confort
F10	LAIMI 2	Auditorio	61712	si	1,5	13/1/2013	York	Ducto	TCGD60S41S3 A	R410A	8 000	60 000	5,6	2,54	Confort

F10	LAIMI 2	Cuarto de Servidores	57119	si	24	24/6/2011	Emerson	Precisión	DPS006AHCY 2PW	R407C	1 386	12 000		0,00	Necesidad de los equipos
F10	LAIMI 2	Sala de Computadoras	77947	si	14	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY 2PW	R410A	6 512	125 000	15,3	6,94	Necesidad de los equipos
F10	LAIMI 2	Sala de Computadoras	77947	si	14	30/8/2015	Daikin	Paquete	DPS006AHCY 2PW	R410A	6 512	125 000	15,3	6,94	Necesidad de los equipos
F11	Clínica de Salud	Odontología	45609	si	10	30/5/2008	York	Split Piso Cielo	MCC55T17	R22	6 700	60 000	6,2	2,81	Necesidad de los equipos
F11	Clínica de Salud	Dirección	84175	si	2	5/11/2017	Carrier	Mini Split	42KHC012DS	R410A	1 090	12 500	1,21	0,55	Confort
G2	Editorial	Desconocido		si	3		Innovair	Mini Split		R410A	2 400	24 000	2,7	1,22	Desconocido
G2	Editorial	Sala reuniones	64459	si	2	21/12/2013	Carrier	Mini Split	42KCL112313 G	R410A	1 300	12 000	1,3	0,59	Confort
G5	CEVCO	Laboratorio	59805	si	3	14/4/2012	York	Mini Split		R410A	1 100	12 000	1,52	0,69	Necesidad de los equipos
G5	CEVCO	Laboratorio	59799	si	3	14/4/2012	York	Split piso cielo		R410A	6 500	60 000	4,8	2,18	Necesidad de los equipos
G6	CIVCO	Sala de Reuniones	59806	si	2	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC12DS-ADR	R410A	1 100	12 000	1,52	0,69	Confort
G6	CIVCO	Cuartos ambientales controlados	59803	si	6	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC12DS-ADR	R410A	1 100	12 000	1,52	0,69	Necesidad de los equipos
G6	CIVCO	Cuartos ambientales controlados	59804	si	6	14/4/2012	York	Mini Split	RVEC12DS-ADR	R410A	1 100	12 000	1,52	0,69	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Desconocido		si	5		York	Paquete		R410A	2 400	24 000	2,7	1,22	Desconocido
G7	Ingeniería en Biotecnología	Desconocido		si	5		York	Mini Split		R410A	1 120	12 000	2,93	1,33	Desconocido
G7	Ingeniería en Biotecnología	Cultivo de Tejidos Vegetales	55291	si	6	30/1/2011	York	Split piso cielo	YOE60FS-ADH	R410A	6 250	60 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Cuarto frio		si	24		Lennox	Ducto	NRFP4800B1	R22	4 840	48 000	6,5	2,95	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Cuarto Caliente		si	24		Lennox	Ducto	NFCP4800B1	R22	4 840	48 000	6,5	2,95	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Laboratorio de Docencia	86749	si	5	26/11/2018	Lennox	Ducto		R410A	5 300	60 000	2,1	0,95	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Cuarto de Transferencia	AL-0827	si	6		Goodman	Mini Split	WME-18-1-KFAH	R22	2 156	18 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Laboratorio de Docencia	86750	si	6	26/11/2018	Carrier	Ducto		R410A	5 300	36 000	2,1	0,95	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Laboratorio de Ingeniería de Tejidos 2	47714	si	4	5/1/2009	York	Mini Split	YJEA18FJ-ADA	R22	1 980	17 500	2,7	1,22	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Oficina	47017	si	3	30/11/2008	Air-pro	Mini Split	APHEDF1221C A	R22	1 200	12 000	1,54	0,70	Necesidad de los equipos

G7	Ingeniería en Biotecnología	Ingeniería de Tejidos		si	5		York	Mini Split		R410A	1 980	17 500	2,7	1,22	Desconocido
G7	Ingeniería en Biotecnología	Desconocido	59996	si	6	24/8/2012	York	Mini Split	RVEC24DS-ADR	R410A	2 345	24 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Biología Molecular	86581	si	5	2019	Innovair	Split Piso Cielo	VEV62C2R17	R410A	5 300	62 000	2,1	0,95	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Biología Molecular	86582	si	5	2019	Innovair	Split Piso Cielo	VEV62C2R18	R410A	5 300	62 000	2,1	0,95	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Biología Molecular	86583	si	5	2019	Innovair	Split Piso Cielo	VEV62C2R19	R410A	5 300	62 000	2,1	0,95	Necesidad de los equipos
G7	Laboratorio Institucional de Microscopía	Cuarto de Microscopía		si	9		Westinghouse	Mini Split	W1IHD1-12KA4	R410A	1 870	12 000	1,5	0,68	Necesidad de los equipos
G8	Laboratorio Institucional de Microscopía	Laboratorio de Nanotecnología		si	7		TGM	Mini Split		R410A	1 661	12 000	1,17	0,53	Necesidad de los equipos
G8	Laboratorio Institucional de Microscopía	Laboratorio de Nanotecnología	77083	si	7	3/9/2016	York	Ducto	TCGD60S41S3 A	R410A	8 000	60 000	5,6	2,54	Necesidad de los equipos
G8	Laboratorio Institucional de Microscopía	Laboratorio de Nanotecnología	77084	si	7	3/9/2016	York	Ducto	TCGD60S41S3 A	R410A	8 000	60 000	5,6	2,54	Necesidad de los equipos
G8	Laboratorio Institucional de Microscopía	Laboratorio de Nanotecnología	85122	si	12	22/5/2018	Westric	Precisión	CX-005 FSH1DPD	R410A	4 710	60 000	7,5	3,40	Necesidad de los equipos
G8	Laboratorio Institucional de Microscopía	Laboratorio de Nanotecnología	85123	si	12	22/5/2018	Westric	Precisión	CX-005 FSH1DPD	R410A	4 710	60 000	7,5	3,40	Necesidad de los equipos
G8	Departamento de Administración de Mantenimiento	Oficina Dirección	77085	si	2	30/9/2010	York	Mini Split	HAEC12FS-ADS	R410A	3 520	12 000	2,93	1,33	Confort
G8	Departamento de Administración de Mantenimiento	Sala de Reuniones	84176	si	1,5	5/12/2017	Carrier	Mini Split	42KHC01205	R410A	1 090	12 500	1,11	0,50	Confort
G10	CIPA	Oficina	57907	si	3	27/11/2011	York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3 830	36 000	4,8	2,18	Necesidad de los equipos
G10	CIPA	Área TOC	69233	si	3	24/7/2014	Innovair	Mini Split	W0E18C2DB1	R410A	1 880	18 000	1,28	0,58	Necesidad de los equipos
G10	CIPA	Preparación de Muestra	61210	si	3	21/1/2013	TGM	Mini Split	MWGRNT185	R410A	1 800	18 000	2,2	1,00	Necesidad de los equipos
G11	Contenedores Biotecnología	Contenedores		no	0		Ecox	Split		R410A	1 700	48 000	1,012	0,46	Desconocido
G17	Ingeniería Ambiental	Laboratorio de Agua	84349	si	5	11/12/2017	Carrier	Split piso cielo	42KUE060N	R410A	4 800	60 000	8,8	3,99	Necesidad de los equipos
G17	Ingeniería Ambiental	Laboratorio de Agua	45921	si	6	26/7/2008	York	Mini Split	YJEA12FS-ADA	R410A	1 100	12 000	1,52	0,69	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Desconocido		si	12		Emerson	Precisión		R410A	1 910	12 800	1,768	0,80	Desconocido
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Bacteriología G19-24		si	5		Nordyne	Ducto	GB5BM-X24K-B	R410A	2 900	24 000	2,86	1,30	Necesidad de los equipos

G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Lab Biocontrol G19-27		si	5		Westinghouse	Ducto	B6BMM060K-C	R410A	6 000	60 000	4,33	1,96	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Lab Bioprocesos Vegetales G19-22		si	5		Westinghouse	Ducto	B6BMM036K-B	R410A	3 900	36 000	3,21	1,46	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Bioenergía G19-25		si	5		Westinghouse	Ducto	B6BMM060K-C	R410A	6 000	60 000	4,33	1,96	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Lab de Biología Molecular G19-19		si	5		Westinghouse	Ducto	B6BMM036K-B	R410A	3 900	36 000	3,21	1,46	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Lab de Biología Sintética G19-21		si	5		Nordyne	Ducto	GB5BM-X24K-B	R410A	2 900	24 000	2,86	1,30	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Crioconservación G19-04		si	5		Westinghouse	Mini Split		R410A	1 166	12 000	1,5	0,68	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Coordinación G19-13		si	2		Westinghouse	Mini Split	WIHXD1-12KW4A	R410A	1 166	12 000	1,5	0,68	Confort
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cuarto Crecimiento Bioenergía G19-25		si	7		Westinghouse	Mini Split	WIHXD12KW4A	R410A	1 166	12 000	1,5	0,68	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cuarto Crecimiento Bioenergía G19-26		si	7		LENNOX	Mini Split	LXGAMTCO24T3PA	R410A	2 700	24 000	5,78	2,62	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cubículos C G19-10		si	3		Westinghouse	Mini Split	W1K5971583	R410A	1 166	12 000	1,5	0,68	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cubículos B G19-20		si	3		Westinghouse	Mini Split		R410A	1 166	12 000	1,5	0,68	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Sala de Conferencias G19-28		si	2		Nordyne	Ducto	GB5BM-X24K-BS	R410A	5 104	24 000	3,74	1,70	Confort
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Sala de Reuniones G19-15		si	2		Westinghouse	Mini Split		R410A	1 166	12 000	1,5	0,68	Confort
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Secretaria G19-14		si	3		Westinghouse	Mini Split		R410A	1 166	12 000	1,5	0,68	Confort
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Lab Virología G19-23		si	5		Nordyne	Ducto	GB5B-X24K-B	R410A	2 900	24 000	2,86	1,30	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cuarto Crecimiento Vegetal in vitro 27°C G19-09		si	24		Westinghouse	Ducto	B6BMM048K-B	R410A	5 100	48 000	3,74	1,70	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Lab Transferencia Vegetal G19-07		si	5		Westinghouse	Ducto	B6BMM060K-C	R410A	6 070	60 000	4,33	1,96	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cuarto de Crecimiento Vegetal in vitro 21°C G19-05		si	24		Westinghouse	Ducto	B6BMM048K-B	R410A	5 104	48 000	3,7	1,68	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cuarto de Telecomunicaciones G19-18	73913	si	12	27/12/2015	York	Ducto	AHR60D3XH21B	R410A	1 925	60 000	5,78	2,62	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Cuarto de Preparación de Soluciones G19-06	78759	si	5	21/1/2017	York	Mini Split	YJHJXC024BAR-FX	R410A	2 050	24 000	3,89	1,76	Necesidad de los equipos

H2	Escuela de Ingeniería Agrícola	LAIMI Agrícola	54807	si	4	29/8/2010	York	Mini Split	HADC12FS-ADS	R410A	4 570	12 000	2,93	1,33	Necesidad de los equipos
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	Espectrometría de Emisión Óptica y Calorimetría	83430	si	5	27/1/2018	York	Mini Split	YHJE182T6A MHORX	R410A	1 550	18 000	2,09	0,95	Necesidad de los equipos
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	Sala de Reunión	83429	si	2	14/1/2018	York	Mini Split	YHJE232T6A MHORX	R410A	2 700	23 000	2,65	1,20	Necesidad de los equipos
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	Lab Computacional de Materiales	36812	si	5	9/5/2003	Air-pro	Split piso cielo	PFC-030A216-STD	R22	2 750	30 000	4,6	2,09	Necesidad de los equipos
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	Laboratorio de Corrosión y Recubrimiento	83428	si	5	27/2/2018	York	Mini Split	YHJE23ZT6A MHORX	R410A	2 700	18 000	2,65	1,20	Necesidad de los equipos
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	Lab Materiales Porosos y Celulares	61729	si	5	13/1/2013	York	Split piso cielo	YOEA60FS-ADM	R22	2 030	18 000	3,5	1,59	Necesidad de los equipos
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios.	Lab de Mecánica de Materiales (Maquinado y Mediciones)	76639	si	5	27/8/2016	Daikin	VRV	RXYMQ6PVE	R410A	5 900	72 000	8,8	3,99	Necesidad de los equipos
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	Laboratorio de Nanomateriales	76638	si	5	27/8/2016	Daikin	VRV	FXFQ100PVE9	R410A	4 400	72 000	8,8	3,99	Necesidad de los equipos
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	Metalografía /Laboratorio de Electroquímica	36811	si	5	21/5/2003	York	Ventana	Y5USC24-6A	R22	2 838	24 000	2,6	1,18	Necesidad de los equipos
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	Bodega 2	61728	si	3	13/12/2012	York	Mini Split	HLEA18FS-ADA	R22	1 950	18 000	2,24	1,02	Desconocido
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Aula I3-08	54223	si	5	27/5/2010	York	Split piso cielo	YOEA60FS-ADH	R22	6 700	60 000	6,2	2,81	Confort
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Sala de Reuniones	58520	si	2	20/1/2012	York	Mini Split	HAS-18FS-ADS	R410A	1 500	18 000	4,41	2,00	Confort
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Aula I3-04	55571	si	4,5	30/1/2011	York	Split piso cielo	YOEA36FS-ADH	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Aula I3-05	55572	si	4,5	30/1/2011	York	Split piso cielo	YOEA36FS-ADH	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Aula I3-07	57850	si	4,5	18/11/2011	York	Split piso cielo	YOEA36FS-ADT	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Aula I3-07	57849	si	4,5	18/11/2011	York	Split piso cielo	YOEA36FS-ADH	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Aula PLC	59792	si	2,5	14/4/2012	York	Split piso cielo	YOEA60FS-ADH	R410A	3 200	60 000	4,9	2,22	Confort

I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	Aula I3-01	86549	si	4,5	17/10/2018	Innovair	Split piso cielo	UV60C2DBI	R410A	8 030	60 000	2,1	0,95	Desconocido
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	Laboratorio de Modulación y Simulación	61732	si	5	16/5/2013	York	Split piso cielo	YOEAE60FS-ADT	R410A	3 880	60 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	Laboratorio Difracción de Rayos X	61734	si	5	16/5/2013	York	Split piso cielo	YOEAE24FS-ADT	R410A	2 700	24 000	3,13	1,42	Necesidad de los equipos
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	Laboratorio de Mecánica de Materiales	61733	si	5	16/5/2013	York	Split piso cielo	YOEAE36FS-ADT	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Necesidad de los equipos
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	Aula I4-01	45983	si	5	17/10/2008	Air-pro	Split piso cielo	APACE54821CM	R22	4 400	48 000	6,6	2,99	Necesidad de los equipos
I8	Estación Solar	Desconocido		si	2		York	Mini Split	YHJE12ZT6AMHORS	R410A	1 080	12 000	2,93	1,33	Desconocido
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Cuarto eléctrico nivel 3 y 2	PMI	si	24	2017	Data Aire	Precisión		R410A	1 496	32 300	4	1,81	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Auditorio nivel 1	PMI	si	2	2017	LG	Cassette		R410A	4 356	36 200	11	4,99	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Auditorio nivel 1	PMI	si	2	2017	LG	Cassette		R410A	4 356	36 200	11	4,99	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Auditorio nivel 1	PMI	si	2	2017	LG	Cassette		R410A	4 356	36 200	11	4,99	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Cuarto eléctrico nivel 1	PMI	si	16	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos

K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 2	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	24 200	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 3	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	36 200	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 3	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	36 200	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Laboratorio nivel 3	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	36 200	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Cuarto TI nivel 3	PMI	si	24	2017	Data Aire	Precisión		R410A	3 600	32 300	4	1,81	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Cuarto TI nivel 4	PMI	si	12	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Cuarto TI nivel 5	PMI	si	12	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	19 100	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Varios sectores del edificio	PMI	si	8		LG	Cassette		R410A		100 000		0,00	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Varios sectores del edificio	PMI	si	8		LG	Cassette		R410A		100 000		0,00	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	Varios sectores del edificio	PMI	si	8		LG	Cassette		R410A		100 000		0,00	Confort
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Aula y Laboratorios	PMI	si	8	2017	LG	Cassette		R410A	11 978	172 000	16,54	7,50	Confort
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Cuarto de Servidores	PMI	si	24	2017	Data Aire	Precisión		R410A	924	17 400	1,85	0,84	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Aula y Laboratorios	PMI	si	3	2017	LG	Split piso cielo		R410A	6 400	48 000	1,9	0,86	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Aulas primer y segundo piso	PMI	si	2	2017	LG	Cassette		R410A	2 082	28 000	2,5	1,13	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Aulas primer y segundo piso	PMI	si	2	2017	LG	Cassette		R410A	2 082	28 000	2,5	1,13	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Laboratorios	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	3 122	42 000	2,8	1,27	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	laboratorios	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	3 122	42 000	2,8	1,27	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Laboratorios	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	36 200	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Laboratorios	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	4 180	36 200	14,3	6,49	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Data Center	PMI	si	16	2017	Data Aire	Cassette		R410A	3 850	28 000	2,5	1,13	Necesidad de los equipos

K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Aulas primer y segundo piso	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	2 082	28 000	2,5	1,13	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Aulas primer y segundo piso	PMI	si	3	2017	LG	Cassette		R410A	2 082	28 000	2,5	1,13	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Laboratorios	PMI	si	4	2017	LG	Cassette		R410A	3 122	42 000	2,8	1,27	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	Laboratorios	PMI	si	4	2017	LG	Split piso cielo		R410A	6 400	48 000	1,9	0,86	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	Aula primer piso	PMI	si	5	2017	LG	Split ducto		R410A	12 000	168 000	23,6	10,70	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	Cuarto Eléctrico	PMI	si	12	2017	LG	Split		R410A	2 400	460 00	1,9	0,86	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	Data Center	PMI	si	16	2017	LG	Mini Split		R410A	2 000	220 00	3,19	1,45	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	Cubículo 7600	PMI	si	2	2017	LG	Split piso cielo		R410A	6 400	480 00	4,18	1,90	Confort
K3	Learning Commons		PMI	si	5		LG	Fan Coil		R410A		95 900		0,00	Desconocido
K3	Learning Commons		PMI	si	5		LG	Fan Coil		R410A		95 900		0,00	Desconocido
K5	Escuela de Química	Sala de Reuniones Dirección	PMI	si	2	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ22ATL	R410A	15 130	120 000	18,9	8,57	Confort
K5	Escuela de Química	Sala reuniones 1, tercer piso	PMI	si	2	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ22ATL	R410A	15 130	120 000	18,9	8,57	Confort
K5	Escuela de Química	Sala de reuniones 2, tercer piso	PMI	si	2	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ20ATL	R410A	13 990	120 000	18,9	8,57	Confort
K5	Escuela de Química	Sala tutorías	PMI	si	2	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ20ATL	R410A	13 990	120 000	18,9	8,57	Confort
K5	Escuela de Química	Bodega piso #1	PMI	si	1	2018	Daikin	Cassette	RHXYQ10ATL	R410A	8 382	95 500	13,2	5,99	Desconocido
K5	Escuela de Química	#6	PMI	si	8	2018	Stulz	Precisión	SCS-060-SSA	R407C	946	60 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	#8	PMI	si	8	2018	Stulz	Precisión	SCS-012-SSA	R407C	550	12 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	#2	PMI	si	8	2018	Stulz	Precisión	SCS-012-SSA	R407C	550	12 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	#3	PMI	si	8	2018	Stulz	Precisión	SCS-096-SSA	R407C	2 112	96 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	#4	PMI	si	8	2018	Stulz	Precisión	SCS-096-SSA	R407C	2 112	96 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	#5	PMI	si	6	2018	Stulz	Precisión	SCS-096-SSA	R407C	2 112	96 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	#7	PMI	si	6	2018	Stulz	Precisión	SCS-096-SSA	R407C	2 112	96 000		0,00	Necesidad de los equipos

K5	Escuela de Química	#1	PMI	si	6	2018	Stulz	Precisión	SCS-012-SSA	R407C	2 112	96 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	#9	PMI	si	6	2018	Stulz	Precisión	SCS-096-SSA	R407C	2 112	96 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	Lab de Suelos	PMI	si	3		LG	Mini Split	VM24C7	R410A		24 000		0,00	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	Microbiología	PMI	si	3		Innovair	Cassette		R410A		36 000		0,00	Necesidad de los equipos
K6	Escuela de Diseño Industrial	Segundo nivel	PMI	si	6	2017	LG	Mini Split		R410A	1 920	21 000	2,75	1,25	Necesidad de los equipos
K6	Escuela de Diseño Industrial	Primer nivel	PMI	si	6	2017	LG	Cassette		R410A	6 400	54 000	7,26	3,29	Necesidad de los equipos
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab Anatomía de la Madera		si	4		Cooltek	Mini Split	ST-12CRN-RFMD	R410A	1 650	12 000	1,06	0,48	Necesidad de los equipos
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab Química de la Madera		si	4		Everwell	Mini Split	MC1823	R410A	2 900	18 000	1,98	0,90	Necesidad de los equipos
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab Ensayos no Destructivos	85009	si	4	7/6/2018	Cooltek	Mini Split	ST-12CRN-RFMD	R410A	1 650	12 000	1,06	0,48	Necesidad de los equipos
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab Propiedades de la Madera	57746	si	5	30/11/2012	Cooltek	Mini Split	SR18CRV1-CL	R410A	2 860	18 000	1,89	0,86	Necesidad de los equipos
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	Desconocido	84571	si	5	25/6/2018	Innovair	Split		R410A	8 000	62 000	10,18	4,62	Necesidad de los equipos
L2	Escuela de Ingeniería Forestal	Herbario Cibi	NV	si	8		Innovair	NV		R410A	6 600	62 000	10,18	4,62	Desconocido
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	Sistemas de Información Geográfica L3-06	73997	si	4	8/12/2015	Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	8 500	120 000	17,38	7,88	Necesidad de los equipos
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab de Computadoras L3-05		si	8		Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	8 500	120 000	17,38	7,88	Necesidad de los equipos
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	Aula 03	57907	si	2		York	Split piso cielo	YOE36FS-ADT	R410A	3 900	36 000	4,9	2,22	Confort
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	Sistemas de Información Geográfica L3-06	73997	si	3,5	8/12/2015	Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	16 400	120 000	25,7	11,66	Necesidad de los equipos
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab de Computadoras L3-05	73997	si	8	8/12/2015	Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	16 400	120 000	25,7	11,66	Necesidad de los equipos
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab de Computadoras L3-05	73997	si	8	8/12/2015	Daikin	VRV	FXFQ125PVE9	R410A	7 900	120 000	17,4	7,89	Necesidad de los equipos
L4	Escuela de Ingeniería Forestal	Lab Genética Forestal	58125	si	6	23/12/2011	Carrier	Mini Split	42KCC124313G	R410A	2 700	24 500	2,5	1,13	Necesidad de los equipos
NA	Oficina de Ingeniería	Cuarto Eléctrico		si	12		York	Mini Split	YJMJC018B AR-RX-AMP	R410A	1 470	18 000	3,11	1,41	Necesidad de los equipos
NA	FUNDATEC	Desconocido		si	6	2017	Samsung	Cassette		R410A	5 280	54 000	5,51	2,50	Confort

Fuente: Elaboración propia. Microsoft Word.

## 13.2 Anexo 2. Costo del Ciclo de Vida Útil para los sistemas de aire acondicionado del Campus Tecnológico Central Cartago.

Tabla 13-2 Costo del ciclo de vida de los equipos del Campus Tecnológico Central Cartago

Edif	Departamento	C <sub>CI</sub>	C <sub>OM</sub>	C <sub>D</sub>	LCC
A1	Rectoría	₡ 715 917	₡ 3 539 455	₡ 49 028	₡ 4 304 400
A1	Rectoría	₡ 244 398	₡ 1 018 141	₡ 49 028	₡ 1 311 568
A1	Vicerrectoría de Investigación y Extensión	₡ 157 337	₡ 1 645 539	₡ 49 028	₡ 1 851 904
A1	Dirección de Cooperación	₡ 269 526	₡ 439 693	₡ 49 028	₡ 758 247
A1	Dirección de Cooperación	₡ 500 218	₡ 439 693	₡ 49 028	₡ 988 939
A1	Dirección de Cooperación	₡ 269 526	₡ 439 693	₡ 49 028	₡ 758 247
A1	Dirección de Cooperación	₡ 307 417	₡ 439 693	₡ 49 028	₡ 796 138
A2	DATIC	₡ 0	₡ 11 684 249	₡ 49 028	₡ 11 733 278
A2	DATIC	₡ 0	₡ 1 052 709	₡ 49 028	₡ 1 101 737
A4	Escuela de Ciencias Sociales	₡ 0	₡ 3 145 970	₡ 49 028	₡ 3 194 998
A4	Escuela de Ciencias Sociales	₡ 0	₡ 4 822 865	₡ 49 028	₡ 4 871 893
A4	Escuela de Ciencias Sociales	₡ 0	₡ 4 822 865	₡ 49 028	₡ 4 871 893
A5	Centro de Investigación en Computación	₡ 0	₡ 1 991 196	₡ 49 028	₡ 2 040 224
A5	Centro de Investigación en Computación	₡ 0	₡ 5 132 524	₡ 49 028	₡ 5 181 552
A5	Centro de Investigación en Computación	₡ 1 305 090	₡ 1 853 611	₡ 49 028	₡ 3 207 730
A5	Centro de Investigación en Computación	₡ 222 108	₡ 2 266 887	₡ 49 028	₡ 2 538 024
A5	Centro de Investigación en Computación	₡ 228 965	₡ 2 266 887	₡ 49 028	₡ 2 544 880
A5	Centro de Investigación en Computación	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
B1	Edificio B1	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
B1	Edificio B1	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
B2	Edificio B2	₡ 228 965	₡ 2 266 887	₡ 49 028	₡ 2 544 880
B2	Edificio B2	₡ 222 108	₡ 2 266 887	₡ 49 028	₡ 2 538 024
B3	Escuela de Ingeniería en Computación	₡ 0	₡ 10 293 982	₡ 49 028	₡ 10 343 010
B5	Escuela de Cultura y Deporte	₡ 0	₡ 1 929 799	₡ 49 028	₡ 1 978 827
B5	Escuela de Cultura y Deporte	₡ 0	₡ 2 768 904	₡ 49 028	₡ 2 817 933
B5	Escuela de Educación Técnica	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
B5	Escuela de Educación Técnica	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
B5	Centro de Desarrollo Académico	₡ 0	₡ 96 943	₡ 49 028	₡ 145 971
B6	Editorial	₡ 182 990	₡ 659 469	₡ 49 028	₡ 891 488
B7	Auditoría Interna	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
B7	Auditoría Interna	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
C1	Escuela de Matemáticas	₡ 676 837	₡ 548 295	₡ 49 028	₡ 1 274 161
C1	Escuela de Matemáticas	₡ 461 323	₡ 1 069 749	₡ 49 028	₡ 1 580 101
C1	Escuela de Matemáticas	₡ 72 581	₡ 1 080 082	₡ 49 028	₡ 1 201 692
C1	Escuela de Matemáticas	₡ 928 719	₡ 781 897	₡ 49 028	₡ 1 759 644
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 0	₡ 1 971 774	₡ 49 028	₡ 2 020 803
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 9 099 994	₡ 3 302 977	₡ 49 028	₡ 12 452 000
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 9 099 994	₡ 3 302 977	₡ 49 028	₡ 12 452 000

C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 9 099 994	₡ 3 302 977	₡ 49 028	₡ 12 452 000
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 4 876 939	₡ 923 183	₡ 49 028	₡ 5 849 151
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 5 228 249	₡ 923 183	₡ 49 028	₡ 6 200 460
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 4 876 939	₡ 407 561	₡ 49 028	₡ 5 333 528
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 5 228 249	₡ 407 561	₡ 49 028	₡ 5 684 838
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 2 229 072	₡ 573 609	₡ 49 028	₡ 2 851 709
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	₡ 209 671	₡ 4 604 060	₡ 49 028	₡ 4 862 759
C4	Escuela de Física	₡ 2 300 284	₡ 2 284 132	₡ 49 028	₡ 4 633 444
C4	Escuela de Física	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
C9	LAIMI 1	₡ 0	₡ 4 610 813	₡ 49 028	₡ 4 659 841
C9	LAIMI 1	₡ 0	₡ 59 276 558	₡ 49 028	₡ 59 325 587
C9	LAIMI 1	₡ 0	₡ 59 414 792	₡ 49 028	₡ 59 463 821
C10	Comedor	₡ 330 184	₡ 255 525	₡ 49 028	₡ 634 737
C10	Comedor	₡ 330184	₡ 225 390	₡ 49 028	₡ 604 602
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D1	Escuela de Administración de Empresa	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D2	TEC Digital	₡ 62 818	₡ 1 728 953	₡ 49 028	₡ 1 840 799
D2	TEC Digital	₡ 63 963	₡ 877 877	₡ 49 028	₡ 990 869
D2	TEC Digital	₡ 88 338	₡ 1 365 879	₡ 49 028	₡ 1 503 246
D3	Edificio D3	₡ 1 323 667	₡ 1 966 144	₡ 49 028	₡ 3 338 839
D3	Edificio D3	₡ 1 463 000	₡ 1 866 013	₡ 49 028	₡ 3 378 042
D3	Edificio D3	₡ 1 254 000	₡ 1 854 546	₡ 49 028	₡ 3 157 575
D4	Unidad Proveeduría	₡ 1 056 783	₡ 5 577 211	₡ 49 028	₡ 6 683 023
D4	Unidad Proveeduría	₡ 0	₡ 1 154 530	₡ 49 028	₡ 1 203 558
D4	Unidad Proveeduría	₡ 0	₡ 1 154 530	₡ 49 028	₡ 1 203 558
D4	Unidad Proveeduría	₡ 155 650	₡ 824 045	₡ 49 028	₡ 1 028 723
D6	Central Telefónica	₡ 132 550	₡ 6 955 675	₡ 49 028	₡ 7 137 253
D7	Monitoreo	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	₡ 0	₡ 1 389 959	₡ 49 028	₡ 1 438 987
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	₡ 43 624	₡ 903 904	₡ 49 028	₡ 996 556
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	₡ 74 978	₡ 1 365 879	₡ 49 028	₡ 1 489 886
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	₡ 74 978	₡ 1 365 879	₡ 49 028	₡ 1 489 886

D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	€ 289 184	€ 771 358	€ 49 028	€ 1 109 570
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	€ 289 184	€ 771 358	€ 49 028	€ 1 109 570
D11	Escuela de Ingeniería Electromecánica / Taller	€ 414 815	€ 1 043 516	€ 49 028	€ 1 507 359
E8	Centro de las Artes	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
E8	Centro de las Artes	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
E8	Centro de las Artes	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
E8	Centro de las Artes	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
E8	Centro de las Artes	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
F1	Escuela de Ingeniería en Construcción	€ 2 181 311	€ 1 157 864	€ 49 028	€ 3 388 204
F1	Escuela de Ingeniería en Construcción	€ 2 392 988	€ 527 314	€ 49 028	€ 2 969 330
F1	Escuela de Ingeniería en Construcción	€ 2 392 988	€ 527 314	€ 49 028	€ 2 969 330
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	€ 0	€ 2 907 074	€ 49 028	€ 2 956 102
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 0	€ 1 813 299	€ 49 028	€ 1 862 328
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 0	€ 2 037 943	€ 49 028	€ 2 086 971
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 0	€ 2 057 131	€ 49 028	€ 2 106 159
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 0	€ 1 193 683	€ 49 028	€ 1 242 711
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 0	€ 1 498 011	€ 49 028	€ 1 547 040
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 0	€ 3 035 705	€ 49 028	€ 3 084 733
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 0	€ 314 194	€ 49 028	€ 363 222
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	€ 289 355	€ 1 552 934	€ 49 028	€ 1 891 317
F10	LAIMI 2	€ 6 329 125	€ 1 119 783	€ 49 028	€ 7 497 936
F10	LAIMI 2	€ 6 329 125	€ 1 119 783	€ 49 028	€ 7 497 936
F10	LAIMI 2	€ 9 099 994	€ 3 732 966	€ 49 028	€ 12 881 989
F10	LAIMI 2	€ 9 099 994	€ 3 732 966	€ 49 028	€ 12 881 989
F11	LAIMI 2	€ 0	€ 7 045 942	€ 49 028	€ 7 094 970
F11	Clínica de Salud	€ 286 875	€ 199 399	€ 49 028	€ 535 303
G2	Clínica de Salud	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
G2	Editorial	€ 168 029	€ 491 745	€ 49 028	€ 708 803
G5	Editorial	€ 64 018	€ 663 157	€ 49 028	€ 776 203
G5	CEVCO	€ 161 135	€ 1 717 241	€ 49 028	€ 1 927 404
G6	CEVCO	€ 52 676	€ 591 583	€ 49 028	€ 693 287
G6	CIVCO	€ 51 258	€ 877 877	€ 49 028	€ 978 164
G6	CIVCO	€ 51 258	€ 877 877	€ 49 028	€ 978 164
G7	CIVCO	€ 0	€ 1 482 194	€ 49 028	€ 1 531 222
G7	Ingeniería en Biotecnología	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
G7	Ingeniería en Biotecnología	€ 0	€ 3 294 847	€ 49 028	€ 3 343 875
G7	Ingeniería en Biotecnología	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
G7	Ingeniería en Biotecnología	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
G7	Ingeniería en Biotecnología	€ 2 913 334	€ 357 777	€ 49 028	€ 3 320 139
G7	Ingeniería en Biotecnología	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
G7	Ingeniería en Biotecnología	€ 2 913 334	€ 407 968	€ 49 028	€ 3 370 330



I1	Escuela de Ingeniería Agrícola	₡ 502 458	₡ 290 352	₡ 49 028	₡ 841 839
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	₡ 584 014	₡ 254 658	₡ 49 028	₡ 887 700
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	₡ 0	₡ 2 467 504	₡ 49 028	₡ 2 516 532
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	₡ 591 136	₡ 377 477	₡ 49 028	₡ 1 017 641
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	₡ 1 023 183	₡ 1 009 255	₡ 49 028	₡ 2 081 466
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	₡ 4 603 001	₡ 1 095 057	₡ 49 028	₡ 5 747 087
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios.	₡ 2 329 787	₡ 876 573	₡ 49 028	₡ 3 255 388
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	₡ 0	₡ 2 519 650	₡ 49 028	₡ 2 568 678
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	₡ 1 023 183	₡ 798 032	₡ 49 028	₡ 1 870 244
I3	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	₡ 0	₡ 3 209 441	₡ 49 028	₡ 3 258 469
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 52 688	₡ 647 185	₡ 49 028	₡ 748 901
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 0	₡ 1 692 369	₡ 49 028	₡ 1 741 398
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 0	₡ 1 692 369	₡ 49 028	₡ 1 741 398
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 85 768	₡ 1 646 512	₡ 49 028	₡ 1 781 308
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 85 768	₡ 1 646 512	₡ 49 028	₡ 1 781 308
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 146 630	₡ 968 971	₡ 49 028	₡ 1 164 630
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 1 528 800	₡ 528 981	₡ 49 028	₡ 2 106 809
I4	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	₡ 358 973	₡ 1 486 635	₡ 49 028	₡ 1 894 636
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	₡ 317 460	₡ 1 150 143	₡ 49 028	₡ 1 516 631
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	₡ 295 923	₡ 1 492 338	₡ 49 028	₡ 1 837 290
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	₡ 0	₡ 2 681 285	₡ 49 028	₡ 2 730 313
I8	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	₡ 0	₡ 0	₡ 49 028	₡ 49 028
K1	Estación Solar	₡ 0	₡ 1 144 025	₡ 49 028	₡ 1 193 054
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 433 313	₡ 49 028	₡ 482 342
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 433 313	₡ 49 028	₡ 482 342
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 433 313	₡ 49 028	₡ 482 342
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 1 950 940	₡ 49 028	₡ 1 999 968
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 533 187	₡ 49 028	₡ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 533 187	₡ 49 028	₡ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 533 187	₡ 49 028	₡ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 533 187	₡ 49 028	₡ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 533 187	₡ 49 028	₡ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 533 187	₡ 49 028	₡ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	₡ 0	₡ 533 187	₡ 49 028	₡ 582 216

K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 2 460 224	€ 49 028	€ 2 509 253
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 1 514 708	€ 49 028	€ 1 563 736
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 1 514 708	€ 49 028	€ 1 563 736
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 1 078 477	€ 49 028	€ 1 127 505
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 1 078 477	€ 49 028	€ 1 127 505
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 1 078 477	€ 49 028	€ 1.127 505
K2	Escuela de Ingeniería Electrónica	€ 0	€ 2 706 100	€ 49 028	€ 2 755 128
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 784 594	€ 49 028	€ 833 623
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 706 949	€ 49 028	€ 755 978
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 314 654	€ 49 028	€ 363 682
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 314 654	€ 49 028	€ 363 682
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 450 376	€ 49 028	€ 499 405
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 450 376	€ 49 028	€ 499 405
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 533 187	€ 49 028	€ 582 216
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 1 813 182	€ 49 028	€ 1 862 211
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 368 974	€ 49 028	€ 418 003
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 368 974	€ 49 028	€ 418 003
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 531 831	€ 49 028	€ 580 859
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 873 928	€ 49 028	€ 922 956
K3	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	€ 0	€ 1 771 438	€ 49 028	€ 1 820 466
K3	<i>Learning Commons</i>	€ 0	€ 957 417	€ 49 028	€ 1 006 445
K3	<i>Learning Commons</i>	€ 0	€ 1 040 906	€ 49 028	€ 1 089 935
K3	<i>Learning Commons</i>	€ 0	€ 539 971	€ 49 028	€ 588 999
K3	<i>Learning Commons</i>	€ 0	€ 286 696	€ 49 028	€ 335 725
K3	<i>Learning Commons</i>	€ 0	€ 286 696	€ 49 028	€ 335 725
K5	<i>Learning Commons</i>	€ 0	€ 368 387	€ 49 028	€ 417 415
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 368 387	€ 49 028	€ 417 415
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 348 488	€ 49 028	€ 397 516

K5	Escuela de Química	€ 0	€ 348 488	€ 49 028	€ 397 516
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 177 444	€ 49 028	€ 226 473
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 170 340	€ 49 028	€ 219 368
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 142 691	€ 49 028	€ 191 719
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 142 691	€ 49 028	€ 191 719
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 251 751	€ 49 028	€ 300 779
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 251 751	€ 49 028	€ 300 779
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 214 886	€ 49 028	€ 263 914
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 214 886	€ 49 028	€ 263 914
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 214 886	€ 49 028	€ 263 914
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 214 886	€ 49 028	€ 263 914
K5	Escuela de Química	€ 689 484	€ 148 860	€ 49 028	€ 887 372
K5	Escuela de Química	€ 0	€ 213 734	€ 49 028	€ 262 762
K6	Escuela de Química	€ 0	€ 206 014	€ 49 028	€ 255 042
K6	Escuela de Diseño Industrial	€ 0	€ 206 014	€ 49 028	€ 255 042
L1	Escuela de Diseño Industrial	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 206 803	€ 225 023	€ 49 028	€ 480 854
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 41 875	€ 1 265 652	€ 49 028	€ 1 356 556
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 1 416 766	€ 660 426	€ 49 028	€ 2 126 220
L2	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 2 004 167	€ 230 409	€ 49 028	€ 2 283 604
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 10 721 336	€ 1 479 799	€ 49 028	€ 12 250 163
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 77 626	€ 919 059	€ 49 028	€ 1 045 714
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 10 721 336	€ 2 319 057	€ 49 028	€ 13 089 421
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 10 721 336	€ 4 965 947	€ 49 028	€ 15 736 311
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 10 721 336	€ 2 527 078	€ 49 028	€ 13 297 442
L4	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 65 711	€ 1 577 116	€ 49 028	€ 1 691 855
NA	Escuela de Ingeniería Forestal	€ 0	€ 0	€ 49 028	€ 49 028
NA	Oficina de Ingeniería	€ 0	€ 826 544	€ 49 028	€ 875 572

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*.

### 13.3 Anexo 3. Equipos que funcionan con sustancia refrigerante R22

Tabla 13-3 Equipos de R22, los cuales deben retirarse o sustituirse.

Edif	Departamento	N° activo	Marca	Tipo A/C	Finalidad
A2	DATIC	39541	York	Paquete	Necesidad de los equipos
A4	Escuela de Ciencias Sociales	54234	York	<i>Split piso cielo</i>	<i>Confort</i>
A4	Escuela de Ciencias Sociales	42032	Carrier	<i>Split piso cielo</i>	<i>Confort</i>
A4	Escuela de Ciencias Sociales	42031	Carrier	<i>Split piso cielo</i>	<i>Confort</i>
A5	Centro de Investigación en Computación	43942	York	<i>Split piso cielo</i>	Necesidad de los equipos
B1	Edificio B1		York	<i>Cassette</i>	Necesidad de los equipos
B1	Edificio B1		York	<i>Cassette</i>	Necesidad de los equipos
B3	Escuela de Ingeniería en Computación	39560	York	<i>Split</i>	Necesidad de los equipos
B5	Escuela de Cultura y Deporte	45608	York	<i>Mini Split</i>	<i>Confort</i>
B5	Escuela de Cultura y Deporte	38655	Tempstar	<i>Split piso cielo</i>	<i>Confort</i>
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	45610	York	<i>Split piso cielo</i>	Necesidad de los equipos
C9	LAIMI 1	32271	York	Paquete	Necesidad de los equipos
C9	LAIMI 1	32272	York	Paquete	Necesidad de los equipos
D4	Unidad Proveeduría	39384	Miller	<i>Mini Split</i>	<i>Confort</i>
D4	Unidad Proveeduría	AL-0033	Miller	<i>Mini Split</i>	<i>Confort</i>
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	38416	York	<i>Mini Split</i>	<i>Confort</i>
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales		Miller	<i>Multi Split</i>	<i>Confort</i>
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales		Miller	<i>Multi Split</i>	<i>Confort</i>
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica		Goldstar	Ventana	<i>Confort</i>
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica		Goldstar	Ventana	<i>Confort</i>
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	52986	York	<i>Mini Split</i>	Necesidad de los equipos
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	45890	Miller	<i>Split piso cielo</i>	<i>Confort</i>
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	45809	Miller	<i>Split piso cielo</i>	Necesidad de los equipos
F11	Clínica de la Salud	45609	York	<i>Split Piso Cielo</i>	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología		Lennox	Ducto	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología		Lennox	Ducto	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	AL-0827	Goodman	<i>Mini Split</i>	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	47714	York	<i>Mini Split</i>	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	47017	Air-pro	<i>Mini Split</i>	Necesidad de los equipos
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	36812	Air-pro	<i>Split piso cielo</i>	Necesidad de los equipos
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	61729	York	<i>Split piso cielo</i>	Necesidad de los equipos
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	36811	York	Ventana	Necesidad de los equipos
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	61728	York	<i>Mini Split</i>	Desconocido
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	54223	York	<i>Split piso cielo</i>	<i>Confort</i>
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	45983	Air-pro	<i>Split piso cielo</i>	Necesidad de los equipos

Fuente: elaboración propia. *Microsoft Word.*

## 13.4 Anexo 4. Equipos que carece de información para determinar el Criterio Financiero- Costo del ciclo de vida útil

Tabla 13-4 Equipo sin información para realizar el criterio

Edif	Departamento	Marca	Tipo A/C	Refrigerante	Finalidad
A5	Centro en Investigación en Computación	York	Paquete	R410A	Confort
B1	Edificio B1	York	Cassette	R22	Necesidad de los equipos
B1	Edificio B1	York	Cassette	R22	Necesidad de los equipos
B5	Escuela de Educación Técnica	Innovair	Cassette	R410A	Confort
B5	Escuela de Educación Técnica	York	Mini Split	R410A	Confort
B7	Auditoría Interna	Ciac	Mini Split	R410A	Confort
B7	Auditoría Interna	Ciac	Mini Split	R410A	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Split piso cielo	R410A	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Split piso cielo	R410A	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Split piso cielo	R410A	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Split piso cielo	R410A	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Ducto	R410A	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Mini Split	R410A	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Mini Split	R410A	Confort
D1	Escuela de Administración de Empresas	York	Mini Split	R410A	Confort
D7	Monitoreo	York	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	Miller	Multi Split	R22	Confort
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	Miller	Multi Split	R22	Confort
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	Goldstar	Ventana	R22	Confort
D10	Escuela de Ingeniería Electromecánica	Goldstar	Ventana	R22	Confort
E8	Centro de las Artes	Daikin	Paquete	R410A	Confort
E8	Centro de las Artes	Daikin	Paquete	R410A	Confort
E8	Centro de las Artes	Daikin	Paquete	R410A	Confort
E8	Centro de las Artes	Daikin	Paquete	R410A	Confort
E8	Centro de las Artes	York	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos
G2	Editorial	Innovair	Mini Split	R410A	Desconocido
G7	Ingeniería en Biotecnología	York	Mini Split	R410A	Desconocido
G7	Ingeniería en Biotecnología	Lennox	Ducto	R22	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Lennox	Ducto	R22	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	Goodman	Mini Split	R22	Necesidad de los equipos

G7	Ingeniería en Biotecnología	York	<i>Mini Split</i>	R410A	Desconocido
G7	Laboratorio Institucional de Microscopía	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
G8	Laboratorio Institucional de Microscopía	TGM	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Emerson	Precisión	R410A	Desconocido
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Nordyne	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Nordyne	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	<i>Confort</i>
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Nordyne	Ducto	R410A	<i>Confort</i>
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	<i>Confort</i>
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	<i>Mini Split</i>	R410A	<i>Confort</i>
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Nordyne	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
G19	Centro de Investigación en Biotecnología	Westinghouse	Ducto	R410A	Necesidad de los equipos
I8	Estación Solar	York	<i>Mini Split</i>	R410A	Desconocido
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	Cooltek	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	Everwell	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	Daikin	VRV	R410A	Necesidad de los equipos
NA	Oficina de Ingeniería	York	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Tabla 13-5 Equipos que solo poseen fecha de instalación

Edif	Departamento	N° activo	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Refrigerante	Finalidad
B5	Centro de Desarrollo Académico	NA	2019	Ecox	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
C4	Escuela de Física	NA	2020	Ciac	<i>Mini Split</i>	R410A	<i>Confort</i>
D4	Departamento de Aprovisionamiento	AL-0033	7/1/2006	Miller	<i>Mini Split</i>	R22	<i>Confort</i>

F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	9085	19/2/2020	Innovair	Cassette	R410A	Confort
F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	9085	19/2/2020	Innovair	Cassette	R410A	Confort
F9	Escuela Ciencias del Lenguaje	NA	2019	Mcquay	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
F11	Clínica de Salud	45609	30/5/2008	York	Split Piso Cielo	R22	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	86581	2019	Innovair	Split Piso Cielo	R410A	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	86582	2019	Innovair	Split Piso Cielo	R410A	Necesidad de los equipos
G7	Ingeniería en Biotecnología	86583	2019	Innovair	Split Piso Cielo	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	Data Aire	Precisión	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	Data Aire	Precisión	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos

K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Confort
K1	Escuela de Ingeniería Electrónica	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Confort
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Confort
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	Data Aire	Precisión	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Split piso cielo	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	Data Aire	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Cassette	R410A	Necesidad de los equipos
K2	Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental	PMI	2017	LG	Split piso cielo	R410A	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	PMI	2017	LG	Split ducto	R410A	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	PMI	2017	LG	Split	R410A	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	PMI	2017	LG	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos
K3	Learning Commons	PMI	2017	LG	Split piso cielo	R410A	Confort
K3	Learning Commons	PMI	2019	LG	Fan Coil	R410A	Desconocido
K3	Learning Commons	PMI	2019	LG	Fan Coil	R410A	Desconocido
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Daikin	Cassette	R410A	Confort

K5	Escuela de Química	PMI	2018	Daikin	<i>Cassette</i>	R410A	<i>Confort</i>
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Daikin	<i>Cassette</i>	R410A	<i>Confort</i>
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Daikin	<i>Cassette</i>	R410A	<i>Confort</i>
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Daikin	<i>Cassette</i>	R410A	Desconocido
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2018	Stulz	Precisión	R407C	Necesidad de los equipos
K5	Escuela de Química	PMI	2019	Innovair	<i>Cassette</i>	R410A	Necesidad de los equipos
K6	Escuela de Ingeniería Forestal	PMI	2017	LG	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos
K6	Escuela de Ingeniería Forestal	PMI	2017	LG	<i>Cassette</i>	R410A	Necesidad de los equipos
NA	FUNDATEC	NA	2017	Samsung	<i>Cassette</i>	R410A	<i>Confort</i>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

### 13.5 Anexo 5. Equipos que representan una pérdida para el negocio, según su costo de ciclo de vida útil.

Tabla 13-6 Equipos que representan una pérdida para el negocio.

Edif	Departamento	Fecha Instalado	Marca	Tipo A/C	Refrigerante	Finalidad	Año en el que son una pérdida para el campus.
A2	DATIC	2/2/2006	York	Paquete	R22	Necesidad de los equipos	2014
A2	DATIC	30/9/2010	York	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos	2019
A4	Escuela Ciencias Sociales	21/6/2010	York	Split piso cielo	R22	Confort	2018
A4	Escuela Ciencias Sociales	30/5/2007	Carrier	Split piso cielo	R22	Confort	2015
A4	Escuela Ciencias Sociales	30/5/2007	Carrier	Split piso cielo	R22	Confort	2015
A5	Centro de Investigación en Computación	23/2/2001	York	Split piso cielo	R22	Necesidad de los equipos	2009
A5	Centro de Investigación en Computación	21/1/2010	York	Split piso cielo	R410A	Necesidad de los equipos	2017
B3	Escuela de Ingeniería en Computación	2/2/2006	York	Split	R22	Necesidad de los equipos	2010
B5	Escuela de Cultura y Deporte	30/5/2008	York	Mini Split	R22	Confort	2015
B5	Escuela de Cultura y Deporte	27/1/2005	Tempstar	Split piso cielo	R22	Confort	2013
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	30/5/2008	York	Split piso cielo	R22	Necesidad de los equipos	2017
C3	Biblioteca José Figueres Ferrer	19/7/2013	Carrier	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos	2016
C9	LAIMI 1	30/9/2010	York	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos	2013
C9	LAIMI 1	26/10/2002	York	Paquete	R22	Necesidad de los equipos	2007
C9	LAIMI 1	26/10/2002	York	Paquete	R22	Necesidad de los equipos	2007
D2	TEC Digital	14/4/2012	York	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos	2019
D4	Departamento de Aprovechamiento	7/1/2006	Miller	Mini Split	R22	Confort	2015
D6	Central Telefónica	13/1/2013	York	Mini Split	R410A	Necesidad de los equipos	2013
D8	Departamentos de Servicios Generales e Institucionales	30/12/2004	York	Mini Split	R22	Confort	2013

F2	Escuela de Ingeniería en Computadores	12/12/2009	York	<i>Mini Split</i>	R22	Necesidad de los equipos	2014
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	23/7/2008	Miller	<i>Split piso cielo</i>	R22	<i>Confort</i>	2017
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	29/5/2008	Mitsubishi	<i>Cassette</i>	R410A	<i>Confort</i>	2018
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	29/5/2008	Mitsubishi	<i>Mini Split</i>	R410A	<i>Confort</i>	2015
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	29/5/2008	Mitsubishi	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos	2016
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	30/1/2011	York	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos	2018
F9	Escuela de Ciencias del Lenguaje	29/5/2008	Miller	<i>Split piso cielo</i>	R22	Necesidad de los equipos	2015
G7	Ingeniería en Biotecnología	13/3/2010	York	Paquete	R410A	Desconocido	2019
G7	Ingeniería en Biotecnología	30/1/2011	York	<i>Split piso cielo</i>	R410A	Necesidad de los equipos	2019
G7	Ingeniería en Biotecnología	5/1/2009	York	<i>Mini Split</i>	R22	Necesidad de los equipos	2016
G7	Ingeniería en Biotecnología	30/11/2008	Air-pro	<i>Mini Split</i>	R22	Necesidad de los equipos	2016
G8	Departamento de Administración de Mantenimiento	30/9/2010	York	<i>Mini Split</i>	R410A	<i>Confort</i>	2020
G17	Ingeniería Ambiental	26/7/2008	York	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos	2014
H2	Escuela de Ingeniería Agrícola	29/8/2010	York	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos	2016
I1	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Taller de Metalurgia	9/5/2003	Air-pro	<i>Split piso cielo</i>	R22	Necesidad de los equipos	2011
I2	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Laboratorios	21/5/2003	York	Ventana	R22	necesidad de los equipos	2006
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	27/5/2010	York	<i>Split piso cielo</i>	R22	<i>Confort</i>	2018
I4	Escuela de Ciencia e Ingeniería de los Materiales	17/10/2008	Air-pro	<i>Split piso cielo</i>	R22	Necesidad de los equipos	2016
L1	Escuela de Ingeniería Forestal	30/11/2012	Cooltek	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos	2016
L4	Escuela de Ingeniería Forestal	23/12/2011	Carrier	<i>Mini Split</i>	R410A	Necesidad de los equipos	2019

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

Tabla 13-7 Equipos que próximamente representan una pérdida para el campus.

<b>Edif</b>	<b>Departamento</b>	<b>N° activo</b>	<b>Marca</b>	<b>Tipo A/C</b>	<b>Refrigerante</b>	<b>Finalidad</b>
C1	Escuela de Matemáticas	57913	Lennox	<i>Split piso cielo</i>	R410A	Desconocido
G10	CIPA	57907	York	<i>Split piso cielo</i>	R410A	Necesidad de los equipos
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	55571	York	<i>Split piso cielo</i>	R410A	<i>Confort</i>
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	55572	York	<i>Split piso cielo</i>	R410A	<i>Confort</i>
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	57850	York	<i>Split piso cielo</i>	R410A	<i>Confort</i>
I3	Escuela de Ingeniería en Producción Industrial	57849	York	<i>Split piso cielo</i>	R410A	<i>Confort</i>
L3	Escuela de Ingeniería Forestal	57907	York	<i>Split piso cielo</i>	R410A	<i>Confort</i>

Fuente: Elaboración propia. *Microsoft Word*

## 14 APÉNDICE

### 14.1 Mantenimiento Preventivo y Correctivo de Aires Acondicionados

El presente anexo es una sección textual de lo estipulado con respecto a las contrataciones del mantenimiento por parte del Departamento de Aprovisionamiento N° 2019CD-000144-APITCR.

#### 1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Contratación de mano de obra, equipo total, herramientas y materiales necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivo a las unidades de Aires Acondicionados, ubicados en las diferentes Escuelas y Departamentos del ITCR, Sede Central, Cartago y San José.

#### 2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

*Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos de Aire Acondicionado y extracción de aire:*

- a. Mantenimiento preventivo de equipos de Aires Acondicionados y sistemas de extracción, ubicados en distintos lugares del Campus del Instituto Tecnológico de Costa Rica, según la descripción y tablas de equipos adjuntas. **(Ver Anexo N°1 y N°2)**
  - **Item 1.** Mantenimiento preventivo de Aires Acondicionados del ITCR, Campus Central Cartago (Excluye Equipos Nuevos de Banco Mundial)
  - **Item 2.** Mantenimiento preventivo de Aires Acondicionados del ITCR, Cartago y San José (Sólo Edificios de Banco Mundial)
  - **Item 3.** Mantenimiento preventivo de Sistemas de extracción de aire del ITCR, Cartago (Edificios Banco Mundial).
  - **Item 4.** Mantenimiento preventivo de Aires Acondicionados del TEC San José.
- b. El Contratista debe realizar un Formulario de Mantenimiento Preventivo en el cual se van a detallar todas las actividades de Mantenimiento por realizar en las visitas. En todos los reportes se debe indicar la fecha, el número de parte, serie y número de activo del equipo en mantenimiento y su respectiva ubicación. En caso de realizar una recarga de refrigerante, el formulario debe contener el tipo y la cantidad de gas recargado. Adicionalmente, se debe realizar un reporte de los equipos intervenidos por mantenimiento Correctivo.
- c. Si por algún motivo el equipo se saca de funcionamiento, se debe etiquetar el evaporador que se encuentra en revisión y la fecha en que se revisó, para así mantener al usuario informado.
- d. Si se realizan recargas de refrigerante, se debe indicar en el reporte de cada A/C el tipo y cantidad de recarga realizado al equipo. Además, se solicita enviar un reporte final de todas las recargas (resumen) realizadas durante los mantenimientos. El Formulario de Mantenimiento Preventivo que se adjunta en este cartel.

- e. En caso de que un equipo se encuentre sin funcionar o completamente dañado, se debe coordinar con el encargado del Departamento de Administración de Mantenimiento para que el mismo oferente desinstale el equipo y sea entregado en las bodegas de taller de Mantenimiento y entregar una lista de los equipos con las características y número de activo correspondientes. En el momento de la desinstalación deben minimizarse las fugas del refrigerante, para lo cual se solicita que en las hojas de mantenimiento (Formulario) se indique en las observaciones la presión antes y después de la desinstalación. Es totalmente prohibido sacar el refrigerante de cualquiera de los equipos al ambiente. Esto en coordinación con el personal del Departamento de gestión Ambiental del TEC (Gasel).
  
- f. El reporte debe contener los datos técnicos del equipo y debe incluir las siguientes actividades:

### **Mantenimiento preventivo para las Unidades Condensadoras:**

1. Lectura de voltaje y amperaje de motores y compresor.
2. Lavado de serpentines, si fuera necesario.
3. Limpieza y revisión de componentes del tablero eléctrico (fusibles, relevadores, capacitores, etc.) control de la unidad y resistencias del compresor.
4. Revisión elemento impulsor de aire.
5. Revisión o Cambio de terminales dañadas.
6. Limpieza externa de motores.
7. Lubricación de motores cuando se requiera y verificación del estado de los bujes o rodamientos.
8. Revisión del nivel de aceite del compresor, reemplazo o relleno, si es necesario.
9. Limpieza de contactores.
10. Verificación del torque de tornillería y contactos eléctricos
11. Revisión del funcionamiento de los termostatos, presostatos e interruptor de flujo.
12. Inspección del estado físico de la unidad.
13. Inspección del aislamiento de las tuberías.
14. Verificación del funcionamiento del compresor, midiendo las respectivas presiones del refrigerante y recarga del sistema. (si lo amerita)
15. Limpieza de rejillas.
16. Inspección general de las bombas de impulsión de agua.
17. Monitoreo de la temperatura de operación
18. Revisión y corrección de fugas
19. Identificación y corrección de ruidos extraños en los equipos
20. Revisión y corrección de la cañuela de las tuberías. Para los tramos de aislantes en buen estado se debe repintar con pintura tipo elastomérica para intemperie (Igual o superior a Sur Fastyl).
21. Revisión de anclajes (instalar hules o aislantes para evitar ruidos en la base por vibraciones)

## **Mantenimiento preventivo para las unidades Evaporadoras tipo *Cassette, Split, Ducto y Piso Cielo***

1. Lectura de voltaje y amperaje de motor del ventilador.
2. Lavado de serpentines si fuera necesario.
3. Limpieza y revisión de componentes eléctricos. (fusibles, relevadores, capacitores, etc.)
4. Revisión del elemento de impulsión.
5. Revisión o cambio de terminales dañadas.
6. Limpieza externa de motores y elementos electrónicos.
7. Revisión del sistema de drenaje de condensado.
8. Lubricación de motores cuando se requiera y verificación del estado de los bujes o rodamientos.
9. Limpieza de contactores.
10. Revisión del funcionamiento del termostato.
11. Inspección del estado físico de la unidad.
12. Inspección del aislamiento interno y de las tuberías.
13. Limpieza de bandeja y drenaje.
14. Limpieza de rejillas.
15. Verificar la temperatura entregada por la unidad sea la misma que la configurada.
16. Revisión y corrección de fugas
17. Identificación y corrección de ruidos extraños en los equipos
18. Revisión y corrección de la cañuela de las tuberías. Para los tramos de aislantes en buen estado, se debe repintar con pintura tipo elastomérica para intemperie (Igual o superior a Sur Fastyl).
19. Revisión de sistema de soporte de las unidades

### **Limpieza y/o Cambio de los filtros**

### **Verificación y mantenimiento de sistema eléctrico de control y potencia**

1. Verificación de arranque y corte de motores de turbinas por señal de termostato.
2. Verificación de cambio de velocidades de motor de turbina.
3. Verificación de termostato
4. Verificación de recalentamiento de cables.
5. Verificación y cambio de terminales recalentadas.
6. Mantenimiento de contactores (en el caso de ser desarmables).

### **Verificación de dispositivos de protección**

1. Verificación de instalación y protección de dispositivo de retardo de arranque.
2. Verificación de estado físico y condición de tendido de tuberías.
3. Verificación de anclajes y soportes.

## 14.2 Directriz DCN-001-2009

En la siguiente sección se detalla el método para determinar la depreciación según la directriz CN-001-2009 del Ministerio de Hacienda, denominada Valoración, Revaluación, Depreciación de Propiedad Planta y Equipo.

### 3) Método de Depreciación Aceptado

El método de depreciación aceptado será el método de línea recta.

Su nombre se desprende del hecho de que el valor en libros de depreciación. La depreciación anual se calcula dividiendo el costo inicial o base del activo menos su valor residual entre la vida útil del bien.

$$Dt = \frac{P - VR}{n}$$

Donde:

t = año, 1,2,...n

Dt = depreciación anual

P = Costo inicial o base no reajustada

VR = Valor Residual

n = Vida depreciable esperada (años de vida útil)

Al depreciarse el bien en una misma cantidad cada año, el valor en libros después de un determinado número de años (t) de servicio, será igual al costo inicial del activo menos la depreciación acumulada.

$$VLt = P - t \cdot Dt$$

Donde:

VLt = Valor en libros en un determinado número de años (t)

P = Costo inicial

Dt = Depreciación Total

t = Año de Depreciación

La tasa de depreciación (d) es constante y es la fracción en la cual la cantidad depreciable (P – VR) decrece cada año.

#### Años de vida útil y porcentajes de depreciación

Bien o Actividad	Porcentaje Anual de Depreciación (Método línea recta)	Años de Vida Útil
Abanicos	10	10
Afiladoras	7	15
Agitadoras	10	10
Aire acondicionado (equipo)	10	10