

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE QUÍMICA  
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Ambiental

**Inventario de gases efecto invernadero de diez instalaciones de una institución pública  
costarricense**

Sarita Andrea Guadamuz Arias

CARTAGO, Setiembre, 2018

**TEC** | Tecnológico de Costa Rica  
Ingeniería Ambiental

**Inventario de gases efecto invernadero de diez instalaciones de una institución pública costarricense**

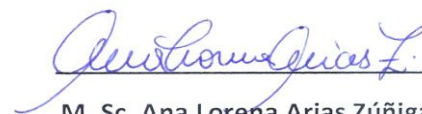
Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal



M. Sc. Jorge Calvo Gutiérrez

Director



M. Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga

Lector 1



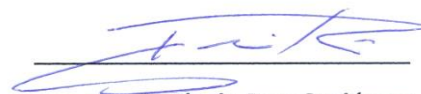
Lic. Ericka Calderón Vargas

Lector 2



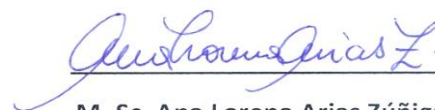
M. Sc. Diana Zambrano Piamba

Coordinador COTRAFIG



PH. D. Floria Roa Gutiérrez

Directora Escuela de Química



M. Sc. Ana Lorena Arias Zúñiga

Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

## **DEDICATORIA**

A mis padres por su esfuerzo, amor y dedicación.

*“No se preocupen por nada, en cambio, oren por todo. Díganle a Dios todo lo que necesitan y denle gracias por todo lo que ha hecho”*

Filipenses 4:6

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi familia, a mis hermanos Edgar y Diego a quienes admiro y aprecio, a Tía Lidia por acogerme en su casa y tantos cariños brindados.

A Luca por motivarme a terminar, por su amor y apoyo y por estar cerca aún estando lejos.

Al INAMU por haberme abierto las puertas para la realización de este proyecto y por toda la colaboración brindada desde la comisión ambiental, hasta el personal administrativo y choferes, en especial agradezco a Shirley Sandoval por ser una mano amiga desde que ingresé a la institución.

A todos mis profesores y profesoras de la carrera, en especial a Jorge Calvo por ser el director de mi tesis y ante todo por nunca haber dudado en brindarme su ayuda.

A las lectoras por haber aceptado dedicar de su tiempo a leer este documento.

A mis compañeros cercanos por acompañarme a lo largo de este camino y por dejarme tan gratos recuerdos.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	OBJETIVOS .....	2
2.1	Objetivo general .....	2
2.2	Objetivos específicos .....	2
3	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
3.1	Cambio Climático .....	3
3.2	Efectos del cambio climático .....	4
3.3	Principales Gases que contribuyen al cambio climático .....	5
3.3.1	Óxidos de nitrógeno .....	5
3.3.2	Metano .....	5
3.3.3	Dióxido de carbono .....	6
3.3.4	Gases Fluorados .....	6
3.4	Respuestas para contrarrestar el cambio climático .....	6
3.5	Situación en Costa Rica .....	7
3.5.1	Emisión nacional de gases efecto inventario .....	7
3.5.2	Acciones contra el cambio climático .....	8
3.6	Inventarios de Gases Efecto Invernadero .....	9
4	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>10</b>
4.1	Lugar de estudio .....	10
4.2	Selección del año base .....	11
4.3	Identificación de fuentes de emisión .....	11
4.4	Recopilación de datos .....	12
4.4.1	Consumo eléctrico .....	12
4.4.2	Consumo de combustibles fósiles .....	12
4.4.3	Recargas refrigerantes aires acondicionados .....	12
4.4.4	Recargas extintores .....	13
4.4.5	Consumo de gas LPG .....	13
4.5	Cuantificación emisiones GEI .....	13
4.6	Medidas de reducción .....	14
4.6.1	Inventario equipo eléctrico .....	15

4.6.2	Inventario luminarias .....	15
4.6.3	Encuestas uso de la energía .....	15
4.7	Indicadores económicos para evaluar rentabilidad de las medidas de reducción .....	16
<b>5</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>17</b>
5.1	Inventario Gases efecto Invernadero.....	17
5.2	Emisiones por instalación.....	18
5.3	Emisiones por fuente .....	20
5.3.1	Consumo eléctrico.....	21
5.3.2	Consumos combustibles fósiles por flota vehicular .....	23
5.3.3	Consumo gas LPG .....	24
5.3.4	Recargas refrigerantes aires acondicionados.....	24
5.3.5	Recargas extintores .....	25
5.4	Resultados herramientas sobre gestión de la energía eléctrica en el INAMU.....	25
5.4.1	Análisis de encuestas.....	25
5.4.2	Inventario equipo eléctrico .....	27
5.4.3	Inventario de luminarias .....	28
5.5	Medidas de reducción.....	29
5.5.1	Consumo energía eléctrica.....	30
5.5.2	Consumo de combustibles fósiles.....	34
5.5.3	Refrigerantes aires acondicionados .....	35
5.5.4	Recargas extintores .....	36
5.5.5	Gas LPG.....	36
5.5.6	Plan de acción.....	36
5.5.7	Análisis de costos de las medidas de reducción.....	37
5.6	Limitaciones y mejoras encontradas para facilitar la implementación del plan de acción	41
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>45</b>
<b>APÉNDICES .....</b>		<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Apéndice 1. Visitas realizadas a cada instalación dentro del alcance .....</b>		<b>50</b>
<b>Apéndice 2. Resumen de los consumos de las diferentes fuentes de emisión por instalación.....</b>		<b>51</b>
<b>Apéndice 3. Inventario aires acondicionados institucionales.....</b>		<b>52</b>

<b>Apéndice 4. Ejemplo inventario equipo eléctrico en cada instalación.....</b>	<b>53</b>
<b>Apéndice 5. Ejemplo inventario de luminarias en cada instalación.....</b>	<b>54</b>
<b>Apéndice 6. Encuestas aplicadas sobre el uso de la energía eléctrica en las oficinas.....</b>	<b>55</b>
<b>Apéndice 7. Inventario de vehículos institucionales del INAMU .....</b>	<b>57</b>
<b>Apéndice 8. Resultados encuestas aplicadas sobre uso de la energía en las oficinas .....</b>	<b>59</b>
<b>Apéndice 9. Resultado equipos de mayor consumo detectados en cada instalación .....</b>	<b>61</b>
<b>Apéndice 10. Flujos de caja para las medidas de reducción de mayor inversión .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo 1. Factores de emisión del INM utilizados .....</b>	<b>- 1 -</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Proceso del calentamiento global. (Tomado de Healey (2014)).	4
Figura 3.2: Efectos más significativos del cambio climático. (Tomado de Healey (2014)).	4
Figura 3.3: Orden cronológico de las Cumbres Unidas sobre el Cambio Climático. (Adaptado de Energía y Sociedad (2016)).	7
Figura 5.1: Distribución de las emisiones directas e indirectas.	18
Figura 5.2: Emisiones por instalación.	19
Figura 5.3: Emisiones por instalación según cantidad de empleados.	20
Figura 5.4: Emisiones según fuente en cada instalación.	21
Figura 5.5: Consumo eléctrico mensual en las regionales y CEAAM.	22
Figura 5.6: Toneladas $CO_2e$ generadas por instalación según tipo de combustible.	24
Figura 5.7: Toneladas de $CO_2e$ evitadas al aplicar las medidas de reducción.	39



## LISTA DE CUADROS

Cuadro 4.1: Descripción de las instalaciones dentro del alcance de la investigación. ....	10
Cuadro 4.2: Potenciales de calentamiento global.....	14
Cuadro 5.1: Toneladas <i>CO2e</i> totales por fuentes directas e indirectas .....	17
Cuadro 5.2: Consumos promedio de principales equipos de oficina .....	27
Cuadro 5.3: Consumos fantasmas detectados.....	27
Cuadro 5.4: Consumo anual correspondiente al uso de luminarias.....	29
Cuadro 5.5: Plan de acción diseñado para reducir emisiones GEI en el INAMU.....	37
Cuadro 5.6: Ton <i>CO2e</i> evitadas y costos asociados a la implementación de las medidas de reducción .....	38

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

CEAAM: Centros Especializados de Atención y de Albergue Temporal para Mujeres Afectadas por la Violencia

CIO: Centro de Información y Orientación

CH<sub>4</sub>: Metano

CN: Carbono Neutralidad

CNFL: Compañía Nacional de Fuerza y Luz

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono

COP: Conferencia de las Partes

CPU: Central Processing Unit, por sus siglas en inglés (Unidad de Procesamiento Central)

DIGECA: Dirección de Gestión de Calidad Ambiental

DCC: Dirección de Cambio Climático

ENCC: Estrategia Nacional de Cambio Climático

FC: Flujos de Caja Anuales

FE: Factor de Emisión

FE (t): Flujo de Efectivo Neto del Período t

GEI: Gases Efecto Invernadero

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

INAMU: Instituto Nacional de las Mujeres

INTECO: Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica.

INGEI: Inventario de Gases Efecto Invernadero

IPCC: Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático

LPG: Liquefied Petrol Gas, por sus siglas en inglés (Gas licuado de petróleo, GLP)

N<sub>2</sub>O: Óxidos de nitrógeno

PCG: Potencial de Calentamiento Global

PGAI: Programa de Gestión Ambiental Institucional

PND: Plan Nacional de Desarrollo

PR: Período de REcuperación

TIR: Tasa Interna de Retorno

Ton CO<sub>2</sub>e: Toneladas dióxido de carbono

UPS: Uninterrupted Power System, por sus siglas en inglés (Unidades de respaldo de energía)

URCH: Unidad Regional Chorotega

URHA: Unidad Regional Huetar Atlántico

URPC: Unidad Regional Pacífico Central

URHS: Unidad Regional Huetar Sur

VAN: Valor Actual Neto

## RESUMEN

El cambio climático es una problemática mundial causada mayoritariamente por actividades antropogénicas como la quema de combustibles fósiles y que cuyas consecuencias generan una repercusión negativa a todos los seres vivos en general. En Costa Rica, ya se están tomando acciones al respecto para poder controlarlo, sin embargo, siguen habiendo sectores que presentan debilidades en este tema, como viene siendo el caso de las instituciones públicas, las cuales poseen un bajo cumplimiento en la elaboración de los inventarios de gases efecto invernadero. Mediante este proyecto se elaboró el inventario de gases efecto invernadero en la institución pública costarricense Instituto Nacional de las Mujeres, siguiendo la metodología de la norma nacional INTE B5:2016, posteriormente, tomando en cuenta los datos obtenidos y observados durante las visitas a las instalaciones dentro del alcance, se elaboró un plan de acción para reducir las emisiones considerando los costos de inversión de las acciones sugeridas, además, se propusieron mejoras para facilitar a la institución la implementación del plan de acción elaborado. Se obtuvo que en el año 2016 el INAMU generó 146,27 ton  $CO_2e$  de las cuales el consumo de electricidad y uso de vehículos corresponden a las fuentes de mayor generación y el edificio central corresponde al edificio con mayor contribución en el inventario al ser la instalación de mayor tamaño. Al ponerse en práctica las medidas propuestas en el plan de acción disminuirían 17,57 ton  $CO_2e$  y se ahorrarían ₡12 765 985,35. Además, realizar cambios asociados principalmente a la recopilación de registros facilitaría a la institución la implementación y seguimiento del plan de acción propuesto.

**Palabras Clave:** Cambio Climático, Instituto Nacional de las Mujeres, inventario de gases efecto invernadero, medidas de reducción, plan de acción.

## ABSTRACT

The climate change is a worldwide problem caused primarily by the anthropogenic activities as burning of fossil fuels, and whose consequences generate a negative impact on all living beings in general. In Costa Rica actions are already being taken in order to control it, nevertheless, there are still sectors that have weaknesses in this issue, as it is the case of public institutions which have low compliance in the elaboration of greenhouse gas inventories. Through this project, it was elaborated the inventory of greenhouse gases in the Costa Rican public institution National Institute for Women (INAMU), following the methodology of the national standard INTE B5:2016, subsequently, taking into account the data obtained and observed during visits made to ten of the facilities of the institution, an action plan to reduce the emissions was made, considering the investment costs of the suggested actions, also, improvements were proposed to facilitate the implementation of the action plan proposed to this institution. It was obtained that in 2016 INAMU generated 146,27 ton CO<sub>2</sub>e of which the consumption of electricity and use of vehicles correspond to the sources of greater generation and the central building corresponds to the building with the greatest contribution to the inventory due to being the largest installation. The proposed measures to be implemented in the action plan would reduce 17,57 ton CO<sub>2</sub>e and would generate savings of ₡ 12 765 985,35. In addition, making changes associated mainly with the collection of data records would facilitate the implementation and follow-up process of the proposed action plan.

**Keywords:** Climate Change, National Women's Institute, greenhouse gas inventory, reduction measures, action plan.

# 1 INTRODUCCIÓN

Actualmente el mundo está atravesando por problemáticas ambientales tales como el calentamiento global y el cambio climático asociados a diversas actividades antropogénicas que causan la emisión de dióxido de carbono y otros gases contaminantes que afectan el equilibrio de los ecosistemas y la salud de los seres humanos (Oroza, 2012).

Ante esta situación se han realizado esfuerzos tanto a nivel internacional como nacional para disminuir el impacto ocasionado por estos gases. Uno de ellos corresponde a la elaboración del inventario de gases efecto invernadero (GEI) por parte de las empresas y organizaciones para cuantificar las emisiones de estos gases con el fin de desarrollar medidas para mitigar y/o compensar sus emisiones y de esta manera disminuir su impacto ambiental e inclusive certificarse como carbono neutral. En Costa Rica, la norma oficial para realizar estos inventarios es la norma INTE B5:2016

A nivel nacional, en el caso específico de las instituciones del sector público, según datos de DIGECA, institución que se encarga de controlar la gestión ambiental institucional, un 81% de estas instituciones que han presentado el Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) no cuenta con un inventario de emisiones de GEI (DIGECA,2016).

La presente investigación se realizó en el Instituto Nacional de las Mujeres (INAMU), institución pública que se encuentra dentro del porcentaje mencionado, con el fin de realizar la cuantificación de las emisiones de gases efecto invernadero generadas por esta institución siguiendo la metodología de la norma nacional y tomando como alcance las instalaciones centrales, 6 regionales, y 3 Centros Especializados de Atención y de Albergue Temporal para las Mujeres Afectadas por Violencia (CEAAM). Al elaborar el inventario se encontraron las fuentes de emisión de GEI asociadas a las actividades que se realizan en esta institución y posteriormente se elaboró un plan de acción a seguir en los siguientes 5 años con las medidas de reducción recomendadas para cada una de las fuentes de emisión con porcentajes de

reducción y costos de implementación respectivos para cada una de las medidas, por último, se propusieron mejoras a seguir para facilitar a la institución la puesta en marcha del plan de acción.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

- Elaborar el inventario de gases efecto invernadero de las instalaciones dentro del alcance del Instituto Nacional de las Mujeres, incluyendo opciones de reducción y mejoras para facilitar su implementación.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Cuantificar las emisiones de los gases efecto invernadero en 10 instalaciones del INAMU.
- Plantear un plan de acción con medidas para la reducir la emisión de gases efecto invernadero.
- Proponer las mejoras necesarias para facilitar la implementación del plan de acción para la reducción de emisiones de gases efecto invernadero.

### 3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Cambio Climático

El cambio climático es uno de los problemas ambientales más desafiantes de la actualidad, un tema ampliamente debatido y estudiado a nivel mundial, cuyas consecuencias que ya están haciéndose visibles, han llevado a tomar acciones para su reducción y mitigación, tales como protocolos internacionales e iniciativas internas en cada país, lo cual se detallará posteriormente.

Antes que nada, es importante entender que el cambio climático es un fenómeno natural por el que atraviesa el clima del planeta, el cual está determinado por ciclos de largas escalas de tiempo (Kresic, 2009). La problemática en sí radica en que estos ciclos se han visto alterados por las actividades del ser humano, por lo cual se le ha denominado cambio climático antropogénico. Esto se ha podido comprobar con la relación entre los crecientes niveles de dióxido de carbono en la atmósfera y el aumento de la temperatura; la concentración de dióxido de carbono desde la revolución industrial hasta la actualidad ha aumentado hasta aproximadamente 400 ppm (NOAA, 2018), produciendo lo que se conoce como calentamiento global.

El calentamiento global se le atribuye al aumento de la concentración de gases efecto invernadero (GEI), llamados así por su capacidad de absorber radiación infrarroja proveniente de la superficie terrestre (Vanek, Albright, & Angenent, 2016), los cuales son principalmente el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxidos de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ). Cuando la radiación solar incide a la atmósfera, una parte es absorbida por la superficie terrestre mientras que la parte restante es reflejada de vuelta al espacio, no obstante, actividades como la quema de combustibles fósiles han incrementado la concentración de GEI, provocando el aumento de la temperatura en la Tierra (ver Figura 3.1) (Healey, 2014).



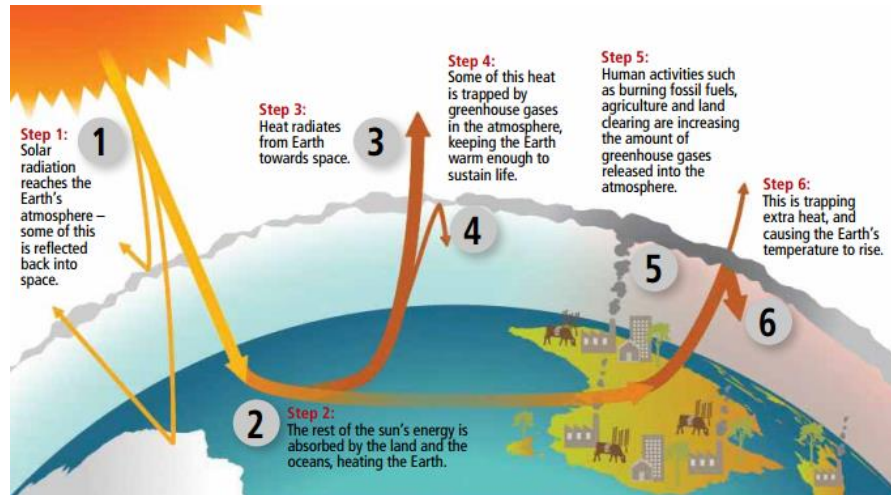


Figura 3.1. Proceso del calentamiento global. (Tomado de Healey (2014)).

### 3.2 Efectos del cambio climático

El cambio climático trae consigo consecuencias que afectan prácticamente todos los ecosistemas y elementos naturales de manera directa e indirecta. Uno de los indicadores más evidentes hoy en día, es el deshielo de los glaciales y la disminución de áreas cubiertas con nieve (Bathacharya, 2012). Además de esto, ha generado un cambio en el patrón de las lluvias causando inundaciones y extensos periodos de sequía y a su vez un aumento de condiciones extremas del clima como los ciclones tropicales. En la figura 3.2 se resumen los cambios asociados al cambio climático (Healey, 2014).

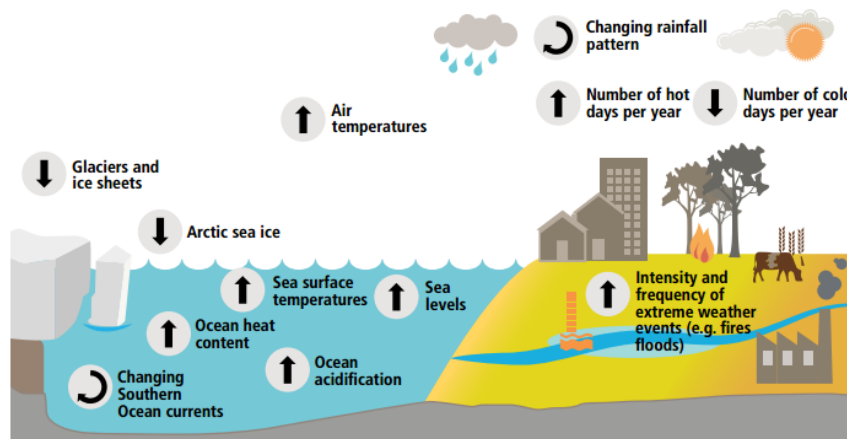


Figura 3.2. Efectos más significativos del cambio climático. (Tomado de Healey (2014)).

Esta serie de cambios también implican una afectación sobre la salud de los seres humanos, el aumento de los contaminantes atmosféricos perjudica la salud de las personas pudiendo

ocasionar enfermedades pulmonares y diversos tipos de cáncer como el cáncer de piel, debido a la exposición a los rayos solares, además, de manera indirecta podría incidir en la propagación y aumento de vectores como mosquitos (Ize, 2009). Otro efecto, según predicciones realizadas, supone que el aumento de 2°C o más en la temperatura podría comprometer la seguridad alimentaria al repercutir sobre la agricultura. El cambio climático también podría provocar la extinción de muchas especies animales y vegetales, todos estos efectos a su vez generarían problemas económicos significantes (May, 2008).

### **3.3 Principales Gases que contribuyen al cambio climático**

#### **3.3.1 Óxidos de nitrógeno**

Los óxidos de nitrógeno corresponden al compuesto con mayor capacidad de agotamiento de la capa de ozono, comparte muchas similitudes con los clorofluorocarbonos, sin embargo, no está regulado por el protocolo de Montreal, a su vez, sus emisiones son las mayores en comparación con otras sustancias agotadoras de la capa de ozono y se proyecta que permanezcan en la atmósfera el resto del siglo 21 (Ravishankara, Daniel, & Portmann, 2009). La concentración de N<sub>2</sub>O ha aumentado un 16% desde la revolución industrial, causando una alteración en el ciclo del nitrógeno ( Syakila & Kroeze, 2011).

#### **3.3.2 Metano**

El metano es el segundo gas efecto invernadero con mayor emisión, a nivel mundial contribuye con el 20% del calentamiento global antropogénico, es crítico ya que posee un periodo de residencia atmosférica de 12 años y a su vez su concentración aumenta a razón de 0,5-1% al año aproximadamente. Entre los sectores que más producen metano se encuentra la agricultura, la energía y las aguas residuales ( Malyan et al, 2016).

### **3.3.3 Dióxido de carbono**

El dióxido de carbono es el GEI más significativo, no sólo por sus efectos sobre el cambio climático, sino que además es el de mayor emisión, constituyendo en un 76% del total de GEI emitidos a nivel mundial (Surampalli et al, 2013). La principal fuente de emisión de este gas, debido a actividades humanas, es la combustión de combustibles fósiles a través del transporte, calefacción y generación de energía eléctrica; estas emisiones actualmente llegan a las 7 gigatoneladas anuales (May, 2008).

### **3.3.4 Gases Fluorados**

Los gases fluorados presentan una contribución muy baja al calentamiento global, aproximadamente el 2%, sin embargo, debido a la tendencia al incremento de servicios de enfriamiento, ha aumentado su uso especialmente en países en vías de desarrollo. A pesar de que su concentración es muy baja, muchos de estos gases poseen potenciales de calentamiento global altos por lo que pueden generar graves consecuencias en el aumento de la temperatura (Purohit & Höglund-Isaksson, 2017).

## **3.4 Respuestas para contrarrestar el cambio climático**

Debido a la evidencia de las alteraciones relacionados al cambio climático, la sociedad humana empezó a tomar medidas al respecto, desde acciones individuales y comunales hasta tratados internacionales. En este contexto, en 1972 se marcó el inicio de estos acuerdos en la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente en la cual se menciona el aumento de temperatura y cambio climático como amenazas para el planeta (de Vengoechea, 2012).

Uno de los eventos que ha marcado mayor trascendencia a nivel mundial fue la firma del protocolo de Kyoto, el cual entró en vigencia en el periodo 2008-2012 y constituye un gran

avance ya que obliga a los países desarrollados participantes a reducir sus emisiones en un 5,2% respecto a los niveles de 1990 (Molina, Sarukhán, & Carabias, 2017).

En 1988 se crea el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC) constituido por científicos e investigadores de disciplinas relacionadas al cambio climático, los cuales tienen como objetivo la evaluación y evidencia de esta problemática mediante la presentación de informes con hallazgos encontrados, así como la manera de dar respuesta a ellos (Sánchez, Díaz, Cavazos, Granados, & Gómez, 2011).

Posteriormente, el IPCC crea la Convención Marco, la cual se mantiene en vigor mediante la realización anual de las Conferencias de las Partes (COP), tal como se aprecia en la figura 3, las más recientes corresponden a la COP 22 y COP 23 en Marrakech y Bonn respectivamente.

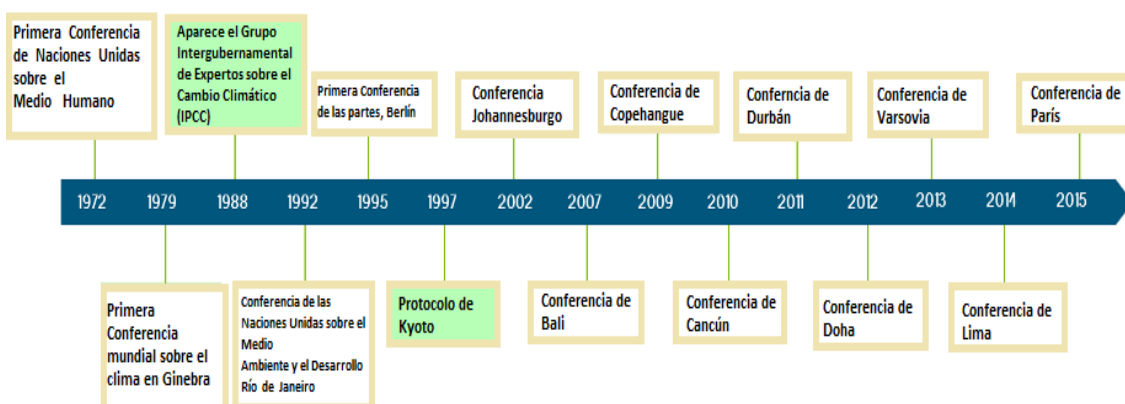


Figura 3.3. Orden cronológico de las Cumbres Unidas sobre el Cambio Climático. (Adaptado de Energía y Sociedad (2016)).

### 3.5 Situación en Costa Rica

#### 3.5.1 Emisión nacional de gases efecto inventario

Los emisiones de GEI en Costa Rica se dividen en 4 grandes grupos: energía, procesos industriales y uso de productos, agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra y manejo de residuos, De las categorías anteriores, el sector energía representa el 64,13% del total con 7213,83 Gg  $CO_2e$  (Chacón, Jiménez, Montenegro, Sasa, & Blanco, 2012). De la parte energética, el sector transporte genera la mayor emisión de  $CO_2e$ , seguido por la generación

de electricidad, esto pese a que en el país el 98,2% de la electricidad proviene de fuentes renovables como la energía hidroeléctrica (Herrera, 2017). El sector institucional público, comercial y servicios es responsable de la generación de 117,30 Gg de  $CO_2e$  principalmente por el uso de la electricidad.

### **3.5.2 Acciones contra el cambio climático**

En Costa Rica se aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, además se ratificó al Protocolo de Kyoto en el 2002, dando a entender que es un país comprometido a mitigar y facilitar la adaptación al cambio climático.

En cuanto a políticas públicas, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2006-2010, es el primer plan de gobierno en donde se da importancia a la problemática del cambio climático, en el mismo se indica que se debe dar prioridad a la Agenda de Cambio Climático y se indican lineamientos sobre mitigación que posteriormente se expresan en la meta Carbono Neutralidad (CICDE,2011).

Desde el 2008 el país cuenta con una Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC), en la cual el país se compromete a ser carbono neutral para el 2021. La ENCC posee dos agendas, una nacional y una internacional, las cuales son complementarias y deben implementarse conjuntamente. El objetivo general de esta estrategia es reducir los impactos sociales, ambientales y económicos del cambio climático, esta estrategia se desarrolla en torno a seis componentes estratégicos; mitigación y adaptación son los principales, mientras que métricas, desarrollo de capacidades y transferencia tecnológica, sensibilización pública, educación y cambio cultural, y financiamiento son sus componentes transversales (MINAE,2009).

Otra de las propuestas para luchar contra el cambio climático es la iniciativa “Paz con la Naturaleza”, establecida mediante Decreto Ejecutivo No. 33487-MP dentro de la cual se

promueve el trabajo en la gestión Ambiental y el cambio climático, por lo que, a partir de esta propuesta se elaboró el Reglamento para la elaboración de Planes de Gestión Ambiental en el Sector Público (MINAE, 2011).

Además, de la mano a la ENCC por medio del acta número N°056 2007-2010 del Consejo de Gobierno, se solicita a todas las instituciones públicas, los Gobiernos locales e instituciones autónomas a elaborar y poner en ejecución un plan de acción con metas claras que contemple los seis ejes de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC). Después de ello se crea la Dirección de Cambio Climático (DCC) la cual tiene como propósito dar el seguimiento e implementación de la ENCC (MINAE, 2011).

### **3.6 Inventarios de Gases Efecto Invernadero**

Para poder realizar una medición cuantitativa de la cantidad de GEI que se emiten a la atmósfera se realizan los llamados inventarios de gases efecto invernadero. Existen varias metodologías reconocidas a nivel mundial para la elaboración de estos inventarios, por ejemplo, el Protocolo de GEI del Instituto Mundial de Recursos, metodologías estipuladas por el IPCC y la norma ISO 14064:1, 2006 (Venegas, Rodríguez, & Salazar, 2015).

A nivel nacional, se cuenta con la norma INTE B5 (con su última actualización en el 2016), la cual está basada en la norma INTE/ISO 14064 (parte 1, 2 y 3) y corresponde a la norma nacional para demostrar la Carbono Neutralidad de acuerdo al Programa País, iniciativa que se encarga de la oficialización de los reportes de GEI y aplicación de norma para afinar a Costa Rica con su compromiso hacia la CN en el 2021 (DCC,2012).

La norma nacional establece el procedimiento para la elaboración del inventario de GEI, incluidos los requisitos para la reducción de emisiones y/o aumento de remociones. Para el cálculo de las emisiones de GEI, según la norma (INTE B5, 2016) se pueden usar tres metodologías:

a. Monitoreo de concentración y flujo.

- b. Balance de masa o fundamento estequiométrico para una planta o proceso.
- c. Aplicación de factores de emisión documentados.

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Lugar de estudio

La investigación se desarrolló en el Instituto Nacional de las Mujeres (INAMU), esta institución cuenta con varias instalaciones distribuidas a lo largo del país las cuales se dividen en 4 tipos y están conformadas por: un edificio central llamado Sigma, un Centro de Información y Orientación (CIO) y Delegación de la Mujer, 6 unidades regionales y 3 Centros Especializados de Atención y de Albergue Temporal para Mujeres Afectadas por la Violencia (CEAAM). Adicionalmente cuenta con dos bodegas para almacenar equipos y todos los activos institucionales.

En el cuadro 4.1 se muestran las instalaciones tomadas en cuenta dentro del alcance del proyecto.

**Cuadro 4.1. Descripción de las instalaciones dentro del alcance de la investigación.**

<b>Instalación</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Actividad del edificio</b>
Edificio Central Sigma	San Pedro, San José	Oficinas Administrativas y de capacitación
CIO/Delegación de la Mujer	San José, San José	Oficinas Administrativas y Orientación y atención denuncias casos agresión
Unidad Regional Pacífico Central	El Roble, Puntarenas	
Unidad Regional Chorotega	Liberia, Guanacaste	
Unidad Regional Huetar Occidente	Ciudad Quesada, Alajuela	Oficinas Administrativas y de capacitación
Unidad Regional Huetar Atlántica	Limón, Limón	
Unidad Regional Brunca	Río Claro, Puntarenas	
CEAAM 1	Ubicación confidencial	Oficinas Administrativas y Centro de Atención a Mujeres e hijos víctimas de violencia intrafamiliar, funciona las 24 horas los 365 días al año.
CEAAM 2	Ubicación confidencial	
CEAAM 3	Ubicación confidencial	

## **4.2 Selección del año base**

El año base seleccionado para realizar el inventario de GEI fue el 2016 desde enero a diciembre ya que es el año inmediato anterior a partir del momento en que se comenzó la recolección de información, además, es el año en el cual se pueden tomar en cuenta la mayoría de las instalaciones del INAMU al estar funcionando por un periodo mínimo de un año, por lo cual cuentan con los registros necesarios para la elaboración del INGEI.

## **4.3 Identificación de fuentes de emisión**

Para identificar los GEI se realizaron entrevistas con el personal administrativo para conocer todos los procesos y actividades institucionales que generan gases efecto invernadero, complementariamente se realizaron visitas a cada una de las instalaciones incluidas dentro del alcance, en el apéndice 1 se muestra la fecha de realización de cada visita (apéndice 1).

Las emisiones identificadas se clasificaron en dos categorías:

**Emisiones directas:** emisiones de GEI al realizar actividades propias de los procesos o actividades de la organización por lo que pueden ser controladas por ellos mismos.

**Emisiones indirectas:** aquellas emisiones generadas al realizar las actividades de la institución, sin embargo, son controladas por otras organizaciones como por ejemplo el consumo eléctrico.

De acuerdo a la norma INTE B5, 2016 las emisiones indirectas de alcance 3 corresponden a una categoría voluntaria, en el caso específico de esta institución, son emisiones difíciles de controlar por lo que no se tomarán en cuenta en el presente inventario.



#### **4.4 Recopilación de datos**

Para recolectar la información necesaria para elaborar el inventario se utilizaron registros tanto físicos como digitales, así como la revisión de facturas, tal y cómo se describe a continuación, en el apéndice 1 se muestra un resumen de los consumos totales anuales de cada instalación.

##### **4.4.1 Consumo eléctrico**

El departamento de servicios generales tiene a disposición los registros digitales del consumo eléctrico de cada una de las instalaciones en donde se encuentra tanto el cobro en colones como los kilowatt.hora consumidos mensualmente.

##### **4.4.2 Consumo de combustibles fósiles**

Los datos de consumo de combustibles por uso de vehículos institucionales fueron suministrados por la unidad de transportes, ellos poseen registros de consumo de combustible mensual ordenados por chofer, por lo que posteriormente se procedió a ordenarlos de acuerdo a la instalación a la cual pertenecen y se obtuvo el consumo mensual por vehículo, tanto para los automóviles de gasolina como de diésel.

##### **4.4.3 Recargas refrigerantes aires acondicionados**

Para encontrar las recargas de refrigerantes realizadas se revisaron todas las facturas del año 2016 en donde se muestra la descripción de los servicios prestados por la empresa encargada de revisar y dar mantenimiento periódicamente a los aires acondicionados propiedad de la institución. Además, se realizó un inventario de los mismos para conocer el refrigerante de cada uno (Apéndice 3).

#### 4.4.4 Recargas extintores

Se revisó el inventario de extintores y los registros digitales de recargas de cada uno de acuerdo al agente extintor utilizado.

#### 4.4.5 Consumo de gas LPG

Para obtener el consumo de gas LPG en cada visita realizada a los CEAAM se solicitó a la técnica administrativa respectiva revisar los registros de pedidos de los cilindros por mes durante todo el año 2016 y se obtuvo el consumo total por libras de los tres albergues.

#### 4.5 Cuantificación emisiones GEI

De acuerdo con la norma INTE B5, 2016, para cuantificar las emisiones de GEI se tiene que escoger un método reconocido para generar resultados lo más exactos posibles. Para la cuantificación del presente inventario se eligió la aplicación de factores de emisión oficializados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) utilizando los más recientes, en este caso del año 2017, a continuación, se presenta un ejemplo de los factores de emisión utilizados para consumo de combustibles fósiles. En el anexo 1 se muestran los valores de los factores de emisión utilizados para cada fuente.

Para realizar el cálculo de las toneladas de dióxido de carbono equivalente emitido se utilizó la ecuación 1 por fuente de emisión:

$$\text{ton } CO_2e = \text{Consumo} \times FE_{CO_2} \times PCG + \text{Consumo} \times FE_{CH_4} \times PCG + \text{Consumo} \times FE_{N_2O} \times PCG$$

(Ecuación 1)

Donde

Ton  $CO_2e$ : Toneladas  $CO_2$  equivalente

Consumo: consumo anual en litros o kWh según fuente de emisión

FE: factor de emisión de cada GEI

PCG: potencial de calentamiento global

El potencial de calentamiento global es una cuantificación de la capacidad de los diferentes GEI para retener la radiación dentro de la atmósfera, los valores de los mismos fueron tomados del IMN y se muestran en el cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2. Potenciales de calentamiento global**

<b>Gas</b>	<b>Potencial de calentamiento global</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	1
<b>CH<sub>4</sub></b>	21
<b>N<sub>2</sub>O</b>	310

Finalmente, para obtener las toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente totales se utilizó la ecuación 2:

$$\sum_{1}^{n} \text{ton } CO_2e \text{ por fuente} \quad (\text{Ecuación 2})$$

#### 4.6 Medidas de reducción

Para planear la aplicación de las medidas de reducción se realizó un plan de acción para diferentes periodos de tiempo tomando en cuenta los costos de inversión al poner en práctica las diferentes medidas de tal manera que pueda ser viable de aplicar para la institución.

Cabe resaltar que al desarrollar las medidas de reducción se dio especial énfasis al consumo eléctrico al ser este una de las principales fuentes de emisión en instituciones públicas, además de ser la fuente de emisión de la cual el INAMU posee mayores oportunidades de reducción.

Para elaborar parte de las medidas de reducción del consumo eléctrico se utilizaron herramientas en materia energética elaboradas por DIGECA para conocer el uso de la energía dentro de la institución, dichas herramientas son:

#### **4.6.1 Inventario equipo eléctrico**

En cada una de las visitas se realizó un inventario de equipos eléctricos en donde se midió el consumo de los aparatos de mayor uso utilizando el medidor de consumo eléctrico marca Kill A Watt modelo P3 P4400, esto para conocer los consumos reales de los equipos y detectar consumos fantasmas de los mismos. En el caso de los equipos que no se pudieron medir, se utilizó el consumo especificado para el modelo y de no encontrarse se utilizó un consumo teórico obtenido de la página web del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) (Ver Apéndice 4).

#### **4.6.2 Inventario luminarias**

Se realizó un inventario de luminarias en cada instalación para conocer el tipo, el voltaje y el tiempo de uso de cada una al día (Apéndice 5).

#### **4.6.3 Encuestas uso de la energía**

Se aplicaron encuestas a los funcionarios/as de cada instalación aplicando preguntas sugeridas por el ICE con el fin de conocer cómo utilizan la energía eléctrica los empleados en las oficinas y detectar posibles mejoras en cuanto a ahorro energético (Apéndice 6).

#### 4.7 Indicadores económicos para evaluar rentabilidad de las medidas de reducción

Para demostrar si las medidas de reducción propuestas que requieren alguna inversión pueden ser favorables o no desde el punto de vista económico, se realizaron tablas de flujo de caja y se utilizaron los siguientes dos parámetros para su evaluación:

- Tasa Interna de Retorno (TIR): la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos, no depende de las condiciones del mercado financiero sino de los flujos de efectivo del proyecto, se calcula con la ecuación 3:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FE}{(1+TIR)^t} = VAN = 0 \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde

TIR: Tasa Interna de Retorno

VAN: Valor Actual Neto

FE (t): flujo de efectivo neto del período t

n: número de períodos de vida útil del proyecto

De acuerdo al resultado llegado se tiene que si la TIR es mayor a la tasa de expectativa el proyecto es financieramente atractivo, si en vez la TIR es menor a la tasa de expectativa, se interpreta que el proyecto no es financieramente atractivo (Mete, 2014).

Periodo de Recuperación (PR): Indicativo utilizado para determinar el número de períodos necesarios que se tarda en recuperar la inversión inicial, se calcula utilizando la ecuación 4:

$$PR = \frac{I_o}{FC} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

PR: periodo de recuperación de la inversión

$I_o$ : Inversión inicial

FC: Flujos de caja anuales

En el caso de que los flujos netos de efectivos no sean constantes, el periodo de recuperación se calcula sumando los flujos de efectivo hasta que el resultado sea mayor a la inversión inicial (Solé, 2011).

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

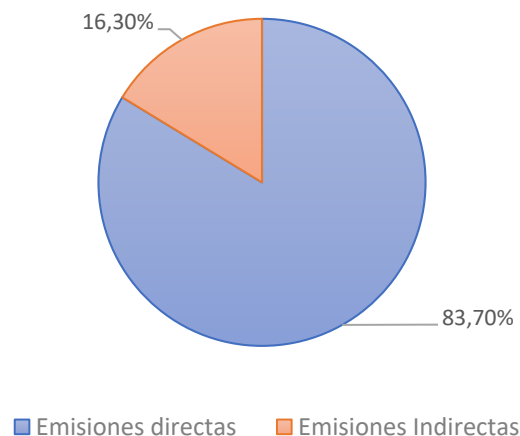
### 5.1 Inventario Gases efecto Invernadero

En el cuadro 5.1 se muestran los resultados obtenidos al cuantificar el inventario de gases efecto invernadero en los 10 edificios pertenecientes al INAMU, obteniéndose un total de 146,27 toneladas de  $CO_2e$  totales utilizando como año base el 2016. Como puede observarse el uso de vehículos corresponde a la fuente de mayor aporte en el inventario representando el 76,86%, mientras que la recarga de extintores representa la fuente con menor aporte con sólo 0,01 ton  $CO_2e$  emitidas.

**Cuadro 5.1. Toneladas  $CO_2e$  totales por fuentes directas e indirectas**

<b>Tipo de emisión</b>	<b>Fuente</b>	<b>ton <math>CO_2e</math></b>	<b>Porcentaje de aporte en el inventario</b>
Directa	Uso de vehículos	112.42	76.86
	Recargas aires acondicionados	23.84	3.94
	Gas LPG	4.24	2.90
	Recargas extintores $CO_2$	0,01	0,01
Indirecta	Electricidad	23,84	16,30
	<b>Total</b>	<b>146.27</b>	<b>100.00</b>

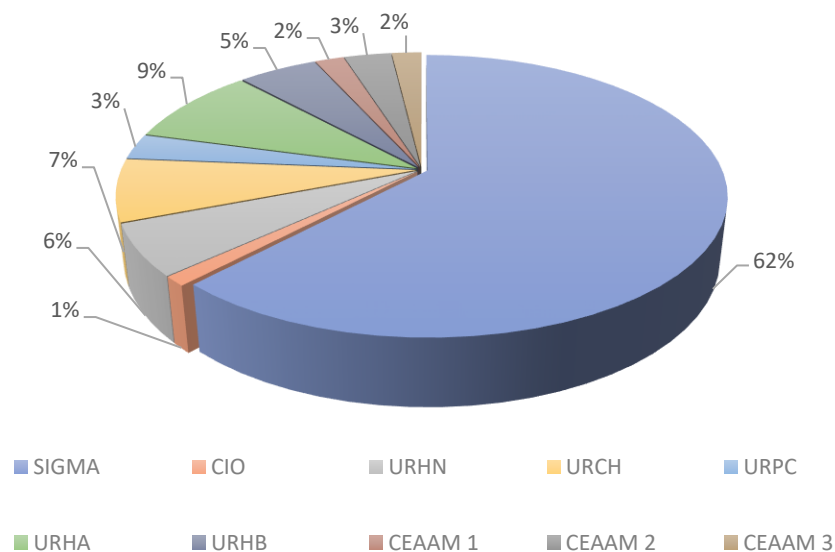
Por otra parte, otro de los resultados encontrados fue el aporte entre fuentes directas y fuentes indirectas, como se aprecia en la figura 5.1, las fuentes directas representan el 83,70% del total, aunque estas fuentes están constituidas por 4 fuentes de emisión, el consumo de combustibles representa prácticamente la totalidad de este porcentaje. Las emisiones indirectas representan el 16,30% y se deben solamente al uso de electricidad.



**Figura 5.1. Distribución de las emisiones directas e indirectas.**

## 5.2 Emisiones por instalación

Debido a que el inventario está conformado por las emisiones de varias instalaciones, es importante visualizar el aporte individual de cada edificio al inventario. Como se muestra en la figura 5.2, la mayoría de las instalaciones representan un aporte individual bajo entre 1% y 9% como máximo, con excepción del Sigma que representa más de la mitad de las emisiones totales del INAMU, esto se debe a que desde el edificio central se realiza la mayor parte de las actividades administrativas de la institución, es el edificio más grande donde se concentra una gran densidad de funcionarios, por lo tanto, se hace considerable el uso de electricidad y de vehículos, principales fuentes de emisión del inventario.



**Figura 5.2. Emisiones por instalación.**

Para poder realizar un mejor análisis de las emisiones por edificio se tomó como indicativo la cantidad de empleados, tal como se muestra en la figura 5.3, excluyendo los CEAAM debido a que además del personal, hay una cantidad mensual variable de usuarias que habita temporalmente cuyo número no pudo obtenerse. Al observarse la relación entre las ton  $CO_2e$  y el personal por edificio puede notarse porqué en el Sigma son mayores que en otro edificio, sin embargo, si se observan las regionales con una cantidad de empleados similar, las emisiones de la Unidad Regional Chorotega (URCH) y la Unidad Regional Huetar Atlántico (URHA) y las emisiones de la Unidad Regional Pacífico Central (URPC) y la Unidad Regional Huetar Sur (URHS) poseen una diferencia de al menos 5 ton  $CO_2e$ , diferencia que se debe primordialmente al uso que se le dá a los vehículos en cada instalación. Por otro lado, el Centro de Información y Orientación (CIO) genera una baja cantidad de emisiones en relación a la cantidad de empleados, mientras que la Unidad Regional Huetar Norte (URHN) genera una cantidad alta a pesar de que sólo hay 7 personas trabajando en el edificio, por lo que la generación de emisiones no es exactamente proporcional al número de empleados.



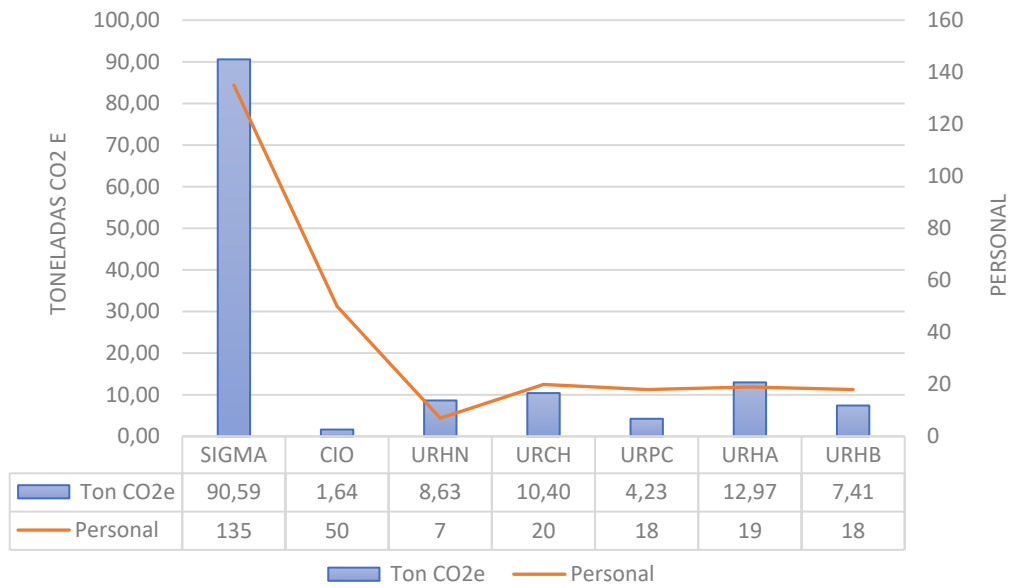
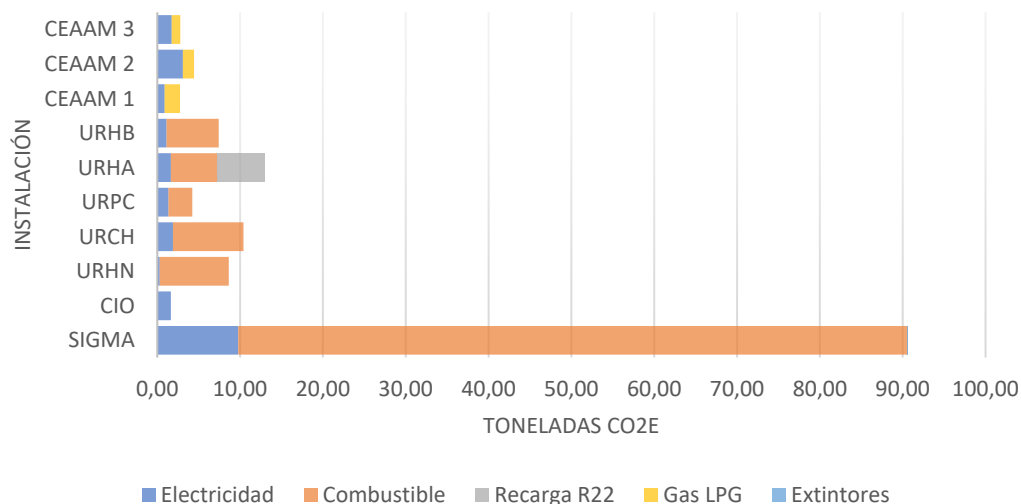


Figura 5.3. Emisiones por instalación según cantidad de empleados.

### 5.3 Emisiones por fuente

En la figura 5.4 se muestra la distribución de las fuentes de emisión en cada uno de los edificios, aquí se puede apreciar que el uso de energía eléctrica es la única fuente que genera emisiones en todas las instalaciones, inclusive es la única fuente de emisión en el edificio del CIO y mayor fuente de emisión en cada uno de los CEAAM. Asimismo, se puede visualizar cuales son las edificaciones con menor y mayor aporte, siendo el CIO la de menor aporte y la regional Atlántica la de mayor aporte después del Sigma.



**Figura 5.4. Emisiones según fuente en cada instalación.**

En los siguientes apartados se especificará cada una de las fuentes de emisión encontradas.

### 5.3.1 Consumo eléctrico

Como ya se mencionó previamente, el consumo eléctrico corresponde a la segunda fuente de mayor emisión en el inventario, con un aporte significativo. El servicio de electricidad es provisto por el ICE a todas las instalaciones, el uso de la energía eléctrica es de vital importancia para el desarrollo de los procesos de la institución, esto debido a que se realizan principalmente labores administrativas que requieren uso de computadoras, aires acondicionados y demás equipos de oficina, en el apartado 5.4.2 se le da un mayor énfasis a los procesos que consumen energía en el INAMU.

En la figura 5.5 se aprecia el consumo eléctrico en las instalaciones dentro del alcance, exceptuando el edificio Sigma ya que es el único con un consumo mensual promedio de 14621 kWh, lo cual afectaría la escala del gráfico. En la figura se observa que la regional URHN y la URPC son las instalaciones con menor uso del servicio eléctrico. El uso de la electricidad en cada instalación varía según ciertos aspectos tal como el tamaño del edificio y la cantidad de empleados, los cuales suelen tener la misma tendencia, entre menos

empleados, más pequeño es el edificio. En el caso de las regionales se tiene la variante de que las funcionarias suelen trabajar fuera dando capacitaciones, por lo cual están poco tiempo en la oficina o del todo no están todo el día. Con respecto a los CEAAM, los cuales funcionan como albergues para mujeres agredidas, el consumo energético varía según la cantidad de mujeres y niños que se reciban al mes, cuya cantidad no es constante, además, estas instalaciones poseen un solo medidor por lo que es difícil establecer cual es el consumo de funcionarias y cual es el consumo debido a las usuarias que se reciben.

Como se aprecia en la figura 5.5, el CEAAM 2 es el albergue con mayor consumo energético, incluso más alto que las regionales, esto se debe a que es el CEAAM más grande, por lo cual se reciben mayor cantidad de usuarias. Por otra parte, el CEAAM 1 es el albergue con menor consumo energético, lo cual se puede deber a dos características; por un lado, las duchas de las usuarias están provistas de calentadores solares y por otra parte es un edificio con bastante iluminación natural, con entradas de luz en los techos en casi todas las áreas, por lo cual se hace poco uso de la iluminación artificial; estos aspectos se reflejan en el bajo consumo eléctrico de esta instalación.

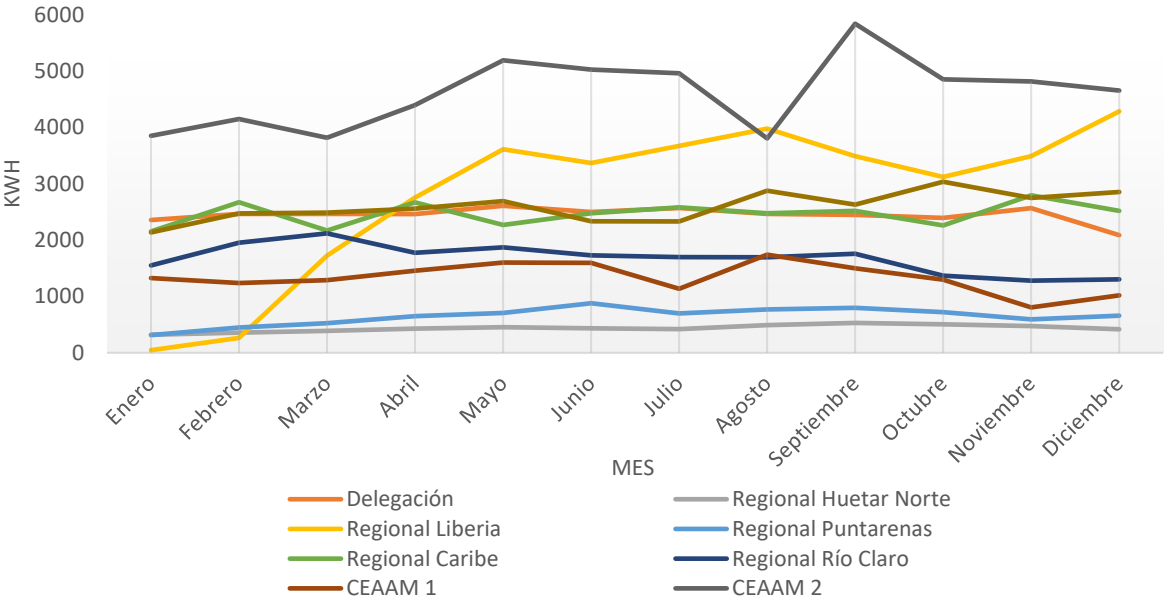


Figura 5.5. Consumo eléctrico mensual en las regionales y CEAAM.

### 5.3.2 Consumos combustibles fósiles por flota vehicular

Las emisiones por uso de combustibles corresponden a la fuente de mayor aporte en el inventario, con 112,42 ton  $CO_2e$  emitidas, esto es debido al gran uso que se le da a los vehículos, además, teniendo en cuenta que su combustión genera una grave contaminación atmosférica, poseen factores de emisión altos. La institución utiliza los vehículos principalmente para realizar visitas de una regional a otra, giras de funcionarios a lugares variables, recibimiento y transporte de usuarias a los CEAAM y como medio de transporte de las funcionarias en las regionales para realizar capacitaciones. El INAMU cuenta con una flota vehicular conformada por 31 vehículos, que está constituida mayoritariamente por vehículos tipo automóvil y 8 vehículos carga liviana, cuya antigüedad varía desde un vehículo año 2001, hasta los vehículos más recientes año 2016, en el apéndice 7, se muestra una descripción más amplia de cada vehículo.

Se generaron 66,73 ton  $CO_2e$  por uso de vehículos de gasolina y 45,68 ton  $CO_2e$  por uso de vehículos diésel, esto ya que la mayoría de los vehículos poseen motor de combustión que funciona con gasolina. En la figura 5.6, se muestran las toneladas de  $CO_2e$  generadas en las instalaciones que poseen vehículos, de acuerdo con el tipo de combustible, diésel o gasolina. Como puede apreciarse el Sigma es el edificio que genera mayores emisiones, esto se debe a que posee la mayor cantidad de vehículos, 19 del total, por otra parte, cada regional posee entre 2 y 3 vehículos por lo que la generación de emisiones es baja y relativamente similar entre una y otra regional, siendo la URPC la que generó menos emisiones respecto a combustibles.

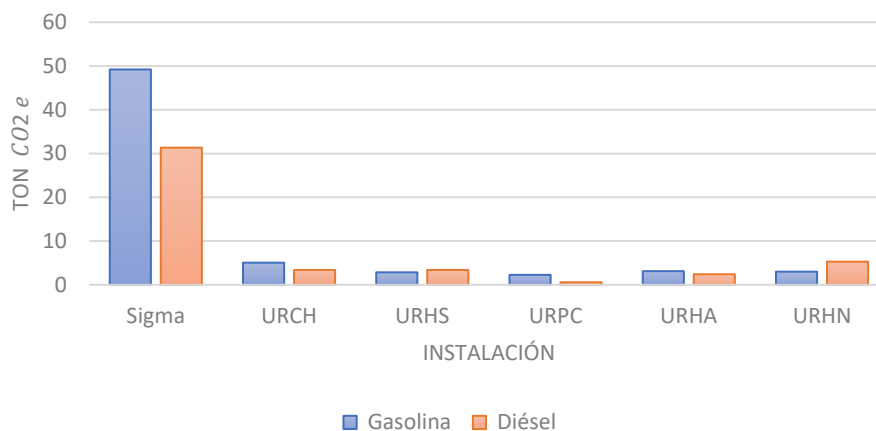


Figura 5.6. Toneladas CO<sub>2</sub>e generadas por instalación según tipo de combustible.

### 5.3.3 Consumo gas LP

Como se aprecia en la figura 5.4, el consumo de gas LP corresponde a una fuente de emisión generada solo en los CEAAM, este gas es utilizado en las cocinas de gas, esto se debe a que sólo en los albergues se requiere la preparación de alimentos para las mujeres y niños presentes. Se hace uso de cocina de gas ya que se necesita cocinar en cantidades grandes por lo cual es más práctico y ahorran dinero. En el año 2016 se utilizaron en total 3225 lb de GPL, siendo el CEAAM 1 el edificio que necesitó mayor cantidad. Los cilindros de gas se mandan a pedir sólo cuando hacen falta y sólo cocina una persona subcontratada para ello.

### 5.3.4 Recargas refrigerantes aires acondicionados

Las emisiones por recargas de refrigerantes se generaron sólo en la regional Caribe, se recargaron un total de 7 lb de gas R-22, que representan un 3,94% del total de emisiones, a pesar de que lo que se recargó es muy poco, este gas posee un potencial de calentamiento global de 1 810 en relación al CO<sub>2</sub>, además, el gas R-22 es un gas controlado por el protocolo de Montreal (DCC,2014).

En el apéndice 3, se muestra el inventario de aires acondicionados, se puede apreciar que únicamente 3 equipos poseen aires con refrigerante R-22, el resto utiliza refrigerante

ecológico R410a, el cual no se incluye en el inventario ya que no se cuenta con registros de recargas de este gas en el 2016.

### **5.3.5 Recargas extintores**

La recarga de los extintores de  $CO_2e$  representa la fuente de emisión con contribución más baja en el inventario con sólo 0,01 ton  $CO_2e$  emitidas, representando un porcentaje insignificante en comparación con las otras fuentes. La comisión de salud ocupacional es la encargada de darle seguimiento a las revisiones y recargas de todos los extintores, los mismos se someten a una inspección anual para asegurar su correcto funcionamiento y que estén debidamente recargados en caso de presentarse alguna emergencia. En el INAMU la mayoría de los extintores poseen como agente extintor el agua vaporizada y polvo químico. En el 2016 se recargaron 30 lb entre 4 extintores de  $CO_2$ .

## **5.4 Resultados herramientas sobre gestión de la energía eléctrica en el INAMU**

A continuación, se presentan los resultados de las herramientas de DIGECA sobre consumo energético, estos resultados se tomaron en cuenta en la elaboración del plan de acción.

### **5.4.1 Análisis de encuestas**

Se realizaron un total de 152 encuestas entre todos los edificios dentro del alcance, obteniéndose resultados para cada instalación, así como resultados totales generales (apéndice 8).

Al analizar los resultados se encontró que el 41% del total de encuestados dice tener un espacio de trabajo con buena iluminación natural, mientras que el 51% del total tiene poca o del todo no tiene, siendo el CEAAM 1 y Regional Caribe lo edificios más iluminados

naturalmente y el CEAAM 3 y el CIO/Delegación los que poseen espacios más oscuros, lo cual es congruente con lo observado durante las visitas.

En cuanto a la cantidad de luminarias por oficina, en la mayoría de las instalaciones los funcionarios poseen entre 1 y 2 luminarias por oficina, esto excepto en el Sigma y en la regional Chorotega según las encuestas, sin embargo, en el caso de estos dos edificios, agregando también la regional Caribe, poseen la particularidad de tener apagadores que encienden varias luces al mismo tiempo, o bien un solo apagador enciende luces de todo un bloque, lo cual muchas veces conlleva un desperdicio de energía al mantenerse varias luces encendidas innecesariamente. A su vez, el porcentaje más alto del total de encuestados seleccionó 8 horas como tiempo en que mantienen las luminarias encendidas, inclusive en edificios con buena iluminación donde se podrían mantener las luces apagadas mientras haya luz del sol, como el caso del Sigma; esto además puede significar que no apagan las luces durante los recesos como a la hora del almuerzo, práctica observada en varias ocasiones durante las visitas.

En cuanto al uso de aparatos eléctricos, en general, más de la mitad del total no mantiene las computadoras encendidas sin utilizarlas, el porcentaje restante se divide entre las opciones si o a veces, lo cual causa desperdicios de energía al consumir electricidad sin utilizarse. Con respecto a los aires acondicionados, la temperatura promedio a la cual se programan varía entre 19,25°C y 23,57°C. La temperatura varía según preferencias de cada funcionario/a y dependiendo de la zona geográfica en donde esta ubicada cada instalación. En el caso de la regional Chorotega todos los funcionarios/as respondieron en la encuesta que mantienen la temperatura del aire acondicionado a 23°C, esto es porque los aires poseen controles inteligentes que programan los aires acondicionados a esa temperatura de tal manera que no varía durante el día y ningún trabajador puede manipularlos, además, apagan los aires automáticamente al final de cada jornada laboral.

## 5.4.2 Inventario equipo eléctrico

Al realizar el inventario del equipo eléctrico se pudieron encontrar aquellos equipos que generan mayor gasto energético en las oficinas, como se muestra en el cuadro 5.2, en donde en comparación con los equipos que consumen menos (equipos más recientes), la diferencia de consumo es bastante significativa, llegando a ser más del doble como en el caso de los monitores, en el apéndice 9 se encuentran detallados los equipos eléctricos de oficina de mayor uso encontrados en cada instalación, cabe señalar que dentro de este inventario no se tomaron en cuenta los aires acondicionados ni las refrigeradoras.

**Cuadro 5.2. Consumos promedio de principales equipos de oficina**

<b>Equipo</b>	<b>Equipos mayor consumo (W)</b>	<b>Equipos menor consumo (W)</b>
CPU	60,54	36,80
Monitor	27,02	9,39
Impresora multifuncional	248,83	178,87

Además de detectar los equipos de mayor consumo, se pudieron encontrar consumos fantasmas, es decir, consumos de los equipos que continúan gastando energía eléctrica sólo al estar conectados, como se muestra en el cuadro 5.3.

**Cuadro 5.3. Consumos fantasmas detectados**

<b>Equipo</b>	<b>Consumo (W)</b>	<b>Cantidad total</b>	<b>Consumo anual (kwh)</b>
UPS	16	305	28 108,80
Impresoras de escritorio	2,1	46	289,15
Impresoras multifuncionales	0,3	11	20,44
CPU menos actuales	1,9	84	1 378,94
Monitores menos actuales	1,5	49	635,04
Horno microondas	1,7	21	308,45
Coffee maker	1	14	120,96
		<b>Total</b>	<b>30 861,79</b>

Se puede observar que los equipos que consumen más son las baterías de respaldo o UPS que consumen 16W aún estando los equipos conectados a ellas apagados ya que la batería se



continúa cargando. Otros equipos que representan un consumo fantasma son las impresoras de escritorio, aunque no es un consumo alto, según lo preguntando a los funcionarios/as durante las visitas, son artefactos que generalmente permanecen apagados, tienen un uso mínimo ya que han sido reemplazados por las impresoras multifuncionales, por lo tanto, constituyen parte de los aparatos cuyo consumo podría evitarse.

El consumo fantasma anual detectado entre todos los equipos de todas las instalaciones es de 30861,79 kWh, lo cual es equivalente a 1,72 ton  $CO_2e$  emitidas, un 1,19% de las emisiones totales del inventario y un 6,85% de las emisiones por consumo eléctrico.

### **5.4.3 Inventario de luminarias**

Al realizar el inventario de luminarias se encontró que en todas las instalaciones se utilizan principalmente dos tipos de luminarias: tubos fluorescentes y bombillos fluorescentes de bajo consumo de potencia 32W y 20-24W respectivamente, por lo que se puede decir que la institución cumple con la directriz N°011-MINAE en cuanto a la iluminación, la cual prohíbe adquirir luminarias de baja eficiencia, además de prohibir la compra de lámparas incandescentes.

Otro de los aspectos tomados en cuenta en este inventario fue la relación entre la iluminación natural de cada espacio de trabajo y el tiempo que permanecen encendidas las luces, se encontró, en general, que entre más luz natural reciba un espacio los funcionarios/as tienden a hacer menos uso de las lámparas fluorescentes, con algunas excepciones como en el edificio Sigma donde algunas personas, a pesar de recibir suficiente luz natural, suelen mantener las luces encendidas toda la jornada laboral.

Por último, con el inventario se obtuvo el tiempo aproximado en que cada luminaria permanece encendida al día, con lo cual se pudo calcular el consumo energético aproximado

correspondiente sólo a el uso de luminarias y el porcentaje que representa dentro del consumo eléctrico de cada instalación (cuadro 5.4), en donde los porcentajes obtenidos indican que la parte más representativa del consumo energético en cada instalación corresponde principalmente al consumo por aparatos eléctricos.

**Cuadro 5.4. Consumo anual correspondiente al uso de luminarias**

<b>Instalación</b>	<b>Consumo anual (kwh)</b>	<b>Porcentaje del consumo eléctrico de cada edificio (%)</b>
Edificio Central	30 223,32	17,23
Delegación	8 210,016	27,94
Regional Huetar Norte	850,32	16,29
Regional Liberia	2 465,2512	7,29
Regional Puntarenas	2 434,8816	10,05
Regional Caribe	5 690,88	19,25
Regional Río Claro	996,48	4,95
CEAAM 1	1 936,0512	12,1
CEAAM 2	2 994,912	5,41
CEAAM 3	2 812,464	9,03
<b>Total</b>	<b>58 614,576</b>	<b>-</b>

### 5.5 Medidas de reducción

Para el desarrollo de las medidas de reducción se tomaron los lineamientos de la norma INTE B5, 2016

Además, cabe mencionar que las instituciones públicas deben acatar los lineamientos y directrices impuestas por DIGECA, en este caso deben calcular el inventario de gases efecto invernadero y posteriormente desarrollar medidas de reducción y mitigación si fuese el caso, estas medidas se deben incorporar en el plan de acción del Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) para garantizar su puesta en marcha.

En los siguientes apartados se encuentran las medidas de reducción encontradas para cada fuente de emisión, posteriormente se seleccionarán las medidas que se incluirán en el plan de acción para poner en práctica los siguientes 5 años a partir de su ejecución.

La aplicación de las medidas recomendadas varía de acuerdo si el edificio es alquilado o si es una instalación propia, ya que con las instalaciones propias el INAMU tiene total control sobre ellas y se pueden realizar cambios significativos tales como cambios en instalaciones o tecnologías, o bien, remodelaciones que las incluyan. Por su parte, en las instalaciones

alquiladas la institución solo posee el control sobre los equipos eléctricos de los cuales es propietaria, no se pueden realizar cambios en las instalaciones ya que la institución no puede invertir en un edificio no permanente. Se pueden sugerir modificaciones en las instalaciones a los arrendadores, pero de acuerdo a la experiencia del INAMU en este tema, es muy difícil de lograr, estos factores se tomarán en cuenta en la elaboración del plan de acción.

## **5.5.1 Consumo energía eléctrica**

### **5.5.1.1 Equipo eléctrico**

Sobre equipo ofimático

- Cambiar equipo energéticamente ineficiente por equipos con parámetros de eficiencia energética por ejemplo Energy Star standard o similares, en el apéndice 9 se encuentran los equipos de oficina con mayores consumos.
- Eliminar equipos que no se usan como las impresoras de escritorio, las cuales continúan consumiendo energía, aunque estén apagadas.
- Apagar las Unidades de Respaldo de Energía (UPS) de los equipos no críticos, los UPS corresponden a los equipos que presentan mayor consumo fantasma, casi todas las computadoras los poseen, por lo tanto, apagarlos al finalizar la jornada laboral implica ahorros significativos de energía, además, esto ayuda a alargar la vida útil de estos aparatos.

Según la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, dentro de las buenas prácticas a seguir para ahorrar energía se encuentran (CNFL, 2017).

- Configurar el modo ahorro energía de los equipos y evitar el modo de espera o stand-by.
- Conectar equipos a una base de enchufes múltiples o regleta para que sea más fácil apagar equipo al final de la jornada laboral, esto con el fin de evitar el consumo fantasma de aparatos que aún estando apagados continúan consumiendo energía, otra alternativa son los enchufes programables que encienden y apagan los equipos según el horario que se les programe.

- En cuando a computadoras, ajustar el brillo de la pantalla, suspender la computadora en periodos de ausencia cortos y apagarla en periodos largos como la hora de almuerzo y no utilizar salvapantallas.
- Utilización de impresoras multifuncionales, con opción de impresión a doble cara, digitalización de documentos para evitar imprimir y disminuir calidad de la impresión. Una de las técnicas actuales para optimización del consumo en cuanto a impresoras es el pull printing o impresión con autenticación, la cual imprime un documento sólo cuando el usuario ingrese una clave, de esta forma se reducen impresiones abandonadas y dobles impresiones (Comunidad de Madrid, 2017).

Otro aspecto que contribuye a la disminución de consumo eléctrico es la utilización de energías renovables, como el aprovechamiento de la energía solar, en el caso del INAMU aplica la instalación de paneles solares, así como calentadores solares en los CEAAM 1 y 2 y en la URCH.

En cuanto a las celdas fotovoltaicas corresponden a una tecnología con un auge creciente y cuya facilidad de instalación ha ido en aumento durante los últimos años. La inversión a realizar varía de acuerdo a las necesidades y recursos de cada edificio, por otra parte, su instalación puede ser progresiva, es decir, se pueden seguir instalando paneles solares con el tiempo para aumentar generación de electricidad de los mismos, por ende, disminuir progresivamente la emisión de gases efecto invernadero por consumo eléctrico.

Los calentadores solares aprovechan la radiación solar para calentar el agua que se utiliza en las duchas, estos aparatos pueden disminuir entre un 60 y 70% de la demanda de agua caliente en un hogar (Jarauta, 2015) y no implican una inversión alta ya que se pueden instalar sólo en un CEAAM, el costo depende del tamaño, el precio de un equipo básico (un tanque y un panel) ronda los \$1.700 (Artavia, 2018) y su mantenimiento es simple.

Por último, se recomienda prestar atención a las instalaciones eléctricas de cada edificio, dentro de las recomendaciones se encuentra contratar a un especialista para diagnosticar y dar mantenimiento periódicamente a la parte eléctrica de cada instalación, prestando atención a aspectos tales como: equipos con conexión a tierra, tamaño adecuado del cableado y verificar las distribuciones de cargas eléctricas (Gamboa, 2012) con el propósito de detectar posibles desperdicios de energía como falta de aislamiento, fugas y corrección del factor de potencia (DIGECA, 2015).

### 5.5.1.2 Iluminación

Para la reducción de consumo eléctrico por iluminación la luz natural debe ser considerada como la fuente primaria de luz siempre que esté disponible, entre menos luz artificial se utilice, menos serán los kWh consumidos, para ello se recomienda:

- Reacomodo de oficinas para aprovechar al máximo la luz solar.
- Al momento de pintar las paredes elegir siempre colores claros ya que absorben menos luz por lo tanto puede ayudar a minimizar el uso de la luz artificial.
- Instalar entradas de luz en los techos para aprovechar la luz natural, siempre y cuando se tome en consideración emplear los materiales adecuados para aislar el calor y ubicación apropiada de los mismos de tal manera que no perturbe los espacios de trabajo.

En cuanto a las luminarias existentes se sugieren las siguientes recomendaciones:

- De acuerdo con lo encontrado en las visitas, en las instalaciones ya se disponen de luminarias de bajo consumo, por lo que se recomienda siempre que se cambie un tubo fluorescente o bombillo espiral, cambiarlo por otro con las mismas características en cuanto a potencia para que su consumo siga siendo constante, además de ello, estar siempre pendiente de nuevas luminarias que se encuentren en el mercado con mejores características en cuanto a consumo energético.
- Instalar reflectores, los reflectores no fueron contabilizados a la hora de realizar las visitas, sin embargo, se observó que no los tienen todos los tubos fluorescentes. Los reflectores ayudan a incrementar los lúmenes al redireccionar la luz, por ejemplo, en el

caso de dispositivos de 4 tubos fluorescentes, al eliminar 2, con los reflectores aumenta la cantidad de lúmenes, lo cual equivale a un menor uso luz artificial, no obstante, para que sean eficaces se debe prestar atención a la elección del tipo de reflector a instalar (Dunning & Thuman, 2012).

- Limpieza periódica de luminarias, la presencia de suciedad disminuye la eficiencia de las luminarias, aunque las oficinas estén limpias, la presencia de polvo en los fluorescentes puede generar pérdidas de luz de hasta un 35% (Dunning & Thuman, 2012).
- Optar por tecnologías que no requieran alteración de las instalaciones, por ejemplo, luminarias LED de reemplazo directo las cuales son compatibles con los balastos electrónicos.
- Reducir iluminación exterior, así como mantener luces interiores durante horas de vigilancia apagadas, utilizar sólo las necesarias.

Asimismo, para las instalaciones propias se sugiere tomar en consideración:

- Cambio de fluorescentes a luminarias con tecnología LED. Los LED consumen un 95% menos energía que las luces incandescentes, en promedio son 30% más eficaces que los fluorescentes de bajo consumo. La tecnología LED es más eficiente, aunque tiene a ser más cara (Energywise,2012), sin embargo, en Costa Rica durante los últimos cuatro años se ha abaratado su precio por lo cual resulta más factible su compra e instalación (Smartlighting, 2017).
- Desconexión o reubicación de luminarias, un método simple para ahorrar costos y disminuir consumo por uso de luces es quitar o reemplazar los fluorescentes por otros que no funcionen hasta que la cantidad de luz sea adecuada, esto se puede realizar por medio de un medidor de luz o utilizando la opinión de los funcionarios como referencia (Kumar, Spivak & Franchetti, 2013).
- Interruptores independientes para así encender sólo las luminarias necesarias y evitar desperdicios.
- Instalación de sensores. Uno de los tipos de sensores existentes son los foto sensores, estos dispositivos son ideales para lugares como oficinas con muchas ventanas donde no todas las luces son necesarias todo el día, el sensor enciende o apaga las luces automáticamente dependiendo de la cantidad de luz, al ahorrar energía resultan efectivos

económicamente (Energywise,2012). Otra clase de sensores útiles son los sensores de movimiento los cuales pueden ser instalados en lugares de poca concurrencia como baños y pasillos (WRAP, 2014).

### **5.5.1.3 Consumo eléctrico por aires acondicionados**

- Sensibilización a los empleados para evitar malos hábitos del uso del aire acondicionado como mantener puertas o ventanas abiertas mientras el aire acondicionado está encendido, mantener el aire acondicionado funcionando cuando no se está en la oficina y bajar la temperatura lo mínimo posible para enfriar más rápido un espacio (ICE, 2018).
- Considerar la ventilación natural para mantener áreas frescas por ejemplo usando ventiladores de techo para hacer circular el aire.
- Cuando se tenga que pintar algún techo, considerar el blanco para que refleje la luz y se absorba menos calor, este cambio puede reducir la demanda por enfriamiento entre 15 y 20% (Sustain Dane, 2015).
- Control de la temperatura, programar los aires acondicionados a la temperatura adecuada, evitando la temperatura mínima posible, se recomienda mantenerlos a 24° C (CNFL, 2017).
- Cambio de aires acondicionados antiguos por tecnologías con alta eficiencia energética, por ejemplo, sustituir aires acondicionados tipo ventana por otros con sistema split.
- Instalación de películas solares para reducir el calor que entra por las ventanas.

### **5.5.2 Consumo de combustibles fósiles**

- Uso de los vehículos eléctricos donados a la institución, el presente año el gobierno donó 2 vehículos Mitsubishi iMiEV al INAMU, los cuales poseen una autonomía de 160 Km, cambiar el uso de dos de los vehículos de la actual flotilla vehicular por estos 2 vehículos eléctricos, implicaría una reducción inmediata, sin inversión alguna, de la cantidad de emisiones generadas por consumo de combustibles.

- Cambios en la flota vehicular actual por vehículos con tecnologías más ecológicas, como los automóviles híbridos o eléctricos, los autos híbridos poseen mayor autonomía, sin embargo, en términos de reducción de emisiones, los híbridos representan solamente una disminución del consumo de combustible en comparación a vehículos convencionales de combustión, mientras que los 100% eléctricos son considerados cero emisiones (AFCD, 2011).
- Planeación de rutas por medio de dispositivos con GPS para encontrar las rutas más eficientes, así como para tomar en cuenta el estado del tráfico antes de empezar una gira.
- Control del kilometraje en cada una de las giras o visitas realizadas.
- Instalación de sistemas de ahorro, tales como tacómetro o contador de revoluciones, control de velocidad de cruce, limitadores de velocidad, reductores de flujo de aire y combustible e inclusive sustitución del combustible como LPG en autos de gasolina y biodiesel en vehículos diésel (DIGECA, 2015).
- Capacitar a los choferes para que realicen una conducción eficiente, dentro de las buenas prácticas se incluyen: arrancar el auto sin pisar el acelerador, mantener una velocidad uniforme, apagar el motor en paradas prolongadas y utilizar bien la caja de cambios (DIGECA,2015). La principal motivación para conducir eficientemente es el ahorro de dinero, sin embargo, se encuentran barreras que pueden obstaculizar su implementación como los hábitos y técnicas de conducción que tenga cada chofer ( Brook Lyndhurst Ltd, 2016).

### **5.5.3 Refrigerantes aires acondicionados**

A pesar que la recarga de refrigerantes de los aires acondicionados aporta un porcentaje muy bajo al inventario, dentro de la institución siguen habiendo aires que funcionan con el refrigerante R-22 cuya recarga variará año con año, por lo cual seguirán considerándose como una fuente de emisión, por esta razón se recomienda la sustitución de estos aires acondicionados por otros que utilicen el refrigerante R-410, el cual es amigable con el ambiente. De igual manera, a la hora de realizar una nueva adquisición o cambio que uno de estos equipos, se sugiere siempre comprar aires acondicionados cuyo refrigerante sea R-410.



#### **5.5.4 Recargas extintores**

Para disminuir completamente las emisiones por recargas de aires acondicionados se pueden cambiar los extintores de  $CO_2$  por otros que utilicen el agente extintor agua de espuma, sin embargo, considerando que el aporte de esta fuente al inventario es casi nula, es una de las medidas de reducción con menor importancia para la institución.

#### **5.5.5 Gas LP**

Considerando que el gas LP es utilizado sólo para cocinar en los CEAAM, se recomienda elaborar una guía de cocción eficiente para disminuir el consumo de gas, dentro de las medidas a tomar en cuenta se encuentran:

- A la hora de cocinar usar los quemadores de acuerdo al tamaño de las ollas, mantener las ollas tapadas para conservar el calor, cuando el agua este hirviendo no mantener la llama muy alta, disminuir la llama antes de que hiervan los líquidos, colocar alimentos duros en agua previo a cocinarlos
- Usar sartenes que transmitan rápidamente el calor, así como ollas a presión.

#### **5.5.6 Plan de acción**

Para poder facilitar la ejecución y seguimiento de las medidas de reducción se planteó un plan de acción a seguir en un periodo de 5 años con las medidas de reducción propuestas para cada una de las fuentes de emisión encontradas, como se muestra en el cuadro 5.5, el consumo eléctrico es la fuente que presenta la mayor cantidad de opciones de reducción, además, las capacitaciones tanto a funcionarios sobre ahorro de energía como las capacitaciones a los choferes sobre conducción eficiente se encuentran en todos los periodos del plan de acción, esto ya que las capacitaciones deben ser constantes para que se logre generar una correcta sensibilización y concientización sobre el personal.

**Cuadro 5.5. Plan de acción diseñado para reducir emisiones GEI en el INAMU**

Fuente de emisión	Medidas de reducción		
	Primer año	2-3 años	4-5 años
<b>Consumo eléctrico</b>	Paneles Solares CEAAM 1 y regional Liberia Apagar UPS al final jornada laboral Quitar impresoras de escritorio Capacitación sobre el uso de la energía.	Calentadores solares CEAAM 2 Paneles solares CEAAM 2 Instalación luces LED regional Liberia CEAAM 2 Capacitación sobre el uso de la energía Cambio de los equipos energéticamente ineficientes	Cambiar 40 luminarias a LED de reemplazo directo en instalaciones alquiladas Capacitación sobre el uso de la energía. Instalación de películas control solar en vidrios.
<b>Consumo combustible fósiles</b>	Cambio 1 vehículo RAV4 2007 Uso vehículos eléctricos adquiridos	Cambio 3 vehículos RAV4 2007 Capacitación a choferes sobre conducción eficiente	Cambio de 3 vehículos RAV4 2007 Capacitación a choferes sobre conducción eficiente
<b>Refrigerantes A/C</b>	Cambio aires R-22 a R-410a en la URHA	_____	Cambio aires acondicionados por otros de alta eficiencia energética
<b>Extintores</b>	Cambio extintores CO <sub>2</sub> por extintores de agua de espuma	_____	_____
<b>Gas de cocina</b>	_____	Guía cocción eficiente	_____

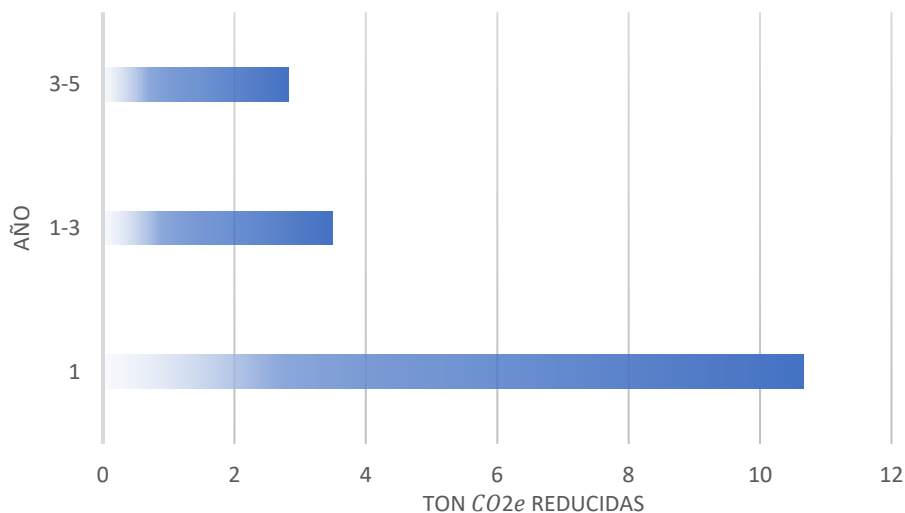
### 5.5.7 Análisis de costos de las medidas de reducción

Para poder garantizar la puesta en marcha de las medidas de reducción propuestas se tomó en consideración los costos de implementación de cada una de ellas tal y como se muestra en el cuadro 5.6, los ahorros estimados rondan los \$13 millones anuales mientras que el total de ton CO<sub>2</sub>e evitadas es de 17,57. El porcentaje de reducción que aparece en este cuadro se refiere a la reducción que causaría cada medida en el resultado global obtenido en el inventario.

**Cuadro 5.6. Ton CO<sub>2</sub>e evitadas y costos asociados a la implementación de las medidas de reducción**

<b>Fuente emisión</b>	<b>Medidas de reducción</b>	<b>% de reducción</b>	<b>Inversión a realizar (₡)</b>	<b>Ahorros anuales estimados (₡)</b>	<b>ton CO<sub>2</sub>e evitadas</b>
<b>Consumo eléctrico</b>	Paneles solares	0,42	11 535 720	1 452 186,12	0,61
	Calentadores solares	0,08	1 000 000	225 834,48	0,11
	Cambio de equipos energéticamente ineficientes	0,42	44 580 000	1 270 347,39	0,60
	Apagar UPS al finalizar jornada laboral	1,03	0,00	3 265 399,30	1,49
	Quitar impresoras de escritorio	0,01	0,00	33 590,79	0,02
	Instalación luces LED en regional Liberia	0,10	1 400 000	328 579,87	0,15
	Cambio luminarias fluorescentes a luminarias LED de reemplazo directo	0,10	800 000	291 988,65	0,14
	Cambio aires acondicionados por otros de alta eficiencia energética	0,04	5 000 000	133 480,49	0,06
<b>Consumo combustibles fósiles</b>	Capacitación/sensibilización sobre uso de la energía	0,07	3 500 000	209 231,46	0,10
	Uso vehículos eléctricos adquiridos	0,98	0,00	401 333,80	1,41
	Cambio de vehículos de combustión a híbridos	4,54	140 000 000	5 020 104,33	6,55
<b>Refrigerante R-22</b>	Capacitación a choferes sobre conducción eficiente	0,38	500 000	125 256,00	0,55
	Cambio aires R-22 a R-410a	3,94	10 000 000	0,00	5,75
<b>Extintores CO<sub>2</sub></b>	Cambio extintores CO <sub>2</sub> por extintores de agua de espuma	0,01	160 000	0,00	0,01
<b>Gas LPG</b>	Guía cocción eficiente	0,01	0,00	8 652,68	0,01
<b>Total</b>		<b>12,16</b>	<b>218 475 720</b>	<b>12 765 985,35</b>	<b>17,57</b>

Si se ponen en práctica las medidas tal y como se plantearon en el plan de acción, se espera que se obtengan los mayores porcentajes de reducción en el primer año y estos se vayan reduciendo en los siguientes 2 periodos de implementación como se muestra en la figura 5.7. A pesar de que en el primer año se estima una reducción alta de ton CO<sub>2</sub>e, estas se deben principalmente a cambios a realizar en la institución y no involucran una inversión muy alta por lo que para la institución es posible efectuarlo.



*Figura 5.7. Toneladas de CO<sub>2</sub>e evitadas al aplicar las medidas de reducción.*

Del cuadro anterior se pueden observar las opciones que generan mayores porcentajes de reducción, así como su costo asociado. De esta manera, puede notarse que la medida que representa una mayor inversión es el cambio de equipos energéticamente ineficientes, computadoras e impresoras específicamente. No obstante, a pesar de ser la alternativa de mayor inversión, esta no genera los mayores porcentajes de reducción, sin embargo, se debe tomar en cuenta que para la institución el cambio de equipos informáticos representa un gasto a realizar cada cierto tiempo, de hecho, la mayor parte de las computadoras ya fue cambiada recientemente, el cambio de las computadoras restantes debe estar ya planeado dentro de su presupuesto.

Otra de las medidas que destaca es el apagar los UPS al finalizar la jornada laboral, es una opción que no representa ningún costo pero que genera una de las disminuciones más importantes, además de ello, el hecho de quitar las impresoras de escritorio (que no se usan) tampoco conlleva ningún gasto.

Con respecto a la instalación de paneles solares, es la alternativa de consumo energético más representativa en cuanto a que posee potencial para disminuirlo en casi su totalidad

dependiendo de la inversión a realizar y el área del techo disponible para su colocación. Para el presente plan de acción se planteó la colocación de paneles solares en las tres instalaciones propias del INAMU en diferentes periodos de tiempo, los mismos disminuirían solamente en un pequeño porcentaje el consumo eléctrico, se planteó así para asegurar su instalación, pero, dependiendo de las preferencias y presupuesto de la institución, en su momento, podría abarcar un porcentaje de reducción mayor. A pesar de que la institución no puede acceder a créditos bancarios para realizar inversiones, se realizó un diagrama de flujo para demostrar que la instalación de dispositivos fotovoltaicos para la generación de electricidad, genera ganancias o ahorros a la institución al disminuir monto de electricidad a pagar (apéndice 10). La inversión posee una TIR de 2%, resultado que financieramente se interpreta como un proyecto no atractivo, sin embargo, se tiene un periodo de recuperación de 9 años, por lo que a partir de este periodo se empezarían a ver las ganancias ya que los paneles solares poseen una vida útil bastante prolongada.

Para disminuir el consumo de combustibles fósiles, la alternativa más llamativa es el cambio de la flota vehicular por vehículos híbridos, esta medida se planteó para los vehículos más antiguos Toyota RAV4 año 2007, de los cuales ya se tiene planteado su cambio, por otros del mismo modelo pero utilizando su homólogo híbrido del año más reciente a la fecha. Se propuso el cambio a vehículos híbridos y no eléctricos ya que estos poseen una mayor independencia, se podrían utilizar para realizar visitas a lugares lejanos sin preocuparse por recargar la batería. Desde el punto de vista económico, tomando en cuenta la inversión total a realizar, no es un proyecto rentable, posee una TIR negativa y no tiene un período de recuperación ya que no genera ganancias (apéndice 10) , no obstante, al ser el cambio de vehículos una operación que el INAMU tiene que hacer, se pueden analizar las ganancias que se obtendrían al ahorrar combustible, si en vez de adquirir un vehículo de combustión, se adquiriera su similar en versión híbrida. Partiendo desde la premisa de la diferencia de precios entre ambos vehículos, la cual es de aproximadamente \$10000, asumiendo que el máximo ahorro en combustible que se puede conseguir anualmente por cada vehículo híbrido es de hasta ₡798124.846, se tiene que en 6 años se recuperaría el valor de la diferencia y se empezarían a apreciar las ganancias para la institución.

## **5.6 Limitaciones y mejoras encontradas para facilitar la implementación del plan de acción**

El INAMU como institución pública posee como una gran limitación su presupuesto, ya que al provenir de fondos públicos, su utilización se debe planear con anticipación y con cautela, además de esto, el hecho de contar con solo tres instalaciones propias complica la implementación de medidas de reducción, limitándolas prácticamente a cambio de equipo, lo único que el INAMU puede cambiar en edificios alquilados.

Otra de las situaciones encontradas que pueden dificultar la ejecución del plan de acción es que dentro de la planilla de trabajadores no se cuenta con una persona que se encargue de la gestión ambiental de la institución, por lo que, aunque existe una comisión ambiental, cada uno de sus miembros tienen una labor totalmente diferente a cumplir que no les permite dedicar el tiempo suficiente a temas ambientales. Por otra parte, se presenta el inconveniente de que al ser un ente público, está controlado por el gobierno lo cual puede eventualmente impedir la implementación de algunas medidas de reducción como por ejemplo prohibir la compra de vehículos. Otra situación relacionada a la institución como un ente público es que cada 4 años con el cambio de gobierno, se cambia de ministra y presidenta ejecutiva, por lo que según la visión que tengan, se podría atrasar el proceso de implementación del plan de acción.

Para poder agilizar y facilitar a la institución el proceso de implementación y seguimiento del plan de acción propuesto, se plantean las siguientes medidas:

- Revisar periódicamente el plan de acción para constatar su puesta en marcha o detectar posibles contratiempos que se presenten en su ejecución.
- Plantear con anterioridad las medidas de reducción al departamento de presupuesto para su debida aprobación y planeación anual.
- Reordenar las matrices de registro de combustibles que actualmente están ordenadas según consumo mensual por conductor, se sugiere ordenar los consumos por vehículo según instalación para que resulte más sencilla la elaboración del inventario.

- Plantear nuevas plantillas de giras, de tal manera que se añadan casillas de kilometraje inicial, kilometraje final y lugares visitados con el fin de llevar un mejor control del combustible y rendimiento de los vehículos.
- Añadir facturas o consumos de gas LP y recargas de extintores y refrigerantes de aires acondicionados a las bases de datos de la comisión ambiental ya que actualmente no se llevan a cabo estos registros y tener estos datos a mano es necesario para el cálculo del inventario.
- Establecer indicativos para comprobar el rendimiento de las medidas aplicadas.
- Realización de una plantilla en Excel donde se deban digitar sólo los datos relevantes al inventario y el cálculo se realice de manera inmediata.

## 6 CONCLUSIONES

- El INAMU emitió un total de 146,27 ton  $CO_2e$  en el año 2016 entre las 10 instalaciones tomadas en cuenta en el inventario, de las cuales el Sigma es el edificio de mayor generación en todas las fuentes de emisión debido a su tamaño.
- Las emisiones indirectas están conformadas sólo por el uso de la electricidad y representan el 16,30% de ton  $CO_2e$  emitidas, siendo la segunda fuente de mayor emisión por lo que tiene un gran peso en el inventario.
- El uso de vehículos es la fuente de mayor aporte, representando el 76,97% de ton  $CO_2e$ , esto es debido a que el INAMU posee un flota vehicular conformada por 31 vehículos y su utilización es vital para el desarrollo de las actividades institucionales.
- Con respecto al consumo de electricidad, se estimó que en promedio el 12,95% se debe al uso de luminarias, el mayor peso porcentual es debido a equipos de oficina y aires acondicionados.
- A pesar que las recargas de aires acondicionados en el año 2016 fueron muy bajas, generaron 5,75 ton  $CO_2e$ , por lo que cambiar los aires acondicionados por otros que utilicen un refrigerante más ecológico reduciría inmediatamente esta cantidad de emisiones.
- Con las medidas propuestas en el plan de acción reduciría un 12,16% las emisiones del inventario y se ahorrarían \$12 765 985,35, a su vez las medidas de mayor inversión corresponden a el cambio de equipos ofimáticos ineficientes y el cambio de los vehículos más antiguos que presentan mayor frecuencia de uso.
- La medida de reducción que implica mayor inversión es el cambio de vehículos por otros con sistemas híbridos, con este cambio se conseguiría el mayor porcentaje de reducción del inventario GEI entre todas las medidas propuestas, así como también los mayores ahorros anuales al disminuir el consumo de combustible.
- El hecho de que la mayor cantidad de instalaciones del INAMU sean alquiladas limita la aplicación de medidas de reducción, por lo cual con la ejecución del plan de acción no se lograrían porcentajes de reducción altos.



- Realizar cambios simples referentes a la planificación y toma de datos necesarios para el cálculo del inventario podrían simplificar el proceso de implementación del plan de acción.

## **7 RECOMENDACIONES**

- Tomar el principio de mejora continua sobre el cual está basado el PGAI para darle seguimiento tanto al presente plan de acción como a futuros inventarios.
- Considerar las medidas de reducción propuestas en este proyecto a la hora de alquilar un nuevo inmueble o bien al momento de comprar o construir un nuevo edificio para facilitar el proceso de implementación del plan de acción de nuevos inventarios y conseguir mayores reducciones de GEI.
- Tomar en consideración la Carbono Neutralidad o tratar de obtener algún reconocimiento del Programa País Carbono Neutralidad 2.0 con el fin de incentivar y mantener constantes las medidas para gestionar las emisiones de GEI.
- Contratar a una persona con conocimientos ambientales para facilitar la aplicación y seguimiento del inventario.
- Nombrar responsables dentro de la comisión ambiental de la revisión de registros, cuyas tareas roten periódicamente para asegurar el control de los datos requeridos y que todos los miembros puedan colaborar sin afectar sus labores respectivas.
- Mantener el interés de la presidenta y ministra en temas ambientales de tal manera que aunque se cambie de administración siempre se tomen decisiones en pro del ambiente, no solo para el inventario de GEI sino para todos los aspectos ambientales pertinentes para la institución.
- Divulgar los logros y metas ambientales del inventario de GEI y su plan de acción a todos los trabajadores para involucrar a todos en el proceso, no sólo a los miembros de la comisión ambiental.

## 8 REFERENCIAS

- Alternative Fuels Data Center (AFDC). (2011). *Hybrid and Plug-In Electric Vehicles*. Recuperado de <https://www.afdc.energy.gov/pdfs/52723.pdf>
- Artavia, S. (5 de abril de 2018). Variedad de dispositivos para ahorrar energía intentan conquistar a los ticos. *La Nación*.
- Bathacharya, T. (2012). Climate Change. En *Disaster Science and Manangement*. McGraw Hill Education .
- Brook Lyndhurst Ltd. (2016). *A Rapid Evidence Assessment for the Department for Transport*. Recuperado de [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/509972/efficient-driving-rapid-evidence-assessment.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/509972/efficient-driving-rapid-evidence-assessment.pdf)
- Centro de Investigación en Cultura y Desarrollo (CICDE). (2011). *Políticas de cambio climático en Costa Rica, integrando esfuerzos*. San José: UNED.
- Chacón , A., Jiménez, G., Montenegro, J., Sasa, J., & Blanco, K. (2012). *Instituto Meteorológico Nacional (IMN)*. Recuperado de <http://cglobal.imn.ac.cr/sites/default/files/documentos/publicaciones/InventariosGEI/InventarioGEI-2012/index.html>
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). (2017). *Guía eficiencia energética en oficinas*. Recuperado de [https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/guia\\_eficiencia\\_oficinas.pdf](https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/guia_eficiencia_oficinas.pdf)
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). (2017). *Consejos para una oficina más eficiente*. Recuperado de [https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/consejos\\_oficina\\_mas\\_eficiente.pdf](https://www.cnfl.go.cr/documentos/eficiencia/consejos_oficina_mas_eficiente.pdf)
- Comunidad de Madrid. (2017). *Guía de ahorro y eficiencia energética en oficinas y despachos*. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Oficinas-y-Despachos-fenercom-2017.pdf>
- Depares, B. (2017). *Oportunidades del mercado LED en Costa Rica*. Recuperado de <http://smart-lighting.es/oportunidades-mercado-led-costa-rica/>
- Dirección de Cambio Climático (DCC). (2012). *Programa País*. Recuperado de <http://www.cambioclimaticocr.com/2012-05-22-19-47-24/programas/programa-pais>
- Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA). (2015). *Guía para la gestión de la energía*. Recuperado de [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia\\_para\\_gestion\\_de\\_energia-pgai\\_version\\_1.0\\_0.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia_para_gestion_de_energia-pgai_version_1.0_0.pdf)
- Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA). (2015). *Guía práctica para la reducción de emisiones en el sector público costarricense*. Recuperado de [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia\\_de\\_emisiones\\_0.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/guia_de_emisiones_0.pdf)

- Dirección de Gestión de Calidad Ambiental. (2016). *Informe anual del estado de implementación de los Programas de Gestión Ambiental Institucional (PGAI)*. Recuperado de [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/informe\\_pgai\\_2016.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/documentos/informe_pgai_2016.pdf)
- de Vengoechea, A. (2012). *Las Cumbres de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. Recuperado de Friedrich-Ebert-Stiftung: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/la-energiayclima/09155.pdf>
- Dunning, S., & Thumann, A. (2012). *Efficient Lighting Applications and Case Studies*. Lilburn: The Fairmont Press, Inc.
- Energía y Sociedad. (2016). *El cambio climático y los acuerdos internacionales*. Recuperado de <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales/>
- Energywise, C. (2012). *Practical Guide to Energy Management for Managers*. Shawbury: iSmithers Rapra Publishing.
- Calderón, E. (2016). *Diseño del sistema de gestión para demostrar la Carbono Neutralidad del Centro de Acopio la Sylvia*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Gamboa, N. (2012). *Cuantificación de Huella de Carbono en once estaciones de telecomunicaciones y en la flota vehicular de la División de Negocios de Banda Ancha, Gerencia de Telecomunicaciones, Instituto Costarricense de Electricidad*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Healey, J. (2014). Causes and impacts of climate change . En *Climate Change Crisis* (págs. 1-27). Australia: The Spinney Press.
- Herrera, J. (2017). *Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Uso y estado de los recursos: energía*. Recuperado de [http://www.estadonacion.or.cr/files/biblioteca\\_virtual/023/Ambientales/Herrera\\_J\\_2017a.pdf](http://www.estadonacion.or.cr/files/biblioteca_virtual/023/Ambientales/Herrera_J_2017a.pdf)
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2018). *Guía para el uso eficiente de la energía eléctrica aplicada a pequeños hoteles y otras PYMES*. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/c25aa134-4b77-4a9f-9cca-48d119bd9190/Gu%C3%ADa-PYMES.pdf?MOD=AJPERES&CVID=IZQ3e6H&CVID=IZQ3e6H&CVID=IZQ3e6H&CVID=IZQ3e6H>
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO). Norma Nacional para demostrar la C-Neutralidad INTE 12-01-06:2016. San José.
- Ize, L. (2009). *El cambio climático y la salud humana..* Instituto Nacional de Ecología: México, D.F.
- Jarauta, R. L. (2015). La energía solar. En *Las energías renovables* (págs. 31-46). Barcelona: UOC.
- Kumar, A., Spivak, A., & Franchetti, M. (2013). *Energy Assessments for Industrial Complexes*. SAIF Zone: Bentham Science Publishers.

- Kresic, N. (2009). *Groundwater Resources: Sustainability, Management, and Restoration. Climate Change*. The McGraw-Hill Companies.
- Malyan, S., Bhatia, A., Kumar, A., Gupta, D., Singh, R., Kumar, S., . . . Jain, N. (2016). Methane production, oxidation and mitigation: A mechanistic understanding and comprehensive evaluation of influencing factors. *Science of the Total Environment*, 572, 874–896.
- May, R. (2008). *Climate Change*. U.K: Encyclopedia Britannica.
- Mete, M. (2014). Valor Actual Neto y la Tasa de Retorno: Su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión, volumen 7. *FIDES ET RATIO* , 67-85.
- Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). (2009). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. San José: Calderón y Alvarado S. A.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2011). *Guía para la elaboración de programas de gestión ambiental Institucional (PGAI) en el sector público de Costa Rica : documento de orientación para las instituciones públicas*. San José.
- Molina, M., Sarukhán, J., & Carabias, J. (2017). La respuesta de las naciones y los acuerdos internacionales. En *El cambio climático: causas, efectos y soluciones* (págs. 123-125). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2018). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. Recuperado de <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>
- Oroza, S. (2012). *¿Hablamos de cambio climático?* Bilbao: Fundación BBVA.
- Purohit, P., & Höglund-Isaksson, L. (2017). Global emissions of fluorinated greenhouse gases 2005–2050 with abatement potentials and costs. *Atmos. Chem. Phys.*, 2795–2816.
- Ravishankara, A., Daniel, J., & Portmann, R. (2009). Nitrous Oxide (N<sub>2</sub>O): The Dominant Ozone-Depleting Substance Emitted in the 21st Century. *Science*, 326 (5949), 123-125.
- Sánchez, I., Díaz, G., Cavazos, M., Granados, G., & Gómez, E. (2011). Estrategias. En *Elementos para entender el cambio climático y sus impactos* (pág. 10). D.F: Miguel Angel Porrúa.
- Solé, R. (2011). Técnicas de evaluación de flujos de inversión: Mitos y realidades, volumen 29. *Ciencias Económicas*, 423-441.
- Surampalli, R., Zhang, T., Ojha, C., Gurjar, B., Tyagi, R., & Kao, C. (2013). Greenhouse gases. En *Climate Change, Modeling, Mitigation and Adaptation* (págs. 27-31). Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Sustain Dane. (2015). *Managing Energy Costs in Office Buildings*. Recuperado de <http://sustaindane.org/uploads/2011/Managing%20Energy%20Costs%20in%20Office%20Buildings.pdf>
- Syakila , A., & Kroeze, C. (2011). The global nitrous oxide budget revisited. *Greenhouse Gas Measurement and Management*, 1(1), 17-26.
- Vanek, M., Albright, L., & Angenent, L. (2016). *Energy Systems Engineering: Evaluation and Implementation*. McGraw Hill Professional.

Venegas, M., Rodríguez, A., & Salazar, T. (2015). Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero: un insumo en la gestión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). *Gestión y Ambiente 18(1)*, 61-79.

Waste and Resources Action Programme (WRAP). (2014). *Green Office: A Guide to Running a More Cost-effective and Environmentally Sustainable Office*. Recuperado de [http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/WRAP\\_Green\\_Office\\_Guide.pdf](http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/WRAP_Green_Office_Guide.pdf)

## **APÉNDICES**

**APÉNDICE 1. VISITAS REALIZADAS A CADA INSTALACIÓN DENTRO DEL  
ALCANCE**

**Cuadro A.1.1. Fecha de realización de las visitas de campo a cada instalación**

Instalación	Fecha de la visita	Actividades realizadas
<b>Sigma</b>	11 de noviembre al 8 diciembre 2017	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entrevistas con persona encargada de recibimiento</li> <li>- Visita general de las instalaciones y toma de datos</li> <li>- Inventario luminarias y equipos eléctricos de mayor uso</li> <li>- Aplicación encuestas sobre uso de la energía</li> </ul>
<b>Unidad Regional Huétar Norte</b>	19 de enero 2018	
<b>CEAAM 1</b>	20 enero 2018	
<b>Unidad Regional Chorotega</b>	24 y 25 de enero 2018	
<b>Unidad Regional Atlántico</b>	5 de febrero 2018	
<b>CEAAM 2</b>	6 de febrero 2018	
<b>CEAAM 3</b>	16 de febrero 2018	
<b>CIO/Delegación</b>	4 abril del 2018	

**APÉNDICE 2. RESUMEN DE LOS CONSUMOS DE LAS DIFERENTES FUENTES  
DE EMISIÓN POR INSTALACIÓN**

**Cuadro A.2.1. Consumos anuales registrados para cada fuente de emisión**

FE Instalación	Electricidad (kWh)	Combustible		Recarga R22 (lb)	Gas LP (lb)	Extintores (lb)
		Diésel (L)	Gasolina (L)			
<b>Sigma</b>	175 452,00	11 508,82	21 449,27	0,00	0,00	30
<b>Delegación</b>	29 375,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Regional Huetar Norte</b>	5 217,00	1 982,00	1 308,86	0,00	0,00	0,00
<b>Regional Liberia</b>	33 796,00	1 267,90	2 200,64	0,00	0,00	0,00
<b>Regional Puntarenas</b>	24 210,00	214,39	989,03	0,00	0,00	0,00
<b>Regional Caribe</b>	29 560,00	904,35	1 356,70	7,00	0,00	0,00
<b>Regional Brunca</b>	20 098,00	1 273,17	1 240,86	0,00	0,00	0,00
<b>CEAAM 1</b>	16 000,00	0,00	0,00	0,00	1 400,00	0,00
<b>CEAAM 2</b>	55 350,00	0,00	0,00	0,00	1 025,00	0,00
<b>CEAAM 3</b>	31 149,00	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00
<b>Total</b>	42 7974,00	17 150,62	28 545,25	7,00	3 225,00	30,00



### APÉNDICE 3. INVENTARIO AIRES ACONDICIONADOS INSTITUCIONALES

**Cuadro A.3.1. Lista de aires acondicionados por instalación y su respectivo refrigerante.**

Placa	Descripción	Marca	Modelo	Ubicación	Refrigerante
963901	36000 BTU	COOLTEX	CFO136CR	CEAAM 2	-
950067	s/d	L.G.	LS-J0821CL		-
952186	Portátil 90	PREMIER	AA-1824		R407c
962187	Portátil 90	PREMIER	AA-1824		R407c
964002	24000 BTU	INNOVAR	-	Edificio Central	-
964003	24000 BTU	INNOVAR	-		-
963084	Mini-split 24000	CARRIER	XPERIENCE		-
963083	mini-split 9000	CARRIER	ALPHA2		-
964244	mini-split 12000 BTU	TGM		Delegación	R-410a
964056	mini-split 36000 BTU	CARRIER	EXPRESSION	Liberia	R-22
963840	mini-split 9000	COOLTEX	SR09CRN1		R-410a
950192	18000 BTU	GOODMAN	WMC-181		
964057	mini-split 18000	CARRIER	XPOWER BLUE	Limón	R-410a
961895	mini-split 22000	AIR PRO	APHWE022		R-410a
964305	24000 BTU	TGM	MWRNT24S		R-410a
963926	mini-split 12000 BTU	CIAC			R-410a
963354	mini-split 22000	CARRIER	ALPHA2		
963924	piso/cielo 36000	CARRIER	42FLCO36		R-22
s/p	13000 BTU	AIR PRO	APHWE013		R-410a
962055	s/d	CARRIER	-	Puntarenas	-
964304	24000 BTU	TGM	-		R-410a
963923	piso/cielo 36000	CARRIER	42FLCO36		R-22
964301	24000 BTU	TGM	M24	Río Claro	R-410a
964302	24000 BTU	TGM	-		R-410a
964303	24000 BTU	TGM	M22		R-410a
963808	mini-split 18000	COOLTEX	SR18CRN1		R-410a
963809	mini-split 18000	COOLTEX	SR18CRN1		R-410a
963810	mini-split 18000	COOLTEX	SR18CRN1		R-410a
964306	24000 BTU	TGM	MWRNT24S	Limón	R-410a

## APÉNDICE 4. EJEMPLO INVENTARIO EQUIPO ELÉCTRICO EN CADA INSTALACIÓN

**Cuadro A.4.1. Ejemplo inventario del inventario de equipo eléctrico realizado en la regional Huetar Norte**

Ubicación	Equipo	Estado (B R D)	Placa	Modelo	Consumo (W)	Horas uso/día	kWh/día	Observaciones
<b>Oficina 1</b>	CPU	B	962641	HP COMPAQ DC7900	79,9	8	0,6392	Consume 1,3W cuando está apagado
	Monitor	B	962731	HP L1910	31,8	8	0,2544	0,5 W todo el equipo apagado y 0,4W monitor apagado y CPU encendido
<b>Oficina 2</b>	Fotocopiadora	B	963218	SHARP AR-2080		8	0	Energystar
	CPU	B	963106	HP COMPAQ DC7900	79,9	8	0,6392	Consume 1,3W cuando está apagado
<b>Recepción</b>	Monitor	B	963145	HP L1910	34,7	8	0,2776	0,5 W todo el equipo apagado y 0,4W monitor apagado y CPU encendido
	Impresora multifuncional	B	964804	HP COLOR LASERJET ENTERPRICE MFP	178,87	8	1,43096	-
<b>Oficina 3</b>	CPU	B	2044	OPTIPLEX 9020	44,1	8	0,3528	Consume 0 W apagado
	Monitor	B	-	DELL	6	8	0,048	Consume 0 W apagado
	Calculadora eléctrica	B	962934	CASIO FR-2650T	2,6	1	0,0026	-
	Fax	B	-	PANASONIC KX FT987	1	0,17	0,00017	-
	Ventilador de piso	B	7990	SUNNY	40,77	1	0,04077	-
<b>Oficina 4</b>	CPU	B	1992	OPTIPLEX 9020	36,84	8	0,29472	Tiene UPS
	Monitor	B	2158	DELL	9,39	0,17	0,0015963	-
	Impresora de escritorio	B	963188	HP DESKJET 6980	2,1	0,17	0,000357	-
	Ventilador de piso	B	961160	SUNNY	40,77	1	0,04077	-
<b>Comedor</b>	CPU	B	2156	OPTIPLEX 9020	36,84	8	0,29472	Tiene UPS
	Monitor	B	-	DELL	9,39	8	0,07512	-
	Ventilador de piso	B	961160	SUNNY	40,77	1	0,04077	-
<b>Comedor</b>	Refrigerador	B	964214	MABE MSBF2AE	71,34	24	1,71216	Posee eficiencia energética, ahorra 37,9%, 625 kWh/año.
	Microondas	B	963081	PANASONIC NN-ST778SRPH	1 236	1	1,236	1,8 W sólo conectado
	Coffee maker	B	-	-	1 200	2	2,4	-

## APÉNDICE 5. EJEMPLO INVENTARIO DE LUMINARIAS EN CADA INSTALACIÓN

### A.5.1. Ejemplo del inventario de luminarias realizado en la regional Huetar Norte

Área	Tipo	Modelo	Marca	Horas Encendida/día	Cantidad	Potencia (W)	Consumo (KWh)	Luz Natural			Observaciones
								Suficiente	Poca	No hay	
<b>Oficina 1</b>	Tubo fluorescente	F32T8	General Electric	7	2	32	0,448		x		Hay ventanas, pero entra poca claridad
<b>Oficina 2</b>	Tubo fluorescente	variable	variable	7	1	32	0,224		x		Poca claridad
<b>Baño 1</b>	Bombillo espiral	variable	variable	0,5	1	20	0,01		x		Poca claridad
<b>Recepción</b>	Tubo fluorescente	F96T8	Philips	1	2	60	0,12	x			Área con muy buena entrada de luz
	Tubo fluorescente	F32T8	General Electric	1	2	32	0,064	x			-
<b>Oficina 3</b>	Tubo fluorescente	F32T8	General Electric	5	2	32	0,32	x			Hay ventanas entra mucha claridad
<b>Oficina 4</b>	Bombillo espiral	variable	variable	8	2	20	0,32		x		-
<b>Comedor</b>	Bombillo espiral	variable	variable	1	2	20	0,04	x			-
<b>Archivo</b>	Bombillo espiral	variable	variable	8	3	20	0,48			x	-
<b>Jefatura</b>	Tubo fluorescente	F32T8	General Electric	5	2	32	0,32	x			Buena entrada de luz natural
<b>Baño 2</b>	Bombillo espiral	variable	variable	0,5	1	32	0,016		x		-

## **APÉNDICE 6. ENCUESTAS APLICADAS SOBRE EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS OFICINAS**

Esta encuesta es de carácter anónimo y se realiza para conocer los hábitos de consumo de los(as) funcionarios(as) del INAMU como parte del diagnóstico energético propio de la gestión ambiental de esta institución.

1. ¿Cuánta luz natural hay normalmente en su oficina? (Ejemplo: ventanas o tragaluces que permiten iluminación con luz del sol)  
A) Suficiente    B) Poca    C) No hay
  
2. Cuantas luminarias hay en su oficina  
A) Entre 1 y 2  
B) Entre 2 y 4  
C) Más de 4
  
3. En promedio, ¿cuánto tiempo están encendidas al día?  
A) 8 horas  
B) Entre 7 y 5 horas  
C) Entre 5 y 3 horas  
D) 2 horas o menos
  
4. Tiende a apagar la(s) luces cuando sale de su oficina  
A) Si    B) No    C) A veces
  
5. ¿Mantiene la computadora encendida durante largos periodos de tiempo sin utilizarla?  
A) Si    B) No    C) A veces
  
6. ¿Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza y al terminar la jornada laboral?  
A) Si    B) No    C) A veces
  
7. ¿A qué temperatura suele programar el termostato del aire acondicionado?  
\_\_\_\_\_
  
8. ¿Acostumbra a dejar abiertas las puertas y/o ventanas cuando el aire acondicionado está encendido?  
A) Si    B) No    C) A veces

9. ¿Conoce acerca del cambio climático y sus efectos para el planeta?
- A) Si
  - B) No
  - C) Tengo poco conocimiento
10. ¿Considera usted importante que esta institución ponga en práctica un plan para reducir el consumo energético?
- A) Si
  - B) No
11. ¿Estaría dispuesto(a) a cambiar sus hábitos de consumo para utilizar la energía eléctrica de manera racional y responsable?
- A) Si
  - B) No

**Si tiene algún comentario u observación puede anotarlos en la parte de atrás de esta encuesta**

**Gracias por su colaboración**

## APÉNDICE 7. Inventario de vehículos institucionales del INAMU

**Cuadro A.7.1. Características de los todos los vehículos y distribución de acuerdo con la instalación a la cual pertenecen**

Instalación	Placa	Categoría	Marca	Estilo	Año	Carrocería	Tracción	Combustible	Cilindrada (C.C)	Cilindros	Potencia (KW)	Km recorridos promedio anual	Rendimiento Combustible (Km/L)
<b>SIGMA</b>	317-3	AUTOMOVIL	CHEVROLET	AVEO	2005	sedan 4 puertas	4x2	GASOLINA	1500 C.C	4	62	2257	6,043
	317-5	MICROBUS	MITSUBISHI	L300	2007	microbus	4x2	DIESEL	2477	4	85	7624	7,868
	317-6	AUTOMOVIL	TOYOTA	COROLLA XE	2007	sedan 4 puertas	6x6	GASOLINA	1794	4	100	8307	8,547
	317-7	CARGA LIVIANA	TOYOTA	DYNA	2006	caja cerrada o furgon	4X2	DIESEL	3660	4	65	7345	6,261
	317-8	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2007	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2362	4	125	11395	7,808
	317-10	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX	2007	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4X4	DIESEL	2494	4	75	8175	6,895
	317-12	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2007	todo terreno 2 puertas	4X4	GASOLINA	2362	4	125	7430	6,206
	317-17	AUTOMOVIL	DAEWOO	LANOS	2001	sedan 4 puertas	4X2	GASOLINA	1500	4	0	1367	5,670
	317-20	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2010	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2400	4	125	14008	7,863
	317-21	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2010	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2400	4	125	20364	8,958
	217-23	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2010	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2400	4	125	26097	8,413
	317-24	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2010	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2400	4	125	20027	7,964
	317-25	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2007	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2362	4	125	2799	5,566
	317-29	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX SR	2013	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4x4	DIESEL	2494	4	75	20160	8,548
	317-31	BUSETA	TOYOTA	COASTER	2014	buseta	4X2	DIESEL	4104	4	100	14466	5,296
	317-34	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX SR	2014	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4X4	DIESEL	2494	4	75	25442	8,875
	317-38	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2016	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2500	4	132	5593	11,654
	317-39	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2010	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2400	4	125	23311	8,223
	BGW672	AUTOMOVIL	TOYOTA	PRADO	2014	todo terreno 4 puertas	4x4	GASOLINA				11381	5,138

**Cuadro A.7. 1. Características de los todos los vehículos y distribución de acuerdo con la instalación a la cual pertenecen (continuación)**

Instalación	Placa	Categoría	Marca	Estilo	Año	Carrocería	Tracción	Combustible	Cilindrada (C.C)	Cilindros	Potencia (KW)	Km recorridos promedio anual	Rendimiento Combustible (Km/l)
URHR	317-9	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2007	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2362	4	125	10654	8,318
	317-33	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX SR	2014	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4X4	DIESEL	2494	4	75	16546	10,013
URHS	317-11	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2007	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2362	4	125	8142	6,993
	317-27	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX SR	2014	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4X4	DIESEL	2494	4	75	9302	7,441
URHA	317-13	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2007	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2362	4	125	2418	5,531
	317-26	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX SR	2013	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4x4	DIESEL	2494	4	75	4209	6,897
	317-36	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2016	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2500	4	132	4087	8,325
URCH	317-15	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2007	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2362	4	125	7712	8,305
	317-28	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX SR	2013	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4x4	DIESEL	2494	4	75	7936	7,522
	317-37	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2016	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2500	4	132	8352	8,270
URPC	317-35	AUTOMOVIL	TOYOTA	RAV4	2016	todo terreno 4 puertas	4X4	GASOLINA	2500	4	132	5035	6,627
	317-30	CARGA LIVIANA	TOYOTA	HILUX SR	2014	camioneta pick-up caja abierta o cam-pu	4X4	DIESEL	2494	4	75	-	-

## APÉNDICE 8. RESULTADOS ENCUESTAS APLICADAS SOBRE USO DE LA ENERGÍA EN LAS OFICINAS

**Cuadro A.8.1. Resultados porcentuales de las preguntas aplicadas en las encuestas según instalación.**

Intalación	Cuanta luz natural cuenta en su espacio de trabajo?			Cuantas luminarias hay en su espacio de trabajo?			Cuanto tiempo están encendidas?				Tiende a apagar las luces cuando sale de su oficina?			Mantiene la computadora encendida durante largos periodos sin utilizarla?			Desenchufa los aparatos electrónicos y cargadores cuando no los utiliza o al terminar la jornada laboral?		
	suficiente	poca	no hay	Entre 1 y 2	Entre 2 y 4	más de 4	8 h	Entre 7 y 5 h	Entre 5 y 3 h	menos de 2 h	Si	No	A veces	Si	No	A veces	Si	No	A veces
Sigma	45	19	36	9	32	49	68	13	2	17	79	18	3	30	55	15	37	59	11
Regional Huetar Occidente	60	40	0	70	30	0	10	20	60	10	90	10	0	10	90	0	50	40	10
CEAAM 1	80	20	0	100	0	0	20	0	40	40	100	0	0	20	40	40	40	40	20
Regional Pacifico Central	43	57	0	86	14	0	29	0	0	71	86	0	14	0	71	29	57	14	29
Regional Chorotega	17	25	58	25	0	75	8	0	0	92	67	0	33	0	75	25	33	50	17
CIO/Delegación	18	73	9	64	18	18	73	18	0	9	36	64	0	36	27	37	36	64	0
Regional Caribe	62	18	0	62	23	15		84	8	8	46	31	23	8	54	38	23	62	15
CEAAM 2	60	40	0	100	0	0	40	60	0	0	60	20	20	0	40	60	80	0	20
CEAAM 3	0	100	0	100	0	0	60	40	0	0	60	40	0	20	20	60	60	40	0
Regional Brunca	27	73	0	91	0	9	82	0	0	18	91	0	9	9	73	18	55	36	9
<b>Porcentaje acumulado total (%)</b>	<b>41</b>	<b>36</b>	<b>15</b>	<b>51</b>	<b>22</b>	<b>27</b>	<b>63</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>74</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>18</b>	<b>57</b>	<b>25</b>	<b>37</b>	<b>53</b>	<b>10</b>



**Cuadro A.8.1. Resultados porcentuales de las preguntas aplicadas en las encuestas según instalación (continuación)**

Intalación	A qué temperatura suele programar el termostato?	Acostumbra a dejar abiertas puertas y/o ventanas cuando el aire acondicionado está encendido?			Conoce acerca del cambio climático?			Considera importante incorporar plan para reducir el consumo energético?		Estaría dispuesto a cambiar sus hábitos de consumo?	
		Promedio	Si	No	A veces	Si	No	Poco	Si	No	Si
Sigma	23,57	22	61	17	82	2	16	97	3	100	0
Regional Huetar Occidente	n/a	n/a	n/a	n/a	100	0	0	100	0	100	0
CEAAM 1	n/a	n/a	n/a	n/a	80	20	0	100	0	100	0
Regional Pacífico Central	19,57	14	57	29	100	0	0	86	14	100	0
Regional Chorotega	23	8	92	0	75	0	25	92	0	100	0
CIO/Delegación	n/a	n/a	n/a	n/a	82	0	18	100	0	100	0
Regional Caribe	20.83	8	92	0	69	16	15	100	0	100	0
CEAAM 2	n/a	n/a	n/a	n/a	100	0	0	100	0	100	0
CEAAM 3	n/a	n/a	n/a	n/a	80	0	20	100	0	100	0
Regional Brunca	19,5	0	91	9	82	9	9	91	9	100	0
<b>Porcentaje acumulado total (%)</b>	-	-	-	-	<b>84</b>	<b>3</b>	<b>13</b>	<b>97</b>	<b>3</b>	<b>100</b>	<b>0</b>

**APÉNDICE 9. RESULTADO EQUIPOS DE MAYOR CONSUMO DETECTADOS EN CADA UNA DE LAS  
INSTALACIONES**

**Cuadro A.9.1. Cantidad de equipos de mayor consumo encontrados en cada una de las instalaciones**

<b>Instalación/Equipo</b>	<b>HP Compaq dc 7900</b>	<b>Hp Compaq 8200</b>	<b>HP elitedesk 800</b>	<b>HP L1910</b>	<b>HP LE1910w</b>	<b>HP LV2011</b>	<b>Pro display P201</b>	<b>HP Elitedesk</b>	<b>Impresoras de escritorio</b>	<b>Toshiba e.studio</b>	<b>Xerox Workcentre</b>
Sigma	36	16	4	9	15	1	4	1	28	7	1
Regional Huetar Occidente	6	0	0	4	0	0	0	0	1	0	0
CEAAM 1	1	2	0	2	1	0	0	0	2	0	0
Regional Chorotega	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CIO/Delegación	5	2	0	1	3	0	0	0	7	1	0
CEEAM 3	0	2	0	1	0	0	0	0	3	1	0
Regional Atlántico	2	2	0	3	2	0	0	0	1	0	1
CEAAM 2	0	1	0	0	2	0	0	0	2	0	0
Regional Huetar Brunca	4	0	0	5	0	0	0	0	2	0	0
<b>Total equipos</b>	<b>54</b>	<b>25</b>	<b>4</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>46</b>	<b>9</b>	<b>2</b>
<b>Consumo por equipo (W)</b>	<b>68.06</b>	<b>44.83</b>	<b>54</b>	<b>31.86</b>	<b>17.86</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>68.06</b>	<b>2.1</b>	<b>276.25</b>	<b>203.55</b>
<b>Consumo mensual (KWh)</b>	<b>882.06</b>	<b>268.98</b>	<b>51.84</b>	<b>191.16</b>	<b>98.59</b>	<b>5.28</b>	<b>15.36</b>	<b>16.33</b>	<b>23.184</b>	<b>596.7</b>	<b>97.70</b>

## APÉNDICE 10. FLUJOS DE CAJA PARA LAS MEDIDAS DE REDUCCIÓN DE MAYOR INVERSIÓN

### Cuadro A.10.1. Flujo de caja en colones para la compra de paneles solares

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingresos		1280591.6	1434262.59	1606374.1	1799139	2015035.68	2256839.96	2527660.75	2830980.04	3170697.648	3551181.37
(-)Egresos operativos		45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000
(-)Inversión del proyecto	11535720										125000
Depreciación		576786	576786	576786	576786	576786	576786	576786	576786	576786	576786
Flujo de caja proyectado		658805.601	812476.593	984588.105	1177353	1393249.68	1635053.96	1905874.75	2209194.04	2548911.648	2804395.37
Flujo de caja acumulado		673305.60	1485782.19	2470370.30	3647723.3	5040972.97	6676026.93	8581901.68	10791095.70	13340007.38	16144402.70

### Cuadro A.10.2 Flujo de caja en colones para la compra de vehículos híbridos

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(+)Ingresos		5020104.328	5020104.328	5020104.328	5020104.328	5020104.328	5020104.328	5020104.328	5020104.328	5020104.328	5020104.328
(+)Ingresos		4254000	4254000	4254000	4254000	4254000	1531440	1531440	1531440	1531440	1531440
(-)Inversión	140000000										
Depreciación		8400000	8400000	8400000	8400000	8400000	8400000	8400000	8400000	8400000	8400000
Flujo de caja proyectado		874104.33	874104.33	874104.33	874104.33	874104.33	-1848455.67	-1848455.67	-1848455.67	-1848455.67	-1848455.67

## **ANEXOS**

## ANEXO 1. FACTORES DE EMISIÓN DEL INM UTILIZADOS

**Cuadro B.1.1. Factores de emisión del año 2017 utilizados para el cálculo del INGEI.**

Fuente emisión	Gas emitido	Factor de emisión	
Consumo combustibles fósiles	CO <sub>2</sub>	Diésel	2,613 kg/L
		Gasolina	2,231 kg/L
	CH <sub>4</sub>	Diésel	0,149 g/L
		Gasolina	0,907g/L
	N <sub>2</sub> O	Diésel	0,154g/L
		Gasolina	0,283g/L
Consumo LPG	CO <sub>2</sub>	1,611 kg/L	
	CH <sub>4</sub>	0139 g/L	
	N <sub>2</sub> O	0,002745 g/L	
Uso de la electricidad	CO <sub>2</sub>	0,0557 kg/kWh	