



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA METROPOLITANA.  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN Y  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL.  
DEPARTAMENTO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE.  
ESCUELA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE.

**PROPUESTA PARA LA DISMINUCIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO EN  
UNA PLANTA FRIGORÍFICA DE ALIMENTOS.**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL  
EN PREVENCIÓN DE RIESGOS Y MEDIO AMBIENTE.**

**AUTOR:**

**VERA URIBE, DANIELA FRANCISCA**

**PROFESOR GUÍA:**

**FREUNDENBERG CAÑETE, TOMÁS.**

**SANTIAGO, CHILE**

**2021**



### 1. Identificación del trabajo de titulación

Nombre del(os) alumno(s)

Daniela Francisca Vera Uribe

Rut: 18.465.003-7

Dirección: Alonso de Berrios #6049, Peñalolén. Región Metropolitana

Teléfono: 975333473

Título de la tesis: propuesta para la disminución de la huella de carbono en una planta frigorífica de alimentos

Escuela: facultad de ciencias de la construcción y ordenamiento territorial.

Carrera o programa: Ingeniería Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

Título al que opta: Ingeniero Civil en Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

### 2. Autorización de Reproducción

Se autoriza la reproducción total o parcial de este trabajo de titulación, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica que acredita el trabajo y a su autor.

en consideración a lo anterior como se autoriza su reproducción de forma:

<b>X</b>	<b>INMEDIATA</b>
	<b>A PARTIR DE LA SIGUIENTE FECHA: _____ (MES/AÑO)</b>

Fecha: 06 diciembre 2021 Firma:

Daniela Vera Uribe.

Esta autorización se otorga en el marco de la ley N°17.336 sobre Propiedad Intelectual, con carácter gratuito y no exclusivo para la Institución.



NOTA OBTENIDA:  
6.2

---

Firma y timbre autoridad  
responsable



## **DEDICATORIA**

Quiero empezar agradeciendo a mis padres por darme el apoyo a seguir adelante con mis estudios, a mis hermosas hermanas que siempre me dieron un apoyo incondicional, donde estuvieron presentes para mí en todo momento y eso lo agradezco enormemente, ya que sin ustedes no hubiera sido posible recorrer este largo camino.

Este año fue un año difícil, ya que, tuve la pérdida de una persona muy importante para mí, mi tío Rene, a quien también quiero dedicarle este gran logro, porque sé que estaría orgulloso de mi, sé que desde arriba esta muy feliz por este proceso, tengo muchas ganas de poder abrazarlo y decirle ... “Tío lo logre, ¡¡si pude!!”, pero sé que en algún momento al termino de esta vida nos volveremos a encontrar y tendremos tiempo para eso.

Se que nada en la vida es fácil, que todo esfuerzo tiene su recompensa y vaya que es cierto, y el esfuerzo que di durante todos estos años, claro que valieron la pena, orgullosa estoy de por fin terminar este largo camino, costó, pero se logró. Nunca imagine llegar a la universidad, siempre lo veía como algo imposible, sin embargo, aquí estoy a un paso de estar titulada.

Para terminar, quiero agradecer a todos aquellos que de alguna manera estuvieron presentes para mí, amigos, mi pareja, familiares, compañeros y profesores.



## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a quienes de alguna manera colaboraron a la realización de este trabajo de titulación, A mi profesor guía Tomas Freudentberg, por el apoyo constructivo de este trabajo.

Agradecer a mi hermana Claudia Vera, quien fue mi pilar fundamental y guía en todo este proceso, por prestarme apoyo emocional, por siempre alentarme a no desistir de la carrera y por la entrega de información necesaria para el desarrollo del trabajo de título, gracias de todo corazón. Eres mi ejemplo para seguir.

Agradecer a todos en general, gracias por su apoyo, gracias por hacerme saber que cuento con ustedes como ustedes cuentan conmigo, gracias por corregirme, gracias por guiarme, gracias totales.

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>1.</b>	<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>3.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>4.</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>17</b>
	4.1 OBJETIVO GENERAL .....	17
	4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>5.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
	5.1 REVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	18
	5.2 COMBUSTIBLES FÓSILES .....	19
	5.2.1 <i>Tipos de Combustibles Fósiles</i> .....	20
	5.3 GASES DE EFECTO INVERNADERO .....	21
	5.2.1 <i>Consulta de Gases de Efecto Invernadero de Chile</i> .....	26
	5.2.2 <i>Sector Energía</i> .....	33
	5.2.2.1 <i>Industrias manufactureras y de la construcción.</i> .....	34
	5.2.3 <i>Factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional.</i> .....	35
	5.4 CAMBIO CLIMÁTICO.....	37
	5.4.1 <i>Consecuencias del Cambio Climático</i> .....	38
	5.5 CONTRIBUCIÓN DETERMINADA A NIVEL NACIONAL (NDC) DE CHILE.....	39
	5.6 GASES REFRIGERANTES.....	42
	5.6.1 CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES.....	43
	5.6.1.1 <i>Clasificación según Grupo de Seguridad.</i> .....	44
	5.6.1.2 <i>Clasificación según Temperatura de Ebullición.</i> .....	45
	5.6.1.3 <i>Clasificación según su Composición Química.</i> .....	45
	5.6.1.4 <i>Clasificación Según Su Uso.</i> .....	47
	5.6.2 <i>Refrigerantes y su Impacto al Medio Ambiente.</i> .....	47
	5.6.2.1 <i>Tipos de Refrigerantes.</i> .....	48
	5.6.3 <i>Norma Chilena NCh 3241:2017 (Sistemas de Refrigeración y Mantenimiento)</i> .....	49
	5.6.4 <i>Buenas prácticas en el uso de refrigerantes en sistemas de refrigeración y mantención.</i> .....	53
<b>6.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>55</b>
	6.1 INVESTIGACIÓN TÉCNICA.....	55
	6.2 INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES.....	55
	6.3 HERRAMIENTAS DE CÁLCULO .....	58
	6.4 GENERACIÓN (PROPUESTA) PARA MEJORAR DE BUENAS PRÁCTICAS .....	60
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
	7.1 INVESTIGACIÓN TÉCNICA .....	61
	7.1.1: <i>ISO 14067:2018</i> .....	61
	7.1.2: <i>ISO 14064-2:2019</i> .....	64
	7.2 INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES .....	67
	7.3 HERRAMIENTAS DE CÁLCULO .....	69
	7.4 GENERACIÓN (PROPUESTA) PARA MEJORAR DE BUENAS PRÁCTICAS .....	73



7.4.1 MEDIDAS DE REDUCCIÓN .....	74
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>9. BIBLOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>84</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1 .....	16
Ilustración 2 .....	19
Ilustración 3 .....	22
Ilustración 4 .....	25
Ilustración 5 .....	26
Ilustración 6 .....	27
Ilustración 7 .....	28
Ilustración 8 .....	29
Ilustración 9 .....	30
Ilustración 10 .....	31
Ilustración 11 .....	32
Ilustración 12 .....	34
Ilustración 13 .....	35
Ilustración 14 .....	37
Ilustración 15 .....	46
Ilustración 16 .....	57
Ilustración 17 .....	63
Ilustración 18 .....	65



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 .....	24
Tabla 2 .....	36
Tabla 3 .....	42
Tabla 4 .....	44
Tabla 5 .....	48
Tabla 6 .....	48
Tabla 7 .....	49
Tabla 8 .....	49
Tabla 9 .....	50
Tabla 10 .....	52
Tabla 11 .....	58
Tabla 12 .....	70
Tabla 13 .....	72
Tabla 14 .....	74



## 1. RESUMEN

La huella de carbono, en simples palabras, se puede definir como un conjunto de gases de efecto invernadero (GEI), producidas directa o indirectamente por personas, productos o por acciones que están contribuyendo a aumentar nuestras emisiones.

El objetivo de este proyecto es proponer mejoras para una disminución de la huella de carbono en una planta frigorífica de alimentos y, asimismo, poder identificar las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI), cuantificar los tipos de GEI, para así, proponer un plan de mejorar prácticas de ahorro más eficiente, creando un medio ambiente más amigable.

La metodología de este proyecto, consta de una investigación técnica, en la que se examinará a través de normativas nacionales e internacionales, posteriormente se realizara una investigación de antecedentes, etapa en la cual se da a conocer el transcurso de los GEI desde la primera fuente emisora; continuando con una herramienta de cálculo en la cual con el dato obtenido de nuestro factor de emisión y el promedio total de emisiones de CO<sub>2</sub>, se obtendrán los resultados pertinentes para la huella de carbono. Finalmente, se realizará una propuesta para el desarrollo de la disminución de la huella de carbono en la planta frigorífica de alimentos.



## **2. ABSTRACT**

A carbon footprint, in simple words, can be defined as a Greenhouse Gas (GHG) effect, produced directly and indirectly by people, products, or actions that contribute to increasing gas emissions.

The purpose of this project is to propose a plan to decrease the carbon footprint in a food refrigeration plant as well as identifying the source of GHG and quantify them to suggest more efficient saving practices so as to create a more friendly environment.

The methodology of this project consists of technical research that will be reviewed under national and international norms. Firstly, there will be a background investigation, a stage in which the data of the course of GHG from the primary source will be displayed. Then, a measuring instrument will attain the results of the carbon footprint with the data obtained from the emission factor and the total average of CO<sub>2</sub> emissions. Finally, I will present a plan for the carbon footprint decrease in the food refrigeration plant.



### 3. INTRODUCCIÓN

A lo largo del siglo XIX y XX, han ocurrido cambios adversos que afectan al planeta, esto debido a un incremento en las temperaturas atmosféricas, a esto se le conoce como calentamiento global, lo que ha producido cambios climáticos drásticos. Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra. Esta variación se debe a causas naturales como también a la acción del hombre y se produce sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc., a muy diversas escalas de tiempo<sup>1</sup>. El que hasta el día de hoy sigue avanzando a gran escala, aumentando así las concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero (GEI) como lo son: Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Ozono (O<sub>3</sub>) e Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O). Debido a estas alzas de temperaturas, ha aumentado el CO<sub>2</sub> atmosférico lo que ha provocado un alza de los gases nombrados anteriormente, sobrepasando así sus límites de emisión actual. Es por esta razón que se deben hacer cambios, para así lograr reducir estos gases de efecto invernadero que hoy afectan a la atmósfera y el planeta tierra en sí mismo, también mejoraría el bienestar para los seres humanos, ya que aún se desconoce el impacto completo que tendría a largo plazo en nuestro planeta y nuestras vidas.

Otro punto importante a lo largo de los años en nuestro planeta ha sido el calentamiento global. El calentamiento global es un aumento, en el tiempo, de la temperatura media de la atmósfera terrestre y de los océanos. Se postula que la temperatura se ha elevado desde finales del siglo XIX debido a la actividad humana, principalmente por las emisiones de CO<sub>2</sub> que incrementaron el efecto invernadero. Se predice, además, que las temperaturas continuarán subiendo en el futuro si continúan las emisiones de gases invernadero. El aumento de la

---

<sup>1</sup> Cumbre Cambio Climático.



temperatura se ocasiona cuando los gases de efecto invernadero se acumulan en la atmósfera y atrapan el calor<sup>2</sup>. Un claro ejemplo de esto es lo que está sucediendo hoy en día con el derretimiento de los glaciares. Una derivación evidente es el aumento del nivel del mar en la tierra por deshielos de los glaciares, lo que lentamente irá aumentando el riesgo de inundaciones de las zonas costeras habitadas por pobladores. Por otro lado, también podemos hablar de los factores climáticos que actualmente ya se pueden apreciar en nuestro planeta ambientalmente, como lo que sucede con las precipitaciones en las distintas zonas del mundo y regiones de nuestro país, afectando a la agricultura, y por consecuencia a la economía; por ello, como resultado también se verá afectada la población a nivel de salud generando gran vulnerabilidad por cambios de temperatura provocando adjudicación de muchas enfermedades para la humanidad.

Los gases de efecto invernadero (GEI), a lo largo de la historia de la tierra, han estado presente en cantidades muy reducidas en la atmósfera, los GEI en palabras simples se refiere a un mecanismo por medio del cual la atmósfera de la Tierra se calienta; para poder profundizar en él necesitamos entender que es y como está organizada la atmósfera.

La atmósfera terrestre es una delgada capa de gases que rodea a nuestro planeta, para darnos una idea de las escalas, la atmósfera equivale a envolver con papel aluminio un balón de fútbol, el balón representando a la Tierra, el grosor del papel aluminio al de la atmósfera. Esta delgada capa de gases que rodea al planeta es muy importante dado que en ella residen los gases que son fundamentales para el desarrollo de la mayor parte de la vida en el planeta, además de que la atmósfera representa un medio importante en el

---

<sup>2</sup>Cec U deChile.



que reside una buena parte de la vida de la Tierra <sup>3</sup>(Margarita Caballero, Socorro Lozano, y Beatriz Ortega, 2007, p.3).

La huella de carbono en simples palabras se puede definir como un conjunto de gases de efecto invernadero (GEI), producidas directa o indirectamente por personas, productos o por acciones que están contribuyendo a aumentar nuestras emisiones.

Se pretende diagnosticar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), emitidas por fuentes emisoras de una planta frigorífica de alimentos.

El objetivo de este proyecto es proponer mejoras para la disminución de la huella de carbono en una planta frigorífica de alimentos y, asimismo, poder identificar las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI); para ello se evaluarán estos gases de efecto invernadero para proponer una reducción a los niveles de contaminación, también se cuantificarán los tipos de gases de efecto invernadero (GEI), y así, proponer un plan de acciones para mejorar prácticas de ahorro más eficientes, creando un medio ambiente más amigable, determinando los tipos de contaminantes GEI y mejorando las prácticas para un ahorro más eficiente.

La metodología se realizará una investigación técnica, en la cual se examinará a través de normativas y documentos nacionales e internacionales, se identificarán el transcurso de los GEI, desde su primera fuente de emisión, además de identificar el tipo de combustión fija o móvil en conjunto con el tipo de alcance y factor de emisión correspondiente a cada GEI. Se realizará una hoja de cálculo en la cual se evaluará a nivel anual los GEI para conllevará un promedio de huella de carbono en la empresa frigorífica de alimentos. Finalmente, se propondrá mejora para un ahorro más eficiente, para la aplicación de metodología desarrollada para la disminución de huella de carbono en la planta frigorífica. En este paso se presentará un mejor manejo y

---

<sup>3</sup> Revista Digital Universitaria.



uso para las fuentes emisoras generando mayor responsabilidad y conciencia a nuestro medio ambiente.

En el diagnóstico ejecutado se pretende ayudar a mejorar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la empresa frigorífica, logrando la disminución de estos, para mejorar el desempeño ambiental, pudiendo repetirse mismo estudio en otra empresa con el mismo método de trabajo.

Para el uso de productos como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono, que incluye los gases de las familias de los hidrofluorocarbonos (HFC) y perfluorocarbonos (PFC) los cuales poseen un alto efecto invernadero.

La categoría “*uso de productos sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono*” es la principal categoría emisora de GEI del sector IPPU (56 %). En 2018, sus emisiones de GEI contabilizaron 3.831 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 2.552 % desde 2000 y en un 29% desde 2016.

El principal causante de la tendencia y las variaciones interanuales es el consumo de HFC como refrigerante en equipos de refrigeración y aire acondicionado. Las emisiones se generan por fugas del gas HFC que se producen por la instalación, mantención, uso y disposición de los equipos. Estas fugas dependen de la capacidad instalada o “banco” que se acumula cada año, lo que provoca un aumento exponencial de las emisiones a partir del 2006, año en que comienza la masificación de los equipos que usan estos gases.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> SNI Chile.

**Figura 1. Uso de productos como sustitutos de las sustancias que agotan la capa de ozono: emisiones de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq) por subcategoría, serie 1990-2018 <sup>5</sup>**

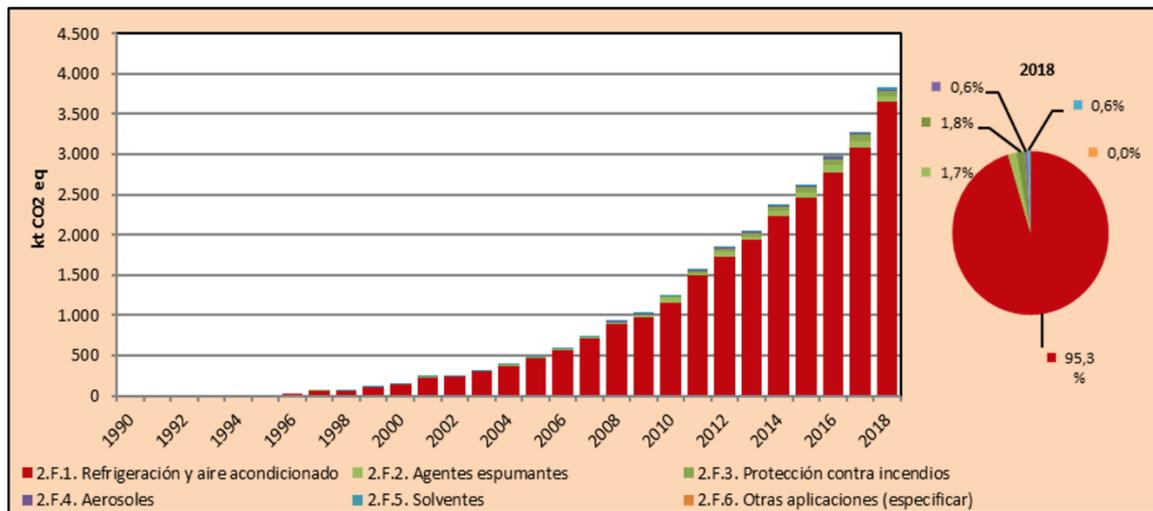


Ilustración 1

Fuente: Equipo Técnico de IPPU del MMA

<sup>5</sup> SNI Chile.



## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo General**

Proponer mejoras para la disminución de la huella de carbono en una planta frigorífica de alimentos.

### **4.2 Objetivos específicos**

Identificar las fuentes emisoras de gases de efecto invernadero (GEI).

Cuantificar los tipos de gases de efecto invernadero (GEI).

Proponer plan de acciones para mejorar prácticas de ahorro más eficientes.



## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1 Revolución Industrial

La revolución industrial se inicia a fines del siglo XVIII, lo que marcó un antes y después, generando la creación de innovaciones tecnológicas y científicas que admitieron una disolución con las distribuciones socioeconómicas efectivas hasta la actualidad; esto provocó la creación y el desarrollo de maquinarias a vapor (carbón), las cuales empezaron a emitir fuertes emisiones y residuos contaminantes, afectando de forma significativa el equilibrio de diversos ecosistemas.

Algunas de las características de esta primera revolución industrial son: cambios en la estructura social, aumento de la producción mecanizada, mejoras en los medios de transporte, entre otros.

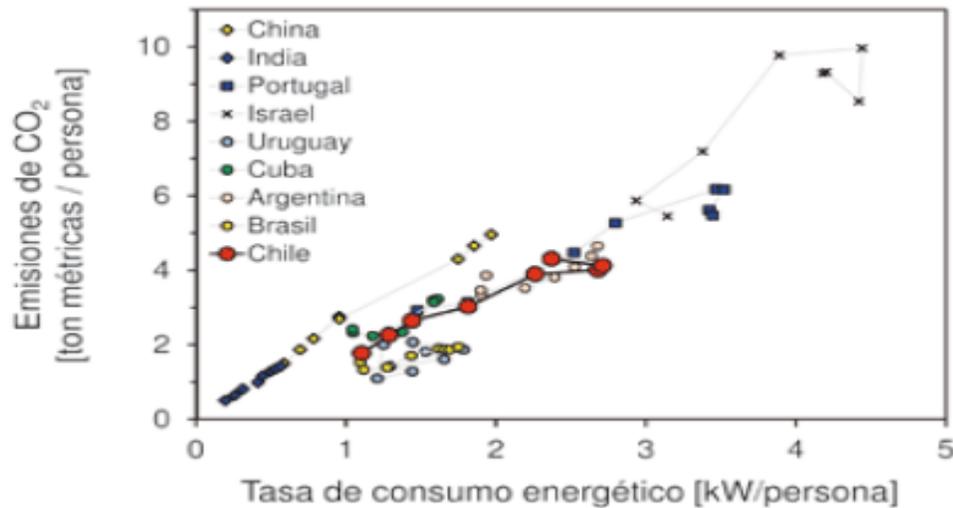
A mitad del siglo XIX, se da inicio a la segunda revolución industrial lo que fue gatillada por la aparición de nuevas fuentes de energía a partir de la electricidad, el gas, derivados del petróleo, importantes avances en el área automotriz, entre otros.

La concentración de gases de efecto invernadero es la emisión de dióxido de carbono CO<sub>2</sub> (IPCC, 2007). La figura 2, muestra la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto a la tasa de consumo energético para diferentes países desde 1980 hasta 2007 (WB, 2010). La clara relación de proporcionalidad entre el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> indica que éstas son un producto directo del crecimiento económico y el desarrollo. Chile ha experimentado un aumento sostenido de las emisiones, lo que puede ser explicado por el elevado consumo de combustibles fósiles, mayoritariamente por los sectores transporte y generación eléctrica.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Scielo, 2012

**Figura 2: Emisiones de dióxido de Carbono per cápita.**



*Ilustración 2*

Fuente: WB, 2010; EIA, 2010.

## 5.2 Combustibles Fósiles

Los combustibles fósiles son fuentes de energía que proviene de la descomposición de restos orgánicos como: plantas, animales y microorganismos. Esta sucesión de transformación, se van produciendo en las diferentes capas de los suelos por millones de años, generado por elevadas temperaturas y presión que estas capas ejercen. Por lo que la velocidad con la que se consumen es mucho mayor que la velocidad con la que se regeneran<sup>7</sup>; Estos restos orgánicos durante el proceso de descomposición se van clasificando en tres diferentes tipos, los cuales son: sólidos (carbón), líquidos (petróleo) y gas (gas natural).

<sup>7</sup> Energía Solar.



### 5.2.1 Tipos de Combustibles Fósiles

#### ➤ Petróleo

El petróleo se forma de manera muy parecida al carbón. Cuando las plantas y los animales que viven en el agua mueren, se deposita en el fondo de los océanos, estanques o pantanos. A medida que aumenta la presión sobre diferentes materiales, ciudad formando el petróleo que poco a poco se introduce en las aberturas de las rocas o en rocas especiales llamadas rocas productivas. Las reproductivas son porosas, lo que permite que se llenen de petróleo. Muchas veces el movimiento del petróleo atrapado en la tierra hace que se deposite en las capas de las rocas<sup>8</sup>.

El Petróleo sufre un proceso de transformación en una refinería. Una vez refinado, proporciona una gran cantidad de productos utilizados como fuente de energía. Entre Los productos derivados del petróleo destacan la gasolina.

La Eficiencia energética del petróleo es de aproximadamente el 25,7%.<sup>9</sup>

#### ➤ Carbón

Es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono y con cantidades variables de otros elementos, principalmente hidrógeno, azufre, oxígeno y nitrógeno. Esta fuente de energía no renovable se formó durante el período carbonífero (hace 359 millones de años)<sup>10</sup>.

#### ➤ Gas Natural

Se trata de la energía fósil más limpio en cuanto a residuos y emisiones atmosféricas. es el combustible más eficiente para la obtención de electricidad en las centrales térmicas, con una eficiencia total de 50,7%. Su

---

<sup>8</sup> Ambientum.

<sup>9</sup> Energía Solar.

<sup>10</sup> Energía Solar.



almacenamiento es más económico y fácil que el carbón y los derivados del petróleo.

Toda esta energía de los combustibles fósiles es utilizada para crear energía eléctrica y energía mecánica<sup>11</sup>.

### **5.3 Gases de Efecto Invernadero**

Los gases de efecto invernadero (GEI) se producen de manera natural y son esenciales para la supervivencia de los seres humanos y de millones de otros seres vivos ya que, al impedir que el calor del Sol propagada por el espacio llegue directamente a la tierra, hacen la Tierra habitable. Después de más de un siglo y medio de industrialización, deforestación y agricultura a gran escala, las cantidades de gases de efecto invernadero en la atmósfera se han incrementado en niveles nunca vistos en tres millones de años. A continuación, en la presente figura 3, se muestra un esquema representativo del efecto invernadero.

---

<sup>11</sup> Energía Solar.

**Figura 3: Efecto Invernadero.**



*Ilustración 3*

Existen tres hechos en que los científicos inciden y que son de enorme utilidad para entender mejor la raíz y la escala del problema:

- La concentración de GEI en la atmósfera terrestre está directamente relacionada con la temperatura media mundial de la Tierra.
- Esta concentración ha ido aumentando progresivamente desde la Revolución Industrial y, con ella, la temperatura del planeta.
- El GEI más abundante, alrededor de dos tercios de todos los tipos de GEI, es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que resulta de la quema de combustibles fósiles.<sup>12</sup>

El inventario nacional de gases de efecto invernadero (INGEI) en Chile, comprende todo el territorio nacional e incluye las emisiones y absorciones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y las emisiones de metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarbonos (HFC), y hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Este INGEI

<sup>12</sup> Organización de las Naciones Unidas (ONU), 2020.



fue elaborado siguiendo las directrices del IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change) del año 2006 y que tiene como objetivo el decretar la proporción de las emisiones GEI que son atribuibles a la acción humana y la contribución delimitada del país al fenómeno del cambio climático. Los cuales deben ser presentados ante Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre Cambio climático (CMNUCC).

Para estimar las emisiones y absorciones de GEI, el abordaje metodológico general consiste en combinar la información sobre el alcance hasta el cual tiene lugar una actividad humana (denominados datos de la actividad o DA, los cuales pueden ser estadísticos o paramétricos) con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria. Se los denomina factores de emisión (FE). Por consiguiente, la ecuación básica es:

---

$$\text{Emisiones de GEI} = \text{Datos de actividad (DA)} \times \text{Factores de emisión (FE)}$$

Para estimar las emisiones y absorciones de cada uno de los GEI, y para el reporte de estos en forma agregada expresados en dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq), se aplicaron los potenciales de calentamiento global (PCG) del Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del IPCC. La Tabla 1 muestra los valores. Adicionalmente, y para cumplir con los requisitos de reporte, el país estima sus GEI considerando los PCG del Segundo Informe de Evaluación (SAR).<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> SNiChile,2019

**Tabla 1. Potenciales de calentamiento global usados en el INGEI de Chile**

*Tabla 1*

<b>GEI</b>	<b>PCG</b>
CO2	1
CH4	25
N2O	298
HFC-23	14.800
HFC-32	675
HFC-125	3.500
HFC-134a	1.430
HFC-143	4.470
HFC-152a	124
HFC-227ea	3.220
HFC-236fa	9.810
HFC-245fa	1.030
HFC-365mfc	794
HFC-43-10mee	1.640
PFC-14	7.390
PFC-116	12.200
PFC-218	8.830
CF4	7.390
SF6	22.800

Fuente: Equipo Técnico Coordinador del MMA, en base a AR4.

Gracias a la información recolectada de los INGEI en Chile, se definen indicadores de intensidad que corresponden a emisiones totales de GEI por habitantes (per cápita), y además relacionan el balance de GEI.

En 2018, el indicador balance de GEI per cápita fue de 2,6 t CO<sub>2</sub> eq per cápita, incrementándose en un 413% desde 1990 y en un 32% desde 2016.

La variación interanual observada, con máximas en 1998 y 2017, se debe principalmente a la influencia de los incendios forestales en el balance de GEI del país. Por otro lado, el indicador emisiones de GEI totales per cápita (excluyendo el sector *UTCUTS*) fue de 6,0 t CO<sub>2</sub> eq per cápita, incrementándose en un 62% desde 1990, y disminuyendo en un 1% desde 2016; la tendencia se ve influenciada por las emisiones del sector Energía que domina las emisiones de GEI totales del país (Figura 4).<sup>14</sup>

**Figura 4. INGEI de Chile: balance de GEI per cápita y emisiones de GEI totales per cápita (t CO<sub>2</sub> eq per cápita), serie 1990-2018**

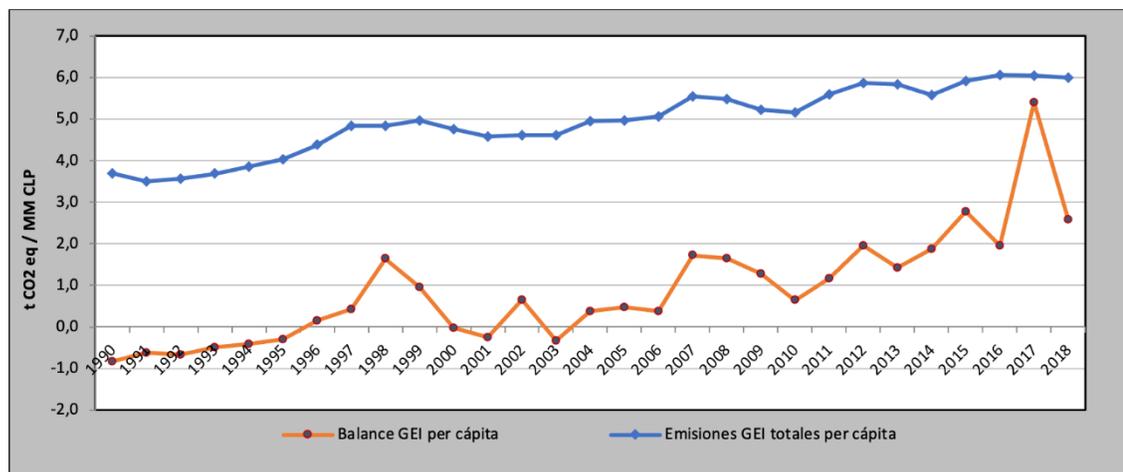


Ilustración 4

Fuente: elaboración propia del Equipo Técnico Coordinador del MMA con base en Instituto Nacional de Estadísticas (INE).

<sup>14</sup> SNICHile, 2020.

### 5.2.1 Consulta de Gases de Efecto Invernadero de Chile.

A nivel nacional (gracias al sistema nacional de inventarios de gases de efecto invernadero), se tiene las estimaciones de GEI y gases precursores desde los años 1990- 2018, las estimaciones de estos gases se muestran desde la figura 5 a la 11:

**Figura 5: GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)**

**Dióxido de Carbono**

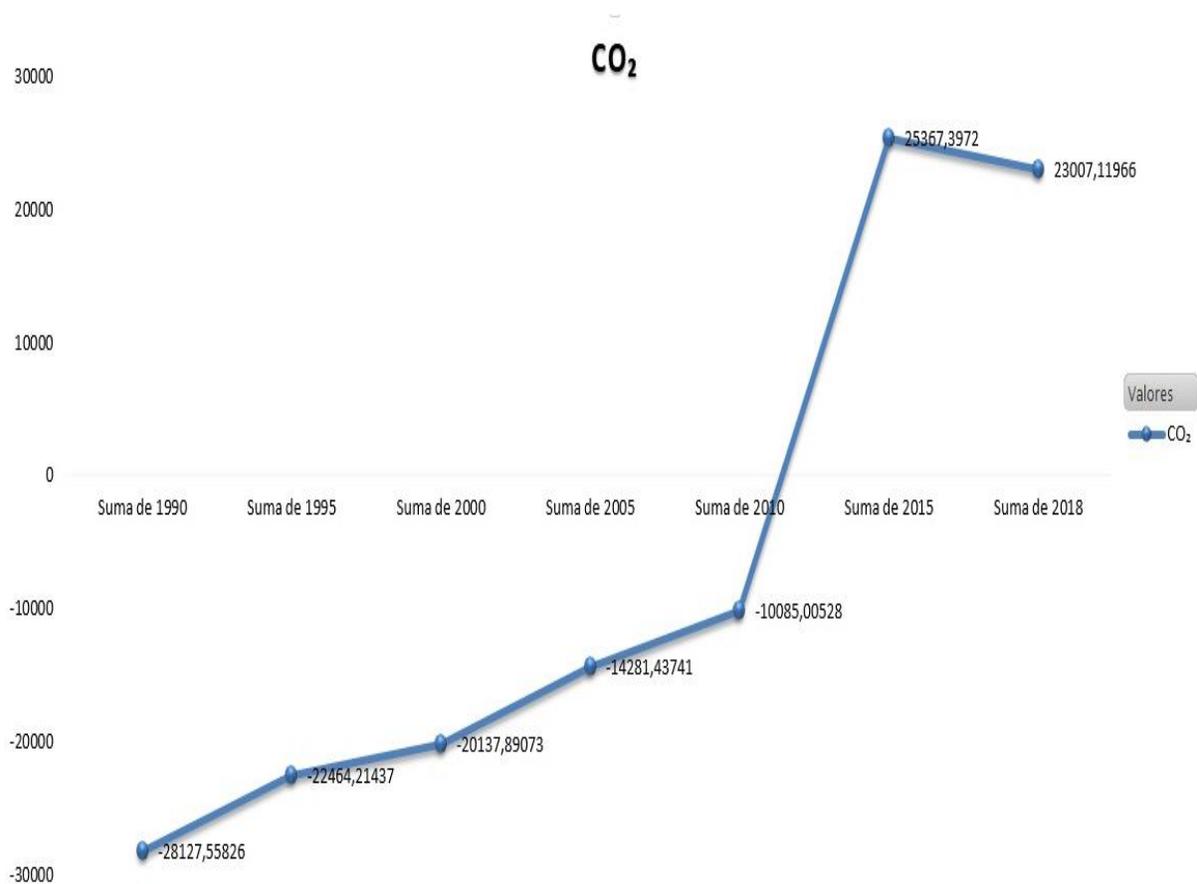


Ilustración 5

Fuente: INGEI de Chile.

Figura 6: GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

Metano

CH<sub>4</sub>

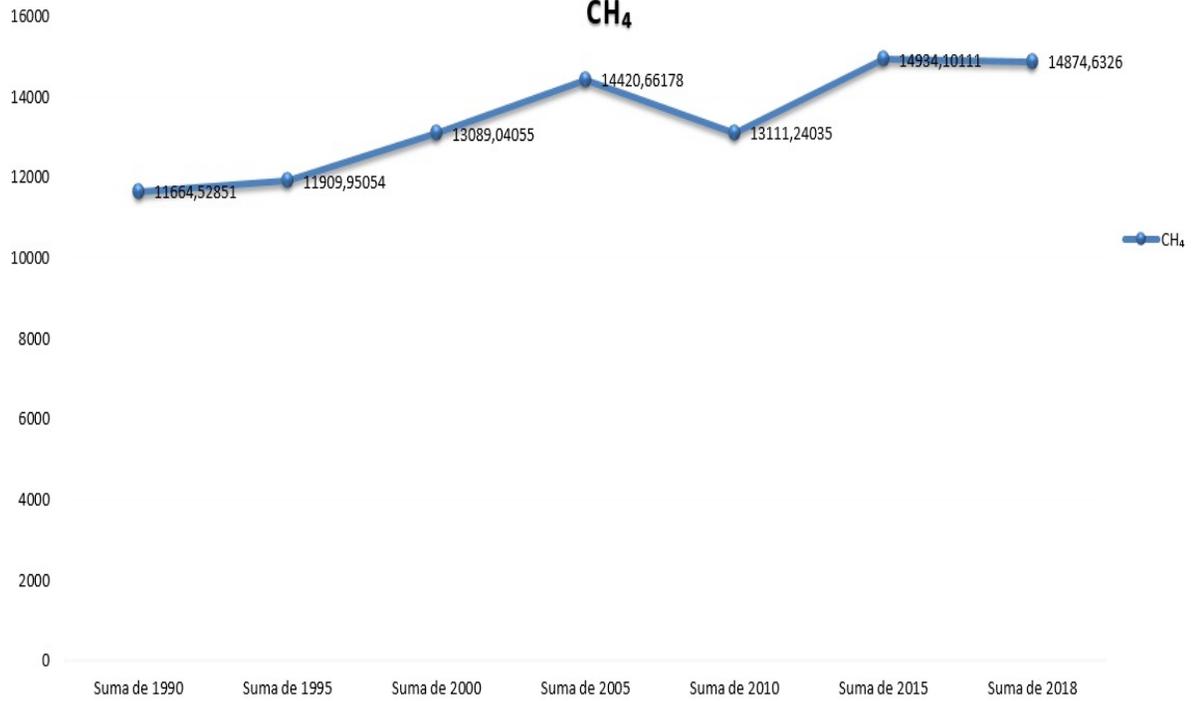


Ilustración 6

Fuente: INGEI de Chile.

Figura 7: GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

Óxido Nitroso

N<sub>2</sub>O



Ilustración 7

Fuente: INGEI de Chile.

Figura 8: GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)

Otros GEI

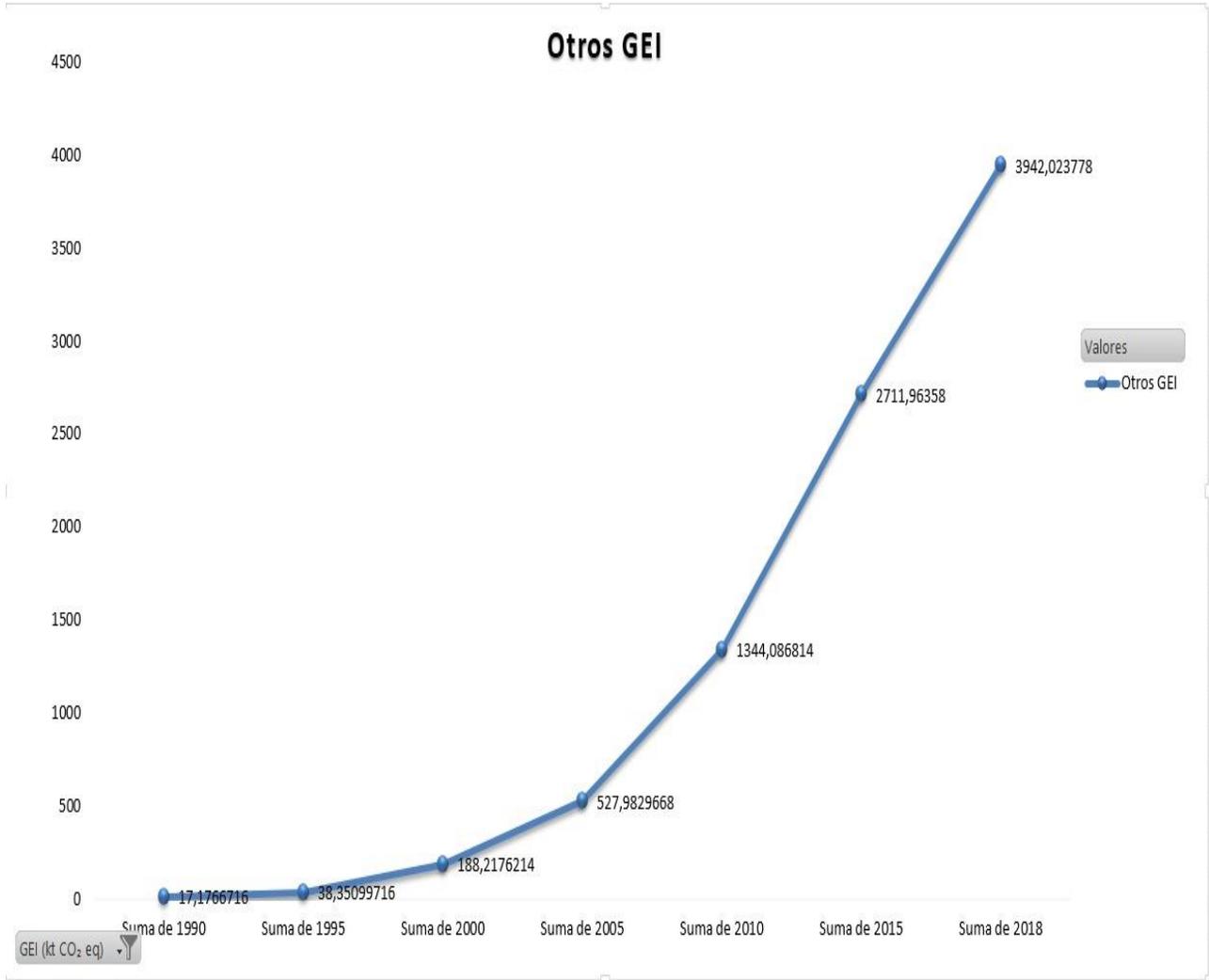
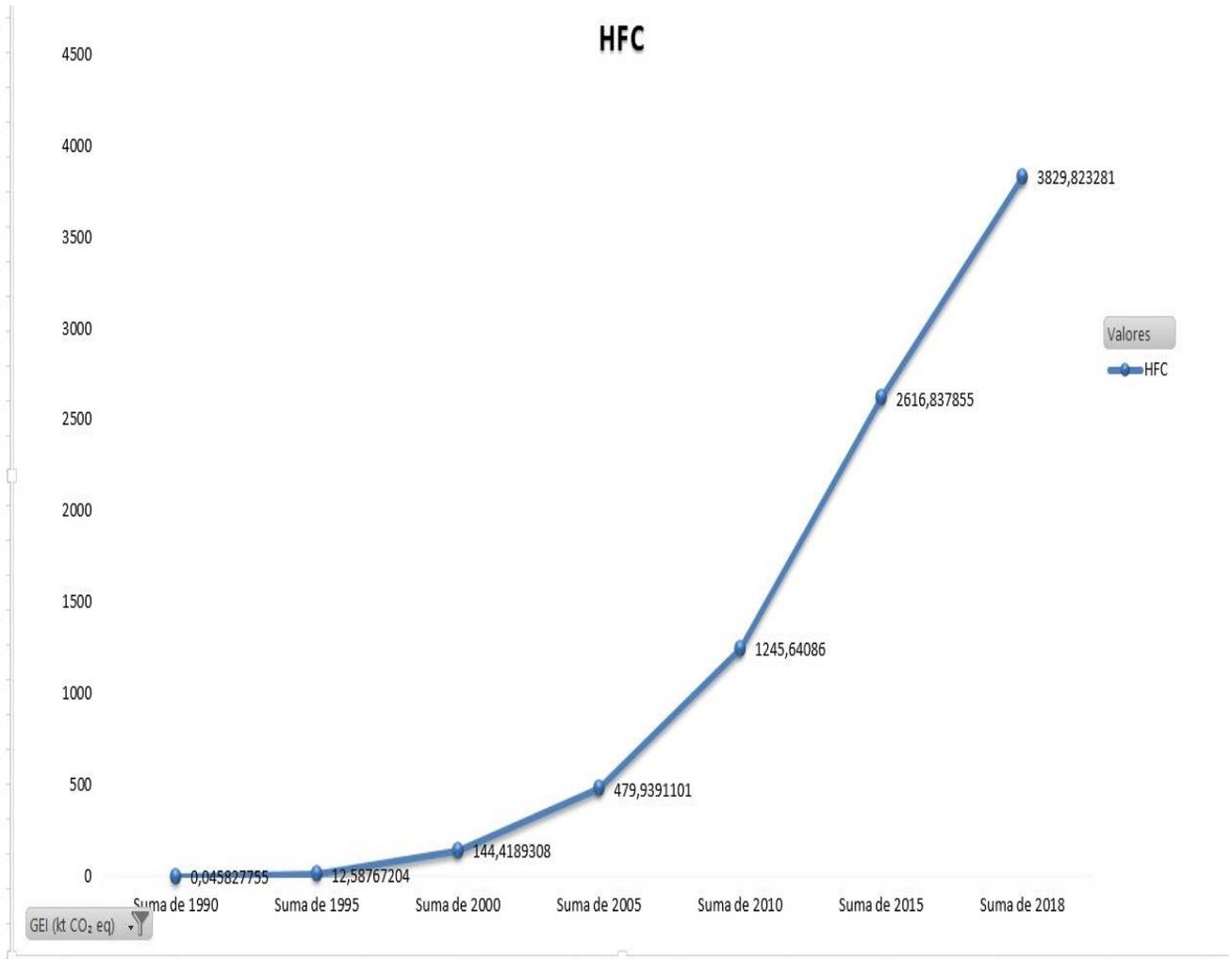


Ilustración 8

Fuente: INGEI de Chile.

**Figura 9: GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)**  
**Hidrofluorcarburo (HFC)**



*Ilustración 9*

Fuente: INGEI de Chile.

Figura 10: GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)  
Perfluorocarburo

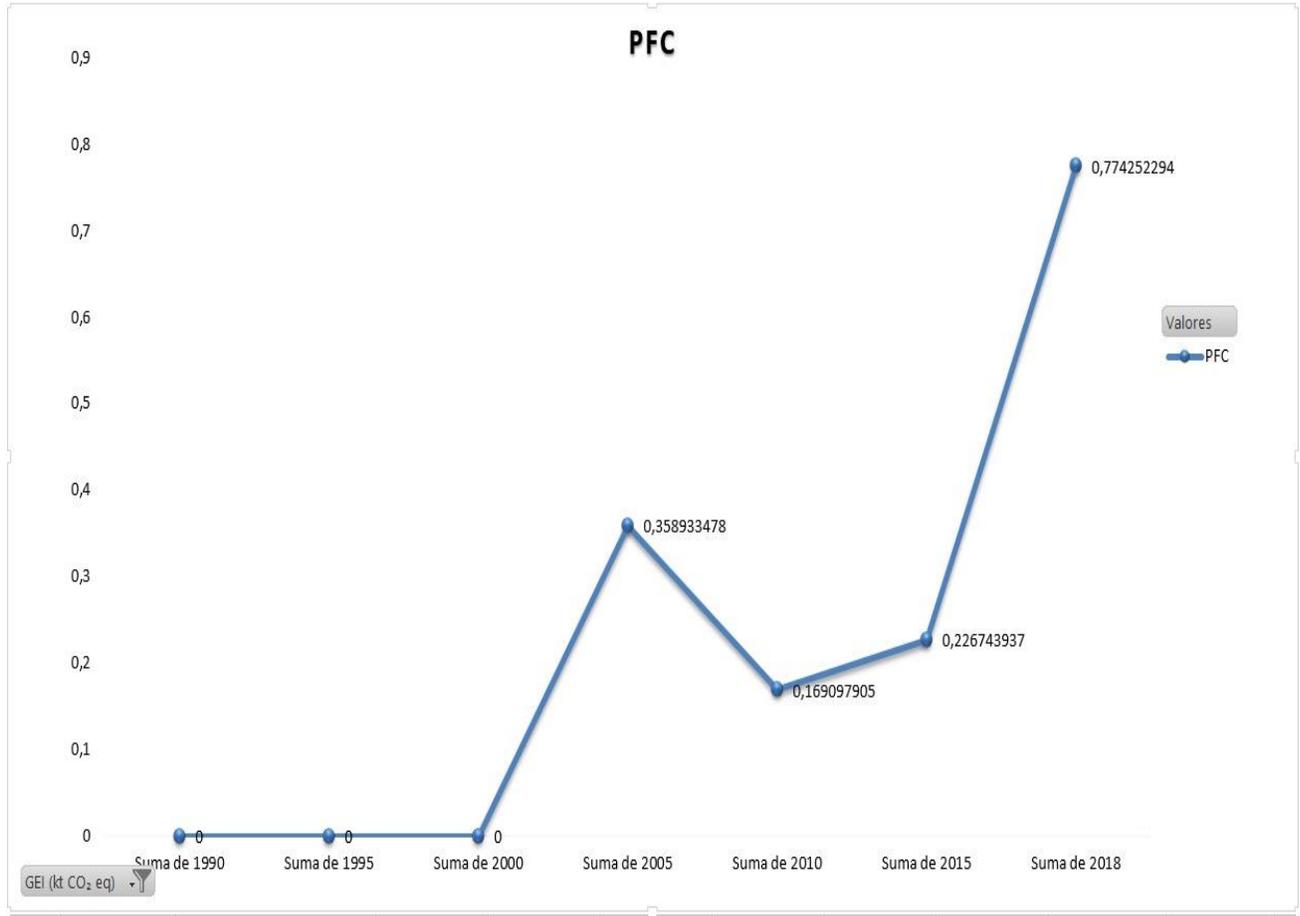
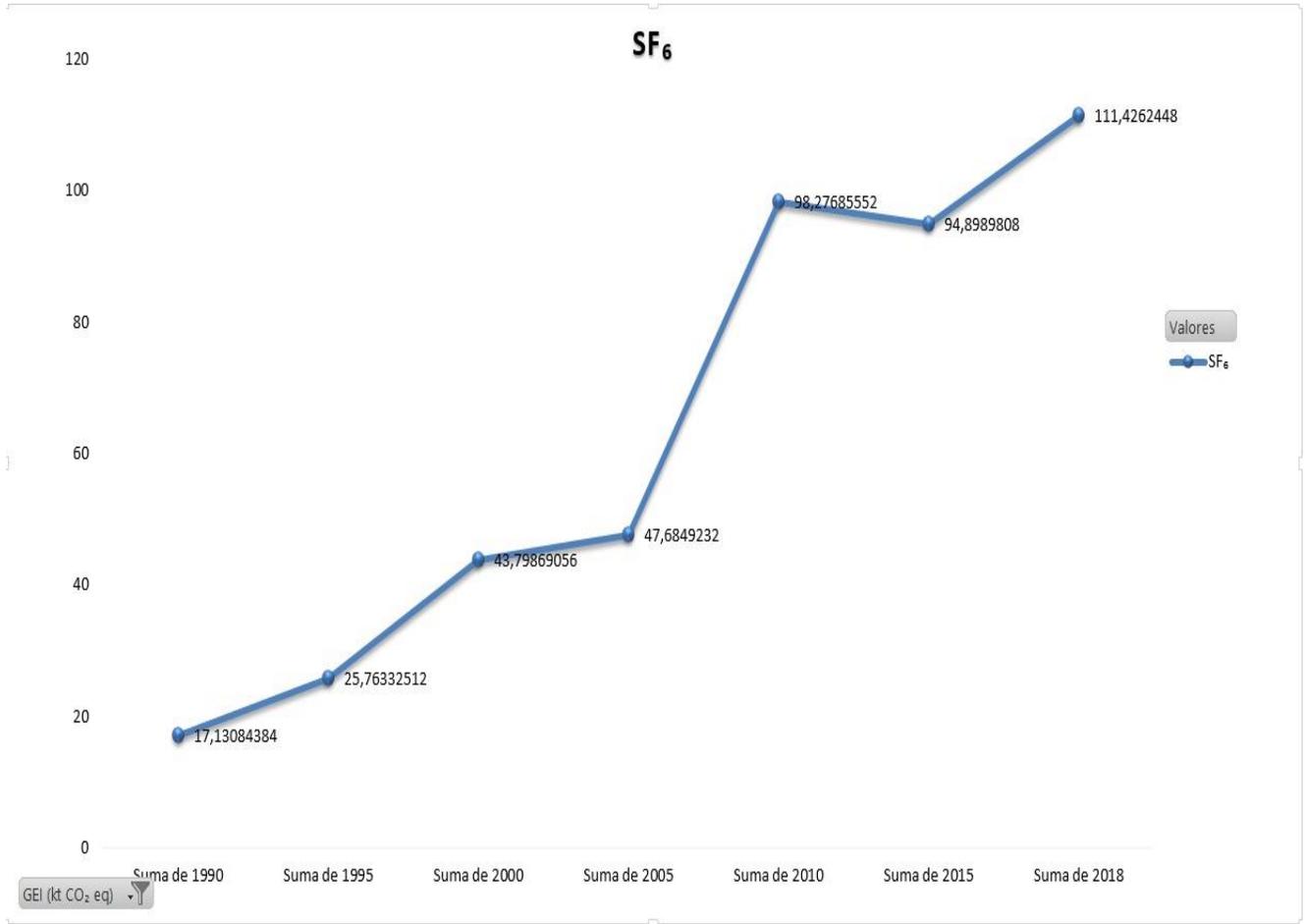


Ilustración 10

Fuente: INGEI de Chile.

**Figura 11: GEI (kt CO<sub>2</sub> eq)**  
**Hexafluoruro de Azufre**



*Ilustración 11*

Fuente: INGEI de Chile.



## 5.2.2 Sector Energía

El sector de Energía es el principal emisor de GEI representando el 77% de las emisiones totales en 2018, mayoritariamente por las emisiones producto de la quema de carbón mineral y gas natural para la generación eléctrica; y de combustibles líquidos para el transporte terrestre<sup>15</sup>. Además, incluye el consumo de combustibles fósiles en el país y sus emisiones fugitivas asociadas, es el principal sector emisor de GEI del país con un 49 % del balance de GEI en 2018. En este año, sus emisiones alcanzaron las 86.954 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 159% desde 1990 y en un 1% desde 2016. El principal causante de la tendencia es el aumento sostenido de consumo energético del país, incluyendo el consumo de carbón mineral y gas natural para la generación eléctrica (incluido dentro de la subcategoría *Industria de la energía*); y el consumo de combustibles líquidos para transporte terrestre (incluido dentro de la subcategoría *Transporte*), mayormente diésel y gasolina (Figura 12). Es importante destacar que posterior al 2016, las emisiones se mantienen estables debido a, por una parte, la disminución en el consumo de carbón para la generación eléctrica y al ingreso de nuevas fuentes de energía renovable (solar, eólica, geotérmica) así como también el ingreso de nuevas plantas de gas natural; y, por otra parte, al crecimiento en el consumo de gasolina y diésel en el transporte terrestre, que ha sostenido su crecimiento al igual que en los últimos años.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> INGEI, (1990-2018).

<sup>16</sup> SNiChile.

**Figura 12. Sector Energía: emisiones de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq) por subcategoría, serie 1990-2018**

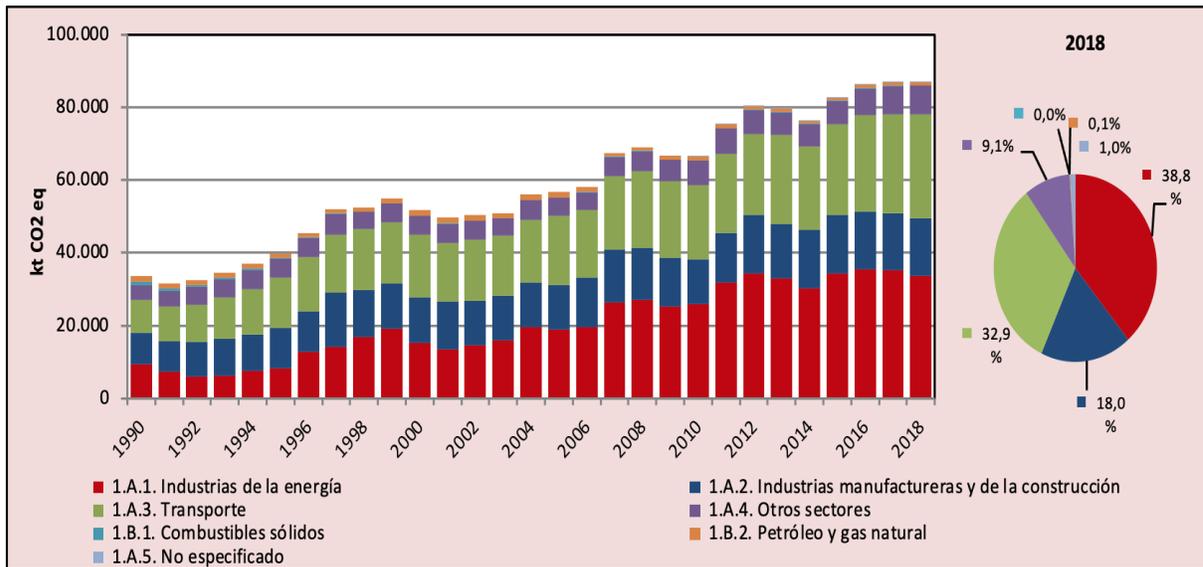


Ilustración 12

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

### 5.2.2.1 Industrias manufactureras y de la construcción.

Esta subjerarquía contiene las emisiones de GEI generadas por la quema de combustibles fósiles en la industria, incluyendo la quema para autogeneración de electricidad y calor para el uso propio de estas industrias además del transporte dentro de las faenas.

En 2018, las emisiones de GEI contabilizaron 15.673 kt CO<sub>2</sub> eq, incrementándose en un 82% desde 1990, y disminuyendo en un 2% desde 2016.

Las principales causantes de las variaciones interanuales se deben al crecimiento constante de la minería del cobre, la baja actividad de algunas

industrias por la competencia internacional y los costos de producción (como la industria del azúcar y la siderurgia), que a su vez inciden en el consumo de energéticos.<sup>17</sup>

**Figura 13. Industrias manufactureras y de la construcción: emisiones de GEI (kt CO<sub>2</sub> eq) por componente, serie 1990-2018**

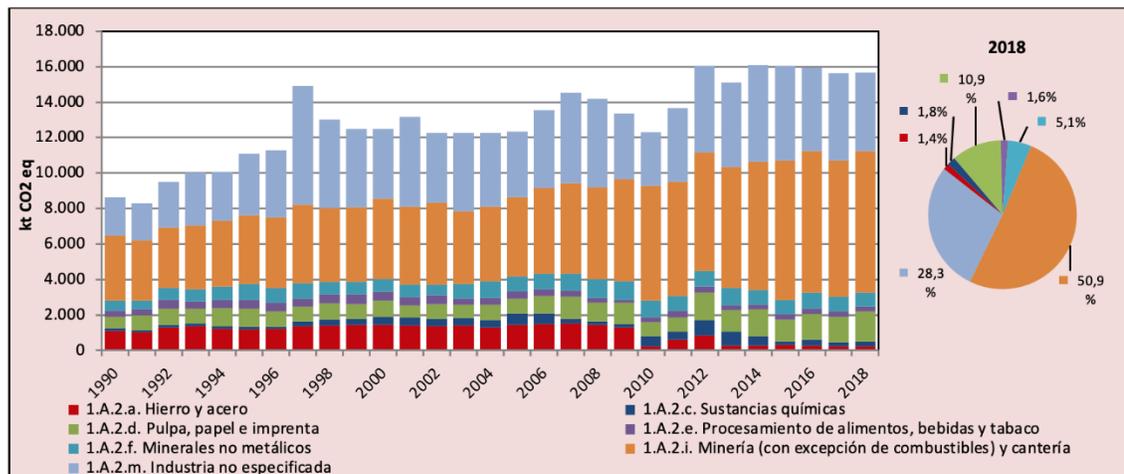


Ilustración 13

Fuente: Equipo Técnico de Energía del MINENERGIA

### 5.2.3 Factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional.

El Sistema Eléctrico Nacional, en simples palabras es una red de metro que tiene distintas estaciones y en cada una de estas estaciones, hay alguna planta de generación, líneas de transmisión, entre otras. Lo que todas estas estaciones interconectadas, forman el sistema eléctrico nacional.

En 2017, se pone en marcha la conexión entre el SING y el SIC en el SEN, por lo que a partir de esa fecha se representa solo SEN.

<sup>17</sup> SNiChile.



El factor de emisión GEI Sistema Eléctrico Nacional (tCO<sub>2</sub>eq/MWh): Corresponde a los valores informados en la CNE (Comisión Nacional de Energía) para la emisión neta de gases de efecto invernadero, considerando los sistemas eléctricos.<sup>18</sup>

$$\text{Formula: } \frac{\text{Emisiones GEI del Sistema Electrico Nacional } \left(\frac{\text{tCO}_2\text{eq}}{\text{MWh}}\right)}{\text{Generación de electricidad de Sistema Electrico Nacional (MWh)}}$$

En pocas palabras, el factor de emisión se calcula de forma mensual y el factor de emisión anual es el promedio de los factores de emisiones mensuales.

**Tabla 2: Factor de Emisiones GEI del SEN promedio anual.**

*Tabla 2*

Año	SIC	SING	SEN
2010	0,3555	0,7518	
2011	0,3841	0,7388	
2012	0,3945	0,8057	
2013	0,4351	0,8113	
2014	0,3636	0,7905	
2015	0,3459	0,7643	
2016	0,397	0,7667	
2017	0,3364	0,773	
2018	0,3364	0,773	0,4187
2019	0,3364	0,773	0,4056
2020	0,3364	0,773	0,3834
2021	0,3364	0,773	0,4353

FUENTE: Energía Abierta.

<sup>18</sup> Energía Abierta.

**Figura 14: Muestra el factor de emisiones GEI del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), expresado en Toneladas de CO2 equivalente/MWh generado.**

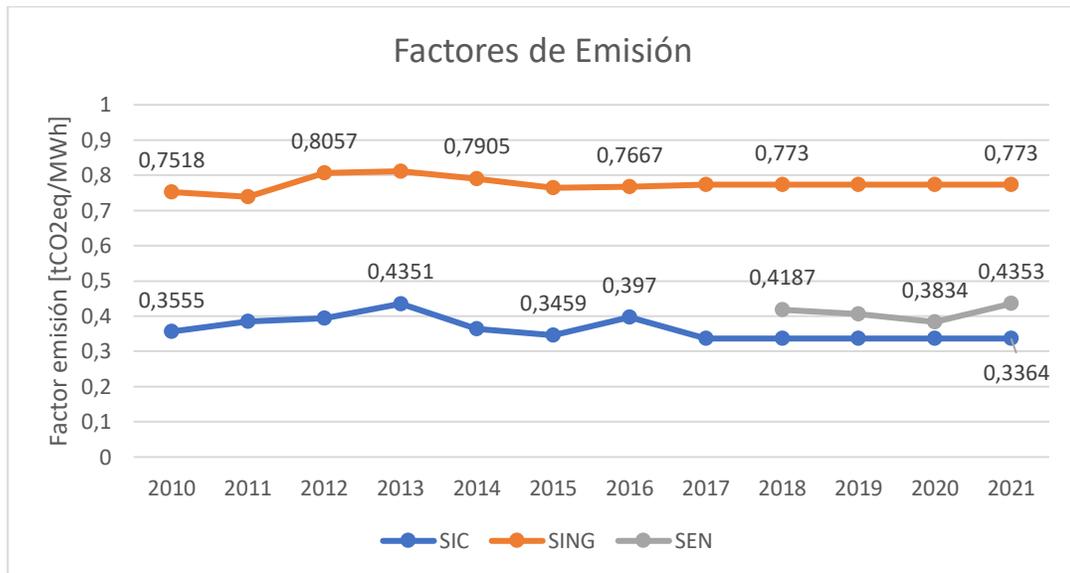


Ilustración 14

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4 Cambio Climático.

En 1992, se aprueba la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) tratado internacional para combatir el cambio climático. El objetivo de la CMNUCC es poder normalizar las concentraciones GEI, con el fin de reprimir interferencias antrópicas peligrosas al sistema climático.

Desde la revolución industrial (siglo XVIII), las actividades humanas han sido un gran causante de las concentraciones de gases de efecto invernadero como lo son Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y las temperaturas a nivel mundial han incrementado como consecuencia, al igual que el aumento el nivel del mar.



En diciembre de 2015, el CMNUCC adoptó el Acuerdo de París (AP) sobre cambio climático. Su objetivo es mantener el aumento de la temperatura global a final de siglo muy por debajo de los 2°C respecto a niveles preindustriales y promover esfuerzos para limitar el incremento de temperatura más allá de los 1,5°C. Los niveles mundiales de CO<sub>2</sub> han aumentado un 12%, pasando de las 356 ppm en 1992, cuando se adoptó el CMNUCC, a las 400 ppm en 2015. En el mismo período, el CO<sub>2</sub>-eq (para cualquier cantidad y tipo de GEI, la cantidad de CO<sub>2</sub> que tendría un impacto equivalente en el calentamiento global) creció un 13%, de las 421 ppm a las 485 ppm. Debido al efecto acumulativo de los GEI en la atmósfera, la ventana de oportunidad para conseguir los objetivos del acuerdo de París se está cerrando rápidamente.

La CMNUCC ha solicitado a ciertos países que informen sobre sus inventarios anuales de GEI. Estos informes han sido elaborados de acuerdo con los métodos estadísticos descritos en las Directrices de 2006 del Equipo de tareas sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero del IPCC.<sup>19</sup>

#### 5.4.1 Consecuencias del Cambio Climático.

- ✓ Inundaciones: Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), entre los años 1970 y 2013, constituyeron el desastre natural más frecuente, aunque cabe mencionar que según expertos estos desastres cada vez serán más frecuentes e intensos. Por otra parte, el Ministerio de Medio Ambiente hace mención de que cada vez tendremos más eventos hidrometeorológicos extremos y más intensos.
- ✓ Sequías: Si bien en algunos sectores llueve con grandes intensidades, como también dentro del mismo país hay sectores en los cuales pasa lo contrario, un claro ejemplo de este tipo de situaciones meteorológicas se encuentra Chile, que tras una década de escasez de lluvia ha llevado

---

<sup>19</sup> OMM, 2017.



una mega sequía en el territorio nacional. La Oficina de Cambio Climático de Chile calcula que las precipitaciones se han reducido en un promedio de 23 milímetros por década entre 1961 y 2018 y diversos estudios atribuyen entre el 12% y el 25% de la responsabilidad de este fenómeno al cambio climático causado por el hombre.<sup>20</sup>

- ✓ Huracanes: Estudios científicos han pronunciado que los ciclones tropicales han sido más intensos. Según un informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), el hecho de que América Latina sea escenario de otros "fenómenos complejos" hace que su interacción con el calentamiento global pueda contribuir a crear las "**condiciones apropiadas**" para que sus impactos sean "**desastrosos**".<sup>21</sup>
  
- ✓ Subida del Nivel del Mar: Desde 1993, el nivel del mar ha incrementado notablemente, esto se debe a causa del calentamiento global por los gases de efecto invernadero. Tales como: derretimiento de glaciares y deshielo en los polos. El principal motivo de estos derretimientos de hielos el aumento de temperatura de los océanos, lo que provoca la expansión de agua.

### **5.5 Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile.**

Por el Acuerdo de París, Chile debe realizar acciones necesarias para efectuar compromisos alcanzados de la Contribución determinada a Nivel Nacional (NDC), y así poder circular a un desarrollo sostenible e inclusivo.

Estas contribuciones son quienes guían la actividad climática en busca de paralizar el aumento de temperatura global, de movilizar inversiones públicas y

---

<sup>20</sup> BBC, 2019.

<sup>21</sup> BBC, 2019.



privadas en camino a un desarrollo sostenible e incrementar la resiliencia del planeta.

Chile, para la COP25, tuvo el gran desafío de liderar y organizar la Conferencia de las Partes (COP), cumbre anual que efectúa la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en esta COP en su edición número 25, impulsando para una de sus mayores metas que es la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, que accedan a parar el aumento de temperatura del planeta por debajo de los 2°C.

En materia de mitigación, el país ha avanzado considerablemente para afrontar los efectos del cambio climático, plasmando el sello de la actualización de la NDC, modificando el indicador de intensidad de emisiones, con el propósito de alcanzar 95 MtCO<sub>2</sub>eq al 2030, comprometiendo además alcanzar el máximo de emisiones (año peak) al 2025, y un presupuesto de emisiones de GEI que no superará las 1.100 MtCO<sub>2</sub>eq para el período 2020-2030. Esta meta, corresponde a un punto intermedio en el camino al carbono neutralidad al 2050 que hemos establecido en el Proyecto de Ley Marco de Cambio Climático, el que actualmente se encuentra en discusión en el Congreso Nacional de Chile.<sup>22</sup>

Otro punto relevante sobre la actualización de la NDC es la integración de políticas públicas entre aire limpio y clima, con el propósito de aminorar los contaminantes climáticos específicamente el carbono negro (BC), el cual, contribuye tanto al calentamiento global como a la contaminación local. Por lo tanto, conscientes de la importancia de vincular los objetivos climáticos con la calidad del aire y favoreciendo que las personas perciban localmente los beneficios en su calidad de vida, se presenta una meta para reducir el carbono negro, 2 lo que conlleva múltiples beneficios en salud, al lograr ciudades más

---

<sup>22</sup> NDC, 2020.



limpias y al minimizar los eventos locales de contaminación, junto con contribuir a la mitigación del cambio climático.<sup>23</sup>

En nuestro país, la intervención de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), en el total de emisiones a nivel mundial, es de alrededor de 0,25% al 2016. La media mundial de emisiones de CO<sub>2</sub> por individuo, para ese mismo año, es de 4,4 tCO<sub>2</sub> y según los cálculos del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI, 2016), Chile excede por muy poco esa cifra, con 4,7 tCO<sub>2</sub> por individuo, lo que está por debajo de la media de los países de la OCDE, que es de 9,2 tCO<sub>2</sub> por individuo (Tercer IBA, 2018). El distinguido GEI emitido en el año 2016 fue el CO<sub>2</sub> (78,7%), continuando con el CH<sub>4</sub> (12,5 %), N<sub>2</sub>O (6 %), y los gases fluorados (2,8%). El sector de Energía (proporcionado al consumo de combustibles fósiles) es el primordial emisor de GEI en Chile, figurando con el 78% de las emisiones totales en el año 2016.

En comparación de la NDC del año 2015 al de la actualidad que fue en abril de año 2020, Chile ha reflejado un gran avance hacia el compromiso medio ambiental, con el compromiso de neutralidad de los gases de efecto invernadero (GEI) al año 2050, resaltando al país durante la COP25.

Adicionalmente, y con el fin de tener una idea de cómo el país avanza de cara a la implementación de sus compromisos en materia de mitigación, se contempla el siguiente resumen (Tabla 3), con los principales indicadores relacionados con la NDC presentada en marzo de 2020.<sup>24</sup>

---

<sup>23</sup> NDC, 2020.

<sup>24</sup> INGEl, 2020.

**Tabla 3. INGEI de Chile: indicadores de interés**

Tabla 3

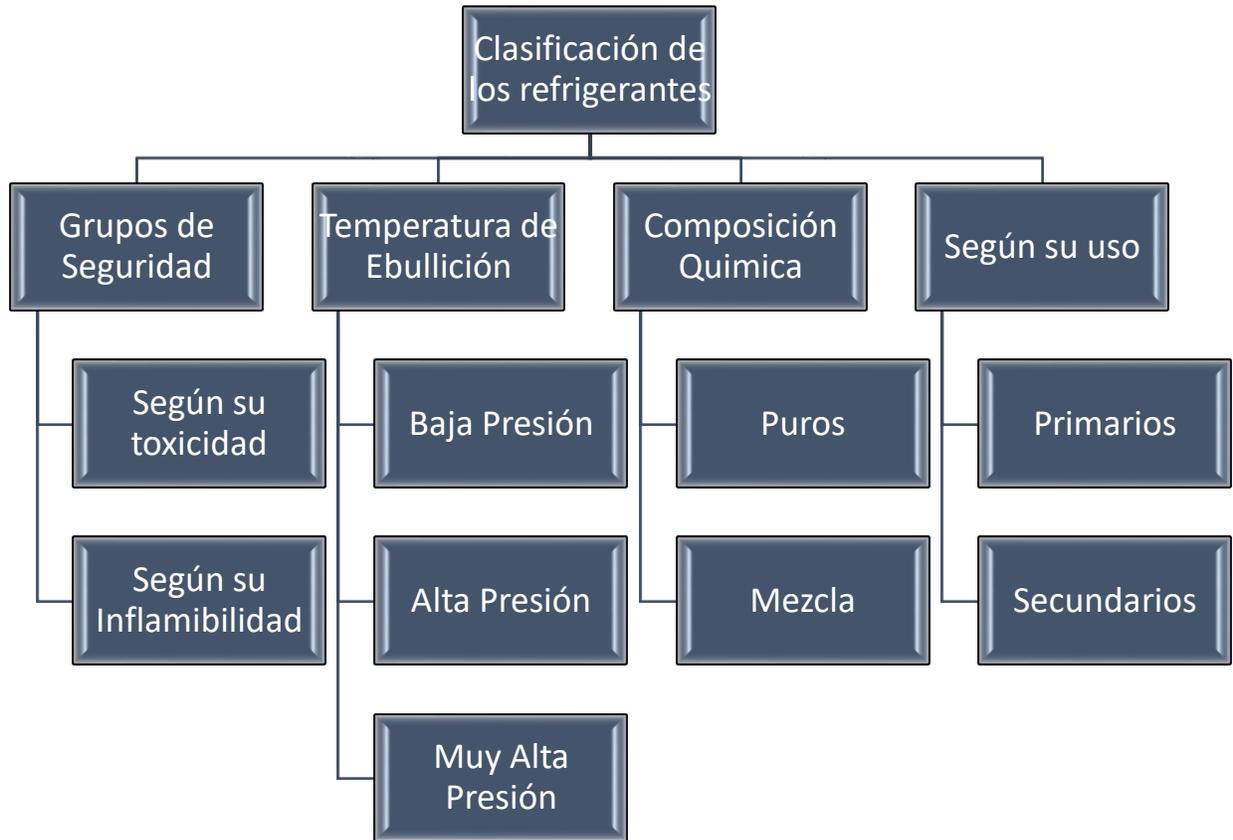
<b>Indicador</b>	<b>INGEI4IBA (4° Informe Bial de Actualización en Chile)</b>
Emisiones Acumuladas 2008-2018 (MtCO <sub>2</sub> eq)	1.108
Emisiones Anuales promedio	101
Máximo de Emisiones Actual (MtCO <sub>2</sub> eq)	112
Variación c/r 2016	2%
Variación c/r nivel esperado al 2030 (95MtCO <sub>2</sub> eq)	18%

Fuente: Elaboración del equipo Técnico Coordinador del MMA.

### **5.6 Gases Refrigerantes.**

En nuestra vida cotidiana es necesaria la refrigeración, ya sea, para la conserva de nuestros alimentos como también para la climatización de edificios, autos y hogares; pese a esto, se denomina refrigerante al utilizado en la transferencia de calor que en un sistema de refrigeración absorbe calor a bajas temperaturas y presión, traspasándolo a temperaturas y presión más altas; este proceso tiene generalmente lugar en los cambios de fase del fluido.

### 5.6.1 Clasificación de los Refrigerantes.



Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

### 5.6.1.1 Clasificación según Grupo de Seguridad.

Para los grupos de seguridad, se subdividen según su toxicidad y según su inflamabilidad, y se caracterizan por 2 caracteres alfanuméricos ejemplo: A1, B3. En estos casos, los números corresponden a la inflamabilidad y las letras indican su toxicidad, asimismo existe un tercer carácter denominado por la letra (L) lo que simboliza una baja velocidad de combustión. A continuación, en la Tabla 4, se mostrará la clasificación según Grupo de Seguridad.

**Tabla 4. Clasificación Grupo de Seguridad.**

*Tabla 4*

	Baja Toxicidad	Alta toxicidad
<b>Alta Inflamabilidad</b>	A3	B3
<b>Inflamable</b>	A2	B2
<b>Baja Inflamabilidad</b>	A2L	B2L
<b>No se propaga llama</b>	A1	B1

Fuente: NCh 3241/2017.

- ✓ Toxicidad: Refrigerantes que con una concentración promedio ponderada en el tiempo de 400 ppm o mayor, que no generan algún efecto adverso.
- ✓ Inflamabilidad: Refrigerantes de un solo compuesto o una mezcla de refrigerantes en WCF y WCFF, que no presentan propagación de llama, cuando se ensayan en aire a 60°C y 101,3 kPa<sup>25</sup>.

---

<sup>25</sup> INN, 2018.

### 5.6.1.2 Clasificación según Temperatura de Ebullición.



- ✓ Baja Presión: Refrigerantes con una temperatura de ebullición mayor o igual que  $-10^{\circ}\text{C}$  a 101,3 KPa.
- ✓ Alta Presión: Refrigerantes con una temperatura de ebullición mayor o igual a  $-55^{\circ}\text{C}$  y menor que  $-10^{\circ}\text{C}$ , a 101,3 KPa.
- ✓ Muy Alta Presión: Refrigerantes con una temperatura de ebullición menor que  $-55^{\circ}\text{C}$  a 101,3KPa.

### 5.6.1.3 Clasificación según su Composición Química.

- ✓ Refrigerantes Puros: Se denominan una sustancia desarrollada por un compuesto único que conserva su temperatura constante en el cambio de fase a una presión determinada. además, vale mencionar que las fugas no alteran su composición. Ejemplos: R-12, R22, R134a.
- ✓ Mezclas azeotrópicas: Son mezclas de fluidos refrigerantes cuyas etapas de vapor y líquido en equilibrio tienen la misma estructura a una presión determinada. Asimismo, al igual que los refrigerantes puros, las fugas no alteran su composición. Ejemplos: 5XX.

- ✓ Mezclas Zeotrópicas: Estas mezclas corresponden a cuyas fases de vapor y líquido en equilibrio tienen distinta composición a una presión determinada, y las fugas si alteran su composición. Ejemplos: R-4XX.

**Figura 15. Clasificación según Composición Química.**

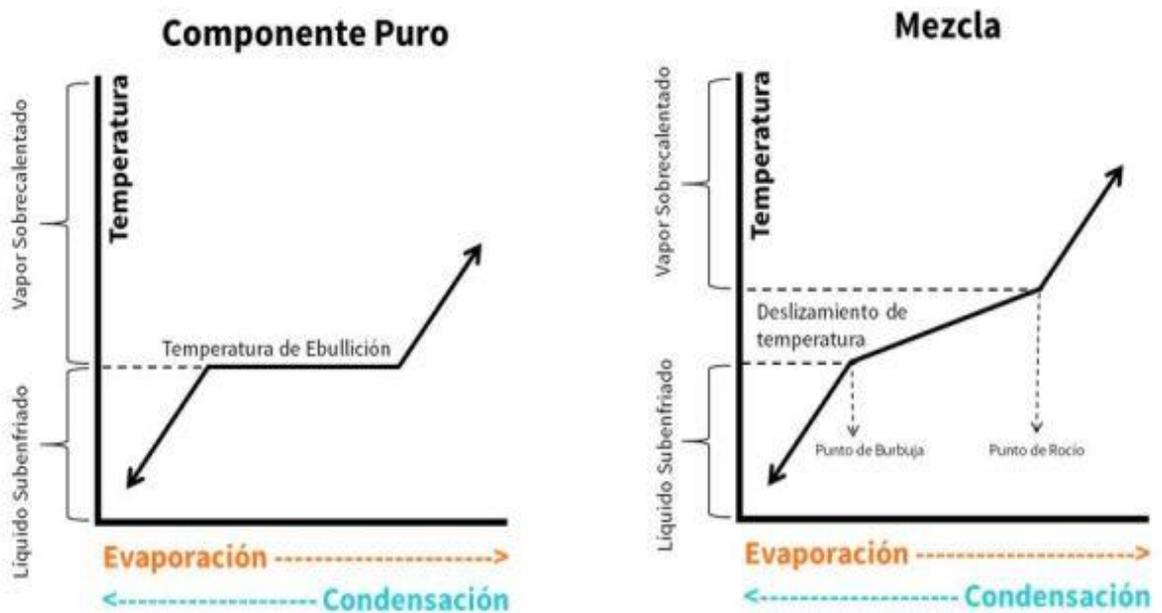


Ilustración 15

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente.

Según la Figura 15, se puede observar que para una mezcla zeotrópica, al pasar por un cambio de fase de los compuestos, la temperatura a lo largo del cambio de estado va aumentando hasta que ocurre la evaporación/condensación en su totalidad.



#### 5.6.1.4 Clasificación Según Su Uso.

- ✓ Refrigerante Primario: Fluido usado en la transmisión de calor que, para un sistema de frigorífico, atrae calor a bajas temperaturas y presión, traspasándolo a temperaturas y presión más elevada. Este procedimiento tiene cambios de fases del fluido (evaporación/condensación).
- ✓ Refrigerantes Secundarios: Son fluido que intercambia calor con los refrigerantes primarios, siendo fluidos de intermediarios, que se usan en circuitos de grandes dimensiones optimizando costos y seguridad, puesto que se trata de líquidos peligrosos, que reducen considerablemente la cantidad de los fluidos primarios en circulación y la probabilidad de perdidas accidentales.

#### 5.6.2 Refrigerantes y su Impacto al Medio Ambiente.

Existen refrigerantes que en sus moléculas contienen cloro y que, como consecuencia, su dispersión a la atmósfera crea un agotamiento a la capa de ozono. Por otro lado, existen también refrigerantes que en sus moléculas no contienen cloro, pero su liberación a la atmósfera contribuye al calentamiento global al ser gases de efecto invernadero denominados por el Potencial de Calentamiento Global (PCG).

- ✓ Potencial de Agotamiento de la Capa de Ozono (PAO): índice numérico relativo a 1 (CFC-11=1), que cuantifica el potencial destructor de la capa de ozono que produce una sustancia.

- ✓ Potencial de Calentamiento Global (PCG): índice numérico relativo a 1 (CO<sub>2</sub>=1), que cuantifica el potencial de efecto invernadero (GEI) que produce una sustancia. <sup>26</sup>

#### 5.6.2.1 Tipos de Refrigerantes.

**Tabla5. Refrigerante R-11**

Tabla 5

<b>Designación</b>	<b>R-11</b>
Familia	CFC
PAO	1
PCG (100 años)	4660
T° Ebullición (°C)	23,71°C
T° Critica (°C)	198°C

Fuente: MMA

**Tabla 6. Refrigerante R-22**

Tabla 6

<b>Designación</b>	<b>R-22</b>
Familia	HCFC
PAO	0,055
PCG (100 años)	1760
T° Ebullición (°C)	-40,8 °C
T° Critica	96,14 °C

Fuente: MMA

<sup>26</sup> MMA, 2020.

**Tabla 7. Refrigerante R.410A**

*Tabla 7*

<b>Designación</b>	<b>R-410A</b>
Familia	HFC
PAO	0
PCG (100 años)	1924
T° Ebullición (°C)	-51,44 °C
T° Critica	71,34 °C

Fuente: MMA

**Tabla 8. Refrigerante R-507**

*Tabla 8*

<b>Designación</b>	<b>R-507</b>
Familia	HFC
PAO	0
PCG (100 años)	3985
T° Ebullición (°C)	-46,74 °C
T° Critica	70,61 °C

Fuente: MMA.

5.6.3 Norma Chilena NCh 3241:2017 (Sistemas de Refrigeración y Mantenición) Sistema de refrigeración y climatización.

Esta Norma Chilena, establece una clasificación de sistemas de refrigeración y climatización, indicando buenas prácticas para su mantención (tipo I, II, III), buenas prácticas para su manipulación y gestión de refrigerantes.

**Tabla 9. Clasificación de los Sistemas de Refrigeración según su Aplicación**

Tabla 9

Clasificación	Categoría	Descripción
Sistemas Fijos	Refrigeración Domestica	Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados generalmente en domicilios particulares, principalmente para mantener productos alimenticios frescos y/o congelados.
	Refrigeración Comercial	Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados en actividades comerciales de diferentes rubros, tales como: restaurantes, hoteles, supermercados, almacenes, mini Market, entre otros. Principalmente para mantener y/o elaborar productos alimenticios, frescos y congelados. Esta categoría incluye sistemas como: vitrinas, botelleros, máquinas de hielo, fabricadoras de lado, cámaras frigoríficas, entre otros.
	Refrigeración Industrial	Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados en procesos productivos de diferentes rubros, tales como: alimentos preparados, industrias químicas, agroindustrias, vinícolas, pesqueras, procesadora de carnes, entre otros. Estos sistemas son utilizados directamente en el proceso productivo, en la conservación del producto final y de la materia prima, a diferentes temperaturas según requerimiento. Esta categoría incluye sistemas

		<p>como: túneles de enfriamiento, túneles de congelación, enfriadores de líquidos, entre otros. Únicamente para efectos de clasificación, esta categoría incluye a sistemas que utilizan R-717 (amoniaco) como refrigerante, en cualquiera de sus posibles configuraciones y aplicaciones.</p>
<p>Sistemas Móviles</p>	<p>Refrigeración para el transporte</p>	<p>Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados para conservar la cadena de frío en distintos productos, de acuerdo con necesidades específicas (frescos y/o congelados). Estos sistemas son incorporados a variados medios de transporte (terrestre, marítimos y aéreos).</p>

27

FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente.

**Tabla 10. Clasificación de los sistemas de climatización según su aplicación.**

*Tabla 10*

<b>Clasificación</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
Sistemas Fijos.	Climatización Domestica	Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados en domicilios particulares, proporcionando condiciones ambientales para el bienestar humano. Esta categoría incluye sistemas de aire acondicionado del tipo ventana, divididos (de pared), portátiles, entre otros.
	Climatización Comercial	Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados en centros comerciales, salas de ventanas, salas de atención al público, instituciones financieras, oficinas públicas y privadas; proporcionando condiciones ambientales para el bienestar humano. Esta categoría incluye sistemas de aire acondicionado del tipo divididos (en cualquier de sus configuraciones), enfriadores de agua (chiller) y sus unidades terminales, compactos, entre otros.
		Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados para generar condiciones climáticas específicas (incluye la humidificación y deshumidificación), según distintos

	Climatización Industrial	requerimientos. Estos sistemas generalmente son utilizados en laboratorios, pabellones de cirugía, centros de datos, salas eléctricas y telecomunicaciones, y cualquier proceso industrial que requiera el control de temperatura y la humedad relativa del ambiente. Esta categoría incluye principalmente a sistemas de aire acondicionado de precisión, con distintas características constructivas.
Sistemas Móviles.	Climatización para transporte.	Los sistemas pertenecientes a esta categoría son utilizados en medios de transportes terrestres, marítimos y aéreos, proporcionando condiciones ambientales para el bienestar humano.

28

FUENTE: Ministerio de Medio Ambiente.

#### 5.6.4 Buenas prácticas en el uso de refrigerantes en sistemas de refrigeración y mantención.

- ✓ Criterios Generales para Instalación de Sistemas:
- Consideraciones para la instalación del tendido de tuberías para refrigerantes.
- Cámaras frigoríficas y salas de proceso.
- Cuarto de máquinas.
- Acciones previas a la puesta en marcha.
- Revisión del sistema antes de la puesta en marcha.



- ✓ Manipulación y Gestión de Refrigerante:
  - Extracción del refrigerante en un proceso de mantención o al final de la vida útil del sistema.
  - Transporte y almacenamiento del refrigerante.
  - Requisitos para la reutilización del refrigerante.
  - Consideraciones generales para la manipulación del refrigerante.
  - Registro de manipulación.
  - Requisitos para la eliminación de refrigerantes y componentes contaminados.
  
- ✓ Mantención del Sistema:
  - Limpieza del circuito frigorífico.
  - Requisitos y consideraciones para efectuar el cambio de refrigerante.
  - Requisitos para las máquinas de recuperación y reciclaje.
  - Mantención preventiva.
  - Mantención correctiva.
  - programa de prevención y detección de fugas.<sup>29</sup>

---

<sup>29</sup> INN.



## 6. METODOLOGÍA

Este proceso metodológico será desarrollado a través de los siguientes pasos:

### 6.1 Investigación Técnica

Se examinará a través de normativas y documentos nacionales e internacionales, los estándares sobre la huella de carbono, así como la ISO 14067/2018 huella de carbono de productos, ISO 14026/2017 etiquetas y declaraciones ambientales, NCh 3241:2017 sistemas de refrigeración y climatización, entre otras. Dentro de las metodologías para llevar a cabo una evaluación de huella de carbono corporativa, también se puede encontrar la norma Internacional ISO 14064 y reporte GHG Protocol del instituto de recursos mundiales WRI.

### 6.2 Investigación de Antecedentes

En esta etapa se identificarán los procesos de una planta frigorífica, esto quiere decir, conocer el transcurso de los GEI, desde mi primera fuente emisora que para este caso sería la llegada de camiones a la planta frigorífica, hasta llegar a la última fuente emisora contaminante de gases de efecto invernadero. Para poder identificar las fuentes emisoras GEI propiamente. Estas provienen de las siguientes categorías de fuentes:

- Combustión fija: Combustión de combustibles en equipos estacionarios o fijos, como calderas, hornos, quemadores, turbinas, calentadores, incineradores motores, flameadores, etc.



- Combustión móvil: Combustión de combustibles en medios de transporte, como automóviles, camiones, autobuses, trenes, aviones, buques, barcos, barcas, embarcaciones, etc.<sup>30</sup>

Además, cuantificar la huella de carbono, que dependerá del enfoque específico, que, en este caso, para una planta frigorífica el enfoque específico será el corporativo el que tiene como metodología diferentes tipos de alcances, en los que se evalúa la huella de carbono en un periodo de tiempo establecido; para una apropiada gestión la huella de carbono corporativa agrupa las emisiones GEI en alcances:

- Emisiones directas (Alcance 1): son aquellas emisiones de gases de efecto invernadero que provienen de fuentes que son propiedad o son controladas por la empresa, como, por ejemplo, consumo de combustibles fósiles en fuentes fijas y/o móviles, fugas no intencionadas de los equipos de climatización, etc.
- Emisiones indirectas por consumo y distribución de energía (Alcance 2): corresponden a las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de electricidad y/o vapores generados por terceros.<sup>31</sup> Permite valorar los riesgos y oportunidades asociados a los cambiantes costos.

---

<sup>30</sup> GHG Protocol.

<sup>31</sup> MMA

Figura 16: Tipos de Emisiones por Alcance.

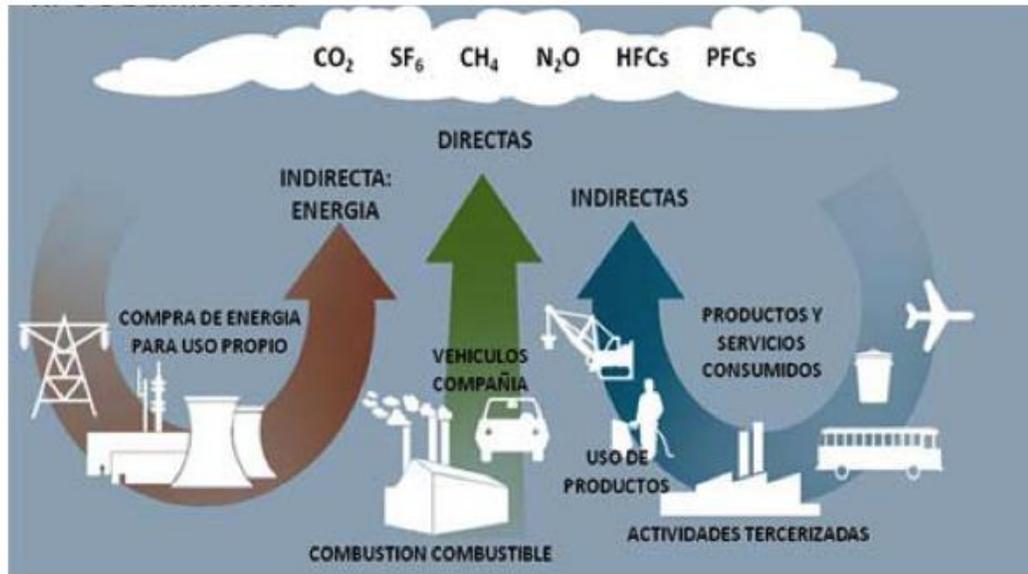


Ilustración 16

Fuente: GHG Protocol.

### 6.3 Herramientas de Cálculo

**Tabla 11. Panorama de las herramientas de cálculo disponibles en el sitio web del protocolo GEI.**

Tabla 11

	Herramientas de Cálculo	Características Principales
<b>Herramientas Intersectoriales</b>	Combustión Fija.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálcula las emisiones directas e indirectas de CO<sub>2</sub> de la combustión de combustibles en equipo estacionario o fijo.</li> <li>- Proporciona dos opciones para asignar las emisiones de GEI de una planta de cogeneración.</li> <li>- Provee factores de emisiones de referencia combustibles y electricidad promedio nacional.</li> </ul>
	Combustión Móvil.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálcula las emisiones directas e indirectas de CO<sub>2</sub> de la combustión de combustibles fósiles en fuentes móviles.</li> <li>- Provee cálculos y factores de emisiones para transporte terrestre, aéreo, acuático y férreo.</li> </ul>
	HFC del uso del Aire Acondicionado y Refrigeración.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cálcula las emisiones directas de HFCs durante la manufacturera, uso y disposición de equipo de refrigeración y aire acondicionado en aplicaciones comerciales.</li> <li>- Provee 3 metodologías de cálculo:</li> </ul>

		<p>Un método basado en ventas, un método basado en fases del ciclo de vida y un método basado en factores de emisión.</p>
	<p>Incertidumbre en la Medición y Estimación de Emisiones GEI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incorpora elementos fundamentales del análisis de incertidumbre y cuantificación.</li> <li>- Calcula incertidumbre estadística de los parámetros debido a errores aleatorios relacionado con los cálculos de emisiones GEI.</li> <li>- Automatiza los pasos de información involucrados en desarrollar una evaluación básica de la incertidumbre para datos del inventario del GEI.</li> </ul>

Fuente: GHG Protocol.

El Protocolo de GEI crea estándares y herramientas que son aplicables a cualquier organización, empresa y sector. En respuesta a las necesidades de los usuarios, el Protocolo de GEI también desarrolla herramientas de cálculo que se basan en los estándares más generales. Sin embargo, otros grupos y organizaciones también están desarrollando sus propias herramientas para respaldar los estándares del Protocolo de GEI.



Las siguientes herramientas se desarrollaron en estrecha colaboración con el Protocolo de GEI y se han revisado para garantizar que cumplen con los estándares del Protocolo de GEI. Han obtenido la marca "Built on GHG Protocol", que reconoce los recursos contables que se han desarrollado de conformidad con un estándar de GHG Protocol.<sup>32</sup>

#### **6.4 Generación (propuesta) para mejorar de buenas prácticas**

Este proceso concierne con una propuesta de mejora para un ahorro más eficiente, para la aplicación de metodología desarrollada para la disminución de huella de carbono en la planta frigorífica. En este paso se presentará un mejor manejo y uso para las fuentes emisoras generando mayor responsabilidad y conciencia a nuestro medio ambiente.

---

<sup>32</sup> GHG Protocol.



## 7. RESULTADOS

### 7.1 investigación técnica

#### 7.1.1: ISO 14067:2018

El cambio climático tiene intervenciones tanto para la humanidad como para la naturaleza puede tener un impacto significativo en el bienestar de las personas, disponibilidad de recursos y la actividad económica. En base a esto, los sectores privados y públicos que están abiertos a implementar mejoras en respuesta a un desarrollo de iniciativas regionales, comunales, locales e internacionales con el fin de aminorar las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera. Es por esta razón que se necesita una respuesta eficaz ante la inminencia del cambio climático.

La familia de la Norma ISO 14060 proporciona claridad y coherencia para cuantificar, realizar seguimiento, informar y validar o verificar las emisiones y remociones de GEI para apoyar el desarrollo sostenible a través de una economía baja en carbono. También beneficia a las organizaciones, los proponentes de proyectos y las partes interesadas de todo el mundo al proporcionar claridad y coherencia en la cuantificación, el seguimiento, la generación de informes y la validación o verificación de las emisiones y remociones de GEI. Específicamente, el uso de la familia de la Norma ISO 14060:

- Mejora la integridad ambiental de la cuantificación de GEI.
- Mejora la credibilidad, la coherencia y la transparencia de la cuantificación, el seguimiento, la presentación de informes, la validación y la verificación de GEI.



- Facilita el desarrollo y la implementación de estrategias y planes de gestión de GEI.
- Facilita el desarrollo y la implementación de acciones de mitigación a través de reducciones de emisiones o aumento de remociones.
- Facilita la capacidad de trazar el desempeño y el progreso en la reducción de las emisiones de GEI y/o el aumento de las remociones de GEI.

Las aplicaciones de la familia de la Norma ISO 14060 incluyen:

- Decisiones corporativas, como la identificación de oportunidades de reducción de emisiones de GEI y el aumento de la rentabilidad mediante la reducción del consumo de energía.
- Gestión del riesgo de carbono, como la identificación y gestión de riesgos y oportunidades.
- Iniciativas voluntarias, como la participación en registros voluntarios de GEI o iniciativas de informes de sostenibilidad.
- Mercados de GEI, como la compra y venta de derechos de emisión o créditos de GEI;
- Programas de GEI reglamentarios/gubernamentales, como crédito para acciones tempranas, acuerdos o iniciativas de informes nacionales y locales.<sup>33</sup>

---

<sup>33</sup> Online Browsing Platform.

**Figura 17 Relación entre la familia de Normas ISO 14060 de GEI.**

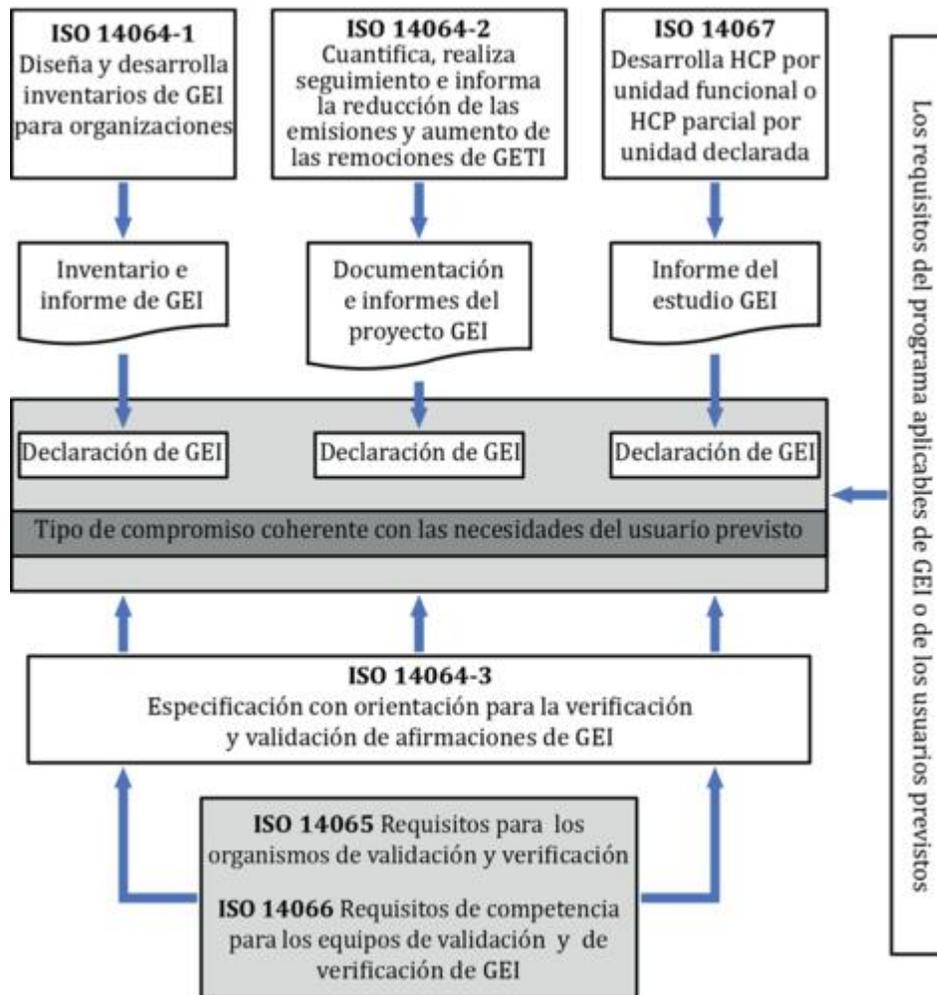


Ilustración 17

FURNTE: Online Browsing Platform.

Se estima que este documento favorezca a gobiernos, proveedores de servicios, organizaciones, comunidades y otras partes interesadas para la claridad y coherencia en la cuantificación de huella de carbono de productos



(HCP); así como: proporcionar requisitos para la cuantificación del HCP, preparar información confiable de la HCP, entre otros.

#### 7.1.2: ISO 14064-2:2019

Dentro de las metodologías para llevar a cabo una evaluación de huella de carbono, se tienen diferentes normativas ISO que permiten un procedimiento para un seguimiento, reducimiento de gases de efecto invernadero. Para la ISO 14064-2:2019, en el que este documento ha sido elaborado por el Comité Técnico ISO/TC 207, Gestión ambiental, Subcomité SC 7, Gestión de gases de efecto invernadero y actividades relacionadas<sup>34</sup>. Este documento especifica y orienta a nivel de proyecto para cuantificación, seguimiento e informes de actividades distintas para producir reducciones de emisiones.

En general, el ciclo del proyecto de GEI se caracteriza por dos fases principales: una fase de planificación y una fase de implementación. Las etapas del ciclo del proyecto de GEI varían dependiendo de la escala del proyecto y de las circunstancias específicas, incluyendo la legislación aplicable, los métodos, y los programas de GEI o las normas. Aunque este documento especifica los requisitos para la cuantificación, el seguimiento y el informe de proyectos de GEI, un ciclo típico de proyecto de GEI puede incluir elementos adicionales, tal como se muestra en la figura 17.<sup>35</sup>

Este documento provee la base para que los proyectos de GEI se validen y verifiquen; además, especifica los principios y requerimientos para establecer el punto de referencia y para el seguimiento, cuantificación e informe de las emisiones del proyecto. Se orienta en proyectos de GEI o actividades de proyectos basadas para reducir las emisiones de GEI y/o aumentar las remociones de GEI.

---

<sup>34</sup> Online Browsing Platform (OBP).

<sup>35</sup> Online Browsing Platform (OBP).

Figura 18 — Ciclo típico de un proyecto de GEI

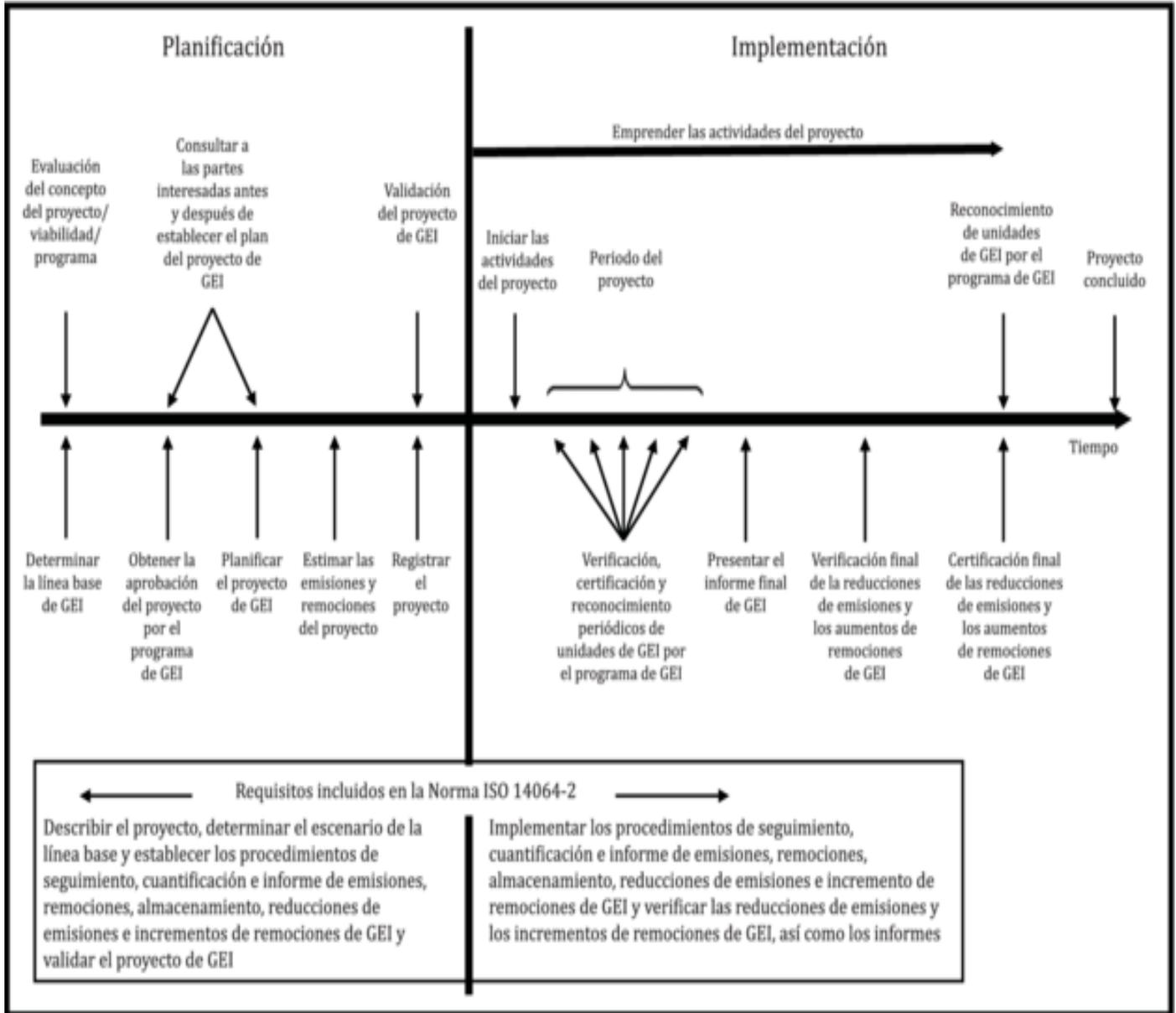


Ilustración 18

FUENTE: Online Browsing Platform.



La planificación de un proyecto consta en las siguientes proponentes:

- Describir el proyecto.
- Identifica y selecciona fuente, sumidero y reservorio (FSR) de gases de efecto invernadero pertinentes para el proyecto.
- Determina el escenario de la línea base e identifica y selecciona FSR de GEI procedentes en la línea base.
- Desarrolla procedimientos para cuantificar, hacer seguimiento e informar de las emisiones, remociones, reducciones de emisiones y aumentos de remociones GEI.

Para la fase de implementación se especifica requisitos para seleccionar, aplicar criterios y procedimientos para:

- Gestión regular calidad de datos.
- Seguimiento.
- Cuantificación e informe de emisiones y remociones de GEI en el proyecto y línea base.
- Cuantificación e informe de reducciones de emisiones y aumento de remociones GEI.

La implementación de un proyecto de GEI se puede iniciar con una actividad específica (por ejemplo, una acción para instalar, implementar, emprender o empezar de otra forma la operación) y puede terminar con una actividad específica de culminación (por ejemplo, una acción para completar, cerrar, concluir la actividad o finalizar formalmente de otra forma el proyecto). El período y la frecuencia del informe pueden variar dependiendo de los requisitos específicos del proyecto de GEI y/o del programa de GEI. A partir de los datos actuales y de la información seguida y recopilada durante la implementación del



proyecto, se pueden verificar las emisiones, remociones, reducciones de emisiones y aumentos de remociones de GEI cuantificados<sup>36</sup>.

## 7.2 Investigación de antecedentes

Como primera etapa de identificación de contaminantes GEI para una planta frigorífica y que, como única fuente emisora, se encuentra la combustión móvil, como se mencionó anteriormente, proviene de la combustión de combustible de camiones, para este caso, sería el traslado de los alimentos de la planta frigorífica a través de estos tipos de transporte, al mismo tiempo se encuentran los refrigerantes R-404, debido a que los camiones también cuentan con este tipo de sistema para almacenar el traslado de sus alimentos, además de los refrigerantes que se encuentran al interior de la fábrica para el almacenamientos de alimentos. Dentro de los alcances en los que se evalúa la huella de carbono en un periodo determinado, se agrupan las emisiones GEI en diferentes alcances que, para la planta frigorífica, se tienen los siguientes:

- **Alcance 1 (Emisiones Directas):** Controladas por la planta frigorífica, se tienen: consumo de combustibles fósiles en fuentes móviles y/o fijas, y fugas no intencionadas de los equipos de climatización.

Para el caso de la planta frigorífica, el tipo de refrigerante que se utiliza es el R-22 para instalaciones de la planta y R-404 para camiones, el cual dispone de su cantidad (Kg, g, etc) de gas se ha recargado durante un periodo de un año de estudio. Información sobre tipo y cantidad de gas refrigerante que se pueden encontrar en:

- Proveedor, fabricante o empresa de servicio encargada de las tareas de mantenimiento.
- Etiqueta del equipo.

---

<sup>36</sup> Online Browsing Perform.



- Manual o especificaciones técnicas.

Las emisiones fugadas se pueden producir como consecuencia de fugas no deseadas de gas fluorado o como resultado de fugas intencionadas realizadas por labores de mantención de los equipos.

### **Factor de Emisión de los Gases Refrigerante**

Para los PCG (Potenciales de calentamiento Global) de los gases refrigerantes, conciernen las emisiones formadas por estos en comparación a la generadas por la misma masa de CO<sub>2</sub>.

Para el refrigerante R-22, su factor de emisión es de 1.810 Kg CO<sub>2</sub>/Kg de gas, que proviene de la medición y diseño de un plan de disminución de la huella de carbono perteneciente a fundación Chile. El factor de emisión para el caso de gases refrigerantes concierne al valor de Potencial de Calentamiento Global (PCG).

- **Alcance 2 (Emisiones indirectas por consumo y distribución de energía)**: Consumo de electricidad procedentes externos del año para el que se está realizando el cálculo, por lo tanto, los datos a utilizar son los KWh, reflectados en las facturas de electricidad del año en cuestión.

### **Factor de Emisión asociadas al Consumo Eléctrico**

Para calcular las emisiones asociadas al consumo eléctrico, debe aplicarse el factor de emisión atribuible al Ministerio de Energía, en donde la fuente de dato de factor de emisión GEI del sistema eléctrico nacional (tCO<sub>2</sub>eq/MWh), correspondiente a los valores informados en la CNE para la emisión de gases



de efectos invernaderos, considerado en el sistema eléctrico SEN<sup>37</sup>. por lo tanto el factor de emisión de electricidad según Ministerio de energía es de 0,3834[tCO<sub>2</sub>eq/MWh].

### 7.3 Herramientas de Cálculo

#### Alcance 1

Ejemplo de Cálculo: Una empresa dispone de un equipo de aire acondicionado HFC- 134 que tiene una capacidad de 3 Kg.

DATOS DE CÁLCULO
Recarga de gas (fuga) HFC- 134.
PCG del HFC134 = 1.100 KgCO <sub>2</sub> /Kg.
Emisiones CO <sub>2</sub> = 3Kg (HFC-134) × 1.100 (KgCO <sub>2</sub> /Kg) = <b>3.300 KgCO<sub>2</sub>eq.</b>

Al descubrir un mal funcionamiento del equipo, se efectúa una revisión y se detecta una fuga. Al reparar el equipo, este se recarga con 3kg del mencionado gas.

Por lo tanto, el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub>, asociadas serian:

❖ *Dato Real de una empresa frigorífica, según tabla 12:*

---

<sup>37</sup> Ministerio de Energía

**Tabla12: Factor de Emisión Refrigerante R-22**

Tabla 12

Factor de Emisión para Refrigerante R-22			
PCG R-22 [KgCO <sub>2</sub> /Kg]	Fecha	Recarga de gas [Kg] (fuga)	Emisiones de [CO <sub>2</sub> Kg]
1.810	08/01/2020	794	1.437.140
1.810	07/04/2020	794	1.437.140
1.810	09/06/2020	794	1.437.140
1.810	08/09/2020	794	1.437.140
		<b>Promedio anual = 5.748.560 [CO<sub>2</sub>/Kg]</b>	

#### DATOS DE CÁLCULO

Recarga de gas (fuga) R-22.

PCG del HFC 22 = 1.810 KgCO<sub>2</sub>/Kg.

Emisiones CO<sub>2</sub> = 3176Kg (HFC-22) × 1.810 (KgCO<sub>2</sub>/Kg) = 5.748.560 **KgCO<sub>2</sub>eq.**

Fuente: Elaboración Propia.

Alcance 2:

Ejemplo de Cálculo:

Supongamos una empresa con un consumo eléctrico correspondiente al año 2018 es de 38.000 KWh. Por lo tanto, tenemos:



### DATOS DE CÁLCULO

$$38.000 \text{ [kWh]} \times 0,4187 \text{ [tCO}_2\text{eq/MWh]} = \text{[tCO}_2\text{eq]}$$

$$38.000 \text{ [kWh]} / 1000 = 38 \text{ [MWh]}$$

$$38 \text{ [MWh]} * 0,4187 \text{ [tCO}_2\text{eq]} = 15,91 \text{ [tCO}_2\text{eq]}$$

❖ Dato Real de una empresa frigorífica:

Datos respecto a energía eléctrica del año 2020, tenemos según tabla 13:

**Tabla 13: Consumo Energía Eléctrica**

Tabla 13

Mes	Electricidad Consumida	Consumo KWh	Valor Consumido
Enero	\$4.734.938	191.933	\$11.042.752
Febrero	\$6.047.189	221.067	\$10.282.374
Marzo	\$5.914.443	208.960	\$10.362.960
Abril	\$6.460.415	223.580	\$11.051.746
Mayo	\$5.911.122	201.583	\$21.378.323
Junio	\$5.449.696	194.141	\$8.934.933
Julio	\$4.474.958	165.948	\$9.969.731
Agosto	\$4.831.946	176.274	\$9.700.183
Septiembre	\$4.741.375	179.799	\$10.655.235
Octubre	\$4.906.145	188.772	\$9.589.779
Noviembre	\$5.170.601	199.060	\$11.558.727
Diciembre	\$5.531.396	201.404	\$11.878.986
<b>TOTAL AÑO 2020</b>		<b>2.352.521</b>	<b>\$136.405.729</b>

FUENTE: Elaboración propia.

#### DATOS DE CÁLCULO

$$2.352.521 \text{ [kWh]} \times 0,3834 \text{ [tCO}_2\text{eq/MWh]} = \text{[tCO}_2\text{eq]}$$

$$2.352.521 \text{ [kWh]} / 1000 = 2.352,5 \text{ [MWh]}$$

$$2352,5 \text{ [MWh]} * 0,3834 \text{ [tCO}_2\text{eq]} = 901,9 \text{ [tCO}_2\text{eq]}$$

Promedio anual (2020): 2.352.521 [KWh]

Factor de Emisión (2020): 0,3834 [tCO<sub>2</sub>eq/MWh]

Por lo tanto:

$$\mathbf{R-22= 5.748.560 \text{ [CO}_2\text{/Kg]}/1000= 5.748,6 \text{ [tCO}_2\text{eq]}}$$

$$\mathbf{Energía Eléctrica= 901,9 \text{ [tCO}_2\text{eq]}}$$



En resumidas cuentas, el valor total de CO<sub>2</sub>eq anual entre el refrigerante R-22 y energía eléctrica del año 2020, hacen un total de 6650,5 [tCO<sub>2</sub>eq], por lo que es una cifra altamente contaminante a la atmosfera, algo muy lejano al acuerdo de la COP 25 con llegar a un peak de 1.100 [tCO<sub>2</sub>eq], por lo cual, es necesaria una mejora para la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

NOTA: Para el caso de los camiones que cumplen con la función del traslado de alimentos, no se consideró dentro de los datos de cálculo, debido a que no se logró obtener los datos de combustibles y gastos de refrigeración R-404 que estos utilizaban. Por lo cual solo se mencionó aquello para estar al tanto del sistema de transporte de los alimentos de la empresa frigorífica.

#### **7.4 Generación (propuesta) para mejorar de buenas prácticas**

La huella de carbono viene dada por las emisiones de gases de efecto invernadero de las que es responsable una actividad por la posibilidad de operar sobre estas, estableciendo acciones de mejora para un ahorro más eficiente.

Es complejo mejorar y/o gestionar una actividad si no se dispone de mediciones de los contaminantes. Como ya se ha mencionado anteriormente, mediante un cálculo de la huella de carbono se puede lograr identificar los puntos críticos contaminantes (fuentes emisoras, que para este caso sería el refrigerante R-22 y la energía eléctrica. Así mismo, se puede detallar de forma más determinada medidas de eficiencia energética y medidas de reducción del consumo.

El cálculo de la huella de carbono se realizó por un año de referencia que para este caso fue el año 2020. Finalmente, cabe mencionar que existe la posibilidad de que la empresa pueda optar por participar en proyectos que promuevan la reducción de emisiones GEI. Sabemos que la compensación de estos proyectos no reduce la huella de carbono, que finalmente es un compromiso



	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mantener puertas cerradas.</li> <li>➤ Compra de equipos más eficientes energéticamente.</li> <li>➤ Cambio de refrigerante que contenga un factor de emisiones menos contaminante.</li> </ul>
Iluminación	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Iluminación con lámparas LED.</li> <li>➤ Aprovechamiento de luz natural mediante sensores de luz.</li> <li>➤ Limpieza regular de lámparas y ventanas.</li> <li>➤ Instalación de detectores de presencia en zonas de uso esporádico.</li> <li>➤ Sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes de bajo consumo.</li> </ul>
Climatización	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Instalación de paneles térmicos.</li> <li>➤ Regulación de temperatura de aire acondicionado 26° en verano y 21° en invierno.</li> <li>➤ Instalación de persianas.</li> </ul>
Medidas Genéricas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Capacitación de buenas prácticas a empleadores (vestimentas adecuadas para la entrada de cámaras refrigerantes, apagado de aparatos eléctricos cuando no se están utilizando, apagado de aire acondicionado cuando no es necesario, entre otras.)</li> <li>➤ Mantenimiento adecuado de instalaciones.</li> </ul>



## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En esta propuesta, para disminuir la huella de carbono en una planta frigorífica de alimentos, se realizó una investigación con el objetivo de identificar las distintas fuentes emisoras de gases de efecto invernadero, los cuales son: la electricidad y el refrigerante R-22, que como producto final provocan lo que hoy conocemos como calentamiento global.

Debido a que se logró identificar las principales fuentes de emisión, se realizó un plan de acción para así disminuir los gases GEI producidos en la planta.

La cuantificación de gases de efecto invernadero producidos por estas fuentes emisoras son: El refrigerante R-22 con un total de 5.748,6 [tCO<sub>2</sub>eq] y la energía eléctrica con un total de 901,9 [tCO<sub>2</sub>eq] correspondientes al año 2020. Estos gases producidos por las fuentes identificadas son los que aportan en mayor medida al calentamiento global, lo que a su vez provoca que se deteriore la capa de ozono, lo cual nos afecta directamente en temas de salud e impactos ambientales.

El plan de acción que se propone para mejorar las prácticas de ahorro más eficientes son: En el caso del refrigerante R-22, un control de temperatura constante, control de pérdida (fugas), cambio de refrigerante que contenga un factor de emisión menos contaminante, dejar espacio suficiente para ventilación, evitar sobrecargas, instalación de cortinas plásticas en las puertas de las cámaras frigoríficas, evitar proximidad de calor a los equipos de refrigeración, mantenimiento de puertas cerradas en las cámaras y compra de equipos más eficientes energéticamente. Para la fuente de energía eléctrica e iluminación de la planta frigorífica, se propone: La instalaciones de paneles solares fotovoltaicos, que serán capaces de mantener a la planta abastecida de energía, la instalación de detectores de presencia en zonas de uso esporádico para el ahorro eficiente de energía, cambiar la iluminación por lámparas LED,



aprovechamiento de luz natural mediante sensores de luz, limpieza regular de lámparas y ventanas, y sustitución de lámparas incandescentes por fluorescentes de bajo consumo.

Como propuesta de mejora para la disminución de la huella de carbono en la planta frigorífica de alimentos, además de lo mencionado anteriormente, se aplicaron medidas genéricas como: capacitación de buenas prácticas a los trabajadores, en los que se destacan la vestimenta del personal para la entrada a cámaras refrigerantes, mantenimiento adecuado para las instalaciones, apagado de equipos cuando no sea necesario su uso y apagado de aire acondicionado cuando no esté en utilización.

De acuerdo con esta investigación, la propuesta de la disminución de la huella de carbono y conforme a los acuerdos internacionales, es posible contribuir grandes metas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para guiar la actividad climática en busca de paralizar el aumento de temperatura global y como se acordó en la COP 25, llegar a un indicador de intensidad de emisiones, con el propósito de alcanzar 95 [MtCO<sub>2</sub>eq] para el año 2030 y comprometiendo además de alcanzar un peak de emisiones al año 2025 que no superara las 1.100 [MtCO<sub>2</sub>eq] que da camino al carbono neutral. Algo muy preocupante si la cuantificación de esta investigación correspondiente a las fuentes emisoras de refrigerante R-22 y energía eléctrica que como promedio anual año 2020 resultó una cifra de 6650,5 [tCO<sub>2</sub>eq] teniendo en consideración que solo se cuantificaron dos fuentes emisoras dejando afuera las emisiones de CO<sub>2</sub> emitidas por los camiones de los proveedores de la planta frigorífica.

La huella de carbono es de gran importancia debido a que es un indicador de impacto ambiental y otorga información sobre la cantidad de los gases de efecto invernadero (GEI). Hoy en Chile y mundialmente estamos a contra reloj respecto al cambio climático, por lo que se necesita una reducción drástica de



**UTEM**

emisiones GEI y por sobre todo emisiones de CO<sub>2</sub>, cambiando el sistema energético, y, por lo tanto, el económico.



## 9. BIBLOGRAFÍA

1. Cumbre Cambio Climático COP 21. (2014). Que es el Cambio Climático. 24/05/21, de Gobierno de España Sitio web: <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/cumbre-cambio-climatico-cop21/el-cambio-climatico/>
2. Michelle Valencia y Marcelo Soza. (2005). Calentamiento Global. 24/05/2021, de Universidad de Chile Sitio web: <https://www.cec.uchile.cl/~mivalenc/definicion.htm>
3. Margarita Caballero, Socorro Lozano, y Beatriz Ortega. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. 24/05/2021, de Revista Digital Universitaria Sitio web: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf)
4. Revista digital universitaria. (2007). Efecto invernadero, calentamiento global y cambio climático: una perspectiva desde las ciencias de la tierra. 25/05/21, de unam Sitio web: [http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct\\_art78.pdf](http://www.revista.unam.mx/vol.8/num10/art78/oct_art78.pdf)
5. SNI Chile. ((No Identificada)). Sector Procesos industriales y uso de productos. 25/05/2021, de Ministerio del Medio Ambiente Sitio web: <https://snichile.mma.gob.cl/principales-resultados/sector-procesos-industriales-y-uso-de-productos/>
6. Ministerio de Medio Ambiente. (no identificada). Cambio Climático. 26/05/21, de Gobierno de Chile Sitio web: <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/>
7. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (2020). Ley 19.300 APRUEBA LEY SOBRE BASES GENERALES DEL MEDIO AMBIENTE. 26/05/21, de Ley Chile Sitio web: <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=30667&idParte=8640154>

8. César Espíndola y José O. Valderrama. (2012). Huella del Carbono. 25/05/21, de Información Tecnológica Sitio web: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n1/art17.pdf>
9. Ministerio de Medio Ambiente. (no identificada). Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero. 24/05/21, de Gobierno de Chile Sitio web: <https://snichile.mma.gob.cl/>
10. IPCC. (no identificada). El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático. 27/05/21, de IPCC Sitio web: <https://www.ipcc.ch/>
11. Vicent Selva Belén. (2020). Segunda Revolución Industrial. 12/06/21, de economipedia Sitio web: <https://economipedia.com/definiciones/segunda-revolucion-industrial.html>
12. Matías Concha. (2019). De la Revolución Industrial a la transformación ambiental. 14/06/21, de La Tercera Sitio web: <https://www.latercera.com/pulso/noticia/la-revolucion-industrial-la-transformacion-ambiental/820167/>
13. Naciones Unidas. (2019). Cambio Climático. 14/06/20, de Organización de las Naciones Unidas Sitio web: <https://www.un.org/es/global-issues/climate-change>
14. cesar pasten. (2012). Chile, energía y desarrollo. 15/06/21, de Scielo Sitio web: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-28132012000100003](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132012000100003)
15. Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Guía de apoyo docente en cambio climático. 16/06/21, de Gobierno de Chile Sitio web: <https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/08/Guia-de-apoyo-docente-en-Cambio-Climatico.pdf>
16. Comisión Nacional de Energía. (No Identificada). Factor de Emisión - Promedio Anual. 09/10/21, de Energía Abierta Sitio web: <http://datos.energiaabierta.cl/dataviews/255509/factor-de-emision-promedio-anual/>

17. Phil DeCola and WMO Secretariat. (2017). Sistema mundial integrado de información sobre los gases de efecto invernadero. 17/06/21, de Organización Meteorológica Mundial Sitio web: <https://public.wmo.int/es/resources/bulletin/sistema-mundial-integrado-de-informaci%C3%B3n-sobre-los-gases-de-efecto-invernadero-0>
18. Stefania Gozzer. (2019). 4 efectos del cambio climático. 17/06/21, de BBC News Sitio web: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-50634600>
19. Ministerio del Medio Ambiente. (no identificada). Impactos- Cambio Climático. 17/06/21, de Gobierno de Chile Sitio web: <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/impactos/>
20. NDC. (2020). Contribución Determinada a Nivel Nacional de Chile. 18/06/21, de Gobierno de Chile Sitio web: [https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC\\_Chile\\_2020\\_espan%CC%83ol-1.pdf](https://mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/NDC_Chile_2020_espan%CC%83ol-1.pdf)
21. Ministerio de Medio Ambiente. (2020). COP25. 18/06/21, de Gobierno de Chile Sitio web: <https://cop25.mma.gob.cl/>
22. Ministerio del Medio Ambiente. (2020). 4to Informe Bienal de actualización de Chile sobre Cambio Climático. 18/06/21, de Gobierno de Chile Sitio web: [https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/Chile\\_4th\\_BUR\\_2020.pdf](https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/01/Chile_4th_BUR_2020.pdf)
23. Área energía y cambio climático. (2011). medición y diseño de un plan de disminución de huella de carbono en el MOP, en edificio nivel central. 18/06/21, de Fundación Chile Sitio web: [https://dgop.mop.gob.cl/centro\\_documental/Documents/Areas\\_DGOP/SEMAT/Medicion\\_Huella\\_de\\_Carbono\\_Edificio\\_Central\\_MOP\\_2010.pdf](https://dgop.mop.gob.cl/centro_documental/Documents/Areas_DGOP/SEMAT/Medicion_Huella_de_Carbono_Edificio_Central_MOP_2010.pdf)
24. Pedro Arrieta, Jesús Trujillo, Álvaro Arrieta. (2018). Análisis cuantitativo de emisiones de gases refrigerantes en el sector Los Ángeles de la ciudad de Montería. 18/06/21, de Revista Espacios Sitio web: <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-14.pdf>

25. SNiChile. (2020). Indicadores de Intensidad de GEI. 16/06/21, de Ministerio de Medio Ambiente Sitio web: <https://snichile.mma.gob.cl/principales-resultados/indicadores-de-intensidad-de-gei/>
26. David Garza. (2010). Refrigeración y Medio Ambiente. 19/06/21, de mundohvac&r Sitio web: <https://www.mundohvacr.com.mx/2010/04/refrigeracion-y-medio-ambiente/>
27. Idoia Arnabat. (2009). ¿Que son los gases refrigerantes? 19/06/21, de Caloryfrío Sitio web: <https://www.caloryfrio.com/refrigeracion-frio/los-gases-refrigerantes.html>
28. Marly López. (2018). Expo Frío Calor Chile 2018. 20/06/21, de Ministerio de Medio Ambiente Sitio web: <https://ozono.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/06/Expo-Fr%C3%ADo-Calor-Chile-2018-Pres.-Normas-INN.pdf>
29. Ministerio de Medio Ambiente. (2021). prácticas en Sistemas de Refrigeración y Climatización Manual de Buenas. 20/06/21, de Gobierno de Chile Sitio web: <https://ozono.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/03/Manual-Buenas-Practicas-Refrigeracion-y-Climatizacion.pdf>
30. INN. (2018). NCh3241:2017 Sistemas de refrigeración y climatización - Buenas prácticas para el diseño, armado, instalación y mantención. 21/06/21, de Ministerio de Medio Ambiente Sitio web: <https://ozono.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/06/Expo-Fr%C3%ADo-Calor-Chile-2018-Pres.-Normas-INN.pdf>
31. Ministerio de Medio Ambiente. (No Identificada.). Huella de Carbono. 3/07/21, de Gobierno de Chile. Sitio web: <https://mma.gob.cl/cambio-climatico/cc-02-7-huella-de-carbono/>



32. GHG Protocol. (No Identificada). Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. 3/07/21, de GHG Protocol Sitio web: [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo\\_spanish.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf)
33. GREENHOUSE GAS PROTOCOL. (No Identificada). estándares para medir y gestionar las emisiones. 3/07/21, de GHG Protocol Sitio web: <https://ghgprotocol.org/>
34. IPCC. (2007). Cambio Climatico 2007. 25/09/21, de Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático Sitio web: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf)
35. Organización Internacional de Normalización (ISO). (2018). Gases de efecto invernadero — Huella de carbono de productos — Requisitos y directrices para cuantificación. 15/09/21, de Online Browsing Platform Sitio web: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:es>
36. Organización Internacional de Normalización (ISO). (2019). Gases de efecto invernadero — Especificación con orientación, a nivel de proyecto, para la cuantificación, el seguimiento y el informe de la reducción de emisiones o el aumento en las remociones de gases de efecto invernadero. 15/09/21, de Online Browsing Platform Sitio web: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14064:-2:ed-2:v1:es>

## 10. ANEXOS

### ANEXO I

<b>GAS REFRIGERANTE</b>	<b>FORMULA QUIMICA</b>	<b>PCG</b>
<b>Hidrofluorocarburos (HFC)</b>		
HFC-23	CH <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	14.800
HFC- 32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	675
HFC- 42	CH <sub>3</sub> F	92
HFC- 43 10mee	C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	1.640
HFC-125	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> F	3.500
HFC- 134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	1.100
HFC- 134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	1.430
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	353
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	4.470
HFC-152	CH <sub>2</sub> FCH <sub>2</sub> F	53
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	38
HFC-161	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F	12
HFC-227ea	C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> F	3.220
HFC-236cb	CH <sub>2</sub> FCF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1.340
HFC-236ea	CHF <sub>2</sub> CHFCF <sub>3</sub>	1.370
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9.810
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	693
HFC-245fa	CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	1.030
HFC-365mfc	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	794
<b>Perfluorocarburos (PFC)</b>		
Perfluorometano	CF <sub>4</sub>	7.390
Perfluoroetano	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	12.200
Perfluoropropano	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	8.830
Perfluorociclobutano	C-C <sub>4</sub> F <sub>9</sub>	10.300
Perfluoropentano	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	9.160
Perfluorohexano	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	9.300
Hexafluoruro de Azufre	SF <sub>6</sub>	22.800
Trifluoruro de Nitrógeno	NF <sub>3</sub>	17.200