DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LA EMPRESA POTABILIZADORA AGUAS KPITAL CÚCUTA S.A. ESP DURANTE EL AÑO 2020, EMPLEANDO LA NTC-ISO 14064-1

ORIANA ANDREA RESTREPO PALACIO

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA
2021

DETERMINACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LA EMPRESA POTABILIZADORA AGUAS KPITAL CÚCUTA S.A. ESP DURANTE EL AÑO 2020, EMPLEANDO LA NTC-ISO 14064-1

ORIANA ANDREA RESTREPO PALACIO
1.092.362.948

DIRECTOR:
PHD. HÉCTOR URIEL RIVERA ALARCÓN

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA
INGENIERÍA AMBIENTAL
PAMPLONA
2021

Nota de aceptación:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

_____
Firma Jurado

_____
Firma Jurado

Fecha

Dedicatoria

A mis padres por regalarme la oportunidad de ser profesional.
A mis hermanos, Maryorye por enseñarme a ser una mujer independiente, Jairo por ser mi más grande modelo a seguir y Sebastián, por ser mi compañero siempre.
A mis ángeles Sparky y Perla, porque sin ellas mi vida no hubiese sido tan feliz.
A mi amiga y compañera Deisy Prieto por ser mi apoyo durante toda la carrera.
A mi prometido el Ingeniero Jahir Gómez por su amor y paciencia.

Agradecimientos

Le agradezco a Dios por su inmenso amor, a mi alma mater la Universidad de Pamplona por abrirme sus puertas en el año 2016, a mi familia y amigos por ser mi más grande apoyo.

Un agradecimiento especial a mi tutor el ingeniero Uriel Rivera por todas sus enseñanzas a lo largo de este proceso, a la empresa Aguas Kpital Cúcuta por permitirme el desarrollo de este proyecto en sus instalaciones, a mi jefe el Ingeniero Carlos Castellanos por guiarme y estar disponible para mi en el momento que lo necesité, además de ser un gran ser humano, también a la Ingeniera Trina Parada, líder de producción de la empresa, por su infinita atención y calidez.

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1 Generalidades 1

Introducción 1
Planteamiento del problema 3
Justificación 3
Objetivos 4
Objetivo general 4
Objetivos específicos 4

CAPÍTULO 2 Marco Teórico 4

Marco Contextual 4
Cúcuta 4
Aguas Kpital Cúcuta S.A. ESP 6
Marco Conceptual 14
ISO 14064-1 21
Marco Legal 24
Antecedentes 27
Internacionales. 27
Nacionales. 28
Locales. 29

CAPÍTULO 3 Metodología 30

Procesamiento metodológico 30
Fases metodológicas 31

CAPÍTULO 4 Resultados y Análisis 37

Fase 1: Caracterización de la empresa Aguas Kpital Cúcuta. 37
Planta de Tratamiento De agua Potable El Pórtico 38
Planta de Tratamiento De agua Potable El Carmen de Tonchalá 42
Fase 2: Recolección de la información primaria y secundaria. 45
Fase 3: Aplicación de la NTC ISO 14064-1 de 2019 46
1. Definición de los Límites 46

CAPÍTULO 5 Estrategias de Mejoramiento 65

CAPÍTULO 6 Conclusiones y Recomendaciones 66

Conclusiones 66
Recomendaciones 68

Referencias 70

Anexos 74

Anexo 1 Factores de emisión empleados 74
Anexo 2 75
Diagrama de procesos sistema el pórtico 75
Diagrama de procesos sistema El Carmen de Tonchalá 76

Tabla de Figuras

figura 1Ubicación de la ciudad de Cúcuta 5
figura 2Sistema el carmen de tonchalá 7
figura 3Esquema Sistema Río Zulia 9
figura 4Sistema el Pórtico 10
figura 5Fase 1 El pörtico Aducción 11
figura 6 Fase 2 El Pórtico Plantas 12
figura 7 Fase 3 El Pórtico Almacenamiento y Distribución 13
figura 8Sistema El Pórtico 13
figura 9 Alcances de la ISO 14064-1 2018 23
figura 10 Metodología ISO 14064-1 de 2018 32
figura 11Limites organizacionales de la ISO 14064 33
figura 12 Zona administrativa aguas Kpital. 37
figura 13Bocatoma rio pamplonita planta de tratamiento el pórtico 38
figura 14Desarenador planta el Pórtico 38
figura 15Pre sedimentador planta el Pórtico 39
figura 16Mantenimiento del sedimentador de alta tasa planta el pórtico 40
figura 17Sedimentador de alta tasa planta el pórtico 40
figura 18filtración planta de tratamiento el pórtico 41
figura 19Desinfección con cloro gaseoso Planta el Pórtico 41
figura 20Captación en la estación tasajero por bombeo el Carmen de Tonchalá 42
figura 21Cámara de quiebre planta el Carmen de Tonchalá 42
figura 22Entrada al Carmen de Tonchalá Canaleta parshall 43
figura 23Sedimentadores de alta tasa el Carmen de Tonchalá y canaletas. 44
figura 24Filtros de alta tasa el Carmen de Tonchalá y canaletas 44
figura 25Desinfección con cloro gaseoso Planta El carmen de Tonchalá. 45
figura 26Porcentaje de gasolina consumido respecto al Diesel durante el año 2020 51
figura 27Consumo en litros de combustible 52
figura 28Consumo de combustible en litro durante cada mes del año 2020 52
figura 29Energía eléctrica consumida en el año 2020 54
figura 30Porcentaje de emisión fuentes móviles 58
figura 31Potencial de calentamiento global de los combustibles 59
figura 32Emisiones por consumo electrico 59
figura 33Huella de Carbono generada por los alcances 1 y 2 63

Tabla de Ecuaciones

Ecuación 1Fórmula general para el cáculo de la huella de carbono 34
Ecuación 2Emisiones en toneladas de CO 2 Equivalentes 35
Ecuación 3Huella de carbono de la organización 36
Ecuación 4Total emisiones fuentes móviles 58
Ecuación 5Ecuacion Emisiones de alcance 1 62
Ecuación 6 Ecuación Emisiones de alcance 2 62

Tabla de Tablas

Tabla 1Potencial de Calentamiento Global 18
Tabla 2 Marco Legal..... 24
Tabla 3 Gases de efecto invernadero del protocolo de Kioto..... 47
Tabla 4Límites operativos en el 2020. 48
Tabla 5Criterios para la elección del año base 49
Tabla 6Emisiones directas por fuentes móviles durante el año 2020..... 51
Tabla 7Consumo de papel para el año 2020..... 53
Tabla 8 Consumo eléctrico del año 2020 53
Tabla 9Total emisiones fuentes móviles Diesel 57
Tabla 10Total emisiones fuentes móviles Gasolina 57
Tabla 11Emisiones generadas por el consumo de papel 60
Tabla 12Emisiones de CO2 debido al consumo eléctrico en el año 2020..... 61
Tabla 13Informe de Emisiones..... 64

CAPÍTULO 1

Generalidades

Introducción

El consumo de combustibles fósiles y la producción en masa ha mejorado en gran medida la calidad de vida de los seres humanos, sin embargo, esto también ha traído consecuencias como el aumento en los gases de efecto invernadero incrementando la temperatura terrestre, traduciéndose en un cambio climático cada vez más notorio, pues todos los seres vivos del planeta somos víctimas de estas consecuencias, así que, lo que en un principio se suponía como beneficio, al día de hoy después de la falta de control ambiental, supone un deterioro en la calidad de vida y salud de las personas, aumentando las tasas de morbilidad respiratoria cada año. Se han realizado gran cantidad de estudios que asocian la contaminación atmosférica con la disminución de las defensas inmunitarias los daños en vías respiratorias y la vulnerabilidad a los diferentes virus. (Eco-sitio, 2021)

El cambio climático genera una intranquilidad constante para la comunidad internacional; este corresponde a un incremento en la temperatura de la superficie terrestre, denominado calentamiento global. Los científicos han obtenido registros de un incremento que se ha presentado desde la revolución industrial (1950), sin embargo, desde 1970 la temperatura de la tierra presenta un aumento constante que es posible relacionar con la gran cantidad de gases de efecto invernadero que son emitidos a la atmósfera por razones naturales o antropológicas. (Bula, 2009)

Los gases de efecto invernadero (GEI) son los principales causantes del calentamiento global, los más importantes se encuentran de manera natural en la atmósfera como el vapor

de agua, el dióxido de carbono y el metano, que han aumentado de manera importante con el paso de los años. También existen GEI artificiales como los gases fluorados y los óxidos de nitrógeno. (Sánchez López, 2020)

La huella de carbono es uno de los mejores indicadores orientados a la medición de gases de efecto invernadero, expresadas en CO2 equivalentes (Co2 eq), por lo tanto, ha desarrollado diversas metodologías para su medición. (Espindola & Valderrama, 2018)

Más allá que medir el balance de las emisiones de GEI, lo que se busca al determinar la huella de carbono, es un punto de partida para implementar medidas que permitan mitigar las consecuencias del cambio climático. Los GEI establecidos en el Anexo A del protocolo de Kyoto desde 1998 fueron, el Dióxido de carbono (CO_2), el Metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los Hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el Hexafluoruro de azufre (SF_6). (ONU, 1998)

La metodología empleada en este proyecto para la determinación de la huella de carbono generada por la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA, se aplicará bajo la Norma ISO 14064, que establece un conjunto de requisitos a cumplir para obtener la cuantificación de esta.

En el año 2015 se realizó en París el evento: "Colombia enfrenta el cambio climático: bosques, agricultura y usos de la tierra en su visión de crecimiento sostenible"**,** en el cual se expusieron los compromisos que llevarán al país a alcanzar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% proyectadas a 2030. A pesar de que Colombia es un país en vía de desarrollo y no genera grandes cantidades de GEI en comparación con países desarrollados (Chacón Páeza, Pinzón Vargas, Ortegón Cortázar, & Rojas Berrio, 2016) es necesario continuar disminuyendo la huella de carbono, direccionando la economía a un

desarrollo sostenible. No todos los gases de efecto invernadero poseen la misma capacidad para producir calentamiento global, algunos factores de los cuales depende esta capacidad son su poder de radiación y el tiempo medio que la molécula del gas se queda en la atmosfera. (Espindola & Valderrama, 2018)

Planteamiento del problema

La contaminación atmosférica se encuentra directamente relacionada con el deterioro progresivo en la salud de los seres humanos. Además, incide en el detrimento ecosistémico debido al daño causado a la calidad del aire, gracias al incremento de los gases de efecto invernadero que aceleran el cambio climático, aumentando la temperatura terrestre. Calcular la huella de carbono es el primer paso para establecer estrategias de mitigación al impacto causado por las emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el proceso de potabilización realizado por la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA.

Este proyecto busca determinar la huella de carbono generada por AGUAS KPITAL CÚCUTA en sus dos plantas de tratamiento de agua potable, El Carmen de Tonchalá y El Pórtico, empleando la Norma ISO 14064-1 dando respuesta a la siguiente pregunta:

¿Qué cantidad de carbono "C" es emitido en los procesos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA de Norte de Santander?

Justificación

La empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA S.A. ESP, está comprometida con el desarrollo sostenible del departamento de Norte de Santander, teniendo como objetivo de gestión ambiental la implementación de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, así

como la medición de la huella de carbono en miras a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los diferentes procesos de esta; estableciéndola como un referente de responsabilidad ambiental en la ciudad de Cúcuta, fomentando una cultura de protección y correcto aprovechamiento de los recursos naturales.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la huella de carbono generada por la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA SA ESP de la Ciudad de Cúcuta, Norte de Santander durante el año 2020.

Objetivos específicos

- Identificar las actividades que generan mayor huella de carbono durante los diferentes procesos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA.
- Calcular las emisiones generadas por el proceso de potabilización empleando la NTC ISO 14064 del año 2020.
- Plantear estrategias para mejorar la gestión de la huella de carbono generada por AGUAS KPITAL CÚCUTA.

CAPÍTULO 2
Marco Teórico

Marco Contextual

Cúcuta

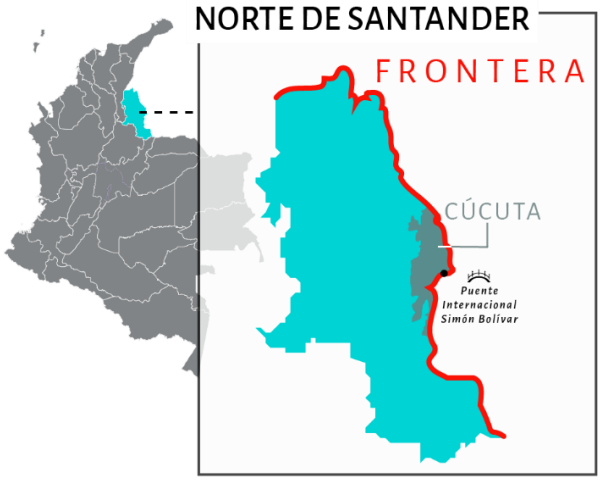
La ciudad de Cúcuta se encuentra ubicada en la parte centro oriental del departamento Norte de Santander, en la Cordillera Oriental a los 7º 30' de latitud norte con respecto al

Meridiano de Bogotá y 72° 30' de longitud al Oeste de Greenwich. Limita por el Norte con el municipio de Tibú; por el Occidente con los municipios de El Zulia y San Cayetano; por el Sur con los municipios de Villa del Rosario, Bochalema y Los Patios y por el Oriente con la Republica de Venezuela y el municipio de Puerto Santander como se observa en la figura 1. (Universidad Nacional de Colombia, 2021)

El área del municipio de Cúcuta es de 1.176 km2, que representan el 5,65% del departamento, su altura sobre el nivel del mar es de 320m. Su temperatura media es 28°C y su precipitación media anual es de 1.041 mm. La cabecera municipal de Cúcuta se encuentra ubicada a 320 msnm. Sus ríos principales son el Pamplonita, El Zulia y el San Miguel. (Cámara de Comercio de Cúcuta, 2020)

Para el año 2018, el censo realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) reportó 711.715 habitantes, sin embargo, se estimó que para mediados del año 2020 la población habría ascendido un 9% debido a la migración venezolana. (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2018)

figura 1Ubicación de la ciudad de Cúcuta



Fuente: (Revista Semana, 2018) Recuperado de: https://migravenezuela.com/web/articulo/cucuta-en-busca-de-una-salida/703

Aguas Kpital Cúcuta S.A. ESP

Esta empresa fue constituida en el año 2006, cuando la Notaría 3ª del Círculo de Cúcuta le otorgó la escritura pública No.1252, la cámara de comercio la matrícula mercantil No.00150449 y el NIT No.900080956-2. Esta empresa es la proveedora de dos de los servicios más importantes de la ciudad, el servicio de acueducto y el servicio de alcantarillado, pues se encarga de mejorar la calidad de vida de los cucuteños mediante la optimización del servicio de agua. (AGUAS KPITAL, 2021) La empresa cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable para cumplir este objetivo.

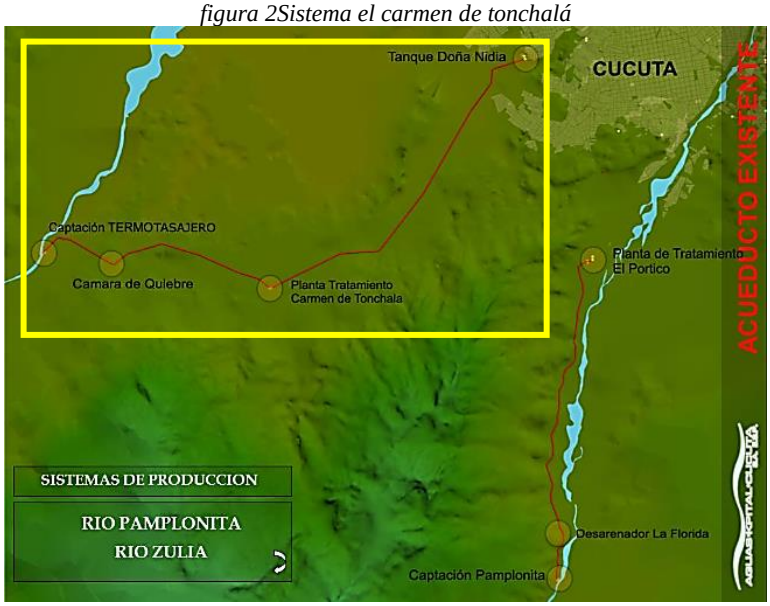
La directora de Planeación de Aguas Kpital Cúcuta, Luz Marina Barbosa afirmó que el sistema de acueducto de la ciudad de Cúcuta requería una modernización desde que fue recibido en el año 2006, por lo cual se inició este proceso en el año 2019, como se puede leer en el artículo "Modernizarán las dos plantas del acueducto" del diario la Opinión. También se asegura que únicamente se estaba brindando servicio al 37% de la población, así que otro de los principales objetivos de esta modernización era pasar de producir 1.097 L/s de agua potable, a producir 3.200 L/s; debido al aumento significativo de la población cucuteña se requería abastecer aproximadamente a 120.000 nuevos usuarios. (La opinión, 2019)

Planta De Tratamiento De Agua Potable El Carmen De Tonchalá.

Esta planta de tratamiento se encuentra ubicada en la vereda San Isidro del municipio de San Cayetano, también es conocida como planta el Zulia, con una altitud de 347.70 msnm y con coordenadas en latitud N 7° 50′ 19.6" y longitud O 72° 35′ 12.7". (AGUAS KPITAL, 2021)

Es abastecida por el Río Zulia bajo la concesión de agua superficial 131 de 2014 (desde el 12 de marzo del 2014 hasta el 12 de marzo de 2019) otorgada por CORPONOR (SUPERINTENDENCIA DELEGADA PARA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO, 2018), en la figura 2 es posible apreciar el sistema de potabilización de El Carmen de Tonchalá con sus diferentes procesos.

figura 2Sistema el carmen de tonchalá



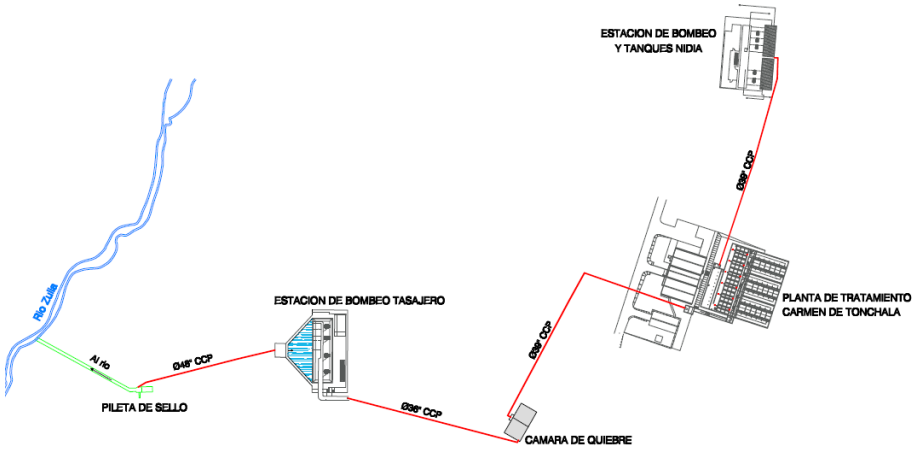
Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

A continuación, se presenta la definición de cada uno de los procesos realizados por la PTAP El Carmen de Tonchalá, que se evidencian con más claridad en la figura esquemática 3. (AGUAS KPITAL, 2021)

- **Pileta de Sello.** Se encuentra ubicada en la planta termoeléctrica de Termotasajero, y conduce el agua cruda sobrante del proceso de enfriamiento de las calderas, empleando una tubería de 48”.
- **Estación Tasajero.** Se localiza junto a Termotasajero en la vereda Puente zulia del municipio de San Cayetano, aquí se eleva el agua cruda, pues se encuentra a una altura de 256.5 msnm.

- **Cámara de quiebre.** Se encuentra en la vereda Tabidio del municipio de San Cayetano, es empleada para reducir la presión que viene de la estación Tasajero por el bombeo, posteriormente conduce el agua por gravedad a la planta El Carmen de Tonchalá.
- **Mezcla Rápida.** Esta estructura está ubicada a la entrada de la planta, por aquí ingresa el agua cruda a través de una canaleta Parshall en la que posteriormente se vierte el coagulante.
- **Floculación.** Después de aplicar el coagulante, el agua es dirigida a la unidad floculadora, mediante la cual muy lentamente son formadas las partículas de floc, que son sólidos suspendidos aglomerados.
- **Sedimentación acelerada.** En esta área se observa la sedimentación del floc formado anteriormente.
- **Clarificación.** Es el proceso final de la sedimentación, en él se encuentra el agua sin sus partículas más grandes.
- **Filtración.** En este proceso se elimina cualquier sedimento restante empleando lechos mixtos. Cuenta con un sistema de autolavado e inyección de aire, lo que permite obtener una mejor limpieza y un ahorro significativo en el agua empleada para la limpieza.
- **Desinfección.** Tras haber sido filtrada el agua para por este proceso para asegurar su consumo seguro y libre de agentes patógenos. Se realiza con cloro gaseoso.
- **Distribución.** Cuando el agua finalmente es potable, llega el paso de la distribución y abastecimiento de la comunidad, esta llega a la Estación Nydia y es enviada a través de una tubería de 39” CCP (tubería de acero cubierta por Mortero Cemento).

figura 3Esquema Sistema Río Zulia



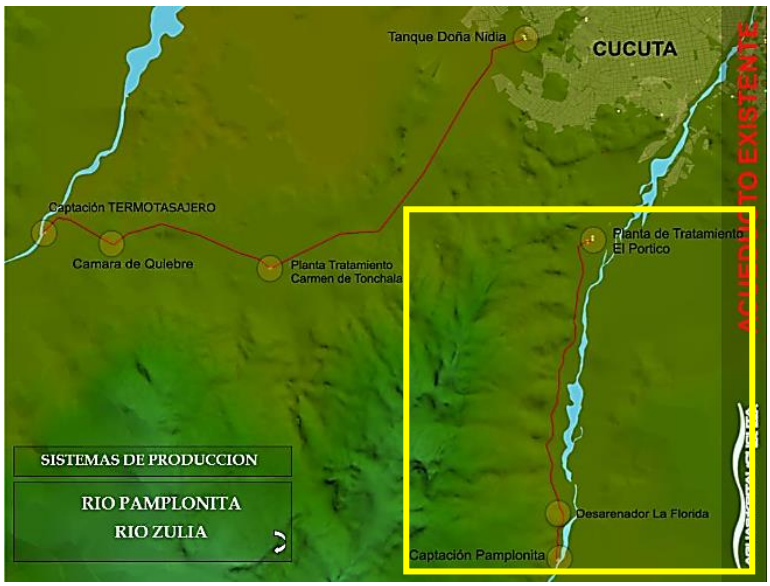
Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

Planta De Tratamiento De Agua Potable El Pórtico.

Esta planta de tratamiento se localiza en el corregimiento de San Pedro de la vereda El Pórtico, también es conocida como planta pamplonita, con coordenadas en latitud N 7° 50´ 44.9” y longitud O 72° 31´ 6.51”. (AGUAS KPITAL, 2021)

Esta planta es abastecida por el Río Pamplonita, mediante la concesión de agua superficial 790 de 2003 (desde el 7 de noviembre del 2003 a término indefinido) otorgada por CORPONOR (SUPERINTENDENCIA DELEGADA PARA ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO Y ASEO, 2018), en la figura 4 se observa el sistema de potabilización de El Pórtico y sus procesos.

figura 4Sistema el Pórtico



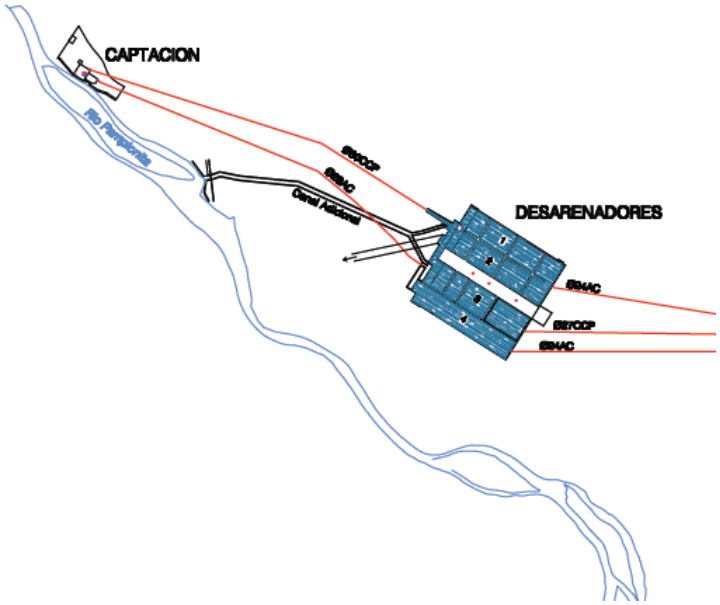
Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

En las figuras esquemáticas 5, 6, y 7 se pueden observar por separado y con más detalle los procesos realizados en la planta El Pórtico desde la captación en el río Pamplonita, que se definirán posteriormente. (AGUAS KPITAL, 2021)

- ***Captación.*** Se realiza en el río Pamplonita mediante la Bocatoma ubicada aguas arriba a 8 Km de la Planta de tratamiento y una bocatoma lateral ubicada al margen izquierdo del río Pamplonita. La llegada a la planta se realiza empleando el método de la gravedad.
- ***Des arenación.*** En este sistema se desgrava y desarena el material, es decir, los sólidos más grandes arrastrados por el río Pamplonita son dejados allí por acción de la gravedad, después de este sistema se encuentran 6,24 Km de tubería hasta las Canaletas Parshall ubicadas al inicio de la Planta El Pórtico.

En la figura 5 se puede observar el sistema de Aducción de la PTAP El Pórtico.

figura 5Fase 1 El pörtico Aducción

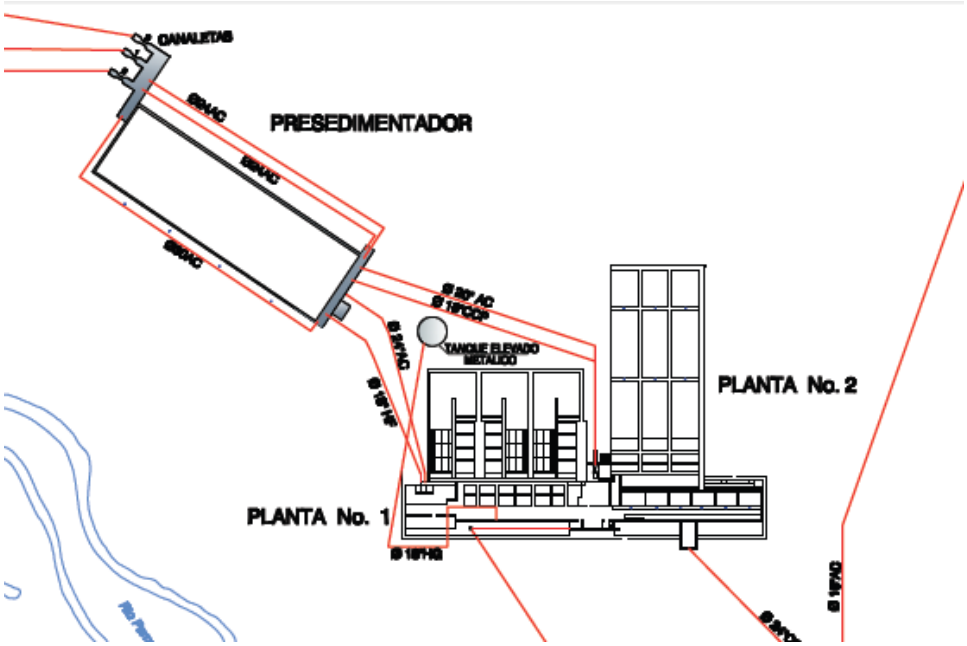


Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

- ***Pre sedimentación.*** En este se retienen las partículas más pequeñas que no lograron eliminarse en la sedimentación. Este proceso cuenta con una canaleta Parshall y un presedimentador con pantalla vertical con orificios de 12" y paredes inclinadas, con fondo de cuatro tolvas para almacenar los sedimentos (Ver figura 15).
- ***Mezcla Rápida.*** Como se observa en la figura 6, esta planta cuenta con 2 plantas de tratamiento, a la planta 1 ingresa un caudal aproximado de 920L/s a través de la canaleta Parshall, y pasa a una cámara de agitación rápida donde se mezclan los coagulantes con el agua; del mismo modo ocurre con la planta 2, sin embargo, a esta ingresa un caudal aproximado de 750L/s
- ***Floculación.*** Al igual que en la planta de Tratamiento El Carmen de Tonchalá, en esta unidad se forman los floc, que serán sedimentados posteriormente.
- ***Sedimentación.*** Aquí se sedimentan los floc formados al administrar los coagulantes en el proceso anterior.

- ***Clarificación.*** En este proceso se puede observar el agua libre de sus sedimentos más grandes, aquí finaliza la sedimentación.
- ***Filtración.*** Se emplean diferentes filtros para eliminar los sólidos de baja densidad que aún quedan en el agua, como filtros rápidos de flujo descendente y otros medios filtrantes mixtos como arena y antracita.
- ***Desinfección.*** Aquí se suministra cloro gaseoso a través de equipos especializados, donde se asegura que el agua estará libre de contaminación microbiológica y lista para ser almacenada y distribuida.

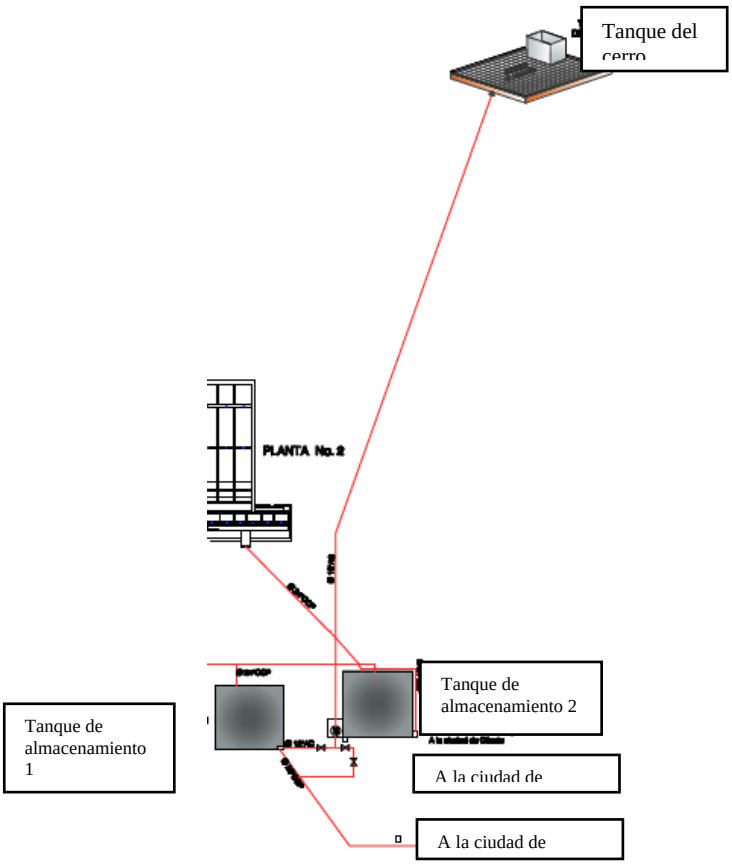
figura 6 Fase 2 El Pórtico Plantas



Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

- ***Distribución y almacenamiento.*** En este proceso se envía el agua potable a través de los tubos de distribución dirigidos a los tanques observados en la figura 6, también es dirigida directamente a la ciudad de Cúcuta.

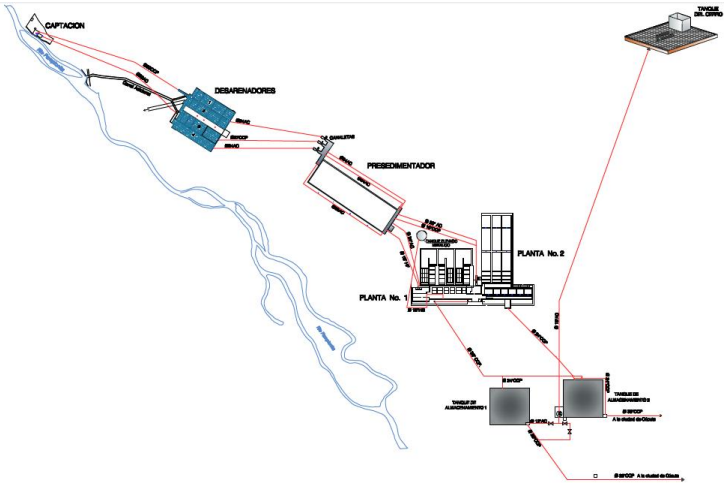
figura 7 Fase 3 El Pórtico Almacenamiento y Distribución



Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

A continuación, en la figura 8 se puede apreciar el esquema completo de la PTAP El Pórtico.

figura 8Sistema El Pórtico



Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

Marco Conceptual

Uno de los problemas ambientales más preocupantes del sigo XXI es la contaminación atmosférica, pues sus efectos son los principales factores incidentes en las morbilidades actuales. (Leal Esper & Castiblanco Ramírez, 2020) El ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible ha demostrado que la contaminación atmosférica es uno de los problemas que más aqueja a los colombianos, también debido a los impactos generados a la salud y al medio ambiente, además de que genera altos costos sociales, después de la contaminación del agua y los desastres naturales. (Leal Esper & Castiblanco Ramírez, 2020)

La atmosfera es la capa gaseosa que se encuentra alrededor del planeta. El 75% de su masa se encuentra en los primeros 11 km después de la corteza terrestre, esta capa tiene un espesor aproximado de 2000 km. Después de esta capa encontramos la troposfera que tiene un espesor diferente dependiendo de su latitud, teniendo la mayor altitud en el ecuador y menor en los polos. En esta capa se producen todos los fenómenos meteorológicos que definen el clima de cada región. Estos fenómenos pueden acentuar, disminuir o interrumpir el gradiente negativo de la temperatura a una altitud determinada; alterando la dispersión de los contaminantes, pues causan irregularidades en los movimientos de las masas de aire de la troposfera, haciendo que la temperatura del aire aumente con la altura, causando la inversión térmica, y ocasionando que la masa de aire por debajo de la inversión tenga menor temperatura y mayor densidad, lo cual impide que se eleven sobre estas; causando el aislamiento de las capas de aire que se quedan debajo y encima de la inversión, esto puede provocar una disminución en el volumen de eliminación de los gases emitidos. (Gallego Picó, 2012)

Esta contaminación atmosférica surge a partir de los procesos industriales realizados por los seres humanos que generan un impacto en el medio ambiente, aunque estos fuesen creados para mejorar la calidad de vida de las personas, como es el caso de las plantas de tratamiento de agua potable.

La contaminación atmosférica es un término cuya definición depende mucho del ámbito en el cual se desarrolle, por ejemplo, para la Agencia Ambiental Europea (EEA), es "la presencia en el aire de contaminantes o sustancias contaminantes en una concentración tal que interfiere con la salud o el bienestar humano, o que produce otros efectos medioambientales perjudiciales". (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2010). Mientras que, para la organización mundial de la salud (OMS), es la aparición en el aire de una o varias sustancias extrañas en cantidades elevadas durante periodos de tiempo suficientemente prolongados como para producir efectos nocivos sobre los seres vivos, es decir, hombre, animales, plantas o la tierra, así como perturbar el bienestar o el uso de los bienes. (Organización Mundial de la Salud., 2001) Por su parte el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de Colombia, define la contaminación atmosférica como "la presencia que existe en el aire de pequeñas partículas o productos secundarios gaseosos que pueden implicar riesgo, daño o molestia para las personas, plantas y animales que se encuentran expuestas a dicho ambiente" y afirma que los principales medios por los cuales se produce esta, se encuentra en la combustión generada en los procesos industriales y en fuentes móviles como los carros. (Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales, 2016) Todas las definiciones de contaminación atmosférica tienen en común que se trata de un problema que a largo plazo puede generar

efectos negativos sobre el medio ambiente y que actúa a diferentes escalas, según la cantidad de contaminante y el tiempo de exposición.

A partir de la revolución industrial comenzaron a aumentar los niveles de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, entre ellos el Dióxido de Carbono CO2. Benavides clasifica los gases de efecto invernadero en 2 tipos. Los directos, que se encuentran de forma natural en la atmósfera y son los que componen el aire, como el Dióxido de Carbono, necesario en la fotosíntesis; y los indirectos, generados de manera antropogénica y natural, como el metano, que es importante en la determinación de la capacidad de oxidación en la troposfera. El Óxido nitroso proviene de fuentes naturales y antrópicas, como la quema de combustibles, biomasa y la agricultura, a este gas se le atribuye cerca del 6% del forzamiento de los Gases de Efecto invernadero. Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y los Hidrofluorocarbonos (HFC) (Benavides & León, 2007). A partir del año 1970 surgió la necesidad de cuantificar estos niveles, debido al cambio climático que se había presentado los últimos años. Lograron comprobar que la superficie terrestre estaba elevando su temperatura y llamaron a este fenómeno Calentamiento Global, atribuyéndolo al aumento de los gases de efecto invernadero generados por la industria. (Bula, 2009)

El IPCC definió al Cambio Climático como un cambio en el clima a lo largo del tiempo, que puede ser causado por variabilidad natural o como resultado de factores antrópicos. (IPCC, 2001), es decir que el clima presenta una alteración; para conocer el clima de un lugar o espacio determinado es necesario tener un recuento durante aproximadamente 30 años, y se requerirían otros 30 años para determinar el cambio que se presentó en el clima (Cifuentes, 2010), sin embargo, la IPCC también afirma que este cambio está siendo acelerado debido al incremento en la concentración de GEI de origen antrópico, que se convierte en un problema

global que requiere la unión de todos los países generadores de impactos ambientales. (IPCC, 2002)

Los gases de efecto invernadero que se tienen en cuenta en la norma son los 6 establecidos en el protocolo de Kyoto, el Dióxido de Carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los hidrofluorocarbonos (HFCs), los perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafloruro de azufre (SF_6), según las distintas actividades desarrolladas por la organización que puedan emitir los mismos. En el año 2011 se añadió a la lista el trifluoruro de nitrógeno (NF_3), empleado en la fabricación de pantallas plasma y algunos tipos de paneles solares, sin embargo, este protocolo no acoge a los países que son grandes productores en masa como china y estados unidos, este gas aún no se tiene en cuenta significativamente. (Hernández, 2011) Por ejemplo, en países como Cataluña las emisiones de este gas se consideran nulas, pues se carece de datos de uso del mismo. (Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH), 2021)

La IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), en español el "Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático", establece en el año 2007 la tabla de equivalencias potenciales de calentamiento global o PCG (GWP en inglés), que se puede observar a continuación, con la cual se expresan los GEI en proporción al CO_2; (Guia de càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH), 2021) sin embargo, también es posible emplear las tablas de FECOC en Colombia, para combustibles y energéticos.

Tabla 1Potencial de Calentamiento Global

Potenciales de calentamiento global según el documento IV de la IPCC	
CO_2	1
CH_4	25
N_2O	298
SF_6	22800

Fuente: (IPCC , 2007)

La empresa Aguas Kpital Cúcuta es la empresa potabilizadora de la ciudad de Cúcuta. El ingeniero Vizcarra define la planta de tratamiento de agua potable como "el conjunto de instalaciones, destinadas a mejorar la calidad del agua, que se localiza en un espacio físico relativamente reducido" (Vizcarra, 2018). El objetivo principal de este mejoramiento es hacer que el agua sea apta para el consumo humano, eliminando diferentes elementos que podrían hacerla perjudicial para la salud, como agentes patógenos y metales pesados; u otros elementos que llegan a convertir su consumo en una experiencia desagradable, como el color causado por algunos sólidos en suspensión. Aunque es posible afirmar que las Plantas de Tratamiento de Agua Potable, fueron diseñadas para evitar problemas de salud en la población mundial, al ser prestadoras de un servicio a gran escala y de forma permanente, las convierte también en generadoras de gases de efecto invernadero.

Uno de los objetivos ambientales de Aguas Kpital Cúcuta es "Implementar medidas de mitigación y adaptación al Cambio Climático, dentro de nuestra gestión ambiental empresarial, así como la medición de la huella de carbono". (AGUAS KPITAL, 2021)

La Huella de carbono es definida por Wiedmann Y Minx como la cantidad de emisiones de Dióxido de Carbono que son directa e indirectamente causadas por una actividad o acumuladas en las fases del ciclo de vida de un producto; esta definición fue aportada por ellos en el año 2008 y posteriormente la modificaron buscando poder contabilizar el conjunto de gases de efecto invernadero aparte del CO_2. (Alvarez Gallego, Et Al, 2015)

Con el paso de los años la huella de carbono se ha convertido en un referente que induce cambios en los patrones competitivos de las empresas, a pesar de que no se encuentra una definición clara sobre esta, la definición anteriormente mencionada es una de las más referenciadas cuando de este tema se trata. (Espindola & Valderrama, 2012)

Las actividades son definidas por Minx y Guan como las actividades asociadas a individuos y organizaciones, territorios, eventos productos y servicios, asi que, este termino es aplicable a cada ambito como actvidades economicas, servicios, hogares y hábitos de consumo. (Alvarez Gallego, Et. Al, 2015)

Según hacia donde se dirige la huella de carbono se pueden distinguir 2 enfoques metodológicos diferentes, el enfoque Corporativo o de organización que sirve para la elaboración de inventario de GEI basados en el consumidor; y un enfoque a producto o de servicio que deriva del análisis de ciclo de vida del producto. Otros conceptos importantes a tener en cuenta cuando se trata de medicion de Huella de Carbono son el efecto directo, que se refiere a las emisiones y/o absorciones generadas por procesos sobre los que se tiene un control o propiedad, que generalmente se producen en el sitio donde se desarrolla la actividad; y el efecto indirecto que corresponde a todo el resto de emisiones y/o absorciones que se producen por los procesos que se desarrollan como consecuencia de la actividad. La

huella de Carbono desde cualquiera de sus enfoques se mide en unidades de CO2 equivalentes en toneladas o kilogramos, que se puede abreviar como CO_2e, CO_2eq, CO_{2eq}, CO_{2e} (Alvarez Gallego, Et Al, 2015).

Esta se puede calcular para producto, en la cual se determinan las emisiones generadas por todo el ciclo de vida de un producto; en segundo lugar, se encuentra la huella de carbono de proyecto o evento, en esta se calculan las emisiones generadas en un proyecto o la organización de un evento, y la huella de carbono de organización, donde se calculan las emisiones de GEI asociada a las actividades e instalaciones de una empresa o actividad. (Global O2 Consultoria y asesoramiento en medio ambiente., 2012)

Hodge define la organización como “sistemas humanos en cooperación y coordinación, integrados dentro los limites definidos con el fin de alcanzar metas compartidas”. Estas organizaciones facilitan la interacción entre los individuos, recursos, procesos realizados o servicios prestados, en este caso de gestión de agua. El objetivo de las organizaciones es lograr una gestión correcta de los recursos de los cuales se dispone, para alcanzar las metas en común de la mejor manera. En la norma ISO 14064-1;2012 la unidad básica de estudio para la cuantificación de emisiones de GEI es la instalación, correspondiente a una empresa u organización. (Rodriguez Olalla & Alvarez Gallego, 2015)

La huella de carbono organizacional se calcula realizando un inventario de gases de efecto invernadero (GEI) que son generados en la empresa de forma directa o indirecta, con dos objetivos principales, identificar puntos de mejora ambiental y económicos; además comunicar a los usuarios el impacto que está teniendo la organización sobre el cambio

climático y demostrar el compromiso ambiental de la misma. (Rodriguez Olalla & Alvarez Gallego, 2015)

La medición de GEI de la empresa puede llevar a las empresas a invertir de forma más eficiente en tecnologías más innovadoras, aprovechando nuevas oportunidades comerciales que requieran una menor huella de carbono. (WRI & WBCSD, 2004)

ISO 14064-1

Las normas ISO 14000 fueron aprobadas en el año 1992 en la Cumbre de la Tierra como una respuesta a la necesidad de crear normas ambientales para cada país con un lenguaje ambiental unificado, formando un sistema de responsabilidad empresarial para gestionar los recursos a los que tenían acceso y así reducir los costos e impactos que se estaban teniendo sobre el medio ambiente (Consultores CTMA, 2019)

Una de las normas desarrolladas en las ISO 14000 es la ISO14064 Sistemas de Gestión de Gases de Efecto Invernadero, es una norma internacional que "aporta veracidad, credibilidad y transparencia a los reportes de emisión de gases de efecto invernadero, por la actividad de cada organización" (ISOTOOLS, 2019). Con el pasar de los años, cada vez se genera más conciencia acerca de las emisiones y su impacto en el planeta, a su vez, las organizaciones comenzaron a llevar a cabo un seguimiento y reporte de la huella de carbono de la empresa. Por tal motivo se desarrollan las ISO 14064, para unificar la metodología empleada para esta cuantificación, permitiendo que la declaración de estos procesos sea de forma transparente, completa y coherente. La aplicación de esta norma es de carácter voluntario, es decir que, la organización puede emplear está normativa si así lo decide. (ISOTOOLS, 2019)

La metodología más conocida a nivel mundial para el cálculo de la huella de carbono es el GreenHouse Gas protocol o GHG, con el cúal se mide y reporta una disminución de GEI durante un periodo de 4 años; esta metodología desarrolló varias herramientas que facilitaron el calculo de la huella de carbono, así que la ISO 14064-1 fue basada en esta. (MARTINEZ MARIN, 2019) Esta norma se divide en tres partes; la primera parte ISO 14064-1 corresponde a los principios y requisitos que debe cumplir la empresa para llevar a cabo el diseño, desarrollo, gestión y notificación de los niveles de GEI. La segunda parte ISO 14064-2, se centra en los proyectos diseñados para la limitación y minimización de los gases de efecto invernadero o la mitigación de sus efectos, también los criterios bases para observar, cuantificar e informar acerca de los resultados del proyecto para ser validados y verificados. La tercera parte ISO 14064-3, establece los principios, requisitos y guías para los organismos que realizan la verificación de la información de GEI, que permitirá mejorar la credibilidad de esta empresa ante la sociedad, convirtiéndola en un referente de responsabilidad ambiental. (ISOTOOLS, 2019)

Clasificación de las emisiones de gases de efecto invernadero

Las emisiones de una organización se pueden clasificar en emisiones directas y emisiones indirectas; siendo las directas emitidas por fuentes que son controladas por dicha organización que genera la actividad, y las indirectas las que surgen como consecuencia de actividades que, aunque la organización es quien las realiza, son controladas por otro sujeto.

Estas emisiones a su vez estas emisiones se subdividen en categorías conocidas como alcances:

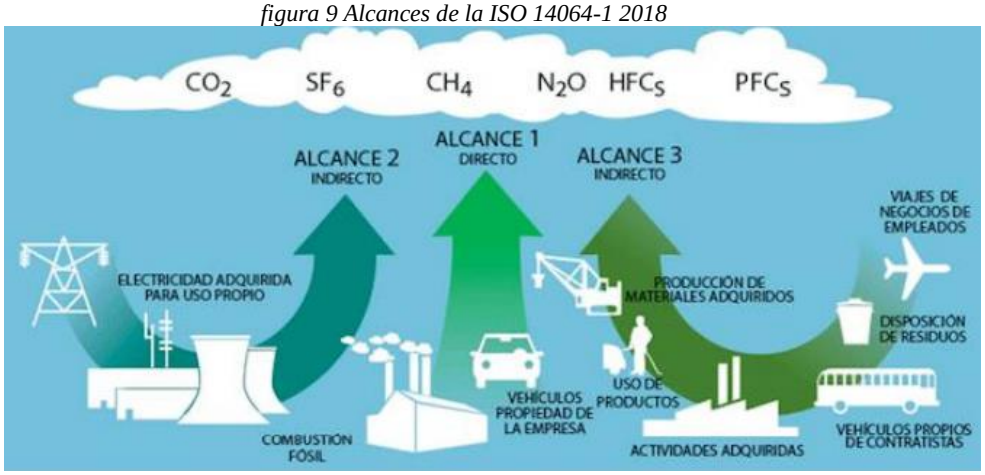
Alcance 1: incluye todas las emisiones provenientes de fuentes propias o controladas por la organización, también las derivadas de la combustión del transporte propio, las emisiones de proceso y fugitivas correspondientes a fugas en los sistemas de refrigeración. *(Rodriguez Olalla & Alvarez Gallego, 2015)*

Alcance 2: incluye todas las emisiones indirectas derivadas de la generación de electricidad y calor, vapor o frío, que la organización adquiere externamente de una planta productora. *(Rodriguez Olalla & Alvarez Gallego, 2015)*

Alcance 3: incluye todas las demás emisiones indirectas generadas como consecuencia de las actividades de la organización, pero provenientes de fuentes que no son controladas por la misma. Como los viajes de negocio en vehículos que no son propiedad de la organización y sobre los cuales tampoco se tiene control, el transporte de un producto, la gestión por parte de otra entidad, de los residuos generados por la organización. *(Rodriguez Olalla & Alvarez Gallego, 2015)*

En la figura 9 se puede observar la división de los alcances junto con su ejemplificación para ser entendido de mejor manera.

figura 9 Alcances de la ISO 14064-1 2018



Fuente: (Cabezas Parraga & Chavarro Molina, 2020)

Marco Legal

Colombia poco a poco ha encaminado su legislación en el ámbito ambiental, con el objetivo principal de regular el impacto ambiental causado por los diferentes procesos industriales, en este caso, sobre la calidad del aire. También se han implementado diferentes pactos, acuerdos, tratados y convenios internacionales que buscan generar una política ambiental unificada y global, con la cual se pueda controlar la calidad del aire a nivel mundial. (Leal Esper & Castiblanco Ramírez, 2020)

Tabla 2 Marco Legal

NORMA	DESCRIPCIÓN
Constitución política de Colombia de 1991	Le ha otorgado mucha relevancia a la protección y acceso a un medio ambiente sano, ya sea por vía popular o empleando la acción de tutela, como se lee en el Artículo 79.
Ley 99 de1993	El estado colombiano inicia su protección al medio ambiente, por medio de la cual se crea el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, y se reordena el sector público. Además, se reordena el Sistema Nacional Ambiental (SINA), y se dictan las funciones del Minambiente en el Art. 5, para establecer las normas de prevención y control del deterioro ambiental. Se reordenan las funciones de las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR). (Leal Esper & Castiblanco Ramírez, 2020)
Ley 164 de 1994	La convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (CMNUCC), hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992, incorporó el tratado de Montreal de 1987, con el cual los estados miembros de este,

	están obligados a actuar en pro de la seguridad humana incluso a falta de certeza científica. (Leal Esper & Castiblanco Ramírez, 2020)
La ley 1819 de 2016	"Reforma tributaria estructural" crea el impuesto nacional al carbono mediante el Artículo 221, para incentivar el cumplimiento de las metas de mitigación de GEI en Colombia. Con este impuesto se gravan todos los combustibles fósiles utilizados para la combustión con fines energéticos como la Gasolina, el Kerosene, el Jet Fuel, el ACPM, el fuel Oil, el gas natural industrial, y el gas licuado de petróleo, a excepción del carbón. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)
Ley de Cambio Climático de 2015	Se crea la paralelamente a la PNCC que comenzó a formularse en el año 2014, cuando se adicionan nuevas estrategias novedosas para cumplir el compromiso que se adquirió en el Acuerdo de París. Sus líneas estratégicas se basan en una nueva economía de Clima, en la cual se tratan temas como la generación y emisiones de GEI por parte de las ciudades, la productividad y uso de la tierra en los sectores rurales y su capacidad para alimentar a la población mundial, como la energía y la infraestructura permiten y respaldan el crecimiento de esta población. Y sus líneas instrumentales como lo son la Gestión del Cambio Climático; Información, ciencia, tecnología e innovación; Educación y financiación e instrumentos Económicos. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible, 2014)
Ley 9 de 1979	Se consolida el Decreto 02 de 1982 por medio del cual se establecen normas de calidad del aire y sus métodos de medición,

	además de las normas generales de emisión para fuentes fijas y móviles, de diferentes industrias se establecen las sanciones y el procedimiento sancionatorio, además de establecer que le corresponde al Ministerio de Salud y a las entidades delegadas. Ya en 1995 se establecen las normas para la protección y control de la calidad del aire. (Leal Esper & Castiblanco Ramírez, 2020)
Ley 1819 de 2016	Se consolida el decreto 926 de 2017, donde se establece un procedimiento para no causar el impuesto nacional al carbono, con el fin de incentivar la creación de estrategias que permitan mitigar o reducir las emisiones de GEI a cambio de no tener el impuesto. (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017)
Decreto 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al medio ambiente, en cuya parte II de los artículos 73 al 76 corresponden a la atmósfera y el espacio aéreo.
Resolución 864 de 1996	Con la cual se dan los equipos de control ambiental con los que se tiene derecho al beneficio tributario.
Resolución 1351 de 1995	Se adopta la declaración "Informe de estado de emisiones" (IE1). Los límites permisibles de emisión de contaminantes por fuentes móviles se establecen mediante la resolución 005 de 1996. En el año 2010 se establecen los niveles máximos permisibles de contaminantes como el Material particulado (PM_{10} y $PM_{2,5}$), el dióxido de Azufre (SO_2), dióxido de Nitrógeno (NO_2), ozono troposférico (O_3) y monóxido de carbono (CO) y otros contaminantes cancerígenos. (Leal Esper & Castiblanco Ramírez, 2020)

Protocolo de Kyoto 2005	Fue adoptado el 11 de diciembre de 1997, después en el año 2013 se ratificó hasta el año 2020, con la cual se establecen los compromisos para la reducción de emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea.

Fuente: Autor.

Para Colombia persiste el gran reto de seguir adaptando sus políticas a un Desarrollo Sostenible, donde prevalezca el uso eficiente de los recursos naturales, y el desarrollo de acuerdos que permitan estar a la altura de los nuevos desafíos ambientales que están por venir con relación al crecimiento de las diferentes industrias en el país.

Antecedentes

Internacionales.

Calcular la huella de carbono permite conocer la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que una organización emite a la atmósfera, en el año 2014 Brianezi y sus compañeros del Departamento de Ingeniería Forestal en Universidad Federal de Viçosa, en Brasil, realizaron el balance de emisiones de Gases de efecto invernadero en el campus de su universidad empleando la norma ISO 14064; las compararon con las emisiones calculadas en el año base elegido, de Octubre del 2010 a octubre del 2011 y con el aumento medio anual de carbono por los sumideros universitarios. Determinaron que el campus cuenta con una cobertura vegetal de 39,84%, aun así, esta área no lograba compensar la cantidad de CO_2 equivalente emitido por la universidad, sin embargo, los sumideros fueron de gran importancia para contrarrestar los gases de efecto invernadero. (Brianezi & Et. Al, 2014)

Nacionales.

Las ingenieras Reyes y Panche, emplearon la metodología de la norma ISO 14064 para calcular la huella de carbono generada por la universidad La Salle en la ciudad de Bogotá, para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Lograron concluir que la actividad que más generaba huella de carbono era el transporte y la que menos generaba era el consumo de gas. Por otro lado, determinaron que no hay diferencia en los resultados obtenidos por la metodología ISO 14064 y la GHG Protocol, sin embargo, existe una diferencia significativa al emplear calculadoras en línea. Posteriormente, plantearon estrategias de mitigación a los Kg equivalentes de Carbono generados por la Universidad. (Reyes Salazar & Panche Cano, 2019)

En el año 2020 Chavarro y Cabezas calcularon la huella de carbono de la Universidad La Salle en la ciudad de Bogotá tomando como año base el 2018, para formular estrategias de mitigación y prevención de los impactos causados por los GEI generados por la universidad. Para esto seleccionaron la metodología ISO 14064, SDA y Air.e HC. Obtuvieron un valor de 11319,4 Ton CO_2/año, 424 CO_2/año y 11352 CO_2/año con cada metodología, y concluyeron que el alcance 3 “otras emisiones indirectas” fue uno de los más contaminantes para las metodologías 1 y 2, mientras que para la metodología 3 las emisiones directas fueron las más contaminantes. (CHAVARRO MOLINA & CABEZAS PARRAGA, 2020)

En el año 2011 la empresa de servicios públicos de Medellín (EPM) realizó su inventario de emisiones de GEI generadas por las actividades que realizaron en los años 2008 y 2009, empleando la metodología de GHG Protocol, con la cual calculó y compensó la huella de

carbono construyendo el parque eólico Jepírachi, ubicado en Uribia, Guajira, con este se compensaron cerca de 20 mil toneladas de CO_2 generados por la empresa. (Empresa de Servicios Públicos de Medellín [EPM], 2014)

Locales.

En el año 2019 se cuantificó la huella de Carbono de los diferentes procesos de producción en la PTAP el Pórtico y Carmen de Tonchalá para los años 2016 y 2017 empleando la metodología presentada en la norma ISO 14064 y el protocolo GHG, para calcular el carbono producido por las entradas y procesos de la maquinara utilizada. También se usó la metodología de evaluación de ciclo de vida (ACV) la cantidad de CO2 eq / m3 / año producidas por cada planta. Posteriormente se observó que las unidades que más generaron impacto fueron la coagulación y la mezcla rápida. Los desarenadores, floculadores-sedimentadores y filtración generaron valores similares de CO_2 eq Kg/m3. (Urrea, 2019)

En el tratamiento de plantas de agua El Pórtico y Carmen de Tonchalá se evidencia que el proceso de mayor contribución a la huella de carbono es "Coagulación y mezclado rápido", demostrándose que se debió al consumo de coagulantes, empleados para acelerar la sedimentación de los sólidos suspendidos y volátiles, formando flóculos más pesados; además de esto, también es necesario emplear agua para lavar los lodos que se generaron posterior a la sedimentación. (Urrea, 2019)

CAPÍTULO 3

Metodología

Procesamiento metodológico

La huella de carbono es el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero asociados a una actividad determinada, con los cuales se determina el aporte que esta actividad tiene sobre el cambio climático, este resultado se expresa en toneladas equivalentes de CO_2 (ton eq CO_2). (Global O2 Consultoria y asesoramiento en medio ambiente., 2012)

Debido a que en este caso se desea calcular la huella de Carbono generada por la empresa potabilizadora Aguas Kpital Cúcuta, se empleará la primera parte de la NTC ISO 14064 del año 2019, que anula a la desarrollada en el año 2006. Para este proceso se inicia con la aplicación de la norma seleccionando los límites del informe y clasificando las emisiones generadas por la empresa a partir de las diferentes actividades que esta desarrolla, teniendo en cuenta los siguientes pasos y recomendaciones establecidos en la guía para el cálculo de la huella de carbono catalana para el año 2021, basados en la ISO 14064 vigente para este año, también apoyándose en la metodología establecida en el GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol) y la guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono de la universidad nacional de Colombia.

Se decide implementar esta metodología, debido a que posee algunas ventajas sobre otras, además de reducir los costos de aplicación, no necesita un software para ser desarrollada; sus resultados deben ser aprobados por un Organismo de Normalización reconocido, garantizando la fiabilidad de los mismos y asegurando altos niveles de calidad y seguridad; por lo cual la organización que emplee de manera correcta garantiza la coherencia,

transparencia y credibilidad en los datos obtenidos, con los cuales se iniciará un proceso de gestión y diferentes estrategias de mitigación para su huella de carbono, también externamente se convertirá en un referente de compromiso ambiental para las diferentes organizaciones y usuarios. (World Resources Institute WRI, 2015)

Fases metodológicas

Fase 1: Caracterización de la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

- Se desarrolla la delimitación de la empresa en 3 zonas, correspondientes a las plantas de tratamiento El Carmen de Tonchalá y El Pórtico, además de la zona administrativa.
- Se realiza el reconocimiento y descripción de los procesos llevados a cabo por cada una de las zonas de la empresa
- Para cada uno de los procesos se lleva a cabo la identificación de los recursos empleados para el cumplimiento de las actividades, tanto de talento humano, como de maquinaría e insumos.

Fase 2: Recolección de la información primaria y secundaria.

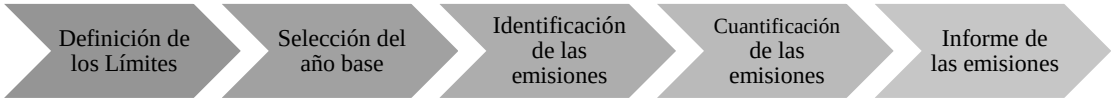
Para el proceso de recolección de la información primaría se cuenta con el apoyo del Ingeniero jefe del Área de Gestión Ambiental, con quien se recopiló la información necesaria para la determinación de la huella de carbono generada por las diferentes dependencias de la empresa durante el año 2020.

La información secundaria será consultada en bases de datos donde se buscarán diferentes artículos publicados en los que se determine la huella de Carbono Organizacional, también en libros y guías metodológicas para la determinación de la misma.

Fase 3: Aplicación de la NTC ISO 14064-1 de 2019

En el siguiente diagrama (Figura 10) se puede observar el orden de aplicación de la norma ISO 14064-1

figura 10 Metodología ISO 14064-1 de 2018



Fuente:(Autor), Basado en NTC ISO14064 de 2018

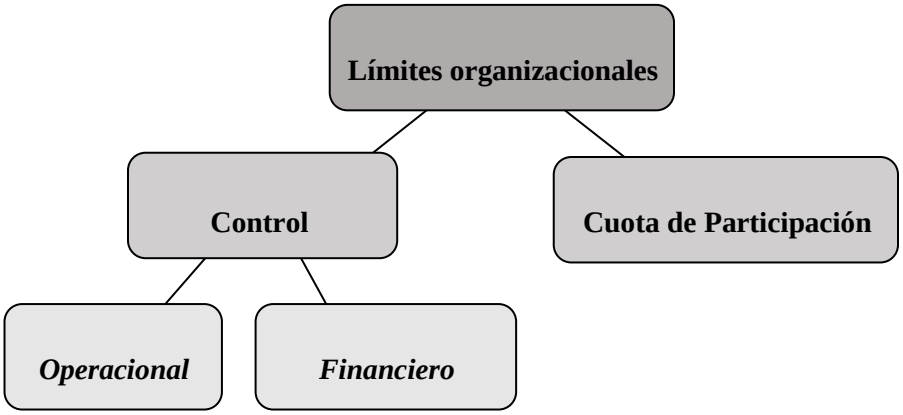
1. Definición de los Límites

Antes de realizar el cálculo de la huella de carbono es necesario definir los límites del inventario de emisiones tanto organizacionales como operativos.

Límites organizacionales: La organización debe consolidar sus emisiones según uno de los siguientes enfoques contemplados en la figura 11:

- Enfoque de control: la organización considera todas las emisiones y/o remociones de gases de efecto invernadero sobre las que tiene control operacional o financiero.
- Enfoque de participación en el capital o integración proporcional: la organización únicamente rinde cuentas sobre las emisiones y/o remociones correspondientes a su parte de las instalaciones, suele emplearse cuando existe una sociedad en la organización. (Rodriguez Olalla & Alvarez Gallego, 2015)

figura 11Limites organizacionales de la ISO 14064



Fuente:(Autor), Basado en NTC ISO14064 de 2018

Límites operativos: En los límites operativos se definen las fuentes de emisión y/o remoción (sumideros) de gases de efecto invernadero que se incluyen en el inventario. Con estos límites se definen los diferentes alcances mencionados anteriormente, es obligatorio incluir en el inventario los alcances 1 y 2, el alcance 3 es opcional. *(CHAVARRO MOLINA & CABEZAS PARRAGA, 2020)*

Exclusiones: Es posible realizar exclusiones de fuentes de emision debido a incapacidad para el cálculo o a su irrelevancia frente a las demás fuentes de emisión. Es posible excluir únicamente al 1% de las fuentes de emisión totales, mientras la suma de dichas exclusiones no supere al 5% de las emisiones totales. *(HIOBE y Colaboradores, 2012)*

2. Selección del año base

Tras haber definido los límites de mi organización, tanto organizacionales como operativos, se realiza la selección de un año base con el cual se obtendrán los datos necesarios para el cálculo de la huella de carbono. Con este año base se podrán comparar los datos obtenidos en informes posteriores a este con la finalidad de comparar los porcentajes de

emisión y remisión con el paso de los años. Este puede ser un año físico o un periodo de tiempo seleccionado y promediado. (WRI & WBCSD, 2004)

3. Identificación de las emisiones

Con base en el GHG protocol y el inventario de actividades desarrollado anteriormente en los límites operativos se realizó la clasificación de las emisiones teniendo en cuenta la norma ISO 14064-1, en esta etapa: identificación de las emisiones. Estas emisiones serán clasificadas dentro de los 3 alcances definidos anteriormente, y representados en la figura 9.

4. Cuantificación de las emisiones:

La cuantificación de las emisiones de Gases de efecto invernadero generadas por la organización se realiza en 2 pasos:

Se obtiene la emisión de GEI del inventario de emisiones realizado, este dato es una medida cuantitativa que será multiplicada por el factor de emisión con el cual se lleva a una unidad de medida en toneladas de GEI/unidad. Este proceso se realiza mediante la ecuación 1.

Ecuación 1Fórmula general para el cálculo de la huella de carbono

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ GEIs\ (tGEI) = Dato\ de\ actividad\ \times Factor\ de\ emisión}$$

Fuente: *(HIOBE y Colaboradores, 2012)* Basado en la ISO 14064

Donde:

Dato de actividad: es la medida cuantitativa de la actividad que produce la emisión, en el caso de fuentes móviles como los vehículos, correspondería a los litros de combustible consumidos, y en caso de no disponer de este dato, se puede calcular con la distancia recorrida en Km. Generalmente corresponde al consumo de una materia prima. En el caso de la

electricidad son los kWh comprados o generados por la organización. (HIOBE y Colaboradores, 2012)

Factor de Emisión: Se obtiene generalmente de tablas ya realizadas por entidades como la IPCC en el año 2007 en su inventario de emisiones, suele expresarse en toneladas de GEI / unidad del dato de actividad; depende del tipo de combustible y transformaciones químicas del proceso de la actividad. (HIOBE y Colaboradores, 2012)

Posteriormente las emisiones de GEI en toneladas, son convertidas a unidades de toneladas de CO_2 equivalentes (ton CO_2-eq). En el caso de las emisiones fugitivas o cualquiera donde no existiese una transformación química, el valor del dato de emisión directamente puede pasar a ser operado en la ecuación 2.

Ecuación 2Emisiones en toneladas de CO 2 Equivalentes

$$\text{Emisiones } (\boldsymbol{ton\ CO_2 - eq}) = \text{Dato de } \boldsymbol{emisión} \times \boldsymbol{Potencial\ de\ Calentamiento\ Global}$$

Fuente: (HIOBE y Colaboradores, 2012), Basado en la ISO 14064

Donde:

Dato de emisión: es la medida calculada en la ecuación 1, excepto las emisiones fugitivas y las emisiones medidas a partir de un instrumento de medición. (HIOBE y Colaboradores, 2012)

Potencial de Calentamiento Global: es el factor con el cual se representa el impacto que tendrá una unidad de masa de GEI en cierto periodo de tiempo a elección, en el caso de la tabla 1 se encuentra a 100 años. (HIOBE y Colaboradores, 2012)

De esta forma deben ser calculadas cada una de las emisiones de cada categoría determinada en los límites operacionales y el inventario de GEI, una vez sean obtenidos estos datos se emplea la ecuación 3.

Ecuación 3Huella de carbono de la organización

$$\boldsymbol{Huella\ de\ Carbono\ (ton\ CO_2\ eq) = \ Emisiones\ Alc1 + Emisiones\ Alc\ 2 + Emisiones\ Alc\ 3}$$

Fuente: *(Universidad Nacional de Colombia, 2020)* Basado en la ISO 14064

5. Informe de Emisiones

Con la huella de carbono generada por la empresa Aguas Kpital Cúcuta durante el año 2020, se realiza un informe con la siguiente información:

-Breve marco contextual de la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

-Descripción de los límites de la organización.

-Periodo de Cálculo de la Huella de Carbono Obtenida.

-Descripción breve de la metodología empleada.

-Identificación de los factores de emisión

-Determinación de la huella de carbono por cada alcance y en total

-Plan de mejora

Además del informe escrito, se realiza una reunión en la cual se expone la información consignada en el mismo.

Fase 4 Alternativas de Mejora

Además de la determinación de la huella de carbono, se plantean algunas alternativas que permitan la compensación de la misma, buscando cumplir con el objetivo de remoción de gases de efecto invernadero para el año 2030; también se da una serie de recomendaciones que permitirán la mejor aplicación de la norma ISO 14064-1 para próximos cálculos y la solución a inconvenientes que pudieron presentarse en el desarrollo de este proyecto.

CAPÍTULO 4
Resultados y Análisis

Fase 1: Caracterización de la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

La zona administrativa de Aguas Kpital Cúcuta está ubicada en la ciudad de Cúcuta en la Avenida 6 Calle 11 esquina, en el Edificio San José del Barrio Centro, como se observa en la siguiente figura.

figura 12 Zona administrativa aguas Kpital.

Fuente: (López, 2017) *Recuperado de: https://cutt.ly/RmlI4h6*

La empresa cuenta con dos sistemas de tratamiento con los cuales se abastece a la ciudad de Cúcuta, cuya captación se realiza de fuentes superficiales correspondientes al Río Pamplonita y Río Zulia.

Planta de Tratamiento De agua Potable El Pórtico

La planta de Tratamiento El Pórtico, también conocida como “sistema Río Pamplonita” es la más antigua y se encuentra conformada por dos plantas de tratamiento (ver figura 6), estas se encuentran unidas y en estas se realiza el proceso de potabilización convencional que será descrito a continuación, abasteciendo aproximadamente al 70% de la población cucuteña. Capta sus aguas de la bocatoma (figura 13) del río pamplonita.

figura 13Bocatoma rio pamplonita planta de tratamiento el pórtico

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

El agua captada es conducida a través del desarenador (figura 14), donde se quedarán los sólidos más grandes arrastrados de la fuente, correspondientes a arenas y gravas, sin embargo, todo lo que no logro ser eliminado en esta fase, será removido en el pre sedimentador que se observa en la figura 15 durante uno de sus mantenimientos.

figura 14Desarenador planta el Pórtico

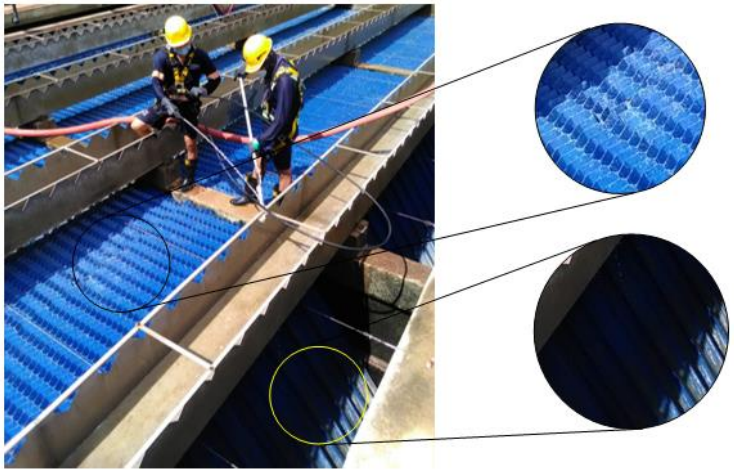
Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

figura 15Pre sedimentador planta el Pórtico

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

En la figura 6 se observa que el agua pasa a 2 plantas a través de una canaleta Parshall, donde se dosifican los químicos floculantes (coagulantes y coadyuvantes de coagulación) para las condiciones de calidad de agua, turbiedad y color, luego se encuentra el sistema electromecánico de floculación, iniciando el cuerpo de agua ingresa a una estructura rectangular donde se le da movimiento, está conformada por seis cubículos cada uno provisto por un par paletas de eje horizontal. El gradiente de velocidad va disminuyendo hasta llegar al sexto cubículo sin dejar de moverse, permitiendo la homogenización del agua con el floculante, creando una reacción donde los iones de las partículas y el coagulante se unen formando las partículas conocidas como “floc”, este va aumentando su densidad y peso, haciendo posible la sedimentación acelerada en el sedimentador es de alta tasa, donde se encuentra un tanque grande con módulos tubulares con forma de panal de abejas, (figura 16) su profundidad es aproximadamente de 1,10 m y también poseen inclinación, con la cual el flujo de agua se realiza en sentido ascendente, es decir, desde la parte de abajo hacia arriba.

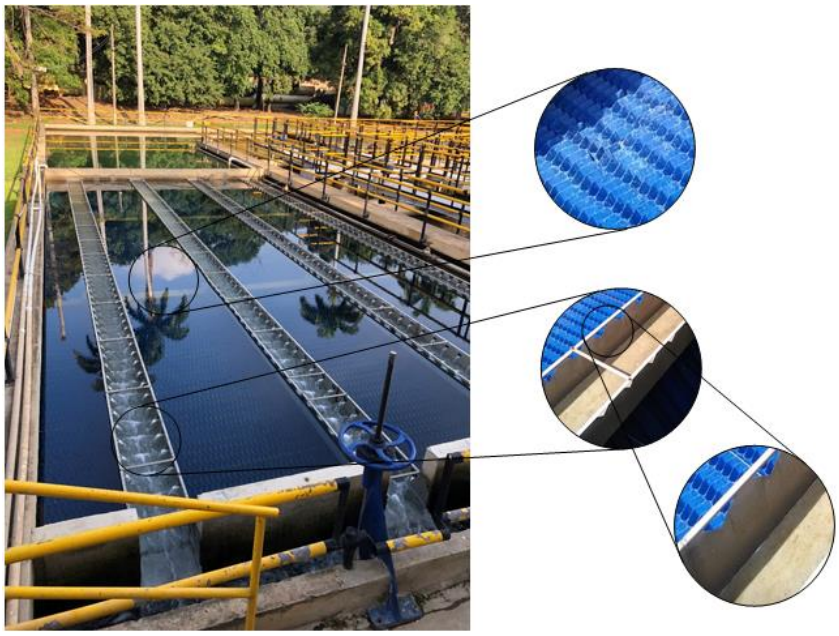
figura 16Mantenimiento del sedimentador de alta tasa planta el pórtico



Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

Las ranuras en forma de "V" (figura 17) permiten el paso del agua clarificada a las canaletas recolectoras rectangulares, es decir que, parte de los químicos empleados inicialmente son atrapados en la sedimentación al pasar por los módulos tubulares.

figura 17Sedimentador de alta tasa planta el pórtico



Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

En cada planta de tratamiento de El Pórtico se cuenta con 6 filtros, para un total de 12 filtros empleados en la filtración de alta tasa del agua clarificada (figura 17). El proceso de

limpieza de filtrado fue optimizado en el año 2019, empleando además una limpieza en seco inyectando aire con la ayuda de compresores, el aire desajusta el lecho filtrante moviendo los lodos y permitiendo que sea más fácil su remoción al momento de inyectar el agua de la limpieza convencional por lo que quedan más limpios y en un menor tiempo, además de que se emplea menos agua.

figura 18filtración planta de tratamiento el pórtico

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

Al finalizar el filtrado el agua pasa a una taquilla de contacto de cloro, donde se le inyecta cloro gaseoso para su desinfección y posterior distribución (figura 19).

figura 19Desinfección con cloro gaseoso Planta el Pórtico

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

Planta de Tratamiento De agua Potable El Carmen de Tonchalá

La planta de tratamiento El Carmen de Tonchalá es conocida como “Sistema Río Zulia”, abastece a la población restante de la ciudad de Cúcuta, es decir, a cerca del 30%. La principal diferencia de este con el sistema río pamplonita es el empleo de 4 unidades de bombeo para dirigir el agua cruda captada del río zulia desde la estación tasajero (figura 20), hasta la cámara de quiebre (figura 21).

figura 20Captación en la estación tasajero por bombeo el Carmen de Tonchalá

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

figura 21Cámara de quiebre planta el Carmen de Tonchalá

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

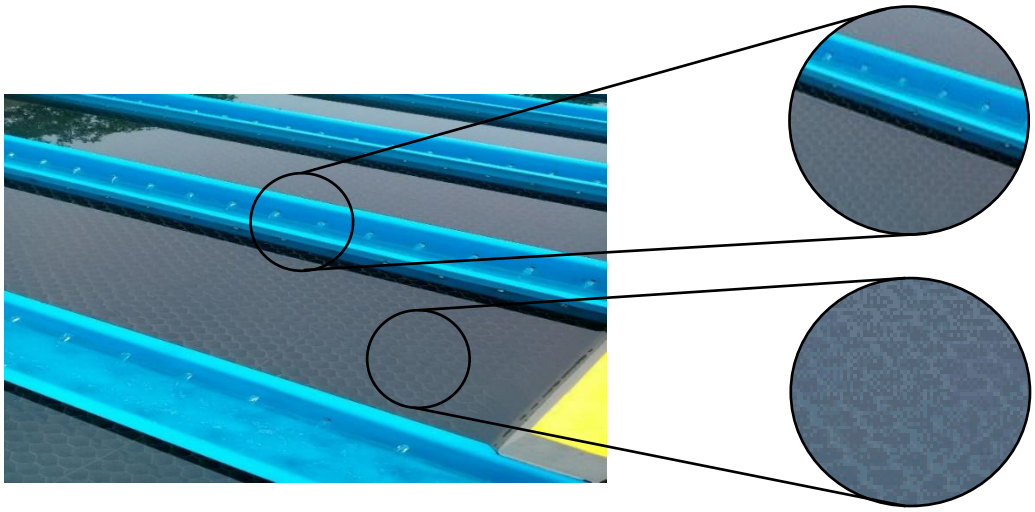
En la cámara de quiebre se da la caída del agua por gravedad hasta la planta el Carmen de Tonchalá donde se da inicio al proceso de potabilización al pasar por la canaleta Parshall (figura 22) en la cual se dosifican los químicos empleados para la coagulación de sólidos y la medición del caudal.

figura 22Entrada al Carmen de Tonchalá Canaleta parshall

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

Posteriormente se da ingreso a sedimentadores de alta tasa con forma de panal de abejas (figura 23) que funcionan con el mismo principio de la planta el Pórtico, sin embargo, tienen una profundidad de 70 cm aproximadamente, con los cuales se eliminarán los floc producidos por el coagulante aplicado en la canaleta Parshall, también en estos se quedará una parte de este químico. El agua clarificada pasa a los filtros de alta tasa (figura 24) a través de las canaletas recolectoras de color azul, para ser conducida a través de 6 filtros, donde se eliminan los sólidos restantes que aportan características organolépticas no deseadas.

figura 23Sedimentadores de alta tasa el Carmen de Tonchalá y canaletas.



Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

El proceso de limpieza de estos filtros también fue optimizado, empleando la inyección de aire inicialmente para complementar la limpieza realizada con el agua.

figura 24Filtros de alta tasa el Carmen de Tonchalá y canaletas

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

Para finalizar la potabilización, el agua filtrada es llevada a una taquilla de contacto de cloro, donde se le aplicará cloro gaseoso siguiendo todos los protocolos de seguridad. para

su correcta desinfección (figura 25) y proceder a la fase de distribución, donde será enviada a la estación Nydia y posteriormente a la comunidad como se esquematiza en la figura 3.

figura 25Desinfección con cloro gaseoso Planta El carmen de Tonchalá.

Fuente: (AGUAS KPITAL, 2021) Proporcionado por la empresa Aguas Kpital Cúcuta.

En el anexo 2 se registran los diagramas de flujo correspondientes a las actividades realizadas por cada planta de tratamiento propia de la empresa Aguas Kpital Cúcuta SA ESP.

Fase 2: Recolección de la información primaria y secundaria.

Se recolectó la información correspondiente a la cantidad de energía eléctrica requerida en el año 2020, además de datos de combustibles empleados en el transporte dentro y fuera de las plantas de tratamiento y los vehículos utilizados; también el papel utilizado en la zona administrativa y los insumos requeridos en cada una de las plantas de tratamiento. Los datos proporcionados por la empresa fueron tabulados y presentados en la Fase 3 de los resultados.

Esta información fue revisada y aprobada antes de ser utilizada para el desarrollo de este trabajo. La empresa Aguas Kpital Cúcuta cuenta con un sistema de registro de información

que se actualiza constantemente, por lo tanto, los datos allí consignados cuentan con gran fiabilidad.

La información secundaria fue obtenida a partir de documentos técnicos proporcionados por la empresa, en los cuales se estimó la huella de carbono de algunas zonas empleando diferentes metodologías; además la consulta bibliográfica de bases de datos con aproximadamente 50 citas referenciadas. En la recopilación de esta información se pudo entre ver que los países europeos como España y Cataluña se encuentran muy actualizados en cuanto a la determinación de huella de carbono y la creación de inventarios de GEI.

Fase 3: Aplicación de la NTC ISO 14064-1 de 2019

1. Definición de los Límites

Definir los límites de la medición sirve para decidir cuales áreas de la empresa se van a incluir en el inventario de emisiones, pues sus datos serán tenidos en cuenta al momento de realizar los cálculos. (Ministerio para la Transición Ecológica., 2019)

Límites Organizacionales:

Para la empresa Aguas Kpital Cúcuta se definen los limites organizacionales con enfoque de control operacional, es decir, que se tendrán en cuenta todas las emisiones directas e indirectas que se pueden controlar por la organización.

En este orden de ideas, se definirán los límites operacionales de las zonas administrativas y de plantas, el Carmen de Tonchalá y El Pórtico, debido a que existe capacidad de actuación y decisión para reducir las emisiones, claridad en el control operacional y lo más importante, disponibilidad y acceso a los datos necesarios para los cálculos; además de ser el enfoque

que representa mejor a la organización, también permite mejor actuación para reducir los GEI.

Límites Operativos:

Se definen las fuentes de emisión de GEI, considerando los establecidos en el protocolo de Kyoto, es decir CO_2, CH_4, N_2O, SF_6, HFCs y PFCs, descritos a continuación.

Tabla 3 Gases de efecto invernadero del protocolo de Kioto

CO_2	Es uno de los más comunes, se genera a partir de la combustión de hidrocarburos como la gasolina, también en procesos de des carbonatación en la producción de cemento; también en la industria alimentaria. Y de forma natural en la respiración y la fotosíntesis.
CH_4	Se genera en la descomposición de materia orgánica en forma anaerobia, por ejemplo, en el tratamiento de aguas residuales, en la digestión de animales, en la descomposición de residuos (compostaje) y en la industria agrícola. También al extraer combustibles fósiles, en menor cantidad se pueden hallar trazas de este en algunos procesos de combustión.
N_2O	Se produce en algunos procesos de combustión, en el caso de los motores a base de gasolina se genera por exceso de oxígeno, pero principalmente en la industria agrícola por el uso de fertilizantes, también en menor medida de forma natural en el ciclo del nitrógeno.
SF_6	Es empleado como aislante en subestaciones eléctricas y suele ser emitido de forma fugitiva.
HFCs y PFCs	Son utilizados como refrigerantes y suelen ser emitidos de forma fugitiva.

Fuente: (HIOBE y Colaboradores, 2012) Obtenido de: Protocolo de Kyoto

A partir de la tabla 3 se determinaron las fuentes de emisión de los gases CO_2, CH_4 y N_2O según las actividades realizadas en la empresa aguas Kpital Cúcuta durante el año 2020 y fueron clasificadas según los alcances en la tabla 4.

Tabla 4Límites operativos de las emisiones generadas por Aguas Kpital Cúcuta en el 2020.

ALCANCE 1	
Emisiones directas de GEI por parte de actividades y procesos sobre los cuales la empresa Aguas Kpital Cúcuta tiene control operativo.	— **Fuentes móviles:** correspondientes a vehículos de la empresa, entre los cuales se encuentran camiones, camionetas, volquetas y automóviles. — **Consumo de Papel:** en el área administrativa de la empresa.
ALCANCE 2	
Emisiones indirectas de GEI provenientes de la electricidad adquirida por la empresa a un tercero.	— **Consumo de Energía eléctrica:** distribuida por la empresa Centrales Eléctricas del grupo EPM.
ALCANCE 3	
Otras emisiones indirectas de GEI surgen como consecuencia de actividades que deben ser desarrolladas por la empresa, sin embargo, se producen fuera de ella y en algunos casos no se tiene control total sobre estas.	— **Desplazamiento terrestre** del talento Humano en sus vehículos propios para dirigirse a la empresa — **Desplazamiento aéreo** por parte del personal que lo requiera para cumplir con diferentes compromisos de la empresa. — **Generación de residuos sólidos.** — **Generación de aguas Residuales.**

	— **Emisiones fugadas** al realizar el mantenimiento de elementos refrigerantes.

Fuente: (Autor)

Exclusiones:

Se excluirán las emisiones fugitivas, debido a que no se cuenta con la información de gases refrigerantes fugados en la empresa al hacer algún tipo de mantenimiento en aires acondicionados o neveras. También en otras emisiones indirectas, las causadas por el tratamiento de aguas residuales generadas en la organización, pues en el departamento de norte de Santander no se cuenta con el servicio de una PTAR.

1. Selección del año base

No fue posible realizar la selección del año base debido a que esta es la primera vez que se desarrolla la determinación de la huella de Carbono empleando la metodología ISO 14064-1; además de que en las ocasiones que este parámetro fue calculado, se desarrolló por separado el área administrativa en el año 2016 y las plantas de tratamiento dos años después; por lo cual se estarían incumpliendo las condiciones para la selección del año base, descritas en la tabla 5.

Tabla 5Criterios para la elección del año base

Criterios de decisión para la elección del año base	— Representativo de la operación normal de la organización — Disponibilidad de datos auditables — Lo más lejano en el tiempo posible — Importancia histórica del año en el encaje de la estrategia de la organización en materia de reducción de emisiones

	— Inventario de GEI empleando la misma metodología y los mismos alcances.

Fuente: (HIOBE y Colaboradores, 2012) Basado en ISO 14064 de 2018

2. Identificación de las emisiones.

Con base en la tabla 3 se realizó la clasificación de las emisiones de GEI generadas por la empresa Aguas Kpital Cúcuta durante el año 2020 en alcance1, correspondiente a emisiones directas, alcance 2 emisiones indirectas generadas por consumo eléctrico y alcance 3 otras emisiones indirectas; cuyos datos son presentados a continuación.

Alcance 1 Emisiones directas.

Fuentes móviles: Correspondiente a la flota vehicular propiedad de la empresa Aguas Kpital Cúcuta, la información proporcionada por la organización está representada en la tabla 6, en la cual se clasifico según el tipo de vehículo y la cantidad de litros consumidos de su respectivo combustible, durante cada uno de los meses del año 2020.

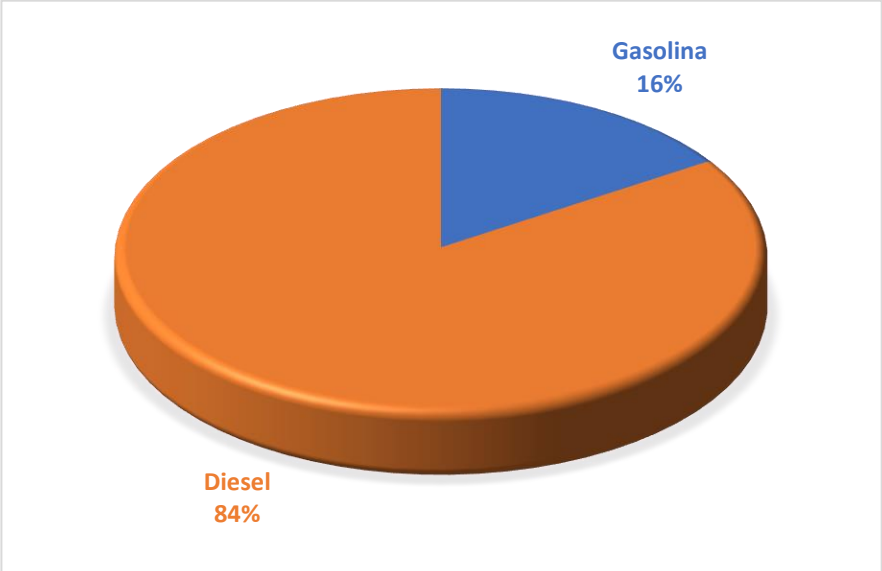
Únicamente se emplearon 2 tipos de combustible para el movimiento de la flota, 29602,03L de Diesel (A.C.P.M.) y 5599,19 L de gasolina corriente. En la figura 26 es posible apreciar la diferencia significativa existente entre el consumo de Diesel respecto al consumo de gasolina, debido a que la mayor parte del parque automotor de la empresa Aguas Kpital Cúcuta funciona a base de este combustible.

Tabla 6Emisiones directas por fuentes móviles durante el año 2020

Emisiones directas por fuentes móviles durante el año 2020			
Mes	**Tipo de Vehículo**	**Combustible (L)**	
		Diesel	**Gasolina**
enero	Camionetas		385,10
	Camiones	805,07	
	Volquetas	1264,07	
febrero	Camionetas	33,02	319,29
	Camiones	885,83	
	Volquetas	1163,42	
marzo	Camionetas	78,05	359,35
	Camiones	818,32	
	Volquetas	1144,54	
abril	Camionetas	113,17	267,58
	Camiones	865,41	
	Volquetas	987,96	
mayo	Camionetas	75,26	515,85
	Camiones	997,17	
	Volquetas	1243,65	
junio	Camionetas	286,20	481,13
	Camiones	883,30	
	Volquetas	1166,73	
julio	Camionetas	393,96	520,68
	Camiones	920,501	
	Volquetas	1347,90	
agosto	Camionetas	427,65	522,15
	Camiones	922,03	
	Volquetas	1694,84	
septiembre	Camionetas	468,13	535,73
	Camiones	1068,79	
	Volquetas	1390,33	
octubre	Camionetas	541,40	550,98
	Camiones	1013,39	
	Volquetas	1354,03	
noviembre	Camionetas	354,61	572,56
	Camiones	1090,42	
	Volquetas	1362,85	
diciembre	Camionetas	197,42	568,78
	Camiones	978,31	
	Volquetas	1264,31	
TOTAL		29602,03	5599,19

Fuente: (Autor)

figura 26Porcentaje de gasolina consumido respecto al Diesel durante el año 2020

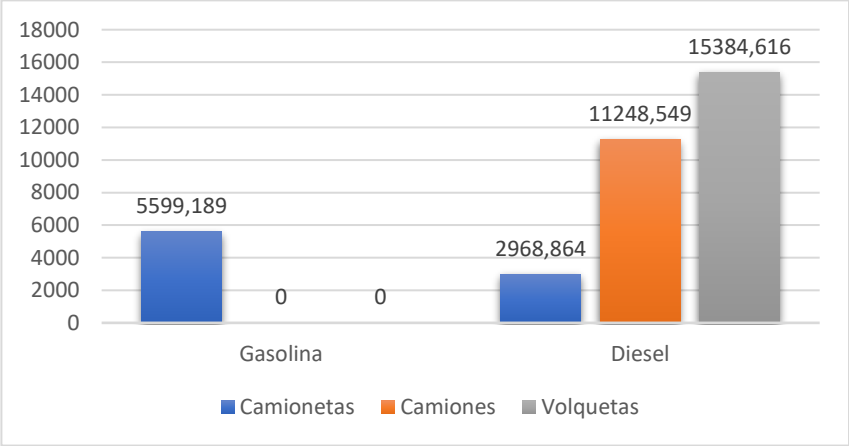


Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

Por otro lado, en la figura 27 se observa que el mayor consumo, además de ser Diesel corresponde al tipo de vehículo volqueta, pues el tanque de combustible de estas tiene mayor

capacidad, ya que debido a su peso y el tipo de carga que suele transportar requiere mayor cantidad de combustible.

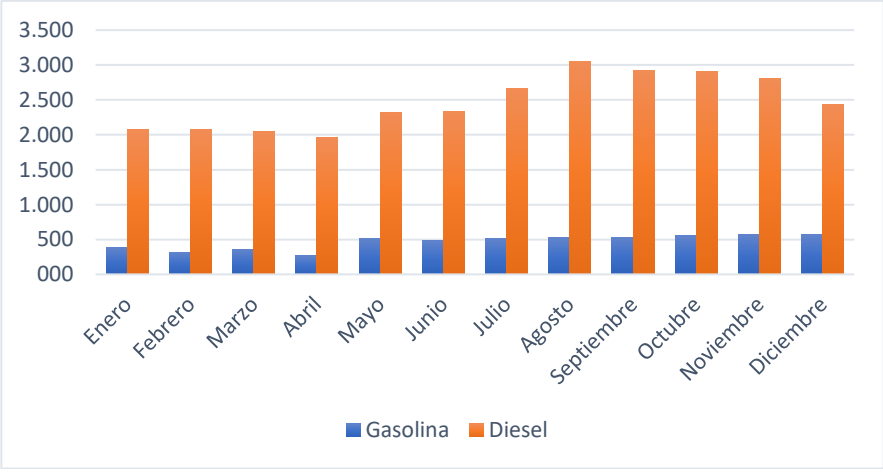
figura 27Consumo en litros de combustible



Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

El mes en el que se consumió mayor cantidad de combustibles fue el mes de agosto, con un consumo total de 3566,67 L, seguido por el mes de septiembre, esto se observa en la figura 28, por el contrario, el mes con menor consumo fue el mes de abril.

figura 28Consumo de combustible en litro durante cada mes del año 2020



Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

Consumo de Papel: Para el año 2020 fue autorizada la compra de un total de 1565Kg de papel para el uso de oficina en el área administrativa.

Tabla 7Consumo de papel para el año 2020

Descripción	Unidades	Kilogramos
Resma tamaño carta 75g	570	1425
Resma tamaño oficio 75g	50	140
TOTAL		**1565**

Fuente: (Autor)

Alcance 2 Emisiones Indirectas.

Consumo de energía Eléctrica: Son los kWh generados por la empresa Centrales Eléctricas del Grupo EPM para el consumo de Aguas Kpital Cúcuta en el año 2020, registrados en la tabla 8.

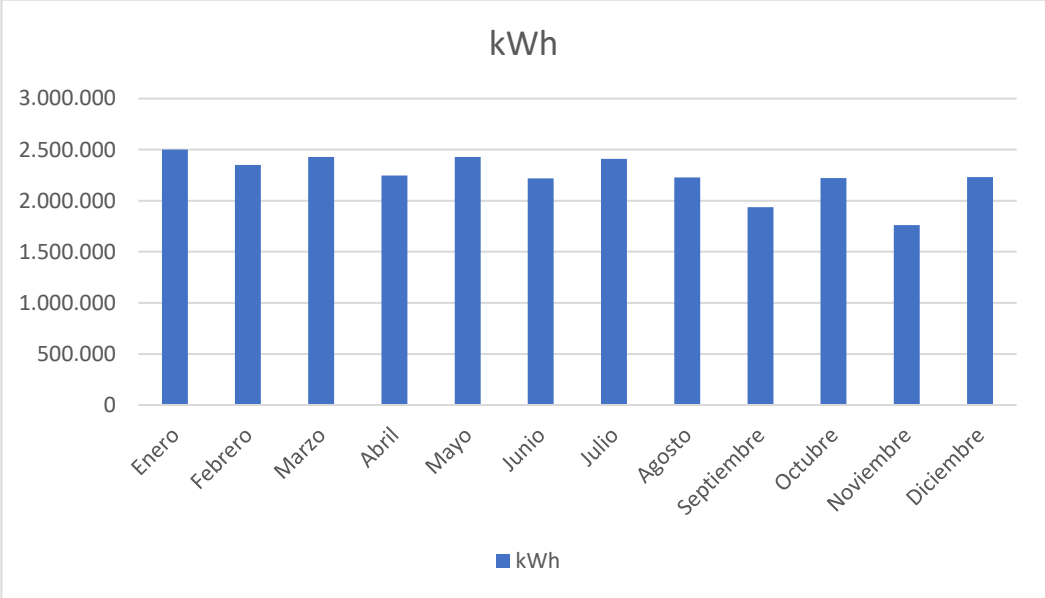
Tabla 8 Consumo eléctrico del año 2020

Meses	kWh
Enero	2.501.897
Febrero	2.350.381
Marzo	2.427.587
Abril	2.245.483
Mayo	2.427.587
Junio	2.219.229
Julio	2.410.525
Agosto	2.227.330
Septiembre	1.937.818
Octubre	2.223.222
Noviembre	1.762.125
Diciembre	2.230.035
Total	26.963.219

Fuente: (Autor)

Los meses de menor y mayor consumo eléctrico en el año 2020 fueron noviembre y enero respectivamente.

figura 29Energía eléctrica consumida en el año 2020



Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

Este consumo eléctrico se debe al uso de material electrónico en el área administrativa, también la iluminación, pero sobre todo al empleo de la maquinaria por las plantas de tratamiento para la potabilización del agua que abastece a la ciudad de Cúcuta, correspondientes a 4 unidades de bombeo en la planta de tratamiento el Carmen de Tonchalá, moto-reductores que fueron optimizados en el año 2019, al ser reemplazados por un por unos de mayor potencia, cloradores, unidades de bombeo de aire empleadas en la limpieza de los filtros, los motores que mueven las paletas de eje horizontal en las cámaras del sedimentador de alta tasa y los dosificadores de floculante.

Alcance 3 Otras emisiones indirectas

Desplazamiento terrestre: en el año 2020 la ciudad de Cúcuta se encontraba en contingencia sanitaria debido al virus Covid-19 causante de la pandemia mundial, por lo que la mayor parte de las labores que podían ser realizadas desde los hogares, se hicieron por modalidad de teletrabajo, reduciendo la asistencia de la mayor parte del talento humano. Sin embargo, la zona de plantas de tratamiento requiere la asistencia del personal para cumplir con la potabilización de los metros cúbicos requeridos para el abastecimiento de la población cucuteña.

Desplazamiento aéreo por viajes de negocios hacia otras ciudades del territorio colombiano, principalmente las ciudades de Bogotá, Medellín, Cartagena y Barranquilla, teniendo en cuenta que la mayoría de los vuelos que despegan en la ciudad de Cúcuta tienen una escala principalmente en la ciudad de Bogotá, para luego tener otro vuelo hacia la ciudad de destino.

3. Cuantificación de las Emisiones

Se realiza el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero en ton CO_2 – eq, empleando las ecuaciones 1 y 2 descritas en la metodología, para cada una de las emisiones clasificadas en los alcances 1, 2 y 3.

Emisiones del Alcance 1

Fuentes móviles, descritas en la tabla 5, con su consumo mensual, para cada combustible y tipo de vehículo. Se consultó en la IPCC el factor de emisión para el Diesel o ACPM y la Gasolina, para Colombia.

Además del cálculo de la huella de Carbono en términos de carbono, se empleará a ecuación 2 y la tabla 1 para la determinación del metano y el óxido nitroso, pues estos también suelen estar presentes en la combustión de los hidrocarburos.

Aplicando la ecuación 1 para calcular las emisiones generadas por la combustión de Diesel en el mes de enero del año 2020:

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = mes\ de\ enero\ \times Factor\ de\ emisión}$$

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = 7834,70\ gal\ \times 10,86\ Kg\ CO2/gal}$$

$$\boxed{\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = 85084,83\ Kg\ CO2}}$$

El dato de actividad corresponde a los galones de Diesel consumidos en el mes obtenidos realizando la conversión de unidades, y el factor de emisión para Colombia se encuentra en el Anexo 1, posteriormente se convierte el resultado de la ecuación 1 a toneladas, dividiéndolo en 1000.

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = 85,08\ t\ CO2}$$

Con este dato de emisiones de CO2 en toneladas, se emplea la ecuación 2 para calcular las emisiones de CO2 equivalentes, correspondientes al metano y al óxido nitroso. El potencial de calentamiento global para el CO2 es 1, así que las emisiones serán las mismas obtenidas con la ecuación anterior. En este caso, el dato de emisión pasa a ser el resultado de la ecuación 1 en toneladas.

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH4\ (ton\ CO_2 - eq) = 85,08\ t\ CO2 \times 25}$$

$$\boxed{\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH4\ (ton\ CO_2 - eq) = 2127,12\ t\ CO2 - eq\ para\ metano}}$$

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ N2O\ (ton\ CO_2 - eq) = 85,08\ t\ CO2\ \times 298}$$

$$\boxed{\boldsymbol{Emisiones\ de\ CH4\ (ton\ CO_2 - eq) = 25355,28\ t\ CO2 - eq\ para\ el\ óxido\ nitroso}}$$

Se realiza el mismo procedimiento con cada combustible en cada mes y los resultados se pueden observar en las tablas 9 y 10.

Tabla 9Total emisiones fuentes móviles Diesel

Meses	Diesel (L)	Galones	factor de emision [Kg CO2/gal]	Emisiones de CO2 (kg CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2-eq)	Emisiones de CH4 (t CO2-eq)	Emisiones de N2O (t CO2-eq)
enero	2069,14	7834,70	10,86	85084,83	85,08	85,08	2127,12	25355,28
febrero	2082,27	7884,40		85624,62	85,62	85,62	2140,62	25516,14
marzo	2040,91	7727,80		83923,87	83,92	83,92	2098,10	25009,31
abril	1966,54	7446,18		80865,51	80,87	80,87	2021,64	24097,92
mayo	2316,08	8769,72		95239,16	95,24	95,24	2380,98	28381,27
junio	2336,22	8845,96		96067,17	96,07	96,07	2401,68	28628,02
julio	2662,36	10080,86		109478,18	109,48	109,48	2736,95	32624,50
agosto	3044,52	11527,90		125192,98	125,19	125,19	3129,82	37307,51
septiembre	2927,25	11083,88		120370,95	120,37	120,37	3009,27	35870,54
octubre	2908,82	11014,07		119612,76	119,61	119,61	2990,32	35644,60
noviembre	2807,89	10631,91		115462,57	115,46	115,46	2886,56	34407,84
diciembre	2440,04	9239,06		100336,16	100,34	100,34	2508,40	29900,18
					TOTAL	1217,26	30431,47	362743,11
			Total emisiones fuentes móviles Diesel (t CO2-eq)				394391,83	

Fuente: (Autor)

Tabla 10Total emisiones fuentes móviles Gasolina

Meses	Gasolina(L)	Galones	factor de emision [Kg CO2/gal]	Emisiones de CO2 (kg CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2-eq)	Emisiones de CH4 (t CO2-eq)	Emisiones de N2O (t CO2-eq)
enero	385,10	1458,14	9,13	13312,86	13,31	13,31	332,82	3967,23
febrero	319,29	1208,97		11037,86	11,04	11,04	275,95	3289,28
marzo	359,35	1360,67		12422,88	12,42	12,42	310,57	3702,02
abril	267,58	1013,18		9250,30	9,25	9,25	231,26	2756,59
mayo	515,85	1953,25		17833,20	17,83	17,83	445,83	5314,29
junio	481,13	1821,78		16632,81	16,63	16,63	415,82	4956,58
julio	520,68	1971,54		18000,17	18,00	18,00	450,00	5364,05
agosto	522,15	1977,10		18050,88	18,05	18,05	451,27	5379,16
septiembre	535,73	2028,50		18520,21	18,52	18,52	463,01	5519,02
octubre	550,98	2086,27		19047,65	19,05	19,05	476,19	5676,20
noviembre	572,56	2167,97		19793,60	19,79	19,79	494,84	5898,49
diciembre	568,78	2153,65		19662,86	19,66	19,66	491,57	5859,53
					TOTAL	193,57	4839,13	57682,46
			Total emisiones fuentes móviles Gasolina(t CO2-eq)				62715,16	

Fuente: (Autor)

Ecuación 4Total emisiones fuentes móviles

$$\boldsymbol{Total\ emisiones\ fuentes\ móviles = Emisiones\ Diesel + Emisiones\ Gasolina}$$

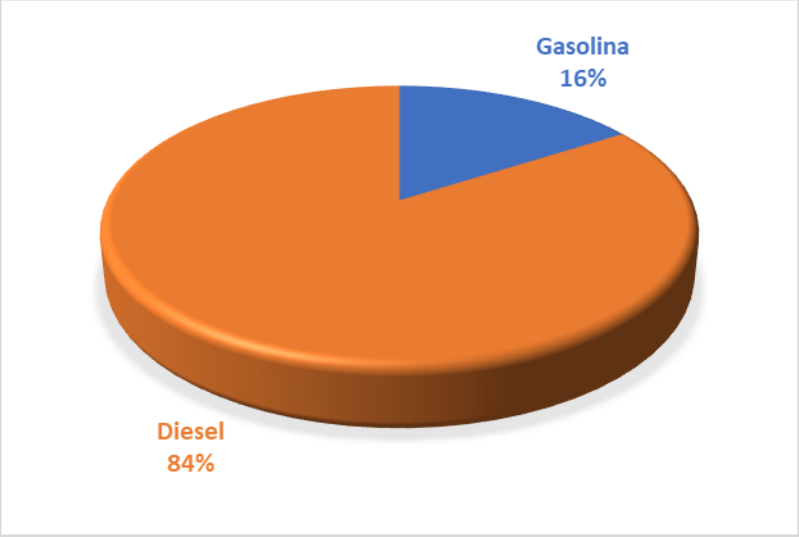
Con la ecuación 4 se calculó el total de las emisiones obtenidas por fuentes móviles en toneladas de CO2 equivalentes.

$$Total\ emisiones\ fuentes\ móviles = 394391{,}83 + 62715{,}16$$

$$\boldsymbol{Total\ emisiones\ fuentes\ móviles = 457106{,}99\ t\ CO2 - eq}$$

En la figura 30 se evidencia como las emisiones de los vehículos que empleaban Diesel es mucho mayor que la emisión de los de gasolina, ya que su consumo fue menor en el año 2020, además de tener un factor de emisión menor.

figura 30Porcentaje de emisión fuentes móviles

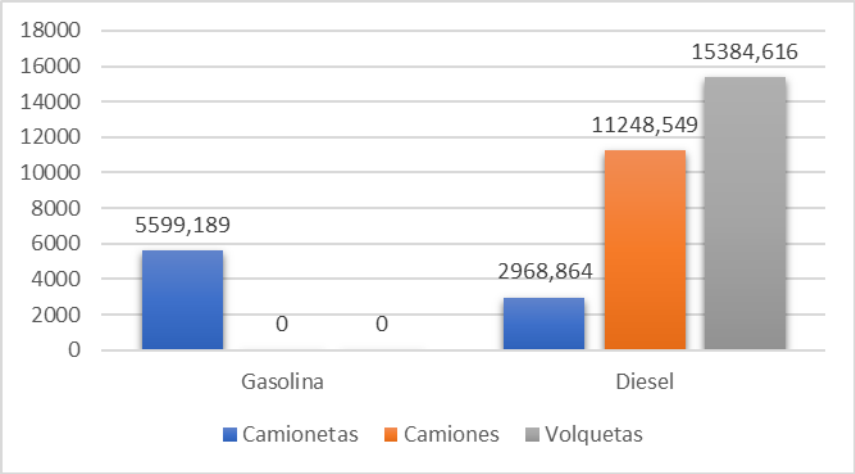


Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

Los impactos más graves son generados por las trazas de N2O presentes en los combustibles fósiles, como se observa en la figura 31, su potencial de calentamiento global

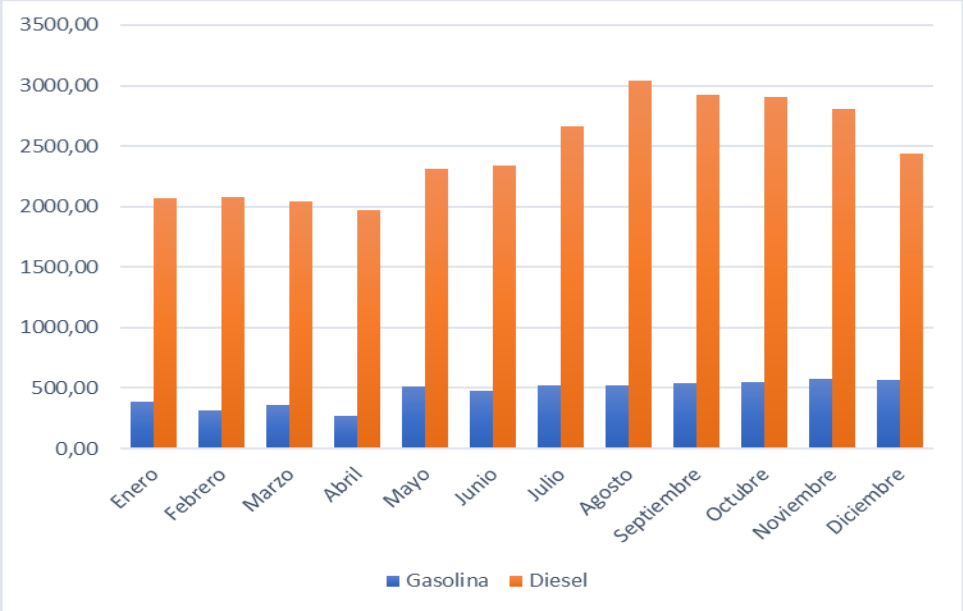
es 298 veces superior al del CO2 según la IPCC 2007. El pico más alto se presenta en las emisiones de N2O del Diesel, pues fue el combustible más consumido en el año 2020. El consumo en litros de cada combustible es comparado en la figura 32, evidenciando la diferencia significativa del consumo de gasolina respecto al Diesel.

figura 31Potencial de calentamiento global de los combustibles



Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

figura 32Emisiones por consumo electrico



Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

Consumo de Papel, en la tabla 7, se muestran los Kg de papel consumidos en el año 2020. Se emplea la ecuación 1 para calcular las emisiones generadas por el uso de papel durante el año 2020:

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = año\ 2020\ \times Factor\ de\ emisión}$$

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = \times 1565 Kg\ papel\ \times 3\ Kg\ CO2/Kg\ \ papel}$$

$$\boxed{\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = 4695\ Kg\ CO2}}$$

Los resultados de emisiones por consumo de papel se encuentran en la tabla 11.

Tabla 11Emisiones generadas por el consumo de papel

Descripción	Kilogramos	Factor de emisión [Kg CO2/Kg papel]	Emisiones de CO2 (kg CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2-eq)
Papel utilizadoe en el año 2020	1565	3	4695	4,695	4,695

Fuente: (Autor)

Alcance 2 Emisiones Indirectas.

Consumo de energía Eléctrica: en la tabla 7 se registraron los kWh consumidos por la empresa en el año 2020, con estos datos se puede calcular la huella de carbono generada mes a mes empleando la ecuación 1, así:

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = kWh\ mes\ de\ enero\ \times Factor\ de\ emisión}$$

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = \ 2501897\ kWh \times 0,1638\ Kg\ CO2/kWh}$$

$$\boxed{\boldsymbol{Emisiones\ de\ CO2\ (t\ CO2) = 409810,73\ Kg\ CO2}}$$

Tabla 12Emisiones de CO2 debido al consumo eléctrico en el año 2020

Meses	kWh	Factor de emisión [Kg CO2/kWh]	Emisiones de CO2 (kg CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2)	Emisiones de CO2 (t CO2-eq)
Enero	2.501.897	0,16	409.810,73	409,81	409,81
Febrero	2.350.381		384.992,41	384,99	384,99
Marzo	2.427.587		397.638,75	397,64	397,64
Abril	2.245.483		367.810,12	367,81	367,81
Mayo	2.427.587		397.638,75	397,64	397,64
Junio	2.219.229		363.509,71	363,51	363,51
Julio	2.410.525		394.844,00	394,84	394,84
Agosto	2.227.330		364.836,65	364,84	364,84
Septiembre	1.937.818		317.414,59	317,41	317,41
Octubre	2.223.222		364.163,76	364,16	364,16
Noviembre	1.762.125		288.636,08	288,64	288,64
Diciembre	2.230.035		365.279,73	365,28	365,28
Total	26.963.219		4.416.575,27	4.416,58	4.416,58

Fuente: (Autor)

Al comparar la figura 29 con la figura 32 es posible observar que las emisiones generadas por consumo eléctrico para el año 2020, son directamente proporcionales al consumo del mismo.

Alcance 3 Otras Emisiones Indirectas.

Transporte aéreo: La IPCC afirma que la aviación genera un 2,2% de las emisiones de GEI mundiales, produciendo aerosoles que incrementan el efecto invernadero y por consiguiente el cambio climático. En este caso se emplean las ecuaciones 1 y 2 para calcular las emisiones por transporte aéreo. Los altos directivos de la empresa suelen participar en diferentes escenarios de relacionamiento institucional, como lo son los seminarios y congresos, en el año 2020, debido a la contingencia sanitaria, estos encuentros se dieron de forma virtual, reduciendo en promedio 57 vuelos nacionales de ida y regreso, minimizando la huella de carbono generada por otras emisiones indirectas en transporte aéreo.

Transporte terrestre: la empresa Aguas Kpital Cúcuta SA ESP cuenta con 641 trabajadores en su nómina de personal que deben desplazarse diariamente hacia sus sedes de trabajo usando diferentes medios de transporte terrestre.

En el año 2014, la empresa inicia el programa "Ciclismo urbano" gracias a este, 160 trabajadores emplean la bicicleta como medio de transporte, reduciendo la huella de carbono que generaría un vehículo. La mayoría de empleados se desplazan haciendo uso del transporte púbico, ya sea taxi o bus. 225 empleados cuentan con motocicleta para el desplazamiento hacia sus sedes de trabajo y 25 trabajadores se transportan en carro. Sin embargo, debido a las políticas sanitarias de la empresa y las prohibiciones a nivel nacional, dejaron de circular los 25 carros, 145 bicicletas y 118 motocicletas, sin embargo, no se cuenta con la información de consumo de combustible para realizar la determinación de las emisiones.

Al no contar con la información necesaria para el cálculo de la huella de carbono en el alcance 3, este no se tiene en cuenta al aplicar la ecuación 3.

$$\boldsymbol{Huella\ de\ Carbono\ (ton\ CO_2\ eq) = \ Emisiones\ Alc1 + Emisiones\ Alc\ 2}$$

Ecuación 5Ecuacion Emisiones de alcance 1

$$\boldsymbol{Emisiones\ Alcance\ 1 = emisiones\ por\ fuentes\ móviles + emisiones\ consumo\ de\ papel}$$

Fuente: Autor

$$\boldsymbol{Emisiones\ Alcance\ 1 = 457106,99\ t\ CO2 - eq + 4,695\ t\ CO2 - eq}$$

$$\boldsymbol{Emisiones\ Alcance\ 1 = 457111,685\ t\ CO2 - eq}$$

Ecuación 6 Ecuación Emisiones de alcance 2

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ Alcance\ 2 = Emisiones\ de\ consumo\ electrico}$$

$$\boldsymbol{Emisiones\ de\ Alcance\ 2 = 4416,58\ t\ CO2 - eq}$$

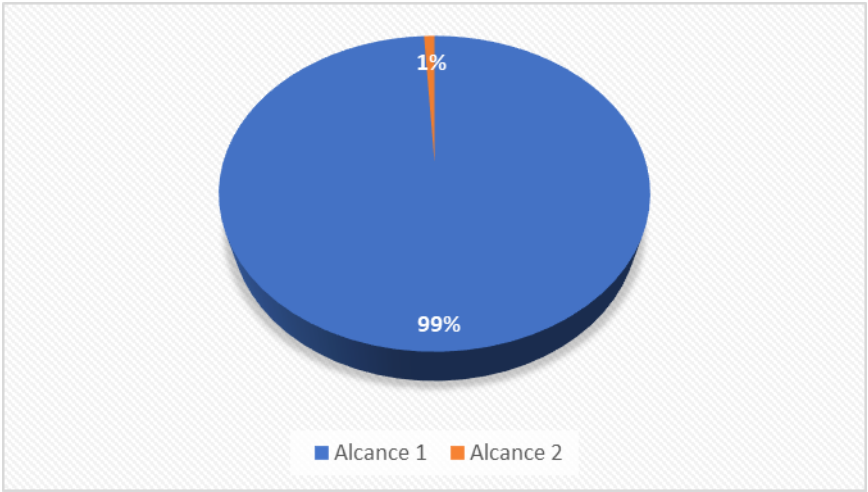
Tras haber obtenido las emisiones de Alcance 1 y 2 se calcula la huella de carbono generada por la empresa Aguas Kpital Cúcuta durante el año 2020, pasando por una contingencia sanitaria debido al virus Covid-19.

$$\boldsymbol{Huella\ de\ Carbono\ \ 2020\ (ton\ CO_2\ eq) = \ 457111,685\ \ t\ CO2 - eq + 4416,58\ t\ CO2 - eq}$$

$$\boldsymbol{Huella\ de\ Carbono\ \ 2020\ (ton\ CO_2\ eq) = \ 461.534,71\ t\ CO2 - eq}$$

La mayor cantidad de emisiones corresponde al alcance 1 con un porcentaje de aporte cerca del 99% y las fuentes móviles debido al alto consumo de combustibles fósiles, mientras que, el alcance 2 únicamente aportó cerca de 1% a la huella de carbono Total. Sin embargo, se debe tener en cuenta que muchos vehículos se vieron obligados a dejar de movilizarse por la pandemia, así que la huella de carbono de años anteriores podría ser mayor a la obtenida en el año 2020.

figura 33Huella de Carbono generada por los alcances 1 y 2



Fuente: (Autor) Generado mediante Excel.

4. Informe de Emisiones

Con la huella de carbono generada por la empresa Aguas Kpital Cúcuta durante el año 2020, se realiza el siguiente informe consignado en la tabla 13

Tabla 13Informe de Emisiones

AGUAS KPITAL CÚCUTA SA ESP
Se encuentra en la Ciudad de Cúcuta, en el Departamento de Norte de Santander. Fue legalmente constituida en el año 2006, bajo la escritura pública No.1252, la matrícula mercantil No.00150449 y el NIT No.900080956-2. Es es la proveedora de dos de los servicios más importantes de la ciudad, el acueducto y el alcantarillado. Cuenta con dos plantas de tratamiento de agua potable de sistema convencional, El Pórtico que abastece al 70% de la población aproximadamente y El Carmen de Tonchalá que abastece a la población restante; además de un bloque administrativo en el centro de la Cúcuta.
Límites de la organización
Para la empresa Aguas Kpital Cúcuta se definen los limites organizacionales con enfoque de control operacional, es decir, que se tendrán en cuenta todas las emisiones directas e indirectas que se pueden controlar por la organización. Los Límites Operativos son definidos como Alcances 1 emisiones directas, Alcance 2 Emisiones indirectas, y Alcance 3, Otras emisiones indirectas.
Periodo de Cálculo de la Huella de Carbono
La Huella de Carbono fue calculada con información recopilada durante todo el año 2020, desde el mes de enero, hasta el mes de diciembre.
Descripción breve de la metodología empleada.
Para el cálculo de la huella de carbono se elige la metodología de la NTC ISO 14064-1 seleccionando los límites del informe y clasificando las emisiones generadas por la empresa a partir de las diferentes actividades que esta desarrolla, teniendo en cuenta los siguientes pasos y recomendaciones establecidos en la guía para el cálculo de la huella de carbono catalana para el año 2021, basados en la ISO 14064 vigente para este año, también apoyándose en la metodología establecida en el GHG Protocol (Greenhouse Gas Protocol) y la guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono de la universidad nacional de Colombia.
Identificación de los factores de emisión
El Alcances 1 emisiones directas, correspondiente a las fuentes móviles pertenecientes al parque automotor de la empresa y al consumo de papel durante el año, Alcance 2 Emisiones indirectas, siendo la energía empleada por la empresa en el año 2020 medida en kWh y Alcance 3, Otras emisiones indirectas, aunque no fue posible su cuantificación, fueron definidos el transporte aéreo, transporte terrestre de los trabajadores para dirigirse a sus sedes de trabajo, residuos sólidos y aguas residuales.
Determinación de la huella de Carbono
Huella de Carbono para el Alcance 1: **457111,685 t CO2-eq** Huella de Carbono para el Alcance 2: **4416,58 t CO2-eq** Huella de Carbono Total generada por la empresa Aguas Kpital Cúcuta SA ESP en el año 2020: **$461.534,71\ t\ CO2-eq$**

Fuente: (Autor)

CAPÍTULO 5

Estrategias de Mejoramiento

Con base en los objetivos ambientales que tiene la empresa Aguas Kpital Cúcuta, se proponen una serie de alternativas que permitan la compensación y mejoramiento de la Huella de carbono emitida en el año 2020.

Para mejorar la huella de carbono generada por el alcance 1, siendo las fuentes que más emisiones producen en la atmosfera, se plantean estrategias como:

1. Eficiencia en el uso de los combustibles planificando las rutas de transito de los vehículos con el objetivo de seleccionar la más adecuada.
2. Asegurarse que todos los componentes de los automotores se encuentren funcionando de manera óptima, para aprovechar la combustión y no tener perdidas que se traduzcan en mayores emisiones.
3. Considerar la adquisición de vehículos ambientalmente sostenibles, con tecnología vanguardista como los sistemas de recirculación de gases de escape que evitan las emisiones de N_2O.
4. Realizar un control sobre el uso de las fuentes móviles, donde se estipule su uso únicamente para sus labores, cuando sea necesario.
5. Establecer un límite razonable de consumo de combustibles como meta mensual para evitar el desperdicio injustificado de estos.
6. Ya que el gramaje de papel empleado en la empresa es el menor disponible en el mercado, se puede optar por considerar su reemplazo parcial o total por papel ecológico o reciclado.

En el caso de la huella de carbono generada por el alcance 2:

1. Continuar con la optimización de la maquinaria existente en las plantas de tratamiento.
2. Realizar un mantenimiento continuo a los dispositivos que consumen energía eléctrica.
3. Sustituir todas las luminarias presentes en la empresa por bombillas LED.
4. Considerar la implementación de energías renovables como la energía solar, para reemplazar una parte de la energía comprada a la empresa Centrales Eléctricas.
5. Plan de instalación de sensores de movimiento especialmente para horas de la noche, evitando el desperdicio de energía eléctrica.

Las emisiones generadas por el alcance 3 pueden ser mitigadas al continuar con el programa de ciclismo urbano e incentivarlo. También mediante la reforestación de especies arbóreas y arbustivas endémicas de cada zona que absorban las emisiones generadas por la empresa. Realizar separación en la fuente de los residuos sólidos, para su posterior reutilización o reciclaje.

CAPÍTULO 6
Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se identificaron las actividades generadoras de GEI desarrolladas por la empresa Aguas Kpital Cúcuta SA ESP, de forma directa e indirecta clasificándolos en 3 alcances: alcance 1 correspondiente al consumo de combustible por parte del parque automotor de la empresa, representado principalmente por 3 tipos de vehículo, camionetas, camiones y volquetas; el

consumo de papel durante el año 2020 en el área administrativa. Y el alcance 2 por consumo de energía eléctrica aportada por la empresa Centrales Eléctricas del grupo EPM. Por último, el alcance 3, compuesto por los desplazamientos aéreos realizados por los directivos de la organización; y el desplazamiento terrestre realizado diariamente por el personal para dirigirse hacia su sede de trabajo, también el agua residual y los residuos sólidos producidos durante el año.

Se presentaron fallas o posibles incertidumbres al no contar con los datos necesarios para calcular la huella de carbono generada por el alcance 3; como el agua residual y residuos sólidos generados en cada mes del año 2020, y las características técnicas de los vehículos propiedad de los trabajadores.

No fue posible la selección de un año base para la determinación de la huella de carbono del año 2020 debido a que es la primera vez que la metodología ISO 14064-1 es implantada en la empresa, por lo cual la determinación de la huella de carbono de este año podrá ser tomada como año base para los próximos años.

De acuerdo a la metodología ISO 14064-1 del año 2019, La huella de carbono generada por la empresa Aguas Kpital Cúcuta durante el año 2020 fue de 461.534,71 t CO2-eq t CO2-eq/año, correspondientes a los alcances 1 Emisiones directas con 457111,685 t CO2-eq/ año representando al 99% del total de las emisiones y Alcance 2 Emisiones Indirectas 4416,58 t CO2-eq/año respectivamente.

Se eligió la metodología del año 2019 ya que la NTC ISO 14064-1 del 2021 comenzará a regir a partir del mes de enero del año 2022, por lo tanto, las siguientes determinaciones de este parámetro, deberán implantarse con las actualizaciones correspondientes.

Debido a la contingencia sanitaria por la pandemia ocasionada por el virus covid-19, durante los años 2020 y 2021, no fue posible la visita presencial a ninguna de las instalaciones de la empresa, dificultando la obtención de información requerida para el inventario de especies arbóreas y arbustivas, empleado en el cálculo de las remociones de emisiones directas de GEI (sumideros) por parte de la empresa; así como el material fotográfico propio.

Recomendaciones

Se recomienda realizar una base de datos donde se encuentre un registro riguroso de

- El inventario de los gases refrigerantes empleados por los dispositivos eléctricos pertenecientes a la empresa, en el cual se clasifiquen por tipo, además de medir el volumen antes y después de cada mantenimiento realizado, esta información será necesaria para el cálculo de las emisiones fugitivas presentes en el alcance 1.
- El inventario de sumideros de GEI en la empresa, donde se registren las especies arbóreas, arbustivas y las zonas verdes con las cuales cuente la empresa, clasificándolas según la especie y su altura en pies. También la clasificación de los cuerpos de agua cercanos, esta información será requerida en el alcance 1 para determinar las remociones de GEI que realiza la empresa.
- Los vehículos propiedad de los trabajadores de la empresa, clasificados según el tipo de vehículo, combustible que emplea y la cantidad de viajes realizados junto con la cantidad de combustible consumido por viaje o en su defecto el kilometraje recorrido.
- Las características del transporte aéreo en el cual se realice el desplazamiento a las diferentes ciudades, como el tipo de avión, tamaño y capacidad de pasajeros, además del consumo por unidad de tiempo y el tiempo de vuelo.

— Inventario de Residuos Sólidos generados, si es posible separados en la fuente donde se seleccionen los RS aprovechables y cada tipo de residuo sea pesado, para facilitar la determinación de la huella de carbono de alcance 3.

Es recomendable la aplicación de un software que funcione como calculadora de Huella de Carbono como el Software Air.e Hc, para la determinación de información como las remociones de GEI por parte de los cuerpos de agua, también para la comparación entre ambas metodologías.

Se recomienda la formulación e implementación de un plan de manejo ambiental, donde se gestionen adecuadamente las emisiones de GEI generadas por la empresa, planteando alternativas viables y sostenibles, a un bajo costo y con impactos positivos a corto y mediano plazo.

Referencias

AEC. (s.f.). *Norma UNE-EN ISO 14064* . Obtenido de https://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/norma-une-en-iso-14064

Agencia Europea de Medio Ambiente. (2010). *The European Environment State and Outlook. Air Pollution*. Copenhague.

AGUAS KPITAL CÚCUTA. (2021). (s.f.). *AGUAS KPITAL, Reseña Histórica*. Obtenido de https://akc.com.co/akcword/resena-historica/

Alcaldía de Cúcuta. (2016). *Mapa Político de Norte de Santander*, Ciudad de Cúcuta. Cúcuta.

Álvarez Gallego, S., Rubio Sánchez, A., Rodríguez Olalla, A., Avilés Palacios, C., & López Quero, M. (2015). *Conceptos básicos de la huella de carbono*. España: AENOR Ediciones.

Benavides, H., & León, G. (2007). *IDEAM. Obtenido de Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático.*: http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf/7fabbbd2-9300-4280-befe-c11cf15f06dd.

Brianezi, D., & Et. Al. (2014). *Balance of Emissions and Removals of Greenhouse Gases at Campus of Universidade Federal de Viçosa*. *FLORAM, vol.21*(2), 182-191. doi: http://dx.doi.org/10.4322/floram.2014.017

Bula, A. (2009). Calentamiento global: verdades y especulaciones. [En Línea] Dimensión Empresarial. *Dialnet*, 33-39. Recuperado el 25 de noviembre de 2020, de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3990330

Cámara de Comercio de Cúcuta,. (s.f.). *Datos geográficos climático.* . Obtenido de https://www.cccucuta.org.co/secciones-51-s/datos-geograficos.htm

Chacón Páeza, I., Pinzón Vargas, A., Ortegón Cortázar, L., & Rojas Berrio, S. P. (2016). *Alcance y gestión de la huella de carbono como elemento dinamizador del branding por parte de empresas que implementan estas prácticas ambientales en Colombia. Estudios Gerenciales*. doi:https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.08.004

Chavarro Molina, M., & Cabezas Parraga, J. (2020). *Cálculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero*. Bogotá: Universidad La Salle.

Cifuentes, M. (2010). *ABC del cambio climático en Mesoamérica.* . Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

Consultores CTMA. (2019). *¿Qué es la norma ISO 14000 y para qué sirve?* . Obtenido de https://ctmaconsultores.com/normas-iso-14000/

Decreto 02 1982. (s.f.). Por el cual se reglamentan parcialmente el título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto_Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas.

Decreto 2811 de 1974 . (s.f.). “Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.” . *Artículo 73 al 76 Parte II.*

Decreto 298 de 2016. (s.f.). Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones .

Decreto 948 de 1995 . (s.f.). “Reglamento de protección y control de la calidad del aire”.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). Censo Norte de Santander. Cúcuta.

Eco-sitio. (10 de febrero de 2021). Contaminación mortal en India. Obtenido de https://sena-globallex-info.bdigital.sena.edu.co/noticias/detalle/abx_noticias/contaminacion-mortal-en-india-16931

Empresa de Servicios Públicos de Medellín [EPM]. (2014). Publicación Especializada en la Gestión de servicios públicos. Revista EPM, 28.

Espindola , C., & Valderrama, J. (2018). *Huella de Carbono: Cambio Climático, Gestión Sustentable y Eficiencia Energética.* Universidad de la Serena.

Gallego Picó, A. (2012). Contaminación Atmosférica. Madrid: UNED, Universidad nacional de educación a distancia.

Global O2 Consultoria y asesoramiento en medio ambiente. (14 de septiembre de 2012). Cálculo Huella Carbono ISO 14064 . Obtenido de https://globalo2.es/calculo-huella-carbono-iso-14064/

Guia de càlcul d’emissions de gasos amb efecte d’hivernacle (GEH). (20 de abril de 2021). *Guía de cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero GEI*. Cataluña.

Hernández, M. C. (19 de diciembre de 2011). ACR Latinoamérica. Obtenido de Agregan el NF3 a la lista de contaminantes: https://www.acrlatinoamerica.com/201112194632/noticias/tecnologia/agregan-el-nf3-a-la-lista-de-contaminantes.html

HIOBE y Colaboradores. (2012). *Guía metodológica para la aplicación de la norma UNE-ISO 14064-1:2006 para el desarrollo de inventarios de Gases de Efecto Invernadero en organizaciones.* Bilbao: Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental.

Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales. (2016). Contaminación Atmosférica. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/contaminacion-atmosferica

IPCC. (2001). *Tercer Informe de Evaluación Cambio Climático.* Obtenido de Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC]: https://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-2001/impact-adaptation-vulnerability/impact-spm-ts-sp.pdf.

IPCC. (2002). *Panel Intergubernamental de cambio climático [IPCC].* . Obtenido de Cambio Climático y Biodiversidad. Documento técnico V del IPCC.: https://www.ipcc.ch/pdf/technical-papers/climate-changes-biodiversity-sp.pdf.

IPCC . (2007). Panel Intergubernamental de cambio climático. . Obtenido de Documento técnico IV: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1ISOTOOLS.
(2019). *Día internacional de la Tierra. La ISO 14064 Sistemas de Gestión de Gases Efecto*

Invernadero. Obtenido de PLATAFORMA TECNOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE LA EXCELENCIA: https://www.isotools.org/2019/04/22/dia-internacional-de-la-tierra-la-iso-14064-sistemas-de-gestion-de-gases-efecto-invernadero/

La opinión. (6 de julio de 2019). Modernizarán las dos plantas del acueducto.

Leal Esper, Y. E., & Castiblanco Ramírez, E. (2020). La contaminación atmosférica en el Municipio de San José de Cúcuta - Colombia. Revista Saber, Ciencia y Libertad, 176 – 191.

Ley 1931 de 2018. (s.f.). Por la cuál a nivel nacional se destacan los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS).

LEY 697 DE 2001,. (s.f.). "Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones.".

Ley 99 de 1993. (s.f.). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. *y se dictan otras disposiciones*.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo sostenible. (2014). Política Nacional de Cambio Climático - PNCC. Bogotá.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Ley de cambio climático. Bogotá.

Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Decreto 926 de 2017. Bogotá.

Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). GUÍA PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO Y PARA LA ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MEJORA DE UNA ORGANIZACIÓN. España: Oficina Española de Cambio Climático.

ONU. (1998). Protocolo de Kyoto de la convención de las naciones Unidas. Kyoto, Japón.

Organización Mundial de la Salud. (2001). Air Quality Guidelines for Europe. Copenhague: European Series No. 91.

Revista Semana. (2018). *Cúcuta: en busca de una salida*. Semana: https://migravenezuela.com/web/articulo/cucuta-en-busca-de-una-salida/703

Reyes Salazar, D. S., & Panche Cano, L. T. (2019). Determinación de la huella de carbono de la universidad de La Salle sede Candelaria. *Ciencia UniSalle*. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1124

Rodríguez Olalla, A., & Álvarez Gallego, S. (2015). *Huella de carbono de las organizaciones*. Génova: AENOR.

Sánchez López, F. (2020). *Emision de gases de efecto invernadero*. España: ELEARNING SL.

Superintendencia delegada Para Acueducto, Alcantarillado Y Aseo. (2018). Evaluación Integral De Prestadores Aguas Kpital Cucutas.A. E.S.P.

Universidad Nacional de Colombia. (2020). *Guia metodológica para el cálculo de la huella de carbono en la universidad nacional de Colombia*. Bogotá: Oficina de Gestión Ambiental.

Universidad Nacional de Colombia. (22 de Marzo de 2021). *Área Metropolitana de Cúcuta: historia de un territorio, una frontera y una región. Obtenido de Instituto de Estudios Urbanos de la Universidad Nacional de Colombia.:* http://ieu.unal.edu.co/en/medios/noticias-del-ieu/item/area-metropolitana-de-cucuta-historia-de-un-territorio-una-frontera-y-una-region

Urrea, A. (2019). *Determinación de la huella de carbono de tratamiento de procesos de plantas el Pórtico y Carmen de Tonchala en la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA SA ESP.* Pamplona: Universidad de Pamplona.

Vizcarra, J. (2018). *PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.* Archivos Diversos. Obtenido de https://Archivosdiversos.weebly.com/modulo_8_agua_potable.pdf

World Resources Institute WRI. (2015). World Bank Group WBG.

WRI, W., & WBCSD, W. (2004). The greenhouse gas protocol . Washington DC: A corporate Accounting and Reporting Standard.

Anexos

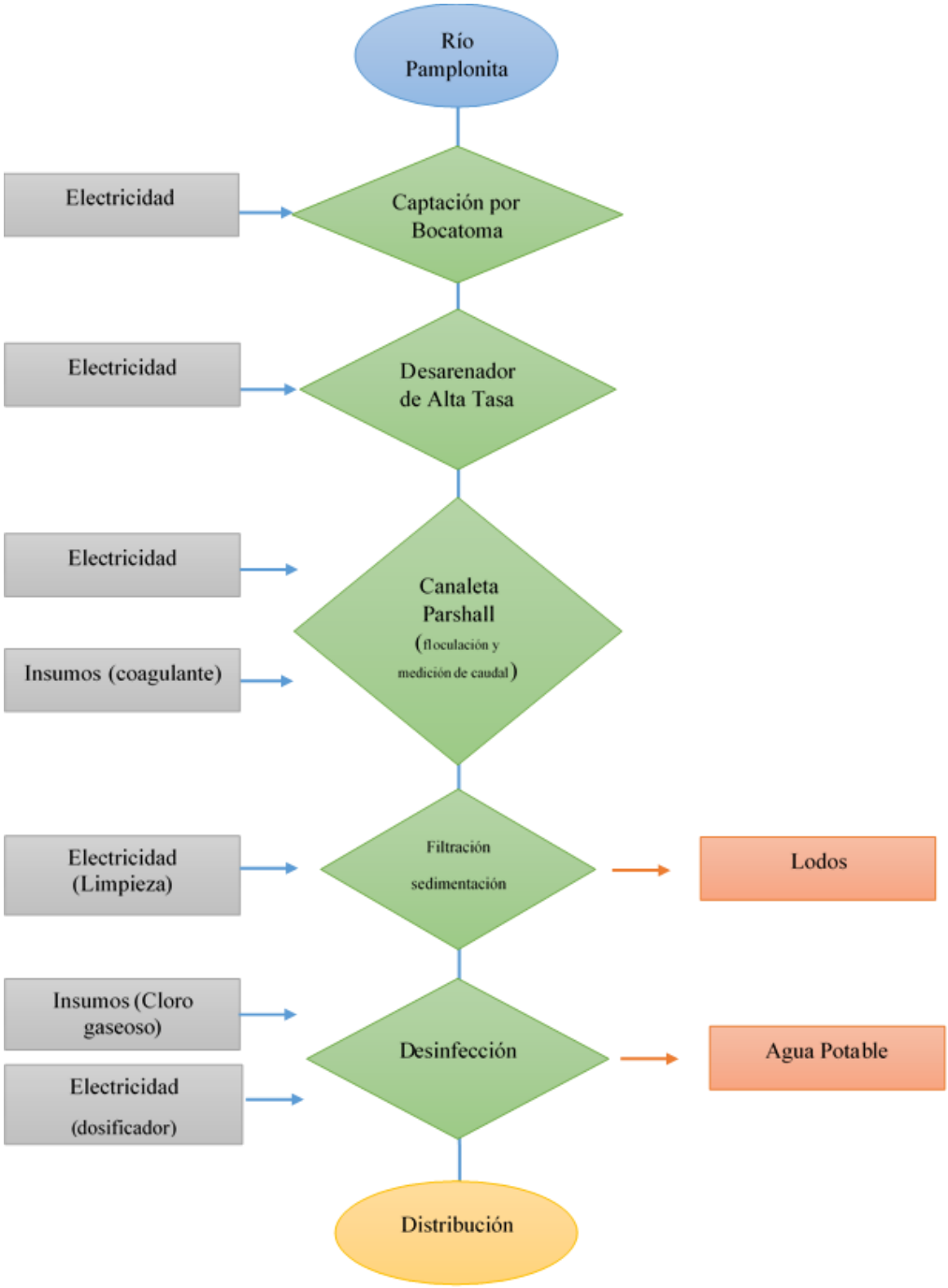
Anexo 1 Factores de emisión empleados

Descripción	Factor de Emisión	Unidad
Diesel	10,86	KgCO2 / gal
Gasolina	9,13	KgCO2 / gal
Residuos Sólidos	1,92	KgCO2 /Kg RS
Consumo de Papel	3	KgCO2/Kg Papel
Consumo de energía eléctrica	0,16438	KgCO2/kWh

(IPCC,2007)

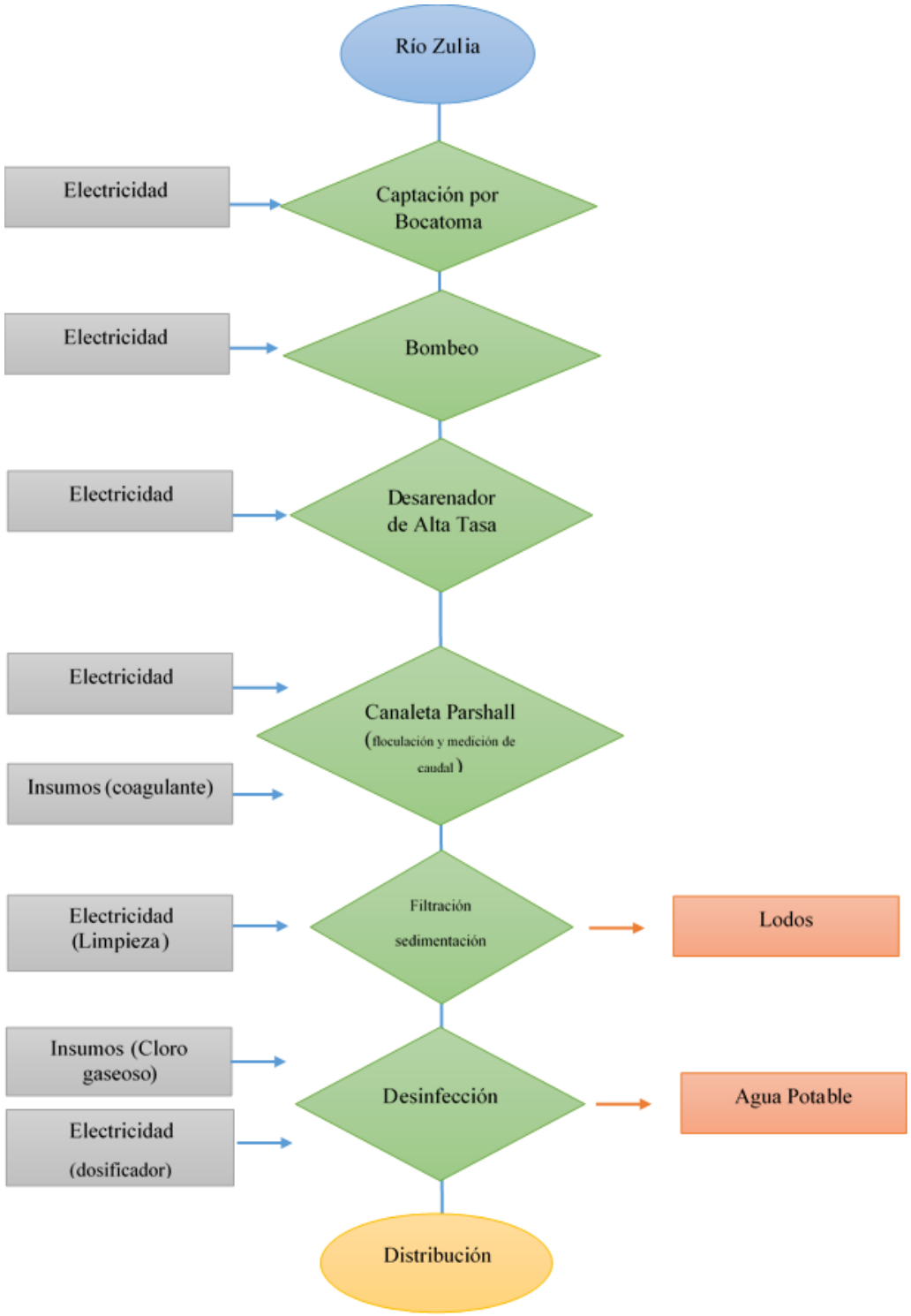
Anexo 2

Diagrama de procesos sistema el pórtico



(Autor)

Diagrama de procesos sistema El Carmen de Tonchalá



(Autor)