



GEOGEI: Aplicación Web GIS para la carga y visualización de datos de emisiones de gases de efecto invernadero en la ciudad de Bogotá, Colombia.

Autores:

Wilmer Alexander Martínez Martínez - 20221094018

Daniel Felipe Parrado Galeano- 20221094020

Trabajo de Grado en modalidad de monografía como requisito para optar por el título de Especialista en Sistemas de Información Geográfica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Ingeniería

Bogotá 2023

RESUMEN

GeoGEI es un aplicativo construido con el fin de poder reportar emisiones empresariales de CO₂e y determinar las zonas con alta generación de gases de efecto invernadero en la ciudad de Bogotá, para su construcción, inicialmente se realizó un análisis sobre los reportes de emisiones de gases de efecto invernadero de las empresas tomado como referentes el estándar empresarial GHG Protocol y la norma ISO 14064:2020, posterior a ello se procedió a crear un formulario en la plataforma ArcGIS Online con Survey 123 para capturar información y por medio de “Web Mapping Application” se enlazaron los datos para ver los reportes en tiempo real y por medio de mapas de calor identificar aquellas zonas con una alta tasa de generación de emisiones.

Palabras clave: Emisiones, CO₂, Gas de efecto invernadero, mapas de calor, geovisor

ABSTRACT

GeoGEI is an application built to report corporate CO₂e emissions and determine areas with high greenhouse gas generation in the city of Bogotá. For its construction, an analysis was initially carried out on greenhouse gas emission reports from companies using the GHG Protocol business standard and the ISO 14064:2020 norm as references. Following this, a form was created on the ArcGIS Online platform using Survey 123 to capture information, and data were linked through a "Web Mapping Application" to view real-time reports and identify areas with a high rate of emissions generation through heat maps.

Keywords: Emissions, CO₂, Greenhouse gas, heat maps, geoviewer

Contenido

INTRODUCCIÓN	5
1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	6
1.1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	7
1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES	7
1.3 OBJETIVOS.....	7
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	7
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	7
2 MARCO DE REFERENCIA	7
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	7
2.2 MARCO TEÓRICO.....	9
2.3 MARCO GEOGRÁFICO	10
2.4 MARCO JURÍDICO	11
2.5 ESTADO DEL ARTE.....	11
3 METODOLOGÍA.....	12
3.1 FUENTES Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	13
3.1.1 FUENTES DE INFORMACIÓN	13
3.1.2 RECOLECCION DE DATOS.....	13
3.1.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	13
3.1.4 ESTRUCTURA DE DATOS GEOGRÁFICA.....	14
3.1.5 ELABORACIÓN DE APLICATIVO PARA LA VISUALZIACIÓN	14
4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	14
4.1 FASE ESPECIFICACIÓN	14
4.1.1 Análisis de requerimientos.....	14
4.1.2 Definición de actores	15
4.2 FASE DE DISEÑO	15
4.2.1 Diagrama de casos de uso	15
4.2.2 Diagrama de paquetes	16
4.2.3 Diagrama de componentes.....	17
4.3 FASE DE DESARROLLO	18
5 RESULTADOS.....	20

6	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, APORTES Y TRABAJOS FUTUROS	.27
6.1	CONCLUSIONES27
6.2	TRABAJOS FUTUROS27
7	BIBLIOGRAFÍA28

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el quinto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el cambio climático se refiere a los cambios a largo plazo en las temperaturas y los patrones climáticos. Estos cambios pueden ser de origen natural, como las variaciones del ciclo solar, pero desde el siglo XIX, las actividades humanas, especialmente la quema de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas, han sido el principal motor del cambio climático. Esta actividad ha generado emisiones de gases de efecto invernadero que funcionan como una manta que envuelve a la Tierra, atrapando el calor del sol y elevando las temperaturas.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) ha emitido una advertencia acerca de las ramificaciones del cambio climático, las cuales engloban fenómenos como sequías severas, escasez de recursos hídricos, incendios devastadores, elevación del nivel del mar, inundaciones, deshielo de las regiones polares, tormentas catastróficas y la disminución de la biodiversidad. En el caso específico de Colombia, el Ministerio de Ambiente ha resaltado la particular vulnerabilidad del país ante los efectos del cambio climático, reconociendo que el incremento de las emisiones representa un riesgo directo para sus perspectivas de desarrollo sostenible. Para el gobierno colombiano, el cambio climático es un tema de importancia crucial que demanda una atención inmediata.

El gobierno de Colombia ha propuesto avanzar aún más en la reducción del 51 % de sus emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) al año 2030, aprovechando su alto potencial para la implementación de estrategias de energía renovable y residual. Entre estas estrategias se encuentra la implementación de distritos térmicos, una infraestructura de climatización sostenible que suministra calor o frío a edificios públicos, comerciales o residenciales en un radio de aproximadamente 1 km a través de redes de servicios tercerizados. Colombia ya cuenta con una red de 10 ciudades que participan en el proyecto de Distritos Térmicos, el cual busca soluciones de eficiencia energética para el desarrollo urbano sostenible.

Durante la etapa inicial del proyecto, se brindó apoyo al proceso llevado a cabo en Medellín, donde se concretó la creación de un distrito térmico en el Centro Administrativo La Alpujarra, desarrollado por Empresas Públicas de Medellín (EPM). La implementación de esta iniciativa ha logrado evitar la emisión de 1200 toneladas de CO₂eq anuales, lo cual equivale a la cantidad de emisiones que generarían 235 vehículos en un año. Además, se ha conseguido eliminar el 100 % de las emisiones de sustancias que agotan la capa de ozono, al mismo tiempo que se ha reducido significativamente el consumo de energía, equivalente al consumo anual de 220 hogares.

Para llevar a cabo el proyecto, se busca identificar las zonas con mayor consumo y demanda de energía y, por lo tanto, las zonas que generan más gases de efecto invernadero. A partir de estas zonas ya identificadas, se puede realizar un estudio y analizar dónde se puede

implementar un distrito térmico que tenga impactos positivos para la economía, las condiciones de vida de las personas y el medio ambiente.

Actualmente en Colombia por medio del programa carbono neutral y otras iniciativas enmarcadas en la responsabilidad social corporativa muchas empresas realizan el cálculo de las emisiones. Partiendo de lo previamente descrito se plantea la idea del desarrollo de una herramienta que permita tener en cuenta la posición geográfica para el cálculo de la huella de carbono, esto debido a que actualmente existen diferente software para calcular las emisiones de gases de efecto invernadero, sin embargo, ninguna integra el componente SIG para poder determinar las zonas con mayores emisiones de una forma exacta.

1. GENERALIDADES

1.1. LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se enfoca en el manejo de la información geográfica correspondiente a emisiones de gases de efecto invernadero a nivel empresarial de la ciudad de Bogotá, este se desarrolla dentro de la Especialización en Sistemas de Información Geográfica de la facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente se está promoviendo que las empresas generen su inventario de gases de efecto invernadero con el objetivo de conocer el impacto ambiental medido en huella de carbono que genera una empresa, un sector o empresarial o una ciudad, sin embargo, la información que se ha consolidado hasta el momento no tiene la característica de ser georreferenciada, lo cual evita que se conozca a detalle en qué zonas hay una mayor de emisiones GEI.

1.1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los distritos térmicos son una infraestructura de climatización sostenible que, a través de redes de servicios tercerizados, suministran calor o frío a edificios públicos, comerciales o residenciales (MADS, 2021). Este tipo de iniciativas actualmente se están desarrollando en el país, sin embargo, la falta de información respecto a qué zonas demandan una mayor cantidad de infraestructura de climatización hace que no se pueda tener una adecuada planeación territorial respecto a en se tiene un mayor potencial para construir un Distrito térmico.

1.1.2 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Se puede conocer en qué zonas existe una mayor generación de emisiones de gases de efecto invernadero?

1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES

- La zona geográfica de interés para el proyecto es la ciudad de Bogotá y sus alrededores.
- La aplicación desarrollada se basa en la captura y visualización de datos de emisiones, más no en una herramienta de cálculo de emisiones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Configurar una aplicación web GIS usando herramientas de ArcGIS Online para la identificación de zonas con alto potencial de generación de emisiones de gases de efecto invernadero en la ciudad de Bogotá.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Establecer los requerimientos funcionales y no funcionales para el diseño de la aplicación
- Construir el prototipo funcional de la aplicación para la captura de datos de emisiones y generar mapas de calor.
- Validar la funcionalidad y usabilidad de la plataforma con el propósito de ser un instrumento para la toma de decisiones.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Mapas de calor

Los mapas de calor son una técnica utilizada para mostrar la distribución geográfica de un fenómeno. Según lo descrito por Pleil JD, Stiegel MA, Madden MC, Sobus JR (2011), los mapas de calor utilizan diferentes colores para representar áreas con diferentes concentraciones de puntos en un mapa con datos geoespaciales. En otras palabras, los mapas de calor son una herramienta visual que permite mostrar información de una manera sencilla y rápida, basada

en la concentración de datos en diferentes áreas y en la selección de colores que pueden ser adaptados según las necesidades de cada usuario, según Dempsey (2012).

Gases de efecto invernadero

Los gases de efecto invernadero (GEI) son elementos gaseosos presentes en la atmósfera, tanto de origen natural como artificial, que tienen la capacidad de absorber y emitir radiación en ciertas longitudes de onda del espectro infrarrojo proveniente de la superficie terrestre, la atmósfera y las nubes. Esta propiedad es la responsable del fenómeno conocido como efecto invernadero. Entre los GEI más relevantes se encuentran el vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃), los cuales se encuentran presentes en la atmósfera terrestre. Además, existen GEI de origen antropogénico, es decir, generados por la actividad humana, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromo. Estos compuestos están regulados por el Protocolo de Montreal e incluyen ejemplos como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC) y los perfluorocarbonos (PFC). Estos gases pueden ser clasificados en categorías de directos e indirectos. (IDEAM, 2007).

Fuentes fijas

Aquella fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa (IDEAM, 2007).

Fuentes puntuales

Las emisiones que se generan a partir de la producción de energía eléctrica y de diversas actividades industriales, como la química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, entre otras, son el resultado de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor. Estas emisiones están determinadas por la calidad de los combustibles, la eficiencia de los quemadores y el mantenimiento del equipo, así como por la presencia de equipos de control al final del proceso, como filtros, precipitadores y lavadores. Entre los contaminantes más relevantes asociados con la combustión se encuentran las partículas, el dióxido de azufre (SO₂), los óxidos de nitrógeno (NO_x), el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO) y los hidrocarburos.

Fuentes naturales

Se refiere a las emisiones que se originan de fuentes naturales como los volcanes, océanos, plantas, suelos, y actividad microbiana en sistemas naturales, conocidas como emisiones biogénicas. Estas emisiones tienen un papel importante en la química de la troposfera, ya que participan en la formación del ozono. Las emisiones biogénicas incluyen diversos compuestos, tales como óxido de nitrógeno, hidrocarburos no metanogénicos, metano, dióxido y monóxido de carbono, así como compuestos nitrogenados y azufrados, según lo descrito por Velasco en 2001.

Fuentes móviles

Fuente de emisión que, por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza (IDEAM, 2007).

ArcGIS Survey 123

Es un formulario de captura de datos que permite desarrollar, compartir y hacer análisis sobre las encuestas, este aplicativo funciona con ArcGIS online, lo cual permite que la información que se obtenga pueda estar enlazada a otras aplicaciones de dicho sistema. (ESRI, 2012)

ArcGIS Online

Es una plataforma de mapeo basada en la nube para organizaciones. Los usuarios que obtienen acceso al contenido dinámico y autorizado para crear, colaborar, catalogar y compartir mapas, datos y aplicaciones entre sí, con toda la organización o con el público (ESRI, 2012)

WEB GIS

Es un sistema complejo habilitado para acceder a Internet con múltiples funciones: capturar, almacenar, integrar, analizar y visualizar datos relacionados con los usuarios/ubicaciones. Además, se considera como una solución viable para reunir y compartir los datos recopilados de diversos estudios (Gobakis et al., 2017).

ArcGIS Web AppBuilder

Es una aplicación intuitiva que permite crear aplicaciones web en 2D y en 3D sin necesidad de escribir líneas de código, incluye herramientas para configurar aplicaciones HTML y javascript (ESRI, 2012).

Base de datos espacial

Es una colección de datos organizados de tal manera que sirvan efectivamente para una o varias aplicaciones SIG. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales (Olaya, 2014).

2.2 MARCO TEÓRICO

SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema de información geográfica (SIG) es una herramienta que integra datos espaciales y atributos relacionados para analizar, gestionar y visualizar información geográfica. Permite capturar, almacenar, manipular y presentar datos geográficos en forma de mapas y otros

formatos. Según Longley et al. (2005), un SIG es "un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para admitir la captura, administración, manipulación, análisis, modelado y presentación de datos geográficos referenciados espacialmente

INVENTARIO DE EMISIONES GEI

La huella de carbono es una medida de la cantidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera debido a la producción o consumo de bienes y servicios. Esta medida se utiliza para cuantificar las emisiones de GEI y se basa en los gases definidos en el Protocolo de Kioto, como el CO₂ y el NO₂, que contribuyen al efecto invernadero. La huella de carbono se mide a través de tres alcances principales, que incluyen las emisiones directas de fuentes fijas y móviles, las emisiones indirectas de centrales eléctricas y otras emisiones indirectas, como residuos biodegradables y químicos. Los sistemas que generan la huella de carbono se utilizan para medir, almacenar, analizar y visualizar los datos de emisiones de GEI en una variedad de formatos. (GHG Protocol, 2006)

2.3 MARCO GEOGRÁFICO

El área de estudio para desarrollar el presente trabajo de grado corresponde a la ciudad de Bogotá D.C , la cual se encuentra ubicada en el departamento de Cundinamarca , Ubicada en el Centro del país, en la cordillera oriental , está conformada por 20 localidades 19 ubicadas en zona urbana y una en la zona rural , la capital del país tiene una extensión aproximada de 33 kilómetros de sur a norte y 16 kilómetros de oriente a occidente y se encuentra situada en las coordenadas Latitud Norte: 4° 35'56" y Longitud Oeste 74°04'51".

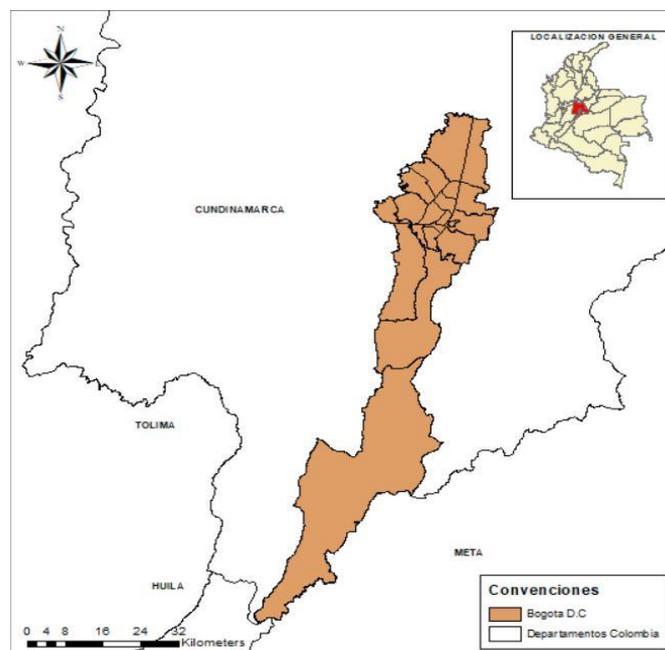


Imagen 1. Zona de estudio

2.4 MARCO JURÍDICO

Política Nacional de cambio climático

La finalidad de la política nacional sobre cambio climático es impulsar una gestión que ayude a avanzar en un desarrollo que sea resistente al clima y con bajas emisiones de carbono, disminuyendo así los peligros asociados a los cambios provocados por el impacto del cambio climático. (IDEAM, s.f)

CONPES 4088

Este texto destaca la relevancia estratégica de proyectos de inversión que permitan implementar acciones para promover un desarrollo de bajo nivel de emisiones de carbono y sostenible, con el objetivo de reducir la emisión de gases de efecto invernadero y recopilar información sobre hidrología y meteorología. (DNP, s.f)

Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia (NDC)

La NDC incorpora tres componentes: i) mitigación de Gases Efecto Invernadero (GEI), ii) adaptación al cambio climático, y iii) medios de implementación como componente instrumental de las políticas y acciones para el desarrollo bajo en carbono, adaptado y resiliente al clima. (MADS, 2021)

2.5 ESTADO DEL ARTE

El primer Sistema de Información Geográfica (SIG) formalmente desarrollado fue el Canadian Geographical Information Systems (CGIS) en 1962, creado por Roger Tomlinson para el Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural de Canadá, utilizado para el inventario y planificación de tierras canadienses. Tomlinson es conocido como el "padre de los SIG" por su trabajo pionero en el desarrollo de CGIS y la promoción de la metodología GIS.

A nivel internacional, en 2011, se desarrolló The Climate and Health Analysis for Global Education Viewer, una iniciativa del Instituto para la Aplicación de la Tecnología Geoespacial (IAGT). Este visor geográfico utiliza la aplicación World Wind de la NASA para proporcionar acceso a una biblioteca de bases de datos geoespaciales, incluyendo componentes de visualización 3D que muestran de forma interactiva la información geográfica en un globo. Además, se desarrolló un asignador climático que presenta tanto la temperatura y la precipitación histórica como las proyecciones para los años 2030 y 2050. El objetivo del visor es proporcionar a los estudiantes una mejor comprensión del cambio climático y su relación con la salud humana a nivel global y regional.

En Colombia, el Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIG-OT) es uno de los mayores geoportales del país y permite la consulta y descarga de numerosa información cartográfica temática clasificada en diferentes dimensiones.

El aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero es el principal responsable del cambio climático que estamos experimentando en todo el mundo, y la evaluación y control de estas emisiones son la base de las medidas de mitigación del cambio climático. El Gobierno Nacional de Colombia se ha comprometido a reducir el 51% de sus emisiones de gases de efecto invernadero al año 2030 y a evitar el aumento de la temperatura mediante la implementación de estrategias de energía renovable y residual, como los distritos térmicos. Bogotá también se ha comprometido a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 15% en los próximos tres años y en un 50% para el año 2030, con una descarbonización total para 2050.

Actualmente, existen diferentes iniciativas enmarcadas en la responsabilidad social corporativa para alcanzar las metas de reducción de emisiones, como el inventario de gases de efecto invernadero, el cálculo de la huella de carbono empresarial y el programa de carbono neutro. Sin embargo, estas medidas no suelen involucrar el componente geográfico de manera precisa, lo cual puede dificultar la toma de decisiones en la implementación de medidas de mitigación. En respuesta a esta problemática, se propone el desarrollo de una herramienta que permita tener la posición geográfica de las emisiones de gases de efecto invernadero mediante el cálculo de la huella de carbono, integrando el componente SIG para identificar las zonas o industrias que son responsables de la mayor cantidad de gases emitidos y que deberían ser prioridad en la implementación de iniciativas de mitigación.

3 METODOLOGÍA

Para el desarrollo del aplicativo se propone utilizar una metodología ágil con reutilización de software, esto dado al tiempo estimado para la ejecución del proyecto de grado y al presupuesto del cual se dispone para la realización del mismo, también con el fin de minimizar la complejidad del sistema. La metodología que se utilizó fue la SCRUM, la cual permite un desarrollo de tipo iterativo (ensayo - error) con avances continuos, entregas incrementales de productos y priorización de actividades permitiendo la división en partes del proceso. SCRUM se plantea a través de tres etapas:

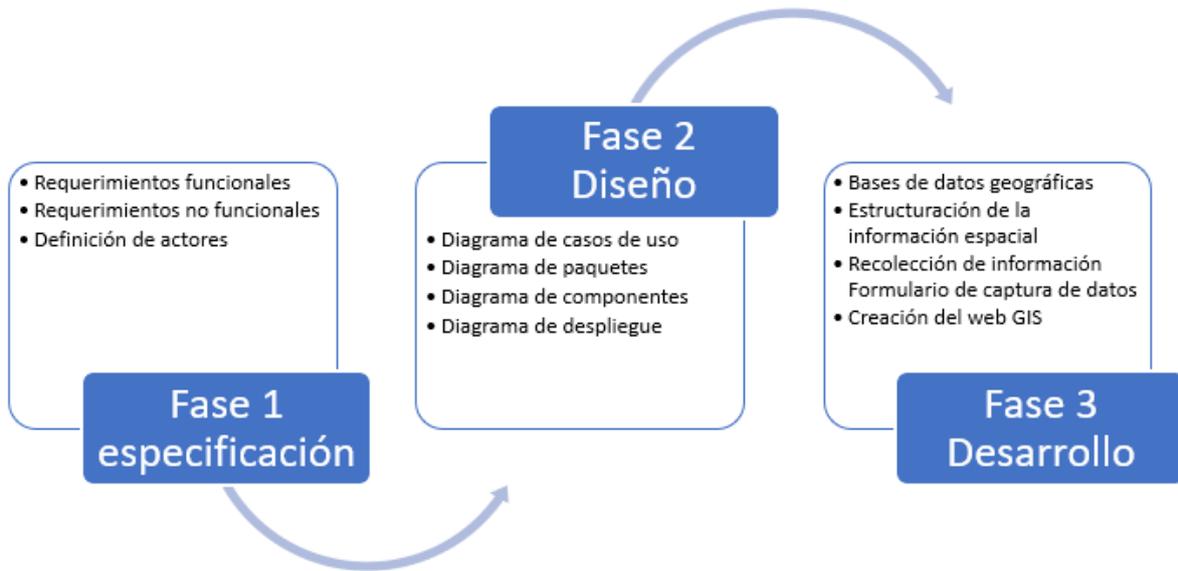


Imagen 2. Metodología

Se utilizó un método cuantitativo descriptivo teniendo en cuenta el tipo de variables y datos que se emplearon en el desarrollo del aplicativo

3.1 FUENTES Y RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

Se realizó la búsqueda de información espacial de la ciudad de Bogotá en formato vector (shapefile) con el fin de delimitar la zona de trabajo del proyecto, este archivo contiene la división política administrativa de la ciudad segmentada por las 20 localidades, la fuente de este archivo es la plataforma de Datos Abiertos del Gobierno de Colombia.

3.1.2 RECOLECCION DE DATOS

La recolección de datos de emisiones empresariales a nivel Bogotá se realizó por medio de un formulario creado en la aplicación Survey 123 de ArcGIS online, que posteriormente fue enlazado con el aplicativo web.

3.1.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La aplicación captura los datos de las emisiones de cada empresa por medio del formulario y los almacena en una estructura de datos, dicho formulario contiene la siguiente información.

1. Razón social
2. Nombre de la sede (si aplica)

3. NIT
4. Código CIU
5. Localidad
6. Año de reporte de emisiones
7. Emisiones alcance 1
8. Emisiones alcance 2
9. Consumo de energía eléctrica
10. Emisiones totales A1+ A2
11. Dirección, ubicación espacial mapa

3.1.4 ESTRUCTURA DE DATOS GEOGRÁFICA

Los datos capturados se almacenan y se analizan por medio de la plataforma Survey 123 de ArcGIS online.

3.1.5 ELABORACIÓN DE APLICATIVO PARA LA VISUALIZACIÓN

Para poder compartir la información consolidada se crea un Mapa Web de ArcGIS online desde la aplicación Survey123, dicho mapa contiene los datos de la encuesta aplicada, luego de ello usando la herramienta “Web Mapping Application” de ArcGIS online se crea una aplicación la cual se vincula con el mapa web creado.

4 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

El aplicativo requiere de ciertas especificaciones las cuales son representadas por medio de los requerimientos funcionales y no funcionales, adicionalmente la arquitectura del aplicativo se especifica mediante los diagramas elaborados en la fase de diseño.

4.1 FASE ESPECIFICACIÓN

4.1.1 Análisis de requerimientos

En la fase de especificación se realizó la identificación de los requerimientos funcionales y no funcionales, adicionalmente se identificaron los actores que van a interactuar con la aplicación.

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES

FUNCIONALES

RF - 1 El sistema debe permitir la creación de usuarios para cada empresa y permitir el ingreso de la cantidad de sedes que tiene.

RF - 2 El sistema debe permitir que cada empresa cargue sus emisiones de GEI caracterizadas por tipo de alcance según lo establece la norma ISO 14064 - 1 o el GHG Protocol.

RF - 3 El sistema debe asociar información acerca de su posición geográfica (coordenadas x, y).

RF - 4 El sistema debe permitir que los datos cargados se aten a una estructura de datos para permitir ver el valor de las emisiones apenas el usuario las cargue.

RF - 5 El sistema debe permitir en su visualización discriminar las emisiones por tipo de alcance.

RF - 6 El sistema debe permitir la descarga de datos en un archivo CSV.

NO FUNCIONALES

RNF - 1 Debe poder visualizarse en diferentes dispositivos móviles

RNF - 2 Permitir el acceso mediante cualquier navegador web sin estar conectado a una red de internet

RNF - 3 Debe ser de fácil manejo para cualquier tipo de usuario y tener una interfaz agradable

RNF - 4 La herramienta debe estar implementada en el idioma español

RNF - 5 Los usuarios no podrán modificar información que hayan ingresado previamente

RNF -6 El sistema debe tener un tiempo máximo de respuesta ante cualquier petición del usuario

4.1.2 Definición de actores

Usuario: Actor que va a interactuar con las herramientas de geovisualización de la información

Empresa: Actor que va a realizar el cargue de información de sus emisiones a la herramienta.

4.2 FASE DE DISEÑO

4.2.1 Diagrama de casos de uso

Luego de identificar los requerimientos y los actores se procedió a realizar diagramas en el Software Enterprise Architect. Para empezar a comprender la relación que tendrán los actores

con la plataforma, se diseñó el diagrama de casos de uso, en el cual representa la interacción de los diferentes actores con el sistema. (ver Imagen 2)

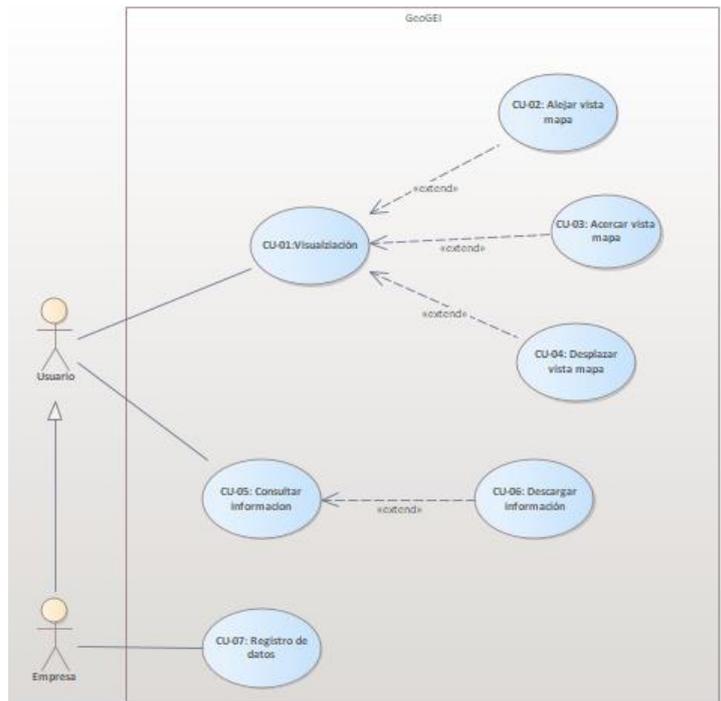


Imagen 3. Diagrama de casos de uso

En el diagrama de casos de uso se tienen 9 casos de uso dependiendo el actor que haga uso del sistema, se puede observar una relación de herencia, debido a que una empresa tiene funcionalidades diferentes a las que tiene un usuario común sin embargo también puede hacer uso de las funcionalidades de una persona común.

4.2.2 Diagrama de paquetes

Se construyó el diagrama de paquetes de uso como parte de la arquitectura lógica del sistema, en este se agrupan los casos de uso de acuerdo a las 3 funcionalidades principales de la aplicación web GIS. En el paquete de visualización se agrupa los casos de uso que se relacionan con la representación gráfica de la interfaz, en el paquete registro de datos se tiene agrupados los casos de uso que hacen referencia al registro de los datos por medio del formulario de survey, por último, se puede observar el módulo de consulta el cual agrupa los casos de uso que corresponden con las funcionalidades asociadas a la consulta y la descarga de información que se realiza en formato CSV. (ver imagen 3)

Se puede apreciar los 5 componentes principales y como se relacionan entre sí, el diagrama parte de ArcGIS online el cual vincula el formulario en survey para hacer el registro efectivo de los datos, posteriormente la información es devuelta a ArcGIS online y es cargada como tal en el aplicativo web denominado GEOGEI que puede ser abierto y utilizado en el navegador web de preferencia.

4.3 FASE DE DESARROLLO

Inicialmente se construyó la encuesta en la aplicación Survey 123, esta contiene las siguientes preguntas:

Razón social	En este campo irá el nombre de la empresa, o en su defecto el nombre de la sede de la empresa
Nombre de la sede (Si aplica)	En este campo se colocará el nombre de la sede de la empresa, esto pesando en que existen muchas empresas en Colombia que tienen varias sedes en diferentes zonas del país.
NIT	En este campo irá el número de identificación tributaria
Código CIU	En este campo irá el código CIU para poder identificar qué actividad económica realiza la empresa
Localidad en donde se encuentra ubicada	En este campo se indica la localidad de Bogotá en la cual se encuentra localizada la empresa
Año de reporte de emisiones	En este campo irá el año de reporte de las emisiones de GEI
Emisiones A1	En este campo se indicarán las emisiones de GEI del alcance 1
Emisiones A2	En este campo se indicarán las emisiones de GEI del alcance 2
Consumo de energía eléctrica	En este campo se deberá colocar el valor del consumo de energía eléctrica de la empresa, esto debido a la variación anual del factor de emisión de energía de Colombia que varía en función a la Matiz energética colombiana.

Emisiones totales (A1+A2)	En este campo se colocará el valor de las emisiones totales de GEI
Dirección	En este campo se deberá colocar la dirección de instalación de reporte de emisiones.

Por medio de la aplicación Survey 123 se consolido la estructura de datos de las respuestas, las cuales se encontraban georreferenciadas y desde el aplicativo se procedió a exportar los datos, como un mapa web el cual estará vinculado a la encuesta para ver los resultados en tiempo real.

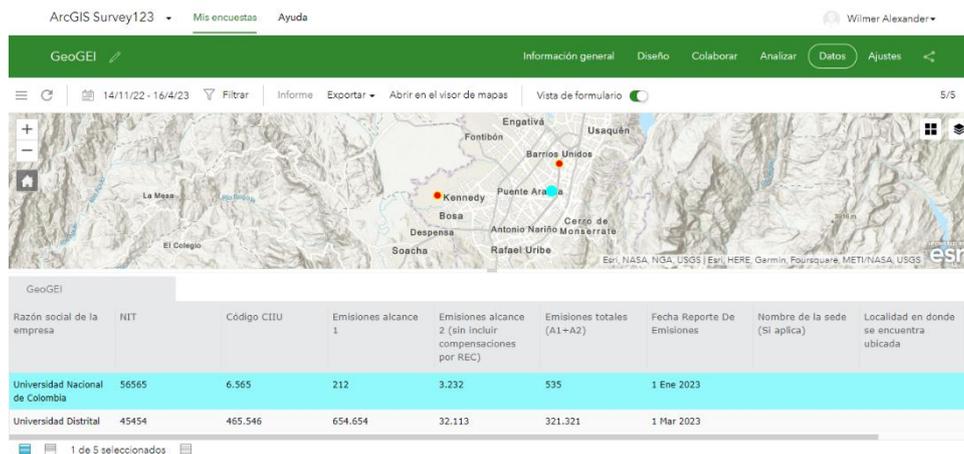


Imagen 7. Survey 123

Al tener el mapa web se organizaron las capas y se le dio una simbología a cada una con el fin de poder resaltar los resultados, cómo el objetivo del proyecto es establecer zonas con una alta emisión de GEI se determinó el uso de la simbología de puntos de calor como la ideal para resaltar dichas zonas.

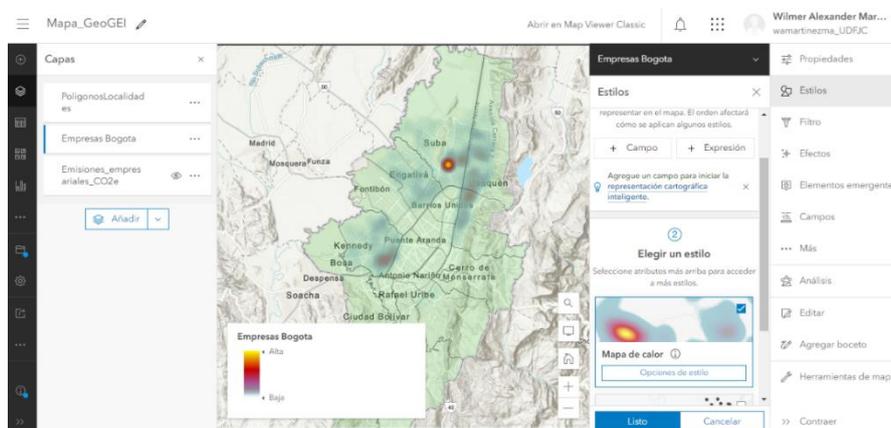


Imagen 8. Mapa web

Al tener organizada ya las capas en el mapa web se procedió a desarrollar un Web Map Application de ArcGIS Online en el cual se dejó embebido el mapa web creado y se agregaron widgets con el fin de darle una mejor usabilidad a la aplicación.

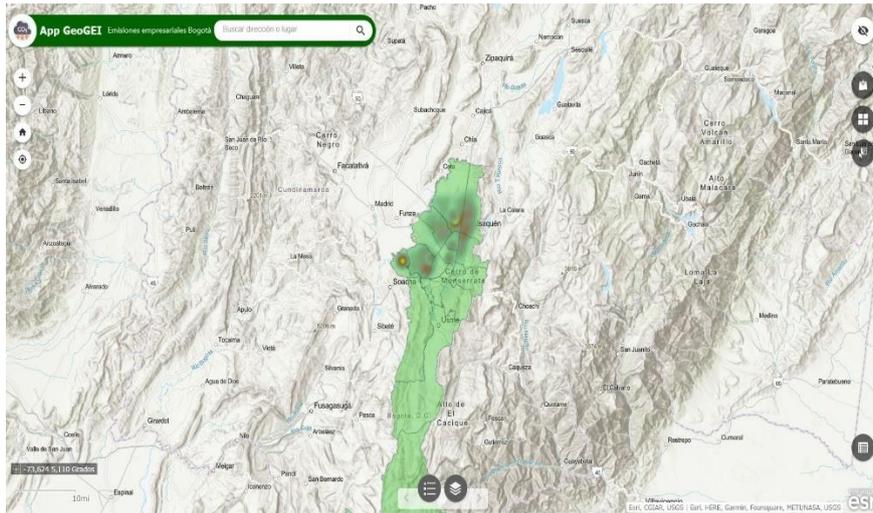


Imagen 9. Aplicación web

5 RESULTADOS

En el capítulo 4.1.1 de la fase de especificación se construyeron los 8 requerimientos funcionales y los 7 no funcionales del sistema, en ellos se explica lo que contiene el aplicativo Web GIS que captura información de emisiones de CO₂e de empresas georreferenciadas para generar mapas de calor.

Para la fase de desarrollo se construye el prototipo de aplicativo web gis para la recolección de datos y visualización de los mismos según los requerimientos y casos de uso previamente planteados.

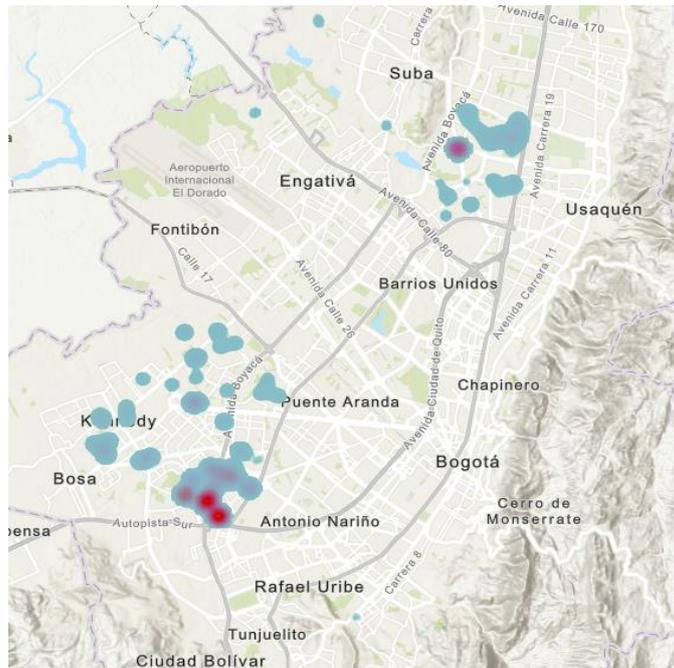


Imagen 10. Mapas de Calor

Para llevar a cabo la validación de las funcionalidades del aplicativo GeoGEI se realizó una encuesta de satisfacción a los usuarios, esta se realizó través de un formulario de Google forms con el fin de verificar que el aplicativo cumpla con cada una de las funcionalidades descritas en los requerimientos. La encuesta consta de 5 preguntas donde los usuarios dieron a la aplicación una calificación de 1 a 5 siendo 1 la más baja y 5 la más alta en cada uno de los ítems evaluados. (Imagen 11)

FUNCIONALIDAD GEOGEI



Descripción del formulario

¿Le fue sencillo hacer uso de la aplicación web ?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿La aplicación cumplió con la finalidad para la que se realizó?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿El aspecto visual de la aplicación es agradable?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿El tiempo de respuesta de la aplicación fue aceptable?

1

2

3

4

5

¿Recomendaría el uso de esta aplicación web?

1

2

3

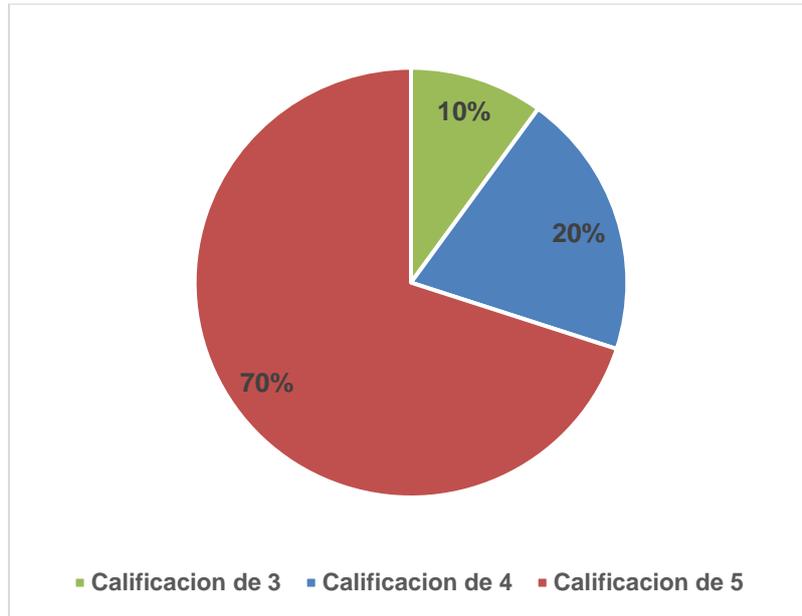
4

5

Imagen 11. Encuesta realizada a los usuarios

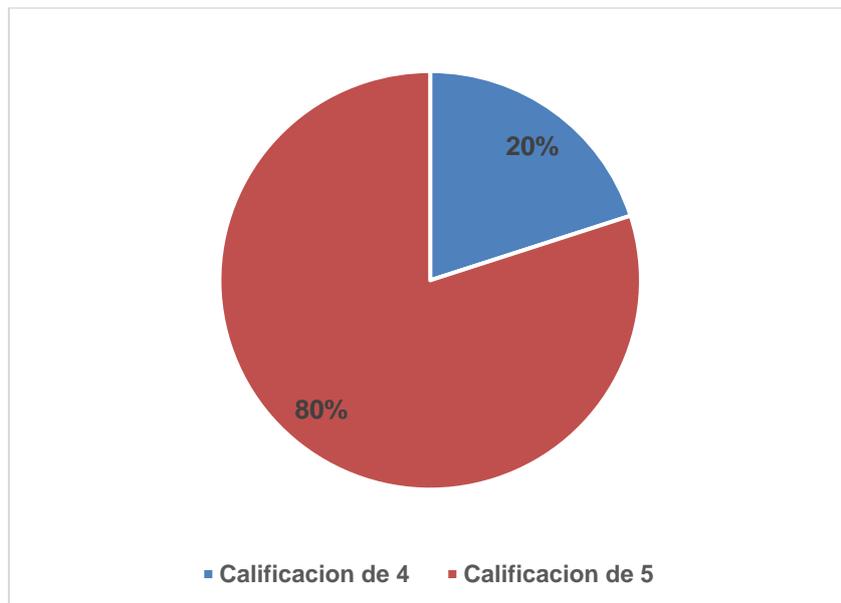
La encuesta se aplicó a 10 usuarios que no tenían un conocimiento significativo en cuanto a sistemas de información geográfica, los resultados de las encuestas se muestran a continuación.

Como respuesta a la primera pregunta se evidencia que el 70% de los usuarios que probaron la aplicación web están de acuerdo con que fue sencillo de usar con una calificación de 5 siendo la más alta posible, el 20% le dio una calificación de 4 y solo el 10% le dio una calificación de 3. (Ver imagen)



Gráfica 1. Resultados encuesta

En cuanto a la segunda pregunta se puede observar que el 80% de los usuarios que usaron la aplicación manifiestan que es útil para el fin para el cual fue diseñada y le dan una calificación de 5, el restante 20% califico la aplicación con una puntuación de 4 debido a desconocimiento en temas de aplicativos webs y de emisiones de CO2.



Gráfica 2. Resultados pregunta 2

En cuanto a la tercera pregunta se aprecia que el aplicativo tiene un buen diseño desde el aspecto visual siendo así que el 60% le da la calificación máxima y el otro 40% le da una puntuación de 4 lo cual en una escala de 1 a 5 sigue siendo muy favorable para el aplicativo (Ver imagen)

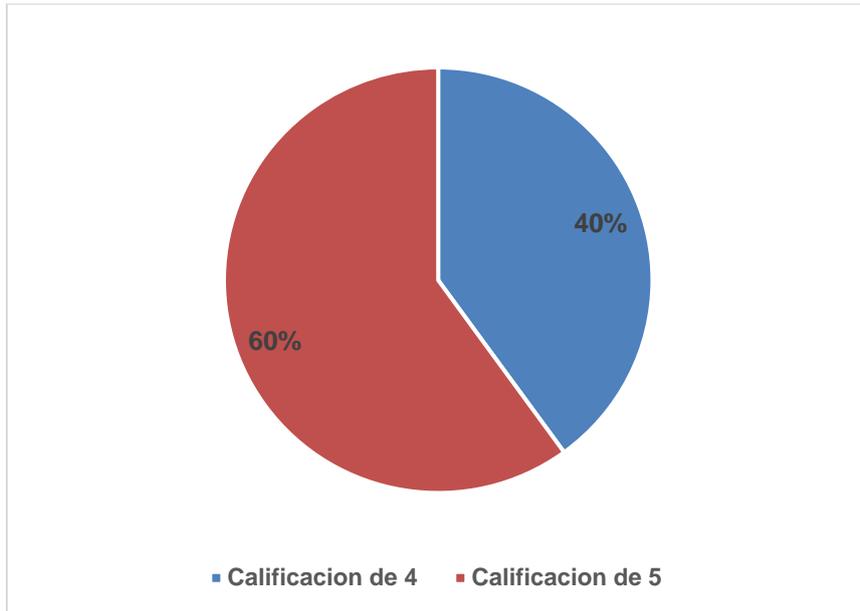


Gráfico 1. Resultados pregunta 3

La cuarta pregunta reflejó que la mayor parte de los usuarios concuerda de manera positiva en que el tiempo de respuesta del aplicativo fue bueno, sin embargo, en esta pregunta el 30% de los usuarios dio una calificación de 3 debido a que es un servicio online siendo un aspecto a tener en cuenta en un futuro trabajo. (Ver imagen)

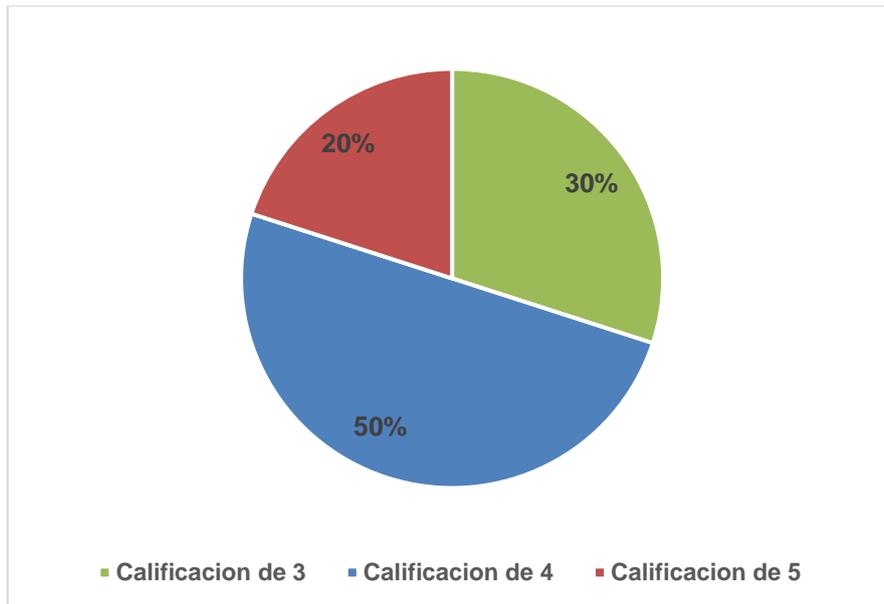
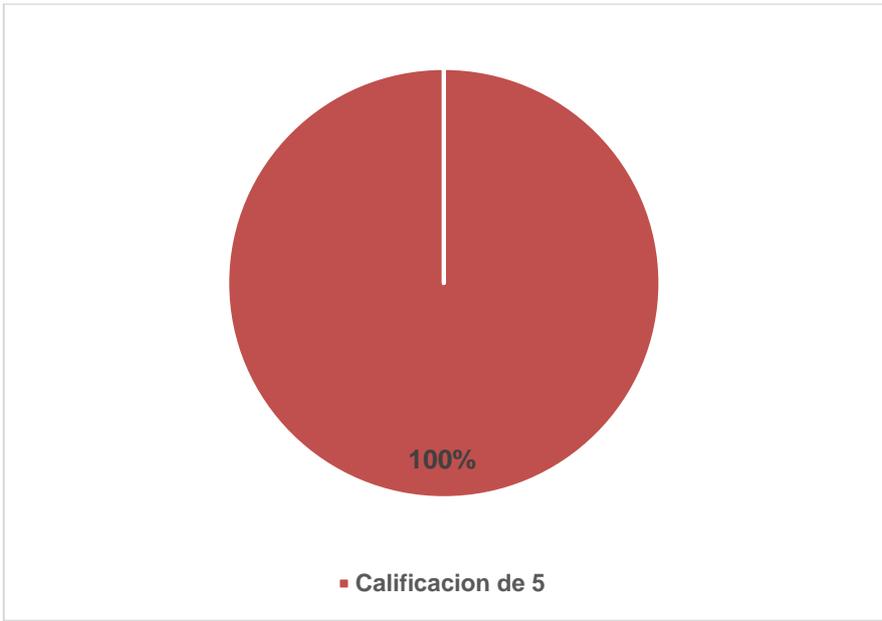


Gráfico 1. Resultados pregunta 4

Los resultados de la última pregunta evidencian que el 100% de los usuarios que probaron la aplicación la recomendarían, en términos generales y basados en las respuestas a cada pregunta se puede observar que el aplicativo web tuvo una buena acogida y aceptación por parte de los usuarios que dieron en su mayoría un concepto favorable de 4 y 5 de puntuación. (Ver imagen)



Gráfica 1. Resultados pregunta 5

6 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, APORTES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1 CONCLUSIONES

- Los aplicativos webs gis como GeoGEI son una herramienta de gran importancia para la toma de decisiones en diferentes proyectos, este puede servir de insumo para una correcta planeación e implementación de medidas que estén en pro del medio ambiente y del proyecto de descarbonización en Colombia
- La correcta identificación de los requerimientos y de la metodología a implementar facilitan en gran medida la ejecución del proyecto en medida que se tiene claridad y una correcta planeación de lo que se pretende, lo cual incurre en un ahorro de tiempo de ejecución y un correcto desarrollo del aplicativo.
- La definición de requerimientos permitió establecer la ruta orientadora para establecer hacia donde iría el desarrollo del aplicativo web gis, debido a que, si no se definen de manera adecuada, pueden presentarse problemas posteriores en el diseño y desarrollo, llevando a reprocesos y demoras en la entrega del producto.
- Colombia actualmente se encuentra determinando zonas de alto potencial de emisiones para instalar distritos térmicos, esta herramienta es clave para que las empresas reporten sus emisiones y se pueda analizar con un mayor detalle en donde instalar estas instalaciones en cada ciudad.

6.2 TRABAJOS FUTUROS

GeoGEI es un aplicativo que puede ser de utilidad a la hora de analizar datos , interpretarlos y por ende tomar las decisiones acertadas para prevenir y mitigar los efectos del CO₂e en la ciudad, teniendo en cuenta que solo se tienen datos para la ciudad de Bogotá podría servir de base para futuras investigaciones en las cuales se identifiquen las zonas con altas concentraciones de estos contaminantes a nivel nacional y así lograr la implementación de medidas que contribuyan con la mitigación de un gran problema ambiental como lo es el calentamiento global y cambio climático.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio de medio ambiente y desarrollo sostenible. (2022, February 18). Distritos Térmicos, La Apuesta de 10 ciudades hacia LA eficiencia energética. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved November 17, 2022, from <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/distritos-termicos-la-apuesta-de-10-ciudades-hacia-la-eficiencia-energetica/>
- Pleil, J. D., Stiegel, M. A., Madden, M. C., & Sobus, J. R. (2011). Heat map visualization of complex environmental and biomarker measurements. *Chemosphere*, 84(5), 716–723. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.03.017>
- Dempsey, C., (2012). Heat Maps in GIS. GIS Lounge. Obtenido de <https://www.gislounge.com/heat-maps-in-gis/>
- Dempsey, C. (2022). *Caitlin Dempsey, author at GIS Lounge*. GIS Lounge. Retrieved November 18, 2022, from <https://www.gislounge.com/author/caitlin/>
- Velasco, E. (2003). Estimates for biogenic non-methane hydrocarbons and nitric oxide emissions in the Valley of Mexico. *Atmospheric Environment*, 37(5), 625–637. [https://doi.org/10.1016/s1352-2310\(02\)00896-8](https://doi.org/10.1016/s1352-2310(02)00896-8)
- ARCGIS. (n.d.). *Collector for arcgis (Classic)*. ArcGIS. Retrieved November 18, 2022, from <https://doc.arcgis.com/es/collector-classic/android/collect-data/collect-tutorial.htm>
- ARCGIS. (2012). *Qué es arcgis online*. Qué es ArcGIS Online-Ayuda de ArcGIS Online | Documentación. Retrieved November 18, 2022, from <https://doc.arcgis.com/es/arcgis-online/get-started/what-is-ago1.htm>
- IDEAM. (2007). *Cambio climático - IDEAM*. ENTIDAD. Retrieved November 18, 2022, from <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/cambio-climatico>.
- Olaya, V. (2014). *Sistemas de Información Geográfica*. Victor Olaya
- POLÍTICA NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO - IDEAM. (s/f). Gov.co. Recuperado el 29 de mayo de 2023, de <http://www.cambioclimatico.gov.co/directorio-del-cambio-climatico>
- Documentos CONPES. (s/f). Gov.co. Recuperado el 20 de mayo de 2023, de <https://2022.dnp.gov.co/CONPES/documentos-conpes>
- Documentos Oficiales Contribuciones Nacionalmente Determinadas. (2021, octubre 20). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/documentos-oficiales-contribuciones-nacionalmente-determinadas/>

- Longley, P.A. & Goodchild, Michael & Maguire, D.J. & Rhind, D.W.. (2005). Geographic information systems and science 3e. Information systems journal. 20.
-
- Calculation tools and guidance. (s/f). Ghgprotocol.org. Recuperado el 20 de mayo de 2023, de <https://ghgprotocol.org/calculation-tools-and-guidance>