



Desarrollo de calculadora de carbono para cuantificar la huella de carbono generada por los empleados de la Universidad de Antioquia.

Juan Felipe Zapata Gómez

Trabajo de grado – para optar al título de ingeniero sanitario

Asesor

Mauricio Andrés Correa Ochoa, magíster en ingeniería ambiental.

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería.

Pregrado

Medellín

2024

Cita	(Zapata Gómez, 2024)
Referencia	Zapata Gómez, J.(2024). <i>Desarrollo de calculadora de carbono para cuantificar la huella de carbono generada por los empleados de la Universidad de Antioquia.</i>
Estilo APA 7 (2020)	[Tesis de grado]. Universidad de Antioquia, Medellín.



Grupo de investigación y laboratorio de monitoreo ambiental G-LIMA



Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Julio Cesar Saldarriaga

Jefe departamento: Lina María Berrouet Cadavid

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Agradecimientos

A mi mamá, quien me enseñó la fuerza del amor y su efecto transformador en el mundo.

A mi padre, quien me mostró que la disciplina y la constancia son los cimientos del espíritu.
A mi padrastro, quien con su paciencia me ha enseñado la humildad del silencio, que no encontré
en ningún libro.

A mi hermano, por la inocencia y el respeto que aún conserva y que me obligan a mejorar y ser
un buen ejemplo para él.

A los compañeros, profesores y asesores con los que aprendí a amar el conocimiento, a pulir mi
pensamiento y a responsabilizarme por mis palabras.

Y finalmente a mi Alma Mater, donde convergen el conocimiento y la sensibilidad que hoy me
permiten expresar mi mundo interno, nunca dejaré de ser estudiante y espero no dejar de
maravillarme frente a la vida y las sorpresas que guarda en los detalles más pequeños. Creo
fielmente, que en el asombro es donde reside la felicidad.

Contenido

Resumen.....	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Objetivos	13
1.1 Objetivo general	13
1.2 Objetivos específicos	13
2 Marco teórico	14
2.1 Definición de Gases de Efecto Invernadero (GEI).	14
2.2 Contaminación Atmosférica y movilidad urbana en el Area Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).	14
2.3 Marco normativo y políticas legales para regular la calidad del aire.	15
2.4 Planes de Movilidad sostenible (PMES).	16
2.5 Fuentes móviles.....	16
2.6 Plan Universitario de Movilidad Amigable (PUMA).	16
2.7 Herramientas TIC en la enseñanza y la investigación científica.	17
2.8 Entornos de desarrollo y lenguajes de programación.	18
3 Metodología	19
3.1 Determinación de los factores de Emisión	19
3.2 Búsqueda de aplicaciones y páginas web similares	23
3.3 Selección del entorno de Desarrollo	23
3.4 Consulta de productos elaborados dentro del mismo proyecto	23
3.5 Adaptación de las preguntas realizadas en encuesta PUMA para HuellaPUMA.	24
4 Resultados y análisis.	25
5 Conclusiones	36
Referencias.....	37

Lista de tablas

Tabla 1. Clasificación de Automóviles, Sistemas de transporte público AMVA y SITVA de acuerdo con su cilindraje y tipo de combustible	20
Tabla 2. Clasificación de Motocicletas de acuerdo con su cilindraje y tipo de combustible.	20
Tabla 3. Factores de emisión de CO2 y PM 2.5 Para Motos 2T, Motos 4T y Sistemas de transporte público AMVA y SITVA	21
Tabla 4. Factores de emisión de CO2 y PM 2.5 Para Automóviles.....	22
Tabla 5. Preguntas planteadas dentro de HuellaPUMA.....	28

Lista de figuras.

Figura 1. Metodología de trabajo sintetizada.	19
Figura 2. Pantalla de inicio de la aplicación HuellaPUMA.....	29
Figura 3. Pantalla de información del usuario (algunas de las respuestas son opcionales)	30
Figura 4. Pantalla de menú de HuellaPUMA.	30
Figura 5. Pantalla de inicio para calcular huella de carbono.....	31
Figura 6. Pantalla de selección de transporte según el número de etapas del usuario.	31
Figura 7. Pantalla donde se deben ingresar los minutos estimados del recorrido si su modo de transporte es la bicicleta	32
Figura 8. Pantalla de resultado del cálculo (varía de acuerdo al número de etapas, sistema de transporte, especificaciones técnicas, y frecuencia de viaje elegidas).	32
Figura 9. Pantalla de puntuación del usuario (el color del semáforo varía de acuerdo a la cantidad de CO2 obtenida.....	33
Figura 10. Pantalla 2 de puntuación del usuario (de acuerdo a la cantidad de CO2 anual obtenida la pantalla desplegará diferentes figuras en forma de árbol o el pulgar hacia arriba).	33
Figura 11. Guía sintetizada de funcionalidades del aplicativo HuellaPUMA.	34
Figura 12. Guía sintetizada del cálculo de huella de carbono en el aplicativo HuellaPUMA	35

Siglas, acrónimos y abreviaturas

AMVA: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

API: Application Programming Interface (En español: Interfaz de desarrollo de Aplicaciones).

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

IDE: Integrated Development Environments (En español: Entorno de Desarrollo Integrado).

IPCC: Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático.

PMES: Planes Empresariales de Movilidad Sostenible.

PUMA: Plan Universitario de Movilidad Amigable.

TIC: Tecnologías de la Información y la Comunicación.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Resumen

HuellaPUMA es una aplicación cuyo fin es determinar la huella de carbono asociada a las actividades de movilidad urbana de los empleados de la Universidad de Antioquia (Medellín, Colombia). Entendiendo que la movilidad urbana es un fenómeno en el que confluyen aspectos sociales, políticos y ambientales, el proyecto PUMA de la universidad de Antioquia busca determinar el impacto de los empleados de la universidad de Antioquia y sus hábitos de transporte, creando estrategias que atiendan a todas las necesidades asociadas a este fenómeno, HuellaPUMA nace como parte de una estrategia por medio de la cual se pueda comunicar a los miembros de la comunidad universitaria sus impactos individuales además de recolectar información que permita a la Universidad de Antioquia abordar el fenómeno desde diversas perspectivas. La aplicación se creó en el entorno PowerApps atendiendo a necesidades de desarrollo como accesibilidad, universalidad y viabilidad económica. La aplicación responde a estos criterios además de ofrecer un entorno estéticamente atractivo para el usuario y facilidad en la recolección de los datos ofrecidos dentro de la aplicación. Los criterios teóricos y procedimentales se toman de múltiples fuentes, como documentos del AMVA y trabajos desarrollados anteriormente desde PUMA, para ofrecer información acorde a las normativas estipuladas y alineada con las metodologías aplicadas.

***Palabras clave:** Huella de carbono, Gases de efecto invernadero, Movilidad sostenible, Factores de emisión, Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), Plan Empresarial de Movilidad Sostenible (PMES).*

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Abstract

HuellaPUMA is a mobile application whose function is to determine the carbon footprint associated with the urban mobility activities of employees of the University of Antioquia (Medellín, Colombia). Understanding that urban mobility social, political and environmental phenomenon, the PUMA project of the University of Antioquia seeks to determine the impact of the employees of the University of Antioquia and their transportation habits, creating strategies that address all the needs associated with this phenomenon, HuellaPUMA was born as part of strategy through which its individual impacts can be communicated to members of the university community in addition to collecting information that allows project participants to address the phenomenon from diverse perspectives. The application was created in the PowerApps environment, response development needs such as accessibility, universality and economic viability. The application responds to all these criteria in addition to offering an aesthetically attractive environment for the user and comfortable way to collect the data offered within the application. The theoretical and procedural criteria are taken from various AMVA documents as well as from work previously developed by PUMA to offer information in accordance with the stipulated regulations and aligned with the methodologies the previously applied.

Keywords: *carbon footprint, greenhouse gases, sustainable mobility, emisión factors, Information and communications technologies (ICT), sustainable mobility corporative plan.*

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Introducción

La huella de carbono puede definirse como la unidad de medida para los Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos por actividades antrópicas (Espíndola y Valderrama, 2012). La constante expansión industrial, tecnológica y científica traen consigo nuevos hábitos de consumo de bienes y servicio que, si bien han mejorado la calidad de vida a corto plazo, están generando un deterioro acelerado sobre los ecosistemas y los recursos del planeta (IPCC,2023). Tener información cuantificable sobre las emisiones de GEI cobra importancia en el debate público, pues se traza una línea sobre las responsabilidades individuales y colectivas que se deben tomar para garantizar un futuro sostenible a nivel interespecífico (Schneider y Samaniego, 2009).

Las tecnologías de información y comunicación han supuesto un avance significativo para los métodos de enseñanza e investigación actuales. Con los recientes recursos informáticos se pueden desarrollar herramientas que aceleren o estimulen los procesos cognitivos en estudiantes y profesionales de todas las áreas del conocimiento, afines y no afines al estudio que se esté trazando (Carvalho et al 2012). La universidad de Antioquia, como centro de producción de conocimiento, tiene como propósito la difusión de información relacionada con el cambio climático. La integración de las herramientas TIC al proceso educativo y científico pueden brindar perspectivas que permitan a los usuarios adquirir una dimensión sobre las consecuencias de sus hábitos y planear de forma más inteligente y responsable sus actividades de consumo (Zambrano et al. 2020).

La transmisión de información por estos medios incentiva el conocimiento transdisciplinario e interdisciplinario sumando nuevas voces y puntos de vista problemas tan complejos como lo son los impactos antrópicos al medio ambiente además de ayudar a trazar un uso más inteligente de los productos y servicios que se consumen en el diario vivir, para el caso de este trabajo de grado el producto o servicio son los medios de transporte.

El propósito de este trabajo de grado es desarrollar una herramienta tecnológica y/o aplicativo que permita a los miembros de la comunidad universitaria determinar la huella de carbono asociada a sus hábitos de transporte desde casa o lugar de origen hasta el campus de la Universidad de

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Antioquia en el que desempeñe sus actividades, de esta forma los empleados de la institución familiarizados o no familiarizados con el concepto de huella de carbono pueden tener una noción más cercana al conocer su impacto al medio ambiente y contemplar alternativas que puedan mitigar dichos impactos. Además, se requiere desarrollar herramientas que permitan obtener información para atender a las problemáticas específicas y de esta forma trazar estrategias efectivas y viables dentro de la comunidad universitaria y sus situaciones de movilidad particulares.

Este proyecto se plantea desde el Plan Universitario de Movilidad Amigable (PUMA), ejecutado por el Grupo de Investigación y Laboratorio de Monitoreo Ambiental (G-LIMA) de la Facultad de Ingeniería y la división de infraestructura de la Vicerrectoría Administrativa, para responder a la Resolución Metropolitana 756 de 2023 “por medio de la cual se crean los nuevos lineamientos técnicos para la adopción, formulación e implementación de los Planes de Movilidad Empresarial Sostenible -Planes MES- y se dictan otras disposiciones”. En resumen, PUMA busca trazar estrategias de movilidad que reduzcan los impactos en la calidad del aire y orienten los hábitos de transporte hacia una ocupación de los espacios más sostenible al interior de la comunidad universitaria.

Para calcular la huella de Carbono se requiere información sobre la movilidad de los empleados desde sus casas hasta el campus universitario y desde su lugar de residencia, así como medidas estandarizadas por las entidades vigentes en la región del estudio.

PUMA ha desarrollado diferentes estrategias para determinar los hábitos de transporte de los miembros al interior del campus, mediante encuestas que se difunden a través de diferentes redes de la Facultad de ingeniería, de la Universidad de Antioquia y del mismo grupo de investigación. Esta información ha permitido establecer un mapeo general sobre el comportamiento de los empleados relacionados con su movilidad habitual. Estos datos resultan relevantes para establecer una relación entre los factores de emisión y el tipo de medio de transporte utilizado. Los factores de emisión y la caracterización de los vehículos se toman del inventario de Emisiones Atmosféricas del Valle de Aburra (2018, 2016), este documento cuenta con los promedios de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) producidos por las diferentes fuentes móviles dentro del Área Metropolitana del Valle de Aburrá calculado por el grupo G-LIMA.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Planteamiento del problema

La universidad de Antioquia cuenta con alrededor de 10650 empleados en las sedes ubicadas en el AMVA, entendiéndose que estos empleados para realizar sus actividades laborales deben adquirir hábitos de movilidad, muchos de estos generando emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se requiere crear estrategias de mitigación de los impactos al medio ambiente, además de la implementación de tecnologías de la información y la comunicación que permitan la transmisión de información relevante sobre la problemática de movilidad. El desarrollo de diversas herramientas como encuestas ya se ha planteado anteriormente. Sin embargo, la creación de una aplicación móvil complementa la recolección y distribución de información que permita orientar a los empleados y concientizar sobre los hábitos de movilidad y el impacto ambiental que generan respecto al uso de distintos medios de transporte. La ventaja de una aplicación radica en la interactividad y el intercambio de información, las aplicaciones cuentan con una variedad de herramientas audiovisuales que pueden generar interés en el usuario, otro aspecto a resaltar es que al tratarse de productos en constante proceso de optimización se pueden implementar diversas herramientas a medida que más usuarios se conectan, esto puede contribuir a mejorar la experiencia para el usuario al interior de la app, y la disposición a brindar los datos necesarios para el creador de la App, en este caso PUMA.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

1 Objetivos

1.1 Objetivo general

Desarrollar una herramienta tecnológica que permita cuantificar la huella de carbono de los empleados de la Universidad de Antioquia.

1.2 Objetivos específicos

- Establecer las emisiones de contaminantes atmosféricos en función del modo de transporte en el que se desplazan los empleados de la Universidad de Antioquia.
- Determinar las emisiones de CO₂ equivalente que se desprenden a la atmósfera, de acuerdo con los modos de transporte utilizados por los empleados de la Universidad de Antioquia.
- Desarrollar una herramienta informática que permita gestionar información referente a la huella de carbono de los empleados de la Universidad de Antioquia.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

2 Marco teórico

2.1 Definición de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Los Gases de efecto invernadero (GEI) son el componente gaseoso de la atmósfera que absorbe y emite la radiación solar afectando directamente la temperatura en la atmósfera (IPCC, 2018). En la atmósfera de la tierra, los principales GEI son el vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄) y el ozono (O₃). Estos gases se producen de forma natural en el planeta, sin embargo, las actividades antrópicas han aumentado la presencia de estos gases en la atmósfera causando así un incremento sobre la temperatura global, hecho que se puede traducir en cambios drásticos sobre las condiciones ambientales, biológicas y ecológicas de la tierra (IPCC,2023)

La huella de Carbono es un indicador ambiental que cuantifica las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antrópico (Wiedmann y Minx, 2008). Al tratarse de una unidad medible, se pueden trazar estrategias que responsabilicen de manera proporcional a los actores que más contribuyen con estas emisiones e implementar estrategias de mitigación de los impactos medioambientales públicos o privados (Padgett et al, 2008). Debe hacerse claridad en que las emisiones de Gases de efecto invernadero tienen su origen en diferentes fuentes, y en diversas actividades urbanas. En este caso se el estudio se centró las fuentes móviles (que se caracterizan por su capacidad de moverse en el espacio) y se obviaron fuentes fijas (fuentes puntuales, su posición no cambia).

2.2 Contaminación Atmosférica y movilidad urbana en el Area Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA).

La contaminación atmosférica es la incidencia de diferentes partículas o compuestos gaseosos en la atmósfera terrestre que puedan representar un peligro o molestia para las diferentes formas de vida, desencadenando posibles riesgos ambientales.

La salud humana también se ve impactada por los diferentes contaminantes que se emiten en la atmósfera, según Parra et al. (2020) la cantidad de consultas clínicas asociadas a enfermedades o infecciones respiratorias como asma, Infección Respiratoria Aguda (IRA) o Enfermedad

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Respiratoria Obstructiva Crónica guarda relación con los periodos críticos de calidad del aire en la ciudad de Medellín, el estudio está centrado especialmente en un contaminante denominado PM2.5 que se encuentra en procesos de quema de combustibles fósiles usados en actividades de industria y transporte. La constante incidencia de factores antrópicos sumado a las condiciones topográficas y meteorológicas del valle de Aburrá convierten esta región en un punto adverso cuando se habla de calidad del aire (AMVA,2018).

2.3 Marco normativo y políticas legales para regular la calidad del aire.

Atendiendo a las problemáticas de calidad del aire y bienestar el gobierno nacional y el AMVA han desarrollado diferentes marcos normativos que regulen tanto las emisiones como el monitoreo de los diferentes contaminantes emitidos hacia la atmósfera.

- **Resolución 2254 de 2017:** Normativa de orden nacional, “Por la cual se adoptan los niveles máximos de contaminantes criterio en el aire así como contaminantes tóxicos en el aire y contaminantes atmosféricos”. (Ministerio colombiano de ambiente y desarrollo, 2017).
- **Resolución Metropolitana 756 de 2023:** “Por la cual se crean los nuevos lineamientos técnicos para la adopción, formulación e implementación de los Planes de Movilidad Empresarial Sostenible -Planes MES- y se dictan otras disposiciones”. (AMVA,2023).
- **Resolución Metropolitana 1397 de 2017:** “Por medio de la cual se establece la implementación de Planes de Movilidad sostenible (PMES), como una herramienta de gestión organizacional que contribuye a disminuir la emisión de agentes contaminantes y gases de efecto invernadero mediante la transformación cultural de los colaboradores al llevar a la reflexión sobre el impacto que tienen sus desplazamientos desde y hacia el trabajo” (AMVA, 2017).
- **Plan Integral de Gestión de Calidad del Aire – PIGECA:** Instrumento legal cuyo propósito es mitigar los impactos antrópicos en la calidad del aire, para lograr este propósito el PIGECA articula los saberes y acciones de todos los sectores políticos, académicos, económicos y sociales que están comprometidos dentro del desarrollo urbano del AMVA. Citando al documento oficial emitido por el AMVA el PIGECA cuenta con una línea estratégica compuesta por varios puntos: 1. Planeación y gestión territorial para la equidad,

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

2. Calidad ambiental y desarrollo sostenible, 3. Movilidad sostenible, segura y amable y 4. Seguridad, convivencia y paz. (AMVA,2017)

2.4 Planes de Movilidad sostenible (PMES).

Los planes MES tienen como propósito gestionar la movilidad de manera sostenible, centrándose en la concientización de las diferentes organizaciones públicas o privadas sobre los impactos atmosféricos que ejercen los trabajadores vinculados a sus instituciones en sus hábitos de movilidad, desde y hacia su lugar de trabajo. Según la resolución 1379 de 2017: Toda institución que cuente con más de 200 empleados deberá implementar de manera obligatoria estos planes (AMVA,2017). Se estima que la adecuada implementación de estos planes traerá consigo ventajas medioambientales y urbanas, pues no solo se mitigarían impactos en la atmosfera del Valle de Aburrá sino que se lograría una nueva relación de habitabilidad con los espacios urbanos del AMVA (2023).

2.5 Fuentes móviles.

Según el inventario del AMVA (2018) las fuentes móviles son las que más aportan a la contaminación atmosférica, especialmente entregando Material particulado de 2.5 μm (PM 2.5), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Compuestos Orgánicos volátiles (COV). Las fuentes móviles clasifican de acuerdo con el tipo de vehículo, el cilindraje del motor del vehículo, el año de producción o modelo.

2.6 Plan Universitario de Movilidad Amigable (PUMA).

Al 2023 la Universidad de Antioquia cuenta con 10650 empleados según datos de talento humano, por tanto la institución debe cumplir con la normativa estipulada según los PMES. Por esta razón se crea PUMA, cuyo propósito es generar diversas estrategias activas e informativas para promover el uso de transporte público, promover la movilidad activa y evaluar la posibilidad de implementar diversas estrategias de trabajo en caso de ser posible.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Una de las estrategias trazadas dentro de PUMA es la implementación de herramientas virtuales que permitan conocer de forma precisa los hábitos de movilidad de los empleados de la Universidad de Antioquia y crear planes que se ajusten a las necesidades particulares de la institución.

La obtención y entrega de información relevante sobre la movilidad de los empleados es un punto de importancia dentro del Plan Universitario, la creación de canales de comunicación asertivos entre los empleados y la administración de PUMA garantiza la concientización acertada en línea con el plan de desarrollo de la universidad de Antioquia . En su plan de desarrollo 2017-2027: Una universidad innovadora para la transformación de los territorios, la institución busca cumplir diferentes ejes estratégicos

Tema 1: Formación integral de ciudadanos con la articulación y el desarrollo de las funciones misionales, desde los territorios y en conexión con el mundo, y tema estratégico 6: Contribuciones de la Universidad a la gestión del ambiente y la biodiversidad; y con su Plan de Acción 2021-2024: Una Universidad solidaria, comprometida con la vida, la equidad y la diversidad, con visión global y pertinente frente a los retos de la sociedad, desde el programa 10: Consolidación de condiciones de infraestructura física y dotacional acorde con las necesidades y posibilidades institucionales y el programa 13 Fomento de una cultura ambientalmente sostenible, la biodiversidad y la salud de la comunidad universitaria en y desde los territorios.

La búsqueda de herramientas que garanticen la realización de estos objetivos se ha orientado hacia el uso de herramientas virtuales dada su capacidad de albergar información intuitiva así como la facilidad en la recolección de los datos (PUMA,2023).

2.7 Herramientas TIC en la enseñanza y la investigación científica.

Las Tecnologías de la información, han trazado una nueva síntesis en los procesos científicos y académicos, las capacidades de cálculo y de simulación traen consigo nuevos paradigmas y perspectivas dentro de varias ramas del conocimiento (Astudillo et al.,2018). La capacidad de compilar información y de realizar acciones de cálculo o de análisis de datos con la rapidez de los instrumentos tecnológicos actuales permite además concentrarse en otros aspectos de los fenómenos estudiados, facilitando un entendimiento más profundo en muchos estudios académicos (Gupta et al., 2021; Tejera et al., 2020)

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

2.8 Entornos de desarrollo y lenguajes de programación.

Los entornos de desarrollo IDE por su nombre en inglés (Integrated Development Environments) son programas multifuncionales que pueden ser usados para diversas tareas de desarrollo de aplicaciones o paginas web, la ventaja de este tipo de programas es que al tratarse de un entorno se pueden comunicar diversas herramientas que compartan un mismo lenguaje de programación de esta forma se pueden integrar diferentes tareas que faciliten el funcionamiento de el programa a desarrollar (Sotnik et al., 2021). Es indispensable tener en cuenta el lenguaje de programación con el que funciona el entorno de desarrollo elegido, pues este es el que garantiza que las diferentes tareas se realicen cumplan con las normas de síntesis de las funciones programadas. Existen además plataformas que permiten integrar diferentes sistemas y compartir información con el fin de presentar datos de diversos tipos que confluyan en una única Interfaz, estas plataformas reciben el nombre de API (Por sus siglas en inglés “Application Programming Interface”), en otras palabras, una API permite la comunicación entre dos aplicaciones diferentes para trabajar los datos según se requiera.

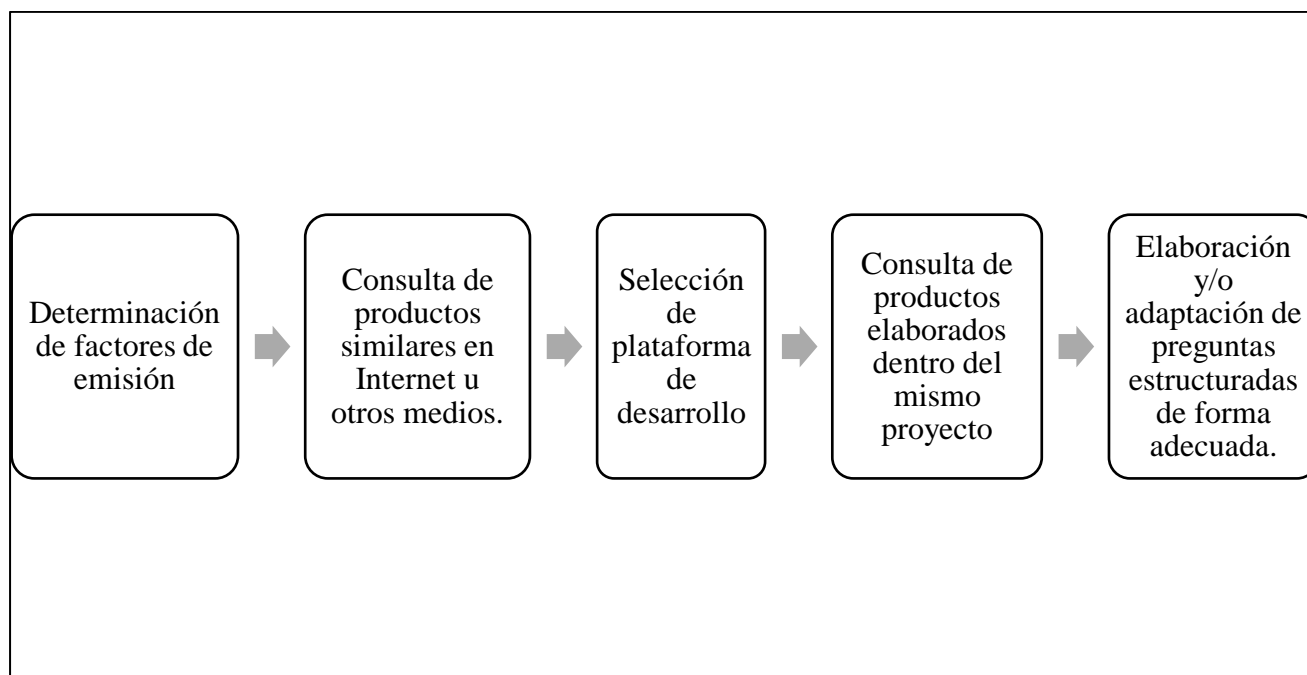
DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

3 Metodología

El siguiente esquema sintetiza las decisiones tomadas para llevar a cabo la creación de la aplicación HuellaPUMA.

Figura 1.

Metodología de trabajo sintetizada.



3.1 Determinación de los factores de Emisión

La información base para determinar la huella de carbono de los usuarios se tomó de los factores de emisiones del parque automotor del Área Metropolitana del Valle de Aburrá AMVA (2016,2018) , además el grupo G-LIMA de la universidad de Antioquia, mediante el Plan Universitario de Movilidad Amigable (PUMA) ha desarrollado encuestas para caracterizar las condiciones de movilidad de los empleados de la universidad de Antioquia, estas encuestas se usaron como guía para plantear las preguntas dentro de la aplicación.

Como ya se mencionó, los factores de emisión fueron tomados del inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá (2018,2016), los gases de efecto invernadero y contaminantes asociados a las fuentes móviles son: Compuestos orgánicos volátiles (COV), Monóxido de carbono

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

(CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx), Material Particulado 2.5 μm (PM 2.5), Amoníaco (NH₃), Dióxido de Nitrógeno (N₂O) y Metano (CH₄).

Las fuentes de emisión se clasificaron siguiendo los lineamientos del AMVA (2016,2018) y la metodología de Londoño et al (2011), donde se agrupan los automóviles y motos de acuerdo con su cilindraje. La siguiente tabla resume las clasificaciones mencionadas para Automóviles, Buses y Motos:

Tabla 1.

Clasificación de Automóviles, Sistemas de transporte público AMVA y SITVA de acuerdo con su cilindraje y tipo de combustible Tomado de Inventario de emisiones AMVA (2018)

Automóviles y buses		
Categoría	Cilindraje	Tipo de combustible
Liviano	>1500 cc	Gasolina /Diesel
Mediano	1500 cc - 3000cc	Gasolina /Diesel
Pesado	> 3000 cc	Gasolina /Diesel
Autobús mediano	3000 cc - 6000 cc	Gasolina /Diesel
Alimentador de Metro		GNV
Metroplús		GNV

Tabla 2.

Clasificación de Motocicletas de acuerdo a su cilindraje y tipo de combustible – Tomado de Inventario de emisiones AMVA (2018)

Motos 2T		
Categoría	Cilindraje	Tipo de combustible
Liviano	< 150 cc	Gasolina
Mediano	150 cc - 300 cc	Gasolina
Pesado	>300 cc	Gasolina
Motos 4T		
Categoría	Cilindraje	Tipo de combustible

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Liviano	< 150 cc	Gasolina
Mediano	150 cc - 300 cc	Gasolina
Pesado	>300 cc	Gasolina

Los factores de emisión para CO₂ y PM_{2.5} varían de acuerdo con el tipo de vehículo, según el inventario de emisiones redactado por el AMVA (2016 y 2018) la lista de vehículos categorizados, así como su respectivo factor de emisión se muestran en las tablas:

Tabla 3.

Factores de emisión de CO₂ y PM 2.5 Para Motos 2T, Motos 4T y Sistemas de transporte público AMVA y SITVA – Tomado de Inventario de emisiones AMVA (2018).

FACTORES DE EMISIÓN CATEGORÍAS MOTOS, TAXIS, BUS/COLECTIVO, METROPLÚS Y METRO ALIMENTADOR (PROMEDIOS ESTIMADOS)

Tipo de vehículo	Combustible	cilindraje	CO ₂ (Anexo 3 de Instructivo PMES)		PM _{2.5} (Anexo A de inventario 2018 (año base 2016))
			Factor g/km	Factor g/km	Factor g/km
Moto 2T	Gasolina	<150_cc	65,28	65,2769271	0,18
	Gasolina	150_cc_300_cc	65,28	65,2769271	
	Gasolina	>300_cc	65,28	65,2769271	
Moto 4T	Gasolina	<150_cc	75,55	75,5519989	0,061833
	Gasolina		75,55	75,5519989	
	Gasolina	150_cc_300_cc	90,66	90,6623987	
	Gasolina		75,55	75,5519989	
	Gasolina	> 300 cc	113,33	113,3279984	
Taxi	Gasolina	1400 -1600**	289,30	289,3008488	0,003
Bus/Colectivo	Diesel	NA	562,80	562,8018589	0,0745
Metroplús	GNV	NA	444,72	444,7210004	0,002
Metro Alimentador	GNV	NA	379,84	379,8407437	0,00163589

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

3.2 Búsqueda de aplicaciones y páginas web similares

Para entender el funcionamiento de una calculadora de huella de carbono se consultaron algunas calculadoras publicadas en internet, buscando aspectos como accesibilidad, atractivo estético, preguntas realizadas, aspectos individuales sobre los que haga énfasis y por último concisión y precisión en las respuestas que se ofrezcan a los usuarios. Además de la respectiva consulta bibliográfica con el fin de evaluar metodologías que se pudieran adaptar a las necesidades específicas de este trabajo de grado.

3.3 Selección del entorno de Desarrollo

El desarrollo de la calculadora de huella de carbono inició luego de evaluar diferentes plataformas que permitieran la creación de aplicaciones o páginas web. Los requerimientos más importantes a tener en cuenta fueron: accesibilidad para los creadores y consumidores de la aplicación, soporte de varias plataformas o capacidad para trabajar con datos de otros programas y viabilidad económica. Finalmente se eligió PowerApps, plataforma de Microsoft, se eligió este entorno pues posee un lenguaje de desarrollo accesible para personas que no poseen un alto nivel de programación, además, dicho entorno integra elementos de desarrollo y también elementos de diseño de interfaces, diseñando así plataformas accesibles y agradables visualmente para el usuario.

3.4 Consulta de productos elaborados dentro del mismo proyecto

PUMA ha desarrollado encuestas de movilidad con el propósito de entender las dinámicas particulares de la comunidad universitaria, la consulta de este material es una etapa clave dentro de la creación de la aplicación, con el fin de adecuar y/o complementar la información obtenida por medio de todas las herramientas creadas. Se analizó la encuesta, los medios de divulgación por los cuales se transmitió esta, las preguntas realizadas, así como la factibilidad y posibilidad de adecuación de algunas para ser usadas dentro de HuellaPUMA. Algunas preguntas se omitieron, para acortar los tiempos de estancia del usuario en la aplicación, otras se adaptaron para las capacidades que ofrece el entorno de desarrollo elegido.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

3.5 Adaptación de las preguntas realizadas en encuesta PUMA para HuellaPUMA.

Se aprovechó el trabajo realizado en la encuesta movilidad PUMA y la recepción del público para realizar las adaptaciones, teniendo en cuenta la extensión de la encuesta se decidió omitir algunas preguntas y abreviar otras, Considerando que algunas respuestas pueden ser información sensible decidió ofrecer al usuario la opción de brindar su nombre, en caso de hacerlo la experiencia dentro de la aplicación puede personalizarse mostrando el nombre del usuario en ciertas pantallas, sin embargo en caso de que el usuario decida no ofrecer su nombre, su estadía dentro de HuellaPUMA, así como los resultados de su cálculo no se verán afectados. Las preguntas de carácter obligatorio no comprometen la privacidad del usuario, pues no se solicitan direcciones residenciales, documentos personales o números telefónicos, esto además permite que se pueda realizar un adecuado análisis de los datos recopilados sin que los datos personales del remitente sean rastreables, cumpliendo así con protocolos de seguridad informática. Dado el carácter adaptativo de las aplicaciones móviles, de acuerdo a las necesidades de los usuarios y de los desarrolladores, las preguntas y su carácter pueden ir cambiando para mejorar la experiencia de los usuarios respetando los criterios de accesibilidad y seguridad trazados por PUMA.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

4 Resultados y análisis.

Como se ha mencionado anteriormente, la búsqueda de productos que realicen tareas de cálculo de huella de carbono resultaba ilustrativo, pues ayudaría a trazar ciertos requerimientos de diseño básico así como aclarar posibles imprecisiones que se puedan encontrar en los productos consultados.

Se encontraron calculadoras de Huella de carbono como Climate Hero, cuyo motor es la plataforma de pago typeform, útil para realizar encuestas interactivas y visualmente atractivas. Climate Hero realiza diversas preguntas sobre hábitos de consumo, su enfoque se expande más allá de la huella de carbono asociada a los medios de transporte. La aplicación presenta una interfaz agradable y accesible, las preguntas realizadas resultan claras y sencillas de responder. Uno de los aspectos que resaltan de esta encuesta es la intención de difundir el concepto de huella de carbono para todo tipo de personas, esto compensa el hecho de que no profundice en ninguno de los aspectos sobre los que indaga. La claridad en las preguntas, así como la implementación de recursos didácticos para lograr el objetivo de difusión de la información fueron los aspectos que se tomaron de esta encuesta para el desarrollo de la aplicación HuellaPUMA. Entendiendo las particularidades de la universidad de Antioquia y el público al que está dirigida.

Otra de las páginas consultadas fue la calculadora de huella de carbono de la Universidad Nacional de Colombia, al igual que la encuesta de Climate hero, esta calculadora aborda el concepto de huella de carbono de forma más amplia, al final muestra el resultado de la huella de carbono del usuario. La interfaz es agradable y minimalista, este último aspecto se implementó en la creación de la aplicación HuellaPUMA.

Referente a las plataformas de programación, estas también requerían una labor de búsqueda, pues el lenguaje y entorno de programación serán la base estructural de la aplicación diseñada. Inicialmente se evaluaron plataformas como Visual Studio Code, herramienta de uso gratuito compatible con varios lenguajes de programación, su carácter de universalidad y accesibilidad hacen de esta herramienta una opción confiable en términos de programación, sin embargo en términos de creación de interfaces se requieren conocimientos más profundos sobre programación, y dados los tiempos establecidos para la creación de la aplicación obligaron a la búsqueda de

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

herramientas que garanticen la integración de elementos de programación y diseño de interfaz gráfica.

Otra de las opciones contempladas fue Microsoft.Net que de forma similar a Visual Studio Code cuenta con herramientas de programación en múltiples lenguajes, sin embargo es una plataforma de pago, lo que elevaba los costos de producción.

Dadas las dificultades descritas anteriormente se decidió que el entorno de desarrollo elegido para la aplicación fuera PowerApps que pertenece a Microsoft. PowerApps es una herramienta que brinda accesibilidad tanto para el desarrollo como para la exploración dentro de las aplicaciones creadas, generando aplicaciones sofisticadas y visualmente agradables con técnicas de desarrollo simples. El lenguaje con el cual funciona PowerApps es Microsoft PowerFX, lenguaje utilizado para todas las plataformas de desarrollo de Microsoft: Power Platform. El uso de este lenguaje permite además la comunicación entre diferentes herramientas que permiten el procesamiento de los datos que se generan en la plataforma.

Para el almacenamiento de los datos que los usuarios generan al ingresar y utilizar la aplicación, PowerApps permite la implementación de diversas bases de datos usando Excel, Sharepoint o SQL con lo cual se descartó la opción de usar servicios de almacenamiento de Google, pues la Universidad de Antioquia brinda a sus miembros acceso a diversas herramientas de Microsoft de forma gratuita. La base de datos con la que actualmente se trabaja es una hoja de cálculo en el software Excel® que se almacena en la nube por medio de Onedrive®, la herramienta que procesa los datos desde PowerApps hasta su destino en OneDrive se llama PowerAutomate® cuya función es automatizar procesos lógicos de acuerdo a una determinada acción en alguna de los programas de Microsoft, en este caso, la acción desencadenante del proceso es un botón que se presiona en PowerApps por medio del cual el usuario acepta guardar sus respuestas, dichas respuestas se albergan en un archivo en formato CSV dentro de una carpeta de Onedrive, usando la herramienta Power Query de Excel se pueden fusionar todos los archivos CSV en uno solo, este archivo sintetizado finalmente se lleva a un Archivo de Excel también albergado en una carpeta de Onedrive. La razón por la que se elige este proceso es para garantizar la protección de los datos del usuario, pues la carpeta final donde se alberga el Excel está almacenada en OneDrive y solo es accesible para los miembros de PUMA.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Otra de las ventajas en términos de seguridad es que la aplicación solo es accesible al conceder permisos a los usuarios específicos, en este caso se toma la lista de los usuarios que pertenezcan al dominio de la universidad de Antioquia (es de decir que tengan cuenta: @udea.edu.co) y que se encuentren registrados como empleados de la institución.

Los aspectos de claridad en las preguntas ya se encontraban también presentes en las encuestas anteriormente realizadas por PUMA, las preguntas que se realizaron en la App se crearon siguiendo los lineamientos ya trazados por dicha encuesta, esto se hace con la intención de garantizar la compatibilidad de la información previa y posterior a la creación del aplicativo, facilitando las labores de análisis de datos en cualquier etapa del proyecto PUMA y poder complementarlo con otros planes que se estén desarrollando dentro de este marco.

Luego de evaluar distintas plataformas y entornos de desarrollo, PowerApps resultó ser la más viable para crear la aplicación HuellaPUMA, esto debido al lenguaje e interfaz de desarrollo que resulta accesible para personas que no tengan un alto dominio en programación, además las opciones que posee de diseño permiten al creador de la app darle una estética agradable para los consumidores finales.

La fluidez dentro de la aplicación y la inmediatez de cálculo de la huella de carbono es otro aspecto positivo respecto al uso de PowerApps.

Si bien existen plataformas que facilitan el almacenamiento de los datos brindados por los usuarios, la variedad de opciones que ofrece PowerApps y Powerautomate permitió cumplir este objetivo sin comprometer la seguridad de los usuarios además de usar una herramienta proporcionada por la misma Universidad de Antioquia sin costos adicionales.

Después de los respectivos exámenes de funcionamiento, la aplicación HuellaPUMA se publicó en la plataforma de PowerApps y se concedieron los permisos necesarios para que los usuarios puedan ingresar a la aplicación, como se mencionaba anteriormente, la ventaja de los productos digitales radica en su capacidad de adaptación a las necesidades de los usuarios, lo que implica actualizaciones futuras que mejoren la recolección de los datos para los desarrolladores y la claridad y accesibilidad en las preguntas y pantallas de la aplicación. Al responder las preguntas el usuario podrá obtener inmediatamente el resultado de sus cálculos alineados con los estándares actuales y alineados con las normativas vigentes a la fecha (AMVA,2018; AMVA,2016).

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Se ha hecho mención constantemente sobre la necesidad de plantear preguntas claras para los usuarios, que garanticen que la información proporcionada por el usuario sea confiable y que el tratamiento de los datos sea compatible con otros productos creados dentro de PUMA. Por ende, se siguió la misma estructura de las preguntas planteadas en la encuesta. Si bien algunas preguntas se omiten o se modifican, las variables de importancia se conservan para garantizar la coherencia de los datos mencionada.

A continuación se presenta una lista con cada una de las preguntas y la intención en la formulación de dichas preguntas.

Tabla 5.

Preguntas planteadas dentro de HuellaPUMA.

Pregunta	Motivo de la pregunta
¿Acepta la recopilación de la información?, también puede brindar información de forma anónima.	Pregunta realizada con el propósito de poder usar los datos proporcionados por el usuario dentro de los planes de movilidad de PUMA.
¿Cuál es su nombre?	La respuesta a esta pregunta no es obligatoria, se realiza con el propósito de nombrar a la persona dentro de la aplicación y brindar una experiencia personalizada.
¿Cuál es su apellido?	La respuesta a esta pregunta no es obligatoria, se realiza con el propósito de nombrar a la persona dentro de la aplicación y brindar una experiencia personalizada.
¿Cuál es su vínculo con la universidad?	El propósito de la pregunta es sectorizar a los usuarios y entender las posibles dinámicas viales asociadas a su tipo de contrato.
¿Cuántos años tiene?	La respuesta a esta pregunta no es obligatoria, se realiza con el propósito de caracterizar a los usuarios y entender como el factor de la edad puede afectar la posible adaptación de un usuario a métodos de transporte alternativos
¿Realiza teletrabajo?	Pregunta realizada para conocer las diferentes modalidades de trabajo de los empleados
¿Cuenta con modalidad de horario flexible?	Pregunta realizada para conocer las diferentes modalidades de trabajo de los empleados
¿Cuántos días a la semana debe realizar sus labores de forma presencial?	Pregunta realizada para conocer las diferentes modalidades de trabajo de los empleados
¿De cuantas etapas se compone su viaje?	Pregunta realizada para especificar los hábitos de desplazamiento del usuario.
¿Hacia qué sede se desplaza?	Pregunta realizada para especificar los hábitos de desplazamiento del usuario.
¿Desde que municipio inicia su recorrido?	Pregunta realizada para especificar los hábitos de desplazamiento del usuario.

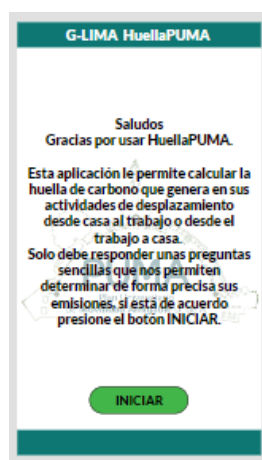
DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Pregunta	Motivo de la pregunta
¿Qué modo de transporte usa?	Pregunta realizada para especificar los hábitos de desplazamiento del usuario
¿Cuántos minutos dura su recorrido en este tipo de transporte?	Pregunta para conocer el tiempo de desplazamiento y calcular las posibles emisiones de GEI.
¿Qué tipo de combustible usa su automóvil?	Pregunta técnica para determinar los factores de emisión.
¿Conoce el cilindraje de su automóvil?	Pregunta técnica para determinar los factores de emisión.
¿Cuál es el modelo de su automóvil?	Pregunta técnica para determinar los factores de emisión.
¿Con cuántas personas comparte su vehículo?	Pregunta para determinar si se puede dividir la huella de carbono calculada.
¿Cuál es el cilindraje de su moto?	Pregunta técnica para determinar los factores de emisión.
¿Cuál es el modelo de su moto?	Pregunta técnica para determinar los factores de emisión.
¿Comparte su moto en el trayecto?	Pregunta para determinar si se puede dividir la huella de carbono calculada.
¿Cuántas veces a la semana realiza este viaje?	Pregunta realizada para conocer la frecuencia de viaje del usuario.
¿Realiza el mismo viaje al regresar de la universidad?	Pregunta realizada para el cálculo de la huella de carbono, en caso de que el usuario responda Si a esta pregunta se multiplica su trayecto de ida por dos.

A continuación se muestran algunas de las pantallas de la aplicación:

Figura 2.

Pantalla de inicio de la aplicación HuellaPUMA



DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Figura 3.

Pantalla de información del usuario (algunas de las respuestas son opcionales).

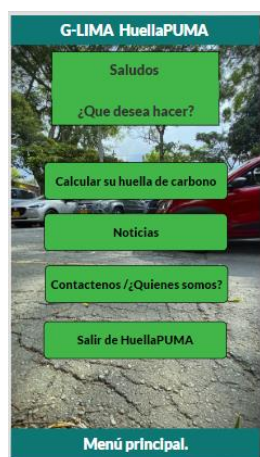


The screenshot shows a mobile application interface titled "G-LIMA HuellaPUMA". It features a background image of a park with trees and a fountain. The form contains the following elements:

- Header: "G-LIMA HuellaPUMA"
- Form fields:
 - Label: "¿Cuál es su nombre?" with a red asterisk and "Opcional" in red.
 - Input: "Ingrese su nombre"
 - Label: "¿Cuál es su apellido?" with a red asterisk and "Opcional" in red.
 - Input: "Ingrese su apellido"
 - Label: "¿Cuál es su vínculo con la universidad?"
 - Dropdown menu
 - Label: "¿Cuántos años tiene?" with a red asterisk and "Opcional" in red.
 - Input: "Ingrese su edad"
 - Dropdown menu
- Button: "CONTINUAR" (green)

Figura 4.

Pantalla de menú de HuellaPUMA



DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Figura 5.

Pantalla de inicio para calcular huella de carbono

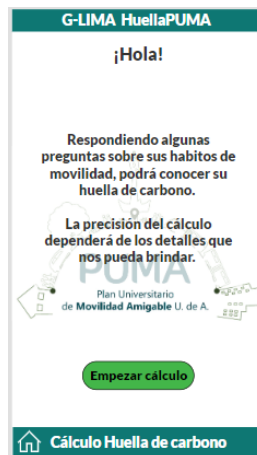


Figura 6.

Pantalla de selección de transporte según el número de etapas del usuario.



DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

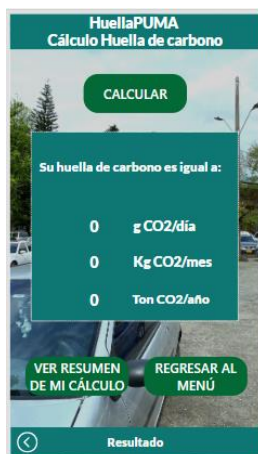
Figura 7.

Pantalla donde se deben ingresar los minutos estimados del recorrido si su modo de transporte es la bicicleta



Figura 8.

Pantalla de resultado del cálculo (varía de acuerdo al número de etapas, sistema de transporte, especificaciones técnicas, y frecuencia de viaje elegidas).



DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Figura 9.

Pantalla de puntuación del usuario (el color del semáforo varía de acuerdo a la cantidad de CO2 obtenida).



Figura 10.

Pantalla 2 de puntuación del usuario (de acuerdo a la cantidad de CO2 anual obtenida la pantalla desplegará diferentes figuras en forma de árbol o el pulgar hacia arriba).



DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Para acceder a la aplicación se deben brindar los permisos de acceso o se puede usar el siguiente link:

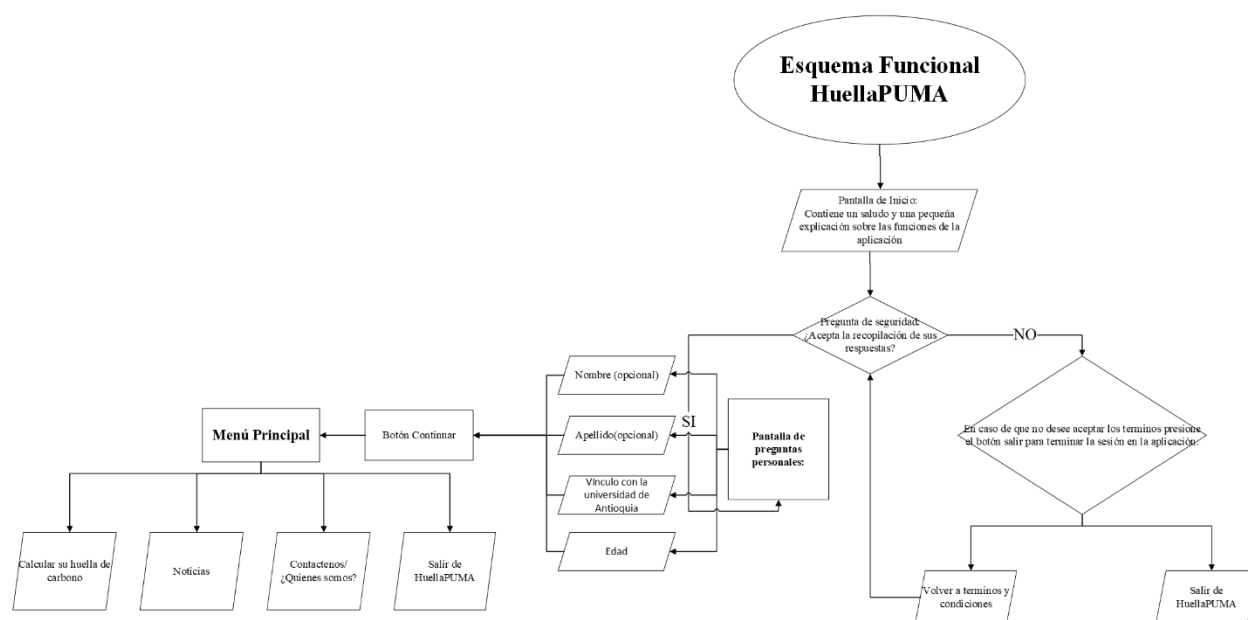
<https://apps.powerapps.com/play/e/default-99e1e721-7184-498e-8aff-b2ad4e53c1c2/a/271f705b-f8f2-4931-927f-e5387286b27e?tenantId=99e1e721-7184-498e-8aff-b2ad4e53c1c2&hint=31553efd-e208-421e-a9ed-b10d511e4f2c&sourcetime=1705937990949>

Los accesos permiten utilizar la aplicación siempre y cuando el usuario tenga una cuenta vinculada al dominio de la universidad de Antioquia. Entendiendo que se trata de una aplicación móvil, la forma más óptima para ejecutar la aplicación HuellaPUMA es desde un dispositivo móvil.

Para sintetizar las funcionalidades, así como las diferentes opciones que ofrece la aplicación HuellaPUMA se muestra el siguiente organigrama:

Figura 11.

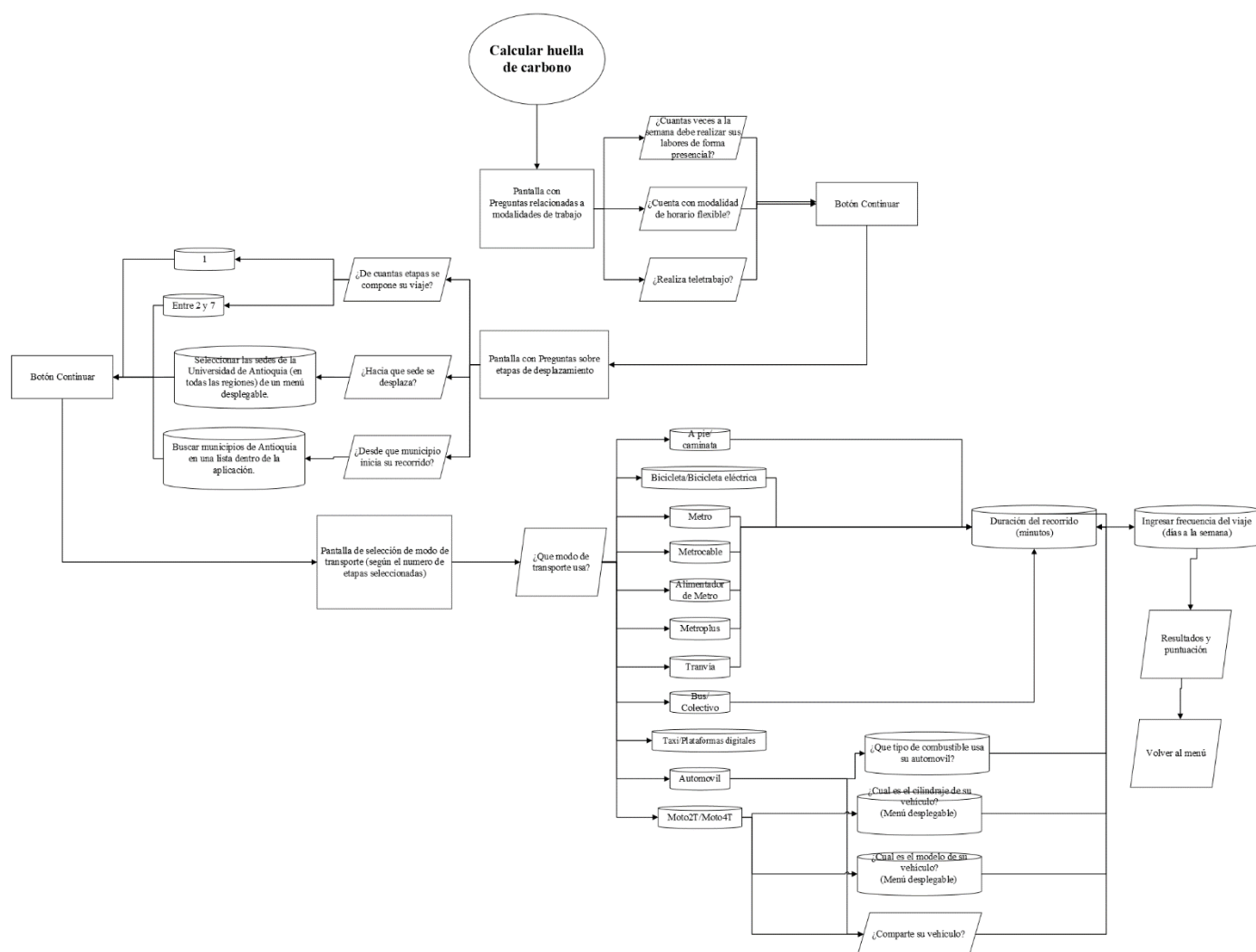
Guía sintetizada de funcionalidades del aplicativo HuellaPUMA



DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Figura 12.

Guía sintetizada del cálculo de huella de carbono en el aplicativo HuellaPUMA



DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

5 Conclusiones

Huella PUMA es una aplicación que calcula de forma rápida y precisa la huella de carbono que emiten los empleados de la universidad de Antioquia en sus hábitos de desplazamiento desde su lugar de residencia hasta el lugar de trabajo y desde el lugar de trabajo hasta sus residencias. Las diferentes ayudas visuales que ofrece PowerApps permiten además ofrecer esta información al usuario de forma visualmente agradable y por medio de elementos lúdicos que pueden facilitar la labor comunicativa. La información consultada, así como el uso de algunas técnicas básicas de programación permiten además diferenciar los factores de emisión según el tipo de transporte elegido dentro de la aplicación, las características técnicas y los tiempos de duración que el usuario seleccione, brindando además información de calidad verificable según lo estipulado por las normas vigentes.

Con los datos ofrecidos por el AMVA se pudieron diferenciar los diferentes contaminantes o gases implicados en la movilidad urbana, conociendo dicha contaminantes se puede categorizar la información de forma más precisa, además las conversiones a CO₂ equivalente facilita la lectura de los datos, tanto para el usuario como para el análisis de los datos por parte de los organizadores del proyecto PUMA.

El almacenamiento y tratamiento de los datos obtenidos en la aplicación se consiguió aplicando diversas herramientas de Microsoft como PowerAutomate y Power Query que permiten recoger la información que llega desde Powerapps y se almacena en Onedrive, si bien existen otras plataformas con métodos más simplificados el método seleccionado se ajusta a la necesidad económica planteada en este documento.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Referencias

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (2018). Actualización inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá-Año 2018. CONTRATO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA N° 1179 DE 2018. Recuperado de: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/Inventario-de-Emisiones-2018.pdf>.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (2016). Actualización inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá-Año 2016. CONVENIO DE ASOCIACIÓN No. 583 DE 2017. Recuperado de: https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/Inventario-de-emisiones/Inventario_FuentesM%C3%B3viles2016.pdf.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2017). Plan Integral de Gestión de la Calidad del Aire para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá(2017 -2030). Recuperado de: <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Documents/PIGECA/PIGECA-Aprobado-Dic-2017.pdf>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2017). Resolución Metropolitana 1397 de 2017: “Por medio de la cual se establece la implementación de Planes de Movilidad sostenible (PMES), como una herramienta de gestión organizacional que contribuye a disminuir la emisión de agentes contaminantes y gases de efecto invernadero mediante la transformación cultural de los colaboradores al llevar a la reflexión sobre el impacto que tienen sus desplazamientos desde y hacia el trabajo”. Recuperado de: https://www.metropol.gov.co/ResolucionesMetropolitanas/Resoluci%C3%B3n_2019_002036.pdf

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2023). Resolución Metropolitana 756 de 2023: “Por la cual se crean los nuevos lineamientos técnicos para la adopción, formulación e

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

implementación de los Planes de Movilidad Empresarial Sostenible -Planes MES- y se dictan otras disposiciones”. Recuperado de: https://alphasig.metropol.gov.co/normograma/compilacion/docs/R_AMVA_0756_2023.htm

Carvalho, A., Sevilla-Pavón, A., Seiz-Ortiz, R. (2012) Autonomy and ICT in Environmental Education, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46,1343-1347, ISSN 1877-0428, <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.299>.

Espíndola, César, & Valderrama, José O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, Métodos de Estimación y Complejidades Metodológicas. *Información tecnológica*, 23(1), 163-176. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>

Gupta, Y., Khan, F. M., & Agarwal, S. (2021). Exploring Factors Influencing Mobile Learning in Higher Education – A Systematic Review. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, 15(12), pp. 140–157. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i12.22503>

IPCC. (2023), Synthesis report of the ipcc sixth assessment report (Ar6).

Ministerio colombiano de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 2254 de 2017 (noviembre 1): Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resoluci%C3%B3n+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f>

Parra-Sánchez, J. S., Oviedo-Carrascal, A. I. y Amaya-Fernández, F. O. (2020). Analítica de datos: incidencia de la contaminación ambiental en la salud pública en Medellín (Colombia). *Revista de Salud Pública [online]*.22(6) [Accedido Enero 2024] , pp. 609-617. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/rsap.V22n6.78985>. ISSN 0124-0064. <https://doi.org/10.15446/rsap.V22n6.78985>.

DESARROLLO DE CALCULADORA DE CARBONO PARA CUANTIFICAR LA HUELLA DE CARBONO GENERADA POR LOS EMPLEADOS DE LA UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA.

Plan Universitario de Movilidad Amigable – PUMA, Universidad de Antioquia. (2023). ACTA DE COMPROMISO ENTRE DEPENDENCIAS 21340006-0013-2022.

Schneider, H. y Samaniego, J.L. (2009). La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios, documentos de proyectos, 298, Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe .

Sotnik S., Lyashenko V. y Schakurova T. (2021). Modern Integrated Software Development Environments // International Journal of Academic and Applied Research (IJAAR), 5(10). – pp. 157-161. <https://openarchive.nure.ua/handle/document/18022>

Tejera-Martínez, F., Aguilera, D. y Vílchez-González, J. M. (2020). Lenguajes de programación y desarrollo de competencias clave. Revisión sistemática. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 22, e27, 1-16. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e27.2869>

Wiedmann, T. y Minx, J. (2008). A Definition of Carbon Footprint In: C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends, 1, 1-11, Nova Science Publishers, Hauppauge NY, USA.

Zambrano, M.R., Alvarez, W.O. y Najar, O. (2020). Empleo de herramientas TIC como posibilidad didáctica para fortalecer la educación ambiental y el cuidado del medio ambiente . Revista Espacios, 41(13), 18-35. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/ve/>