

Estudio Comparativo Del Desarrollo De Software Especializado, Aplicado Al Control Y
Seguimiento Del Cambio Climático, Propuestos Por Universidades De La Ciudad De Bogotá,
Entre Los Años 2017 Y 2022

Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Proyecto de Grado – Monografía presentado para optar por el título de Ingeniero de
Sistemas.

Angélica Marcela Calderón Valencia

Directora/Asesora

Universidad Nacional Abierta Y A Distancia – UNAD
Escuela De Ciencias Básicas, Tecnología E Ingeniería – ECBTI
Ingeniería De Sistemas

2024

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente de Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C, 10 enero de 2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado con profundo agradecimiento y sincero reconocimiento a Dios y a mi familia cuyo apoyo incondicional ha sido mi mayor inspiración y fortaleza a lo largo de esta travesía académica. A los dedicados docentes, quienes con su sabiduría y orientación han guiado mi aprendizaje y han contribuido significativamente al desarrollo de mis habilidades. A la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), por brindarme la oportunidad de adentrarme en el fascinante mundo del conocimiento y por ser el espacio que ha nutrido mi crecimiento intelectual. Este trabajo representa no solo el fruto de mi esfuerzo individual, sino también el reflejo del apoyo y la colaboración de quienes han sido pilares fundamentales en mi trayectoria académica.

Tabla de contenido

Introducción	12
Definición Del Problema.....	14
Descripción	14
Formulación Del Problema	16
Justificación.....	17
Objetivos	19
Objetivos General.....	19
Objetivos Específicos.....	19
Marco Referencial	20
Antecedentes	20
Marco Teórico.....	30
Marco Conceptual	34
Marco Legal	39
Marco Contextual.....	43
Metodología	49
Resultados	62
Aplicaciones Digitales	63

Aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá.....	104
Principales debilidades del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Universidades de Bogotá, para el control y seguimiento del cambio climático.	116
Conclusiones	121
Recomendaciones.....	123
Referencias Bibliográficas	125
Apéndices.....	133

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Comparativo de algunas calculadoras disponibles en la web y móvil.....</i>	25
Tabla 2 <i>Marco conceptual.....</i>	34
Tabla 3 <i>Normatividad legal vigente para la protección del medio ambiente y el cambio climático en Colombia.....</i>	39
Tabla 4 <i>Marco legal Desarrollo de Software.....</i>	41
Tabla 5 <i>Universidades públicas y privadas ubicadas en la ciudad de Bogotá, que ofertan programa de Ingeniería de sistemas, informática y afines.....</i>	44
Tabla 6 <i>Fuentes documentales sometidas a revisión de acuerdo a los criterios de inclusión determinados.....</i>	52
Tabla 7 <i>Revisión bibliográfica y selección documental.....</i>	63
Tabla 8 <i>Resumen Analítico Especializado 1.....</i>	66
Tabla 9 <i>Resumen Analítico Especializado 2.....</i>	68
Tabla 10 <i>Resumen Analítico Especializado 3.....</i>	70
Tabla 11 <i>Resumen Analítico Especializado 4.....</i>	73
Tabla 12 <i>Resumen Analítico Especializado 5.....</i>	75
Tabla 13 <i>Resumen Analítico Especializado 6.....</i>	78
Tabla 14 <i>Resumen Analítico Especializado 7.....</i>	80
Tabla 15 <i>Resumen Analítico Especializado 8.....</i>	83
Tabla 16 <i>Resumen Analítico Especializado 9.....</i>	85
Tabla 17 <i>Resumen Analítico Especializado 10.....</i>	87
Tabla 18 <i>Aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá.....</i>	109

Tabla 19 <i>Propuesta del formato de aspectos más relevantes</i>	110
Tabla 20 <i>Matriz FADO con base a la muestra de las 10 universidades</i>	118

Lista de figuras

Figura 1 <i>Metodología investigativa</i>	61
--	----

Lista de Apéndices

Apéndice A	133
Apéndice B	134

Resumen

La presente monografía documental comprende la revisión y análisis bibliográfico sobre el desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático, propuestos por universidades de la ciudad de Bogotá, entre los años 2017 y 2022; por lo que esta investigación destaca nuevas hipótesis y soluciones que tienen valor científico. De la misma forma se articula con la línea de investigación de la Ingeniería en Sistemas de la UNAD Gestión de sistemas apoyada en la gestión del conocimiento. Para el desarrollo de la monografía se tomó como población las publicaciones digitales de las 40 Instituciones de educación superior presentes en la ciudad de Bogotá, y que cuentan con programas afines a la Ingeniería De Sistemas y Campo Amplio de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). De acuerdo a los criterios de inclusión se obtuvo una muestra de 10 estudios relacionados directamente con el tema de investigación realizados por Universidades de Bogotá, y 30 estudios externos adicionales de igual forma relacionados con el cambio climático en la ciudad de Bogotá, los cuales se consultaron en diversas fuentes y gestores bibliográficos en línea como: Mendeley, Scopus, Zotero, revistas electrónicas como SciElo, Redalyc, repositorios institucionales, y el navegador Google Académico. Este trabajo investigativo permitió indicar los aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá, para el control y seguimiento del cambio climático, describiendo los principales aportes de la ingeniería de sistemas en el compromiso del cuidado del medio ambiente, derivado del estudio documental.

Palabras clave: *Cambio climático, software, ingeniería de sistemas, desarrollo sostenible, TIC.*

Abstract

This documentary monograph includes the review and bibliographic analysis on the development of specialized software applied to the control and monitoring of climate change, proposed by universities in the city of Bogotá, between the years 2017 and 2022; Therefore, this research highlights new hypotheses and solutions that have scientific value. In the same way, it is articulated with the UNAD Systems Engineering research line Systems management supported by knowledge management. For the development of the monograph, the digital publications of the 40 higher education institutions present in the city of Bogotá, and which have programs related to Systems Engineering and the Wide Field of Information and Communication Technologies (TIC). According to the inclusion criteria, a sample of 10 studies directly related to the research topic carried out by Universities of Bogotá was obtained, and 30 additional external studies similarly related to climate change in the city of Bogotá, which were consulted. in various sources and online bibliographic managers such as: Mendeley, Scopus, Zotero, electronic journals such as SciElo, Redalyc, institutional repositories, and the Google Scholar browser. This investigative work allowed to indicate the most relevant aspects of the development of software and digital applications created in Bogotá, for the control and monitoring of climate change, describing the main contributions of systems engineering in the commitment to care for the environment, derived from the study documentary film.

Key Words: *Climate change, software, systems engineering, sustainable development, ICT.*

Introducción

En los últimos años, el clima en el planeta tierra ha cambiado notablemente: algunos países sufren calor anormal, otros inviernos demasiado duros y nevados, inusuales para estos lugares. Los ecologistas hablan sobre el cambio climático global, incluido un aumento en la temperatura anual promedio, que causa el derretimiento de los glaciares y el aumento del nivel del mar. Además del calentamiento, también hay un desequilibrio en todos los sistemas naturales, lo que conduce a un cambio en los patrones de precipitación, anomalías en la temperatura y un aumento en la frecuencia de eventos extremos como huracanes, inundaciones y sequías (Pacheco, 2019).

La difícil situación ecológica en el mundo es el resultado del llamado proceso de calentamiento global. Junto con esto, hay otro problema: un cambio en el microclima de las ciudades industrializadas como Bogotá. Las razones son: contaminación compleja de la naturaleza; alta densidad de edificios, aumentando constantemente su tamaño y número; planificación irracional de edificios; minimización de plazas, parques, parques forestales y bosques de la ciudad y su entorno.

Entre las consecuencias de esto se encuentran por ejemplo: la acumulación de gases en la atmósfera inferior impide la penetración de la luz solar; la naturaleza no recibe radiación ultravioleta vital; comienzan las desviaciones en el desarrollo de todos los seres vivos, problemas de salud entre la población; la densa concentración de edificios altos frena el movimiento de las masas de aire; esto conduce a precipitaciones desiguales en diferentes áreas, sequías prolongadas y lluvias torrenciales anómalas, movimiento de aire irracional, la formación de patrones de viento inestables y la formación de zonas anómalas de baja presión (Gómez, 2018). El resultado es un deterioro en el bienestar de los residentes de dichos entornos industrializados como Bogotá.

Ante dicha problemática desde diversos sectores académicos, científicos y económicos se han realizado numerosos estudios e intervenciones con el fin de identificar las causas y consecuencias del cambio climático. En este sentido la presente monografía se plantea como opción de grado para obtener el título de Ingeniero de Sistemas, con el fin de articular el campo disciplinar y sus aportes para mitigar el problema identificado. El objetivo principal de la monografía es presentar un análisis comparativo del desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático, propuestos por universidades de la ciudad de Bogotá, entre los años 2017 y 2022.

Finalmente, la monografía se elabora bajo una metodología de investigación con enfoque mixto tanto cualitativo como cuantitativo, de tipo documental y descriptivo; apoyado en un estado del arte científico que brinda la oportunidad de conocer los avances teóricos y estadísticos en desarrollo de Software y tecnología en materia de ingeniería responsable con el medio ambiente, y su estudio en la temática de investigación planteada.

Definición Del Problema

Descripción

Cuando se habla de cambio climático, se destaca especialmente el calentamiento global. A finales del siglo XIX, la temperatura en la superficie de la Tierra comenzó a registrarse regularmente por primera vez. Desde entonces, su valor medio anual ha crecido y, si nada cambia, seguirá aumentando, los científicos creen que el calentamiento global es el resultado de las emisiones de carbono a la atmósfera, el cambio climático es un problema planetario, ha ido mucho más allá de las fronteras nacionales (Pacheco, 2019).

El Acuerdo de París de 2015 es un tratado internacional sobre el cambio climático. El objetivo del acuerdo es mantener el aumento de la temperatura media mundial "muy por debajo" de los 2 °C y hacer esfuerzos para limitar el aumento a 1,5 °C. Para lograr este objetivo, los países acordaron reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y deshacerse de ellos por completo a mediados del siglo XXI; hasta la fecha, más de 190 países se han sumado al acuerdo (Garín, 2019).

El cambio climático es un problema planetario. Ha ido mucho más allá de las fronteras nacionales. El problema requiere una estrecha cooperación internacional y una toma de decisiones coordinada en todos los niveles para que los países puedan avanzar hacia una economía baja en carbono. En este sentido para contribuir con el logro de los objetivos que permitan minimizar los efectos negativos del cambio climático, desde la prevención, la intervención y la restauración, actualmente existe un registro de proyectos y soluciones en el campo de las tecnologías digitales y la producción baja en carbono. Incluye proyectos planificados y ya operativos en diversas áreas de la energía, la industria y otras ramas de la producción y la economía (Pernía, 2022).

Sin embargo aunque se haya adelantado en los esfuerzos por parte de los países para el desarrollo de tecnologías amigables con el medio ambiente, muchos de estos proyectos que se diseñan desde la ingeniería de sistemas y otras ciencias, no son popularizados ni llegan a una gran audiencia, quedando en ocasiones en sus fases preliminares, ya que al momento de presentar dificultades, sus desarrolladores abandonan dichos proyectos; perdiendo la oportunidad de encontrar aliados y colaboradores para fortalecer dichas aplicaciones o software que favorecen el seguimiento y control del cambio climático desde el contexto local.

Teniendo en cuenta que las innovaciones tecnológicas y los aportes de la ingeniería constituyen un valioso aporte de las Universidades de Bogotá para el logro de los Objetivos del desarrollo Sostenible y los objetivos del Acuerdo de París, es fundamental que dichos aportes sean estudiados, analizados y expuestos al público en general, para no perder valiosas oportunidades para la implementación de dichas innovaciones desde contextos diversos sociales, económicos y políticos.

Ante ello surge como problemática la necesidad de dar a conocer las características principales del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en las Instituciones de Educación Superior (IES) de Bogotá para el estudio, prevención, seguimiento y control al cambio climático. De allí surge el interés por identificar y analizar las metodologías de desarrollo, ventajas, desventajas, campos de acción, resultados obtenidos, periodo de ejecución, desarrolladores, evidencias científicas obtenidas, entre otras.

Formulación Del Problema

La ingeniería de sistemas ha emergido como un actor fundamental en la búsqueda de soluciones para el cuidado del medio ambiente y la mitigación del cambio climático. En un mundo cada vez más digitalizado, el desarrollo de software se erige como una herramienta poderosa para abordar estos desafíos. En el contexto específico de las universidades en Bogotá D.C. entre los años 2017 y 2022, es crucial comprender los principales aportes que la ingeniería de sistemas ha realizado en este campo. Desde la creación de aplicaciones para monitoreo ambiental hasta la implementación de sistemas de gestión de recursos energéticos, el trabajo realizado por los estudiantes y académicos en estas instituciones ha contribuido significativamente a la búsqueda de soluciones sostenibles y eficaces. Ante ello surge la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuáles son los principales aportes de la ingeniería de sistemas en el compromiso del cuidado del medio ambiente y el cambio climático, desde el desarrollo de software en Universidades de la ciudad de Bogotá D. C entre los años 2017 y 2022?

Justificación

El cambio climático moderno es un problema global, cuya solución requiere la voluntad de los principales países del mundo para hacer concesiones mutuas y crear condiciones políticas favorables para un trabajo conjunto coordinado. De acuerdo con Pernía (2022), actualmente, el problema del cambio climático está en la esfera de la atención no solo de los científicos ambientales, sino también del público en general: políticos, periodistas e incluso ciudadanos comunes. La lucha contra el calentamiento global y la gama asociada de problemas climáticos graves están constantemente en la agenda de todas las cumbres mundiales, foros de negocios y son una parte integral de la agenda corporativa de la mayoría de las grandes empresas (Garín, 2019).

La comunidad climatológica actual es casi unánime en su opinión de que el cambio climático se está produciendo a un ritmo sin precedentes en un período anterior de al menos un millón de años. El factor más importante de este proceso es el excesivo impacto antrópico sobre el sistema climático, principalmente las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La continuación de dicha exposición puede tener consecuencias catastróficas para una persona (Pacheco, 2019).

A la fecha, la comunidad mundial ya ha llegado a comprender que el cambio climático actual está íntimamente asociado a problemas económicos, sociales y políticos a escala global: la degradación ambiental implica cambios radicales en las condiciones geográficas de manejo principalmente para la industria agroindustrial complejo y la disponibilidad de fuentes de agua dulce, que no pueden dejar de afectar el ritmo del desarrollo económico, los cambios en la estructura del sector real de la economía, la ubicación de la producción y, por lo tanto, los

cambios sociales en aquellas regiones que esto afectará significativamente, incluida la formación de nuevos flujos migratorios, cuyo número puede alcanzar valores multimillonarios (Garín, 2019).

Es por ello que desde hace algunas décadas se han desarrollado diversas estrategias tecnológicas, científicas y políticas dedicadas a la investigación de los factores que permiten estudiar, monitorear, y evaluar el cambio climático, enfocado principalmente en el impacto antropogénico, industrial, agroindustrial; identificar sus causas y prever sus consecuencias en el futuro, lo cual a su vez lleva a la sociedad a formular acciones de solución (Trujillo et.al, 2021), gran parte de dichas investigaciones se apoyan en sistemas de ingeniería y tecnología, facilitando el uso de la tecnología para influir en las condiciones globales del planeta, por ejemplo, las condiciones climáticas, la atmósfera, la temperatura, la topografía o la ecología (Garín, 2019).

En este sentido es preciso resaltar, que la ingeniería de sistemas al servicio de la sostenibilidad ambiental ofrece una amplia gama de Software especializados y aplicaciones digitales de interés no solo para grandes corporaciones industriales, sino para la comunidad en general, ya que es una disciplina científica y metodológica que estudia el diseño, la creación y el funcionamiento de sistemas estructuralmente complejos, a gran escala, humano-máquina y socio técnicos. Por ello, el desarrollo de la presente monografía es de especial relevancia en el campo de estudio de los sistemas ya que permite establecer un análisis comparativo de los avances tecnológicos y científicos en el desarrollo de software y aplicaciones digitales para el seguimiento, control y prevención del cambio climático y todos los factores que incluye su estudio. Igualmente, se busca determinar no solo el objeto de dichos sistemas, sino su metodología, requerimientos, plataformas, aportes, falencias, entre otros aspectos, los cuales se van develando a lo largo de la investigación documental.

Objetivos

Objetivos General

Realizar un estudio comparativo del desarrollo de software especializado, aplicado al control y seguimiento del cambio climático, propuestos por universidades de la ciudad de Bogotá, Entre Los Años 2017 Y 2022.

Objetivos Específicos

Identificar los principales software y aplicaciones digitales creadas por universidades de Bogotá D.C entre los años 2017 y 2022, para el control y seguimiento del cambio climático.

Indicar los aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá, para el control y seguimiento del cambio climático, describiendo los principales aportes de la ingeniería de sistemas en el compromiso del cuidado del medio ambiente, derivado del estudio documental.

Presentar las principales debilidades del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Universidades de Bogotá, para el control y seguimiento del cambio climático.

Marco Referencial

Antecedentes

El problema del cambio climático en general y del calentamiento global en particular se ha convertido en una de las áreas más graves y urgentes de la actividad científica y técnica en los últimos años. Actualmente, líderes en muchos países desarrollados y en vías de desarrollo están lidiando con este problema, así como casi todas las organizaciones internacionales están implementando programas de cooperación para abordar el problema del calentamiento global (Pacheco, 2019).

Una de las organizaciones líderes en esta área es la Organización Meteorológica Mundial, que coordina e implementa la cooperación en esta área, incluida la implementación de convenciones y acuerdos internacionales como la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kioto (Pérez, 2017).

De acuerdo con Pérez (2017), una de las causas del calentamiento global es el efecto invernadero, que es creado por los llamados gases de efecto invernadero (CO₂, CH₄ y N₂O). Este hecho es científicamente fundamental y por ello se está llevando a cabo una gran actividad científico-técnica para reducir sus emisiones a la atmósfera desde fuentes industriales como energía, procesos industriales, agricultura y silvicultura, residuos.

Otro aspecto también importante para resolver este problema, es la adaptación de las principales industrias y el ámbito social (especialmente el sanitario) al cambio climático a nivel nacional e internacional. Cabe señalar que si el problema de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero ya ha sido reconocido y se ha vuelto práctico en forma de cooperación internacional y actividades para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, entonces el problema de la adaptación al cambio climático todavía está en etapa de

discusión, y la toma de decisiones para las próximas etapas de investigación y desarrollo en esta área (Conte & D'Elia, 2018).

En este sentido desde el desarrollo de la ingeniería de sistemas y el desarrollo de software especializado también se han realizado aportes tanto para el estudio y seguimiento del cambio climático, como para disminuir sus efectos negativos en los territorios; a continuación se presentan de forma descriptiva y analítica los antecedentes investigativos que sustentan este estudio monográfico.

Al respecto, en primer lugar se cita el trabajo de Pilares et.al (2018) titulado “***Evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Cabanillas del Altiplano peruano bajo escenarios climáticos regionalizados***”, entre los aspectos principales y pertinentes para la monografía se encuentran los siguientes:

La presente investigación tiene por objetivo validar y calibrar los parámetros del modelo hidrológico WEAP, para determinar la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Cabanillas; así como analizar el efecto de diferentes escenarios del Cambio Climático sobre la disponibilidad hídrica para la producción agrícola y el abastecimiento de agua potable para la cuenca del río Cabanillas. Una de las formas de demostrar los cambios climáticos en la disponibilidad del recurso hídrico es modelando las proyecciones climáticas bajo escenarios de emisiones de Modelos Climáticos Globales (MCG), para acoplar a un modelamiento hidrológico con software para evaluación y planeación del uso del agua, por lo que en este trabajo se aplicó el modelo WEAP (*Water Evaluation and Planning*) (Pilares et.al, 2018. p. 308).

WEAP es un sistema informático para la planificación integrada de los recursos hídricos asistido por profesionales cualificados, proporciona un entorno de gestión del agua y análisis de

resultados expresivo, flexible y amigable (Pilares et.al, 2018). Un número cada vez mayor de profesionales considera que WEAP es una adición útil a su cartera de modelos, bases de datos, hojas de cálculo y otros programas informáticos. En muchas cuencas del mundo, la creciente demanda de agua está provocando la sobreexplotación de recursos hídricos limitados y períodos más frecuentes y pronunciados de escasez extrema de agua (Pilares et.al, 2018), a pesar de la aceptación generalizada de los principios de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, que requieren un enfoque múltiple para resolver los problemas de gestión del agua, las respuestas a menudo aún se enfocan únicamente en la gestión del lado de la oferta, que incluye proyectos de infraestructura a gran escala como represas, embalses y transferencias de agua.

Este modelo permitirá realizar más pruebas de varias combinaciones de estas opciones en una variedad de escenarios de cambio climático y socioeconómico que proyectan el suministro y la demanda futura de agua entre los años 2005–2099 (Pilares et.al, 2018. p. 311). El modelo WEAP sirve como una base de datos integrados y una herramienta de análisis que se puede utilizar para evaluar escenarios creados por el proyecto, así como otros escenarios y estrategias (Pilares et.al, 2018).

Esta herramienta integra información basada en la oferta y la demanda junto con capacidades de modelado hidrológico para facilitar el análisis integrado de una variedad de problemas e incertidumbres definidas por el usuario, incluidos los relacionados con el clima, las necesidades cambiantes de agua humana y de los ecosistemas y el desarrollo de infraestructura (Pilares et.al, 2018).

Por otra parte, se cita el trabajo realizado por Vargas & Restrepo (2018), “***Construcción de índice con inteligencia artificial para evaluar vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas andinas tropicales. Caso de estudio en Colombia***”:

Este artículo construye y aplica un índice para estimar el nivel de vulnerabilidad al cambio climático (ICC) en microcuencas andinas tropicales. El ICC fue construido con una combinación de dos metodologías analíticas: indicadores presión-estado-respuesta (PER) y lógica difusa de la inteligencia artificial. Se generaron: un indicador de presión, tres de estado y dos de respuesta. A cada indicador se le asoció una función de lógica difusa. Para la operatividad del índice se generaron 234 reglas de decisión, que fueron programadas en el programa Matlab. El índice se aplicó a la microcuenca andina tropical el Chocho ubicada en el Departamento del Valle del Cauca en Colombia. Con la aplicación del índice ICC en esta microcuenca se evidenció el alto nivel de vulnerabilidad de esta microcuenca en la zona baja, media y alta. El ICC es un apoyo para la toma de decisiones por diferentes actores de la microcuenca (Vargas & Restrepo, 2018. p, 194).

Matlab es un lenguaje de programación interpretado de alto nivel con un paquete de aplicaciones y un entorno integrado para desarrollar, realizar cálculos matemáticos y de ingeniería, trabajar con bases de datos matriciales y visualización (Vargas & Restrepo). Este producto permite representar el sistema dinámico en estudio utilizando bloques funcionales interconectados (diagramas de bloques) y luego estudiar su comportamiento en dinámica. Estas aplicaciones no son solo una colección de funciones útiles. No es exagerado decir que representan los últimos desarrollos (investigación) en áreas como control, procesamiento de señales, identificación de sistemas y muchas otras. Por lo tanto, al dominar y aplicar las aplicaciones de Matlab, permite alcanzar el nivel de desarrolladores (investigadores) de clase mundial (Vargas & Restrepo, 2018).

Así mismo, se encuentra el trabajo adelantado por Gallego et.al (2020) sobre el ***“Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector***

educativo y transporte”, desarrollado por el Grupo de Investigación en Geomecánica Aplicada – GIGA, de la centro regional Bogotá;

La aplicación móvil y plataforma web se desarrollaron con el *framework* ágil SCRUM que contiene *sprints* y actividades que se agruparon en 4 etapas. Para la arquitectura de desarrollo se utilizó Microsoft.NET. Estas herramientas permiten realizar desarrollos en multiplataforma para diferentes sistemas operativos móviles como IOS o Android con el módulo Xamarin (Gallego et.al, 2020 p.13).

Un gran problema en la actualidad es la falta de un estándar mediante el cual se puede evaluar sin ambigüedades la huella de carbono, por lo que las calculadoras difieren bastante en su estructura y en los resultados obtenidos con datos iniciales similares. Para las organizaciones que buscan contribuir a la neutralidad de carbono, el primer paso es determinar su desempeño ambiental actual en términos de su huella de carbono. Posteriormente, con base en un análisis de la situación actual, las empresas pueden desarrollar planes de acción para reducir o compensar sus emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero).

Al respecto de las diversas aplicaciones digitales, Gallego et.al (2020) presentan el siguiente análisis comparativo, el cual resulta de gran relevancia para la presente monografía, este se refleja en la Tabla 1:

Tabla 1

Comparativo de algunas calculadoras disponibles en la web y móvil.

Nombre y tipo	Enfoque	Destacable	Dificultad y transparencia
EPA Web	Individual: casa, transporte, estilo de vida	Contiene enlaces a otras calculadoras más especializadas	Dificultad media, con una plantilla de Excel manejable y con resultados a la vista Alta dificultad. Va más allá de la huella del carbono y determina otros impactos ambientales en el estilo de vida
Global Footprint Web	Individual: casa, transporte, alimento, consumos y reciclaje	Animación que brinda información sobre el impacto de la huella	
Cali Huella C Móvil	Individual: energía eléctrica, transporte, viajes aéreos	Promueve el desarrollo urbano bajo en carbono y resiliente al clima en Latinoamérica, a través de la huella de carbono como herramienta de gestión de las ciudades	La APP solo está disponible para la plataforma Android
CO2CERO Web y Móvil	Individual: casa, consumo, transporte, vuelo	Contiene información sobre el impacto de la huella y su compensación	La APP solo está disponible para la plataforma IOS
Terrapass Web	Individual: casa y transporte	Calcula consumos y permite compararlos con otras casas del área	Dificultad media enfocada en transporte aéreo. Es confusa, sin explicaciones

Nota: Esta tabla muestra información adaptada de Gallego et.al (2020 p.4).

Estos programas están diseñados para simplificar el complejo proceso de recopilación y análisis de datos de emisiones. Brindan a las empresas el equipo que necesitan para medir e informar las emisiones de carbono de manera más efectiva y precisa. El software de contabilidad de carbono minimiza la posibilidad de error humano y garantiza la precisión de los datos al automatizar la recopilación y el procesamiento de datos.

Otro antecedente relevante para esta investigación es el estudio realizado por Arbeláez & Albus (2020) titulado “*Aplicativo web para el monitoreo y la gestión de la información de la calidad del aire en el municipio de Segovia, Antioquia*”, la investigación se realiza con el siguiente propósito:

Capturar datos en tiempo real, para posteriormente facilitar la toma de decisiones apoyadas en el procesamiento de los datos y visualizaciones con el usuario final. Estos datos son obtenidos por un sistema adquirente de datos de forma remota. El mencionado aplicativo, se desarrolló basado en los principios de la metodología Scrum, permitiendo al usuario final acceder e interpretar los datos de una forma amigable, así mismo, aporta información relevante para un uso académico, socio ambiental y tecnológico (Arbeláez & Albus, 2020. P, 4).

Muchas fuentes de contaminación ambiental afectan la salud humana. La concentración de sustancias nocivas cambia constantemente durante el día cuando las condiciones climáticas cambian en diferentes partes del territorio. Los residentes pueden entrar y salir repetidamente de áreas de mayor contaminación sin notarlo con sus sentidos cuando se mueven por la ciudad (Arbeláez & Albus, 2020). Los autores analizaron las soluciones existentes para monitorear la calidad del aire atmosférico, así como las principales fuentes de contaminación y su distribución en el aire. Se observa la interrelación de la distribución de contaminantes con las condiciones

climáticas. Se ha llevado a cabo la preparación de datos sobre la presencia de sustancias nocivas en el ejemplo del municipio de Segovia-Antioquia dado que la minería en la región es una de las principales fuentes contaminantes del aire.

Se propone un método para organizar el monitoreo de sustancias nocivas en la atmósfera utilizando un complejo de software y hardware. El método desarrollado se aplicó para crear una aplicación web especializada. La solución implementada permite monitorear el estado del medio ambiente mediante sensores y construir rutas alrededor de áreas con una alta concentración de sustancias nocivas (Arbeláez & Albus, 2020); así mismo, entre las áreas a intervenir de este proyecto se destacaron las siguientes: investigación institucional, indicadores de calidad del aire, sistema de captura de datos, generación de conocimiento.

En relación a las investigaciones adelantadas en la ciudad de Bogotá, se cita el trabajo de Sanchez, Gaona & Dallos (2022) “*Modelo de Simulación Para Evaluación de Políticas Ambientales Mediante la Caracterización de la Contaminación del Aire en la Ciudad de Bogotá usando Dinámica de Sistemas*”, en donde los autores buscaron:

Desarrollar un modelo usando herramientas informáticas como dinámica de sistemas, las cuales pueden evaluar diferentes escenarios de políticas ambientales, ayudaran a reducir los niveles de contaminación y mejorar la calidad de vida de la población. La metodología utilizada fue de tipo cuasiexperimental con enfoque cuantitativo, dividido en cuatro etapas, recolección de información, planteamiento del diagrama causal, desarrollo del modelo de simulación y evaluación de escenarios, se usó como herramienta de simulación el software Vensim®. Como resultado se encontró que las fuentes fijas y móviles altamente contaminantes ocasionan un incremento descontrolado del PM10

(Material particulado respirable MP10: Material particulado con diámetro aerodinámico menor o igual que 10 micrómetros, μm) (Sánchez et.al, 2022, P. 2).

El modelado de simulación se caracteriza por la reproducción de los fenómenos descritos por el modelo, con la preservación de su estructura lógica, la secuencia de alternancia en el tiempo, la relación entre los parámetros y variables del sistema en estudio. El modelo de simulación se puede analizar en dinámica, así como ver la animación, las simulaciones por computadora se utilizan en los negocios cuando los experimentos en un sistema real son imposibles o poco prácticos, con mayor frecuencia debido a su costo o tiempo (Sánchez et.al, 2022).

Finalmente en este marco referencial, se cita el trabajo de Mancera (2021) ***“Propuesta Para La Implementación De Una Herramienta De Mejora Para El Registro, Control Y Seguimiento De La Información Del Sistema De Gestión Ambiental De La Universidad Santo Tomás Colombia”***, en ella se menciona que:

La Universidad Santo Tomás enmarcada en el cumplimiento de las metas estipuladas en su plan de desarrollo general 2020 – 2024 y en búsqueda de consolidar de una manera organizada, accesible y útil toda la información a cargo del sistema de gestión ambiental (SGA). Se implementó este proyecto en formato pasantía con el fin de introducir una herramienta que permitiera la mejora en el registro, control y seguimiento de dicha información, para una posterior consolidación y la generación de indicadores ambientales con el fin de evidenciar el estado de la dimensión ambiental de la Universidad (Mancera, 2021. P, 10).

Data Studio es un análogo gratuito y simplificado de los populares *Power BI (Business Intelligence)* y Tableau, permite visualizar datos de diferentes fuentes en una forma fácil de

entender sin profundizar en SQL y fórmulas complejas (Mancera, 2021). Esta herramienta fue clave en la investigación ya que presenta características especiales como tableros en línea con vista de datos en tiempo real; informes claros y convenientes; muchas opciones de representación de datos integrados; configuración fácil; gran conjunto de posibles fuentes de datos; guardar el informe en PDF; puede compartir datos, similar a Google Docs; y es gratis.

Marco Teórico

A pesar del consenso imperante sobre la necesidad de prevenir las amenazas climáticas, el problema de la percepción de la agenda ambiental sigue siendo extremadamente agudo, principalmente porque los políticos y los climatólogos evalúan de manera muy diferente tanto las oportunidades para combatir el cambio climático como los costos que ello implica. Hay una especie de lucha competitiva entre países: cómo trasladar de manera más ventajosa las preocupaciones sobre salvar a la humanidad de la amenaza climática a otros países y, además, aprovechar esta situación para obtener algunas ventajas para ellos (Pernía et.al, 2022).

Este factor ha demostrado ser el obstáculo más fuerte para tomar las medidas necesarias para avanzar seriamente hacia la solución del problema del cambio climático. Los intereses políticos, geopolíticos y económicos impiden que los países desarrollen una estrategia común y la sigan (Camacho, 2019). El problema, como casi todos los que se ocupan de él, ha resultado extremadamente politizado, por lo que constantemente se relegan a un segundo plano los aspectos científicos, distorsiones de los datos científicos y su mala interpretación, todo tipo de especulaciones sobre el cambio climático y la llamativa analfabetismo de la cobertura del tema en la mayoría de los medios de información se han convertido en compañeros inevitables de casi todas las apelaciones a la misma (Conte, 2018).

Mientras tanto, el problema del cambio climático es global, su solución solo es posible sobre una base estrictamente científica, y su politización puede ser el principal obstáculo para ello. Es importante recordar que todos los pueblos del mundo han hecho y siguen haciendo su contribución (aunque en algunos casos no demasiado significativa) al aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, a la destrucción y transformación antrópica de ecosistemas naturales (bosques, estepas, praderas) (Garín, 2019).

Además, los cambios climáticos globales y los procesos de reestructuración de la biosfera inducidos por ellos son una de las amenazas más graves para el bienestar y el “desarrollo de todos y todas”, la existencia de toda la civilización moderna. Resolver el problema climático requiere del esfuerzo de toda la humanidad, y esto no es una exageración, incluso si algún grupo de países tuviera tal poder económico que permitiría, en principio, normalizar el impacto antropogénico general sobre el sistema climático y estabilizarlo en un estado de cuasi-equilibrio aceptable, requiere que todos los países participen y apliquen dichas estrategias para lograr resultados duraderos y significativos (Pernía et.al, 2022).

La comprensión generalmente aceptada del desarrollo sostenible de la sociedad, que se remonta al informe “Nuestro Futuro Común” de la Comisión Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo (ONU, 1987), se basa en el principio de que las necesidades de la generación actual deben ser satisfechas de tal manera que esto no ponga en peligro los medios de subsistencia de las generaciones futuras. Desafortunadamente, en la etapa actual, el desarrollo de la civilización no es sostenible solo porque las “necesidades de la generación actual” no pueden considerarse satisfechas para una parte importante de la humanidad: según la ONU, alrededor de 700 millones de personas viven en la pobreza, más de 1.000 millones no tienen acceso satisfactorio al agua potable, más de 2.000 millones viven en condiciones insalubres, etc. (ONU, 2022)

Otro aspecto fundamental que se pretende profundizar en la presente monografía es el desarrollo de Software y aplicaciones digitales enfocadas al estudio del cambio climático, dada la versatilidad de la ingeniería de sistemas, donde a través del análisis de la literatura científica se revelan claramente los límites del entorno del sistema, los intereses humanos y las capacidades de producción, donde dichos productos y desarrollos han utilizado técnicas avanzadas para

estudiar las necesidades del entorno y el medio interno, tanto de las corporaciones y empresas donde se requieren como del medio natural, que es el tema complementario al estudio (Pílares et.al, 2021).

En este sentido, la ingeniería de sistemas se basa en el ciclo de vida de un sistema. El ciclo de vida es un conjunto de etapas, o elementos sucesivos del proceso, que comienzan con la aparición de la necesidad de crear un sistema y terminan con un desmantelamiento completo. A lo largo del ciclo de vida se utilizan diversas herramientas de análisis, diseño, previsión, evaluación. Hoy en día, la ingeniería de sistemas es, de hecho, la única disciplina práctica importante para la implementación de proyectos innovadores con un efecto positivo probado (Sánchez, 2022).

El enfoque de sistemas ayuda a comprender cómo interactúan los elementos y cómo los elementos cambiantes y sus relaciones afectan el comportamiento y los resultados del sistema. También se enfoca en la gestión del sistema, es decir, la función que tiene en cuenta las metas, el entorno, las restricciones, los recursos y los elementos del sistema. Por ejemplo, el motor de combustión interna puede verse en términos de los efectos que ha tenido su introducción en el mundo; el desarrollo de las economías asociadas a la producción y distribución de petróleo se ha acelerado; los nuevos modos de transporte han cambiado la faz del mundo a través de la expansión de los viajes, el comercio, los mercados y la migración de la población; el cambio en la composición química de la atmósfera debido a la operación de millones de motores puede estar afectando los patrones climáticos del calentamiento global en algunas áreas del mundo (Arroyave & Marulanda, 2019).

Del mismo modo uno de los factores principales que dan fundamento teórico y científico al presente constructo monográfico en la Teoría del desarrollo de Software, de acuerdo con el

aporte de Villalobos et.al (2016), la ingeniería de software es práctica más y ayuda a resolver problemas de producción, la informática es el desarrollo científico de enfoques matemáticos para la programación. es un complejo de disciplinas de ingeniería destinadas al desarrollo y creación de diversos sistemas artificiales en el sector energético, telecomunicaciones, sistemas embebidos en tiempo real, etc. El software en este caso a menudo se convierte en parte del sistema, controlando directamente el hardware. Dichos sistemas están relacionados con el software y el hardware, por lo que los programadores que desarrollan software para ellos deben estar muy versados en la operación del equipo mismo.

Marco Conceptual

Para el desarrollo y profundización de la presente monografía se destacan como categorías de estudio el concepto de cambio climático, desarrollo sostenible, ODS, desarrollo de software y aplicaciones digitales creados y aplicados por universidades de la ciudad de Bogotá, ingeniería de sistemas con responsabilidad ambiental. Dichas categorías se integran en cada uno de los capítulos de la monografía, realizando una investigación documental en bases científicas y académicas, y se presenta bajo un enfoque cualitativo descriptivo, que permite el logro de los objetivos propuestos, y se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 2

Marco conceptual

Concepto	Definición
Calidad de software (criterios de evaluación software de calidad)	<p>Se imponen altos requisitos a la calidad del software (SW). Los criterios de calidad relacionados con la fiabilidad y la eficiencia solo pueden cumplirse mediante pruebas "serias" del producto (verificación cualitativa). Incluso el mejor programador, según las estadísticas, en mil líneas de un programa puede encontrar al menos un error, cuya búsqueda y eliminación requerirá mucho tiempo, recursos intelectuales y computacionales. Hay algo en lo que pensar para un probador (en la jerga de programación, "probador"), un especialista en desarrollo de pruebas y pruebas de software (Salvador & Llanes, 2019).</p> <p>El sistema de prueba debe ser mínimo, pero suficiente para detectar todos los errores o, como dicen, "todos, sin el último": en cualquier software complejo, es posible un error oculto de este tipo, que se detecta solo durante la operación.</p>

Las siguientes características del software probado están definidas por el estándar y la experiencia de los desarrolladores: funcionalidad; rendimiento (generalmente máximo); consistencia (compatibilidad en el sistema); confiabilidad (a prueba de fallas, autorreparación); seguridad (gestión de probables vulnerabilidades, fallas); amabilidad (sencillez, facilidad, comodidad en el trabajo); modificabilidad (probabilidad, documentación); adaptabilidad (portabilidad, multiplataforma) (Salvador & Llanes, 2019).

Las características son diferentes en todas partes, con diferentes criterios de evaluación. Por ejemplo, una medida de tolerancia a fallos puede ser la probabilidad de funcionamiento sin fallos, la tasa de fallos se mide mediante observaciones, etc. Los criterios de calidad se pueden clasificar en relación con el desarrollador, el cliente o el usuario: internos (relacionados con la lógica del código del programa), externo (recuperación de fallas) e interfaz (amigable, documentación) (Salvador & Llanes, 2019).

Cambio climático

Según la definición de la ONU, el cambio climático son cambios a largo plazo en la temperatura y los patrones climáticos. Tales procesos siempre han ocurrido, pero desde la década de 1800, cuando las personas comenzaron a usar activamente combustibles fósiles, se han acelerado con certeza (Pacheco, 2019). El hecho es que cuando se quema carbón o petróleo, se liberan gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono y el metano, que atrapan el calor del sol y aumentan la temperatura de la Tierra. La tala de bosques y las emisiones de metano de los vertederos también tienen consecuencias similares.

Contaminación Atmosférica

La contaminación del aire atmosférico es un aumento en la concentración de componentes físicos, químicos y biológicos en exceso de la norma permisible (Córdova et.al, 2021). La superación de los valores permisibles se produce por culpa de dos fuentes principales: natural: esto incluye sustancias liberadas a la atmósfera

durante erupciones volcánicas, incendios forestales, procesos de destrucción de animales y plantas muertas; antropogénico estas son empresas de transporte, combustible y energía, plantas de construcción de maquinaria y otros objetos de la industria pesada .las emisiones de las centrales eléctricas de combustible incluyen dióxido de azufre, óxido de nitrógeno, sales de metales pesados, polvo, cenizas, hollín (Córdova et.al, 2021). Productos de actividad de empresas de metalurgia no ferrosa: una fuente de excedente de la concentración permitida de óxido de azufre, óxido de nitrógeno y vapor de mercurio; amoníaco, monóxido de carbono, benzopireno: contaminantes suministrados por plantas metalúrgicas y de construcción de maquinaria, empresas de refinación de petróleo e industrias petroquímicas; la producción química orgánica e inorgánica es fuente de emisiones de azufre y nitrógeno, cloro libre, ácido clorhídrico a la atmósfera (Córdova et.al, 2021).

Hay más de 600 millones de vehículos en la Tierra. Toda esta cantidad de automóviles emite gases de escape saturados de compuestos nocivos a la atmósfera (Corredor, 2018).

Desarrollo sostenible El desarrollo sostenible es un concepto que se originó en las décadas de 1970 y 1980 en el contexto del reconocimiento por parte de la comunidad mundial de los problemas del desarrollo de la sociedad y la ciencia, la limitación de los recursos naturales y la situación ecológica (Trujillo et.al, 2021).

En términos relativos, el desarrollo sostenible es un desarrollo en el que las actividades actuales y la satisfacción de las necesidades de la sociedad moderna no perjudican a las generaciones futuras, sino que encuentran un equilibrio entre ellas. Fue en esta formulación en 1987 que el nombre del concepto se mencionó por primera vez en el informe

de la Comisión de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Nuestro Futuro Común” (Conte, 2018).

Ahora bien, "desarrollo sostenible" significa un crecimiento económico que no daña el medio ambiente y contribuye a la resolución de los problemas sociales, encontrando un equilibrio entre el desarrollo económico, ambiental y social.

Gases efecto invernadero El gas de efecto invernadero es un componente gaseoso de la envoltura de aire de la Tierra de origen natural o antropogénico, que absorbe y refleja la radiación electromagnética infrarroja (Bautista et.al, 2022).

Los gases calentados crean el llamado efecto invernadero: este es un fenómeno natural que eleva la temperatura en el planeta como resultado del hecho de que estos gases, como un verdadero invernadero, retienen energía térmica (Bautista et.al, 2022). Cuando un cálido rayo de sol vuela hacia nosotros desde el espacio, la atmósfera lo deja pasar libremente. Pero tan pronto como rebota en la superficie y vuela de regreso, los gases de efecto invernadero, debido a sus propiedades físicas especiales, lo retrasan. La mayor parte del calor permanece aquí en la Tierra (Corredor, 2018).

El efecto invernadero en sí mismo es un fenómeno extremadamente útil para la humanidad. Incluso se puede decir que sin esta propiedad de la atmósfera, no habríamos sobrevivido en este planeta. De hecho, sin él, la temperatura promedio en la tierra no superaría los $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que significa que todos los ríos y lagos estarían congelados para siempre, y la mayoría de las plantas comestibles no crecerían ni darían frutos (Gallego et.al, 2020).

Pero todo es bueno con moderación. Debido a las actividades humanas y al rápido avance tecnológico, el efecto invernadero es exagerado, lo que significa que contribuye al aumento de las temperaturas medias del planeta. La mayor fuente de emisiones de gases de efecto invernadero de la actividad humana es la quema de combustibles

fósiles para generar electricidad, calor y transporte (Gallego et.al, 2020).

El dióxido de carbono (CO₂) es un gas de efecto invernadero de origen parcialmente antropogénico. El hombre aumentó artificialmente su concentración en la atmósfera. En bajas concentraciones, es insípido e inodoro (Bautista et.al, 2022).

Metano (CH₄): este gas se encuentra en menor cantidad en la atmósfera que el dióxido de carbono. Pero es mucho más peligroso que el CO₂. Las fuentes naturales son pantanos, la ganadería a gran escala, montículos de termitas. El metano a temperatura ambiente y presión estándar es un gas incoloro e inodoro (Bautista et.al, 2022).

Huella de Carbono

La cantidad de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera durante el año se denomina huella de carbono. Todas las personas y organizaciones lo tienen. Por supuesto, las empresas deben reducir su huella de carbono para combatir el cambio climático, pero las personas también pueden contribuir. Según algunos datos, la huella de carbono media por persona en el mundo es de 4 toneladas de emisiones al año (Bautista et.al, 2022).

Metodologías de desarrollo de software

La metodología de desarrollo de software es un sistema que determina el orden y la sincronización de las tareas dentro de las etapas del ciclo de vida, métodos de evaluación y control. El presupuesto y el calendario del proyecto y el método de desarrollo están relacionados y dependen unos de otros. La elección de la metodología de desarrollo de software permite determinar el orden de las tareas y la implementación del plan de acción, así como garantizar la estabilidad durante el desarrollo, que es una tarea importante en la etapa inicial del proyecto (Ramírez et.al, 2019).

Nota. Esta tabla muestra una aproximación al marco conceptual

Marco Legal

En la tabla 3 se encuentra sistematizada la información pertinente con la normatividad legal vigente para la protección del medio ambiente y el cambio climático en Colombia.

Tabla 3

Normatividad legal vigente para la protección del medio ambiente y el cambio climático en Colombia.

Norma	Aplicación
Decreto 446 de 2020	Reglas aplicables a organismos de verificación de reducción de Gases de Efecto Invernadero (GEI).
Resolución 1447 de 2018	Reglamenta el sistema de monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación a nivel nacional.
Ley 1931 de 2018	Directrices para la gestión del Cambio Climático.
Ley 1844 de 2017	Aprobación del Acuerdo de París adoptado el 12 de diciembre de 2015 en París (Francia)
Decreto 926 de 2017	Reglamenta el impuesto nacional al carbono y el mecanismo de no causación del impuesto.
Política Nacional de Cambio Climático No. 6 Publicado: Enero 1, 2017	El Gobierno nacional pone a disposición una hoja de ruta que se debe seguir fortaleciendo con la experiencia y los aportes de los actores involucrados, así como los esfuerzos y las acciones de todos y cada uno de los colombianos (Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, 2017)
Ley 1819 de 2016	Se establece el impuesto nacional al carbono
Decreto 298 de 2016	Febrero 24 de 2016: por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones.

Ley 1753 de 2015	Formulación e implementación de planes sectoriales de adaptación al cambio climático y planes de acción sectorial de mitigación de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono. Implementación de la Estrategia Nacional de Reducción de Emisiones debidas a la Deforestación y Degradación Forestal, REDD+, en coordinación con otros ministerios y entidades públicas y el sector privado en el marco de la política nacional de cambio climático (Ministerio del medio ambiente y desarrollo sostenible, 2015).
Ley 1523 de 2012	Política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
Conpes 3700 de 2011	Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia.
Resolución 2734 de 2010	Procedimiento para la aprobación nacional de proyectos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio – MDL.
Resolución 2733 de 2010	Procedimiento para la aprobación nacional de programas de actividades (PoA- por sus siglas en inglés) bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) y se reglamenta la autorización de las entidades coordinadoras.
Ley 629 de 2000	Aprobación del Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, hecho en Kyoto el 11 de diciembre de 1997.
LEY 164 DE 1994	Por medio de la cual se aprueba la "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", hecha en Nueva York el 9 de mayo de 1992.

Nota: esta tabla muestra la Normatividad legal vigente para la protección del medio ambiente y el cambio climático en Colombia, adaptada de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2022)

En la tabla 4 se encuentra sistematizada la información pertinente con la normatividad legal vigente para el desarrollo de software de calidad.

Tabla 4

Marco legal Desarrollo de Software

Norma	Aplicación
Artículo 17 de la Ley 1341 de 2009	Estableció como objetivos del Ministerio de s: Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, entre otros, diseñar, formular, adoptar y promover las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, en correspondencia con la Constitución Política y la ley, con el fin de contribuir al desarrollo económico, social y político de la Nación y elevar el bienestar de los colombianos (Función Publica, Decreto 1412 de 2017)
Ley 1341 de 2009	El Estado intervendrá en el sector las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones para lograr, entre otros, los fines de "Promover el desarrollo de contenidos y aplicaciones", al igual que "Incentivar y promover el desarrollo de la industria de tecnologías de la información y las comunicaciones para contribuir al crecimiento económico, la competitividad, la generación de empleo y las exportaciones"(Función Pública, Decreto 1412 de 2017).

Decreto 1412 DE 2017

Por el cual se adiciona el título 16 a la parte 2 del libro 2 del Decreto Único Reglamentario del sector TIC, Decreto 1078 de 2015, para reglamentarse los numerales 23 y 25 del artículo 476 del Estatuto Tributario.

Nota. Esta tabla muestra información sobre el Marco legal Desarrollo de Software, adaptado de Función Pública, Decreto 1412 de 2017.

Marco Contextual

Los problemas ambientales de las ciudades son toda una capa de compromisos intratables.

Cualquier metrópolis, como un organismo, siempre se esfuerza por mejorar la comodidad de sus habitantes. Pero son precisamente estas aspiraciones las que conducen al deterioro descontrolado de la calidad del medio ambiente: agua, flora y fauna, paisaje. Sin embargo, la mayoría de las veces, cuando mencionan la mala situación ambiental de la ciudad, se refieren al aire contaminado por los gases de escape y las emisiones industriales, y la ciudad de Bogotá no es ajena a dicha problemática, con una alta industrialización de la economía.

Además, la vida de las ciudades modernas no se puede imaginar sin una vigorosa actividad humana. Las personas no solo influyen en el estado del medio ambiente, sino que también lo ajustan activamente. Las acciones mal pensadas a menudo causan un desequilibrio ecológico, cuya restauración requiere mucho esfuerzo y dinero. Los problemas ambientales para los residentes urbanos se han convertido en parte integral de la existencia, y tarde o temprano crecen tanto que requieren una solución inmediata, dado que el entorno urbano es significativamente diferente del natural: la vida de un gran número de personas se concentra en un área limitada; el paisaje natural ha sido modificado y adaptado a las necesidades humanas; las instalaciones de producción y varios sistemas de comunicación están ubicados en el territorio. En la ciudad de Bogotá, la actividad humana activa se está convirtiendo poco a poco en una carga insoportable para el medio ambiente. Los procesos de autodepuración que ocurren en la naturaleza no siguen el ritmo de la contaminación y, con la falta de fondos para la implementación de medidas ambientales, provocan problemas ambientales a gran escala, dado por un nivel muy alto de sustancias nocivas en la atmósfera, mala calidad del agua, aumento de los niveles de ruido, etc.

En este sentido para la presente monografía, se ha realizado una consulta en la base de datos del Ministerio de Educación Nacional, para la identificación de Universidades públicas y privadas ubicadas en la ciudad de Bogotá, que ofertan programa de Ingeniería de sistemas, informática y afines (Tabla 5), quienes serán objeto de validación de la información con propuestas de desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático.

Tabla 5

Universidades públicas y privadas ubicadas en la ciudad de Bogotá, que ofertan programa de Ingeniería de sistemas, informática y afines.

Nombre Institución De Educación Superior	Programa	IES pública	IES privada
1. Colegio Mayor De Nuestra Señora Del Rosario	Ingeniería De Sistemas Energéticos		X
2. Corporación Internacional Para El Desarrollo Educativo - CIDE-	Ingeniería De Sistemas		X
3. Corporación Tecnológica Industrial Colombiana - TEINCO	Ingeniería De Sistemas		X
4. Corporación Unificada Nacional De Educación Superior- CUN-	Ingeniería De Sistemas		X
5. Corporación Universidad Piloto De Colombia	Ingeniería De Sistemas		X

6.	Corporación Universitaria UNITEC	Ingeniería De Sistemas	X
7.	Corporación Universitaria De Ciencia Y Desarrollo - UNICIENCIA	Ingeniería De Sistemas	X
8.	Corporación Universitaria Iberoamericana	Ingeniería De Sistemas	X
9.	Corporación Universitaria Minuto De Dios - UNIMINUTO-	Ingeniería De Sistemas	X
10.	Corporación Universitaria Republicana	Ingeniería De Sistemas	X
11.	Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central	Ingeniería De Sistemas	X
12.	Fundación De Educación Superior Nueva América	Ingeniería De Sistemas	X
13.	Fundación De Educación Superior San Jose - FESSANJOSE-	Ingeniería De Sistemas	X
14.	Fundación Universidad Autónoma De Colombia -FUAC-	Ingeniería De Sistemas	X

15. Fundación Universidad De Bogotá - Jorge Tadeo Lozano	Ingeniería De Sistemas	X
16. Fundación Universitaria Del Área Andina	Ingeniería De Sistemas	X
17. Fundación Universitaria Internacional De Colombia - UNINCOL	Ingeniería De Sistemas	X
18. Fundación Universitaria Konrad Lorenz	Ingeniería De Sistemas	X
19. Fundación Universitaria Los Libertadores	Ingeniería De Sistemas	X
20. Fundación Universitaria Monserrate - UNIMONSERRATE	Ingeniería De Sistemas	X
21. Fundación Universitaria San Mateo - San Mateo Educación Superior	Ingeniería De Sistemas	X
22. Fundación Universitaria Compensar	Ingeniería De Sistemas	X
23. Institución Universitaria De Colombia -	Ingeniería De Sistemas	X

Universitaria De Colombia		
24. Politécnico Gran Colombiano	Ingeniería De Sistemas	X
25. Pontificia Universidad Javeriana	Ingeniería De Sistemas	X
26. Universidad Antonio Nariño	Ingeniería De Sistemas Y Computación	X
27. Universidad Católica De Colombia	Ingeniería De Sistemas Y Computación	X
28. Universidad Central	Ingeniería De Sistemas	X
29. Universidad Cooperativa De Colombia	Ingeniería De Sistemas	X
30. Universidad De Los Andes	Ingeniería De Sistemas Y Computación	X
31. Universidad De San Buenaventura	Ingeniería De Sistemas	X
32. Universidad Distrital- Francisco Jose De Caldas	Ingeniería De Sistemas	X
33. Universidad EAN	Ingeniería De Sistemas	X
34. Universidad ECCI	Ingeniería De Sistemas	X
35. Universidad El Bosque	Ingeniería De Sistemas	X
36. Universidad Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito	Ingeniería De Sistemas	X
37. Universidad Inca De Colombia	Ingeniería De Sistemas	X

38. Universidad Libre	Ingeniería De Sistemas	X
39. Universidad Nacional Abierta Y A Distancia Unad	Ingeniería De Sistemas	X
40. Universidad Nacional De Colombia	Ingeniería De Sistemas Y Computación	X

Nota: Esta tabla muestra información sobre las Universidades públicas y privadas ubicadas en la ciudad de Bogotá, que ofertan programa de Ingeniería de sistemas, informática y afines. Adaptado de MEN (2023)

En total se identificaron 40 instituciones de educación superior, donde 36 son privadas y 4 son de carácter público.

Metodología

Tipo de estudio

El presente documento corresponde a una monografía documental que comprende la revisión y análisis bibliográfico sobre el desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático, propuestos por universidades de la ciudad de Bogotá, entre los años 2017 y 2022. Teniendo en cuenta que una monografía es un trabajo científico de un autor, en el que se da a conocer en forma completa un tema o problema específico, así como temas relacionados, este documento destaca nuevas hipótesis y soluciones que tienen valor científico (Hernández, 2014). De la misma forma se articula con la línea de investigación de la Ingeniería en Sistemas de la UNAD *Gestión de sistemas* apoyada en la gestión del conocimiento.

Se tienen en cuenta las reglas para la redacción de una monografía, las cuales exigen su complemento invariable con listados bibliográficos, índices temáticos, notas, etc. El propósito de la monografía es proporcionar a la comunidad científica un punto de vista único sobre un tema en particular, resaltar en detalle la metodología para estudiarlo y ofrecer formas científicas para resolver el problema que se ha abordado: desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático.

Herramientas

Para la presente monografía se plantea como instrumento de recolección de información el RAE (Resumen analítico especializado), el cual consiste en la selección de material bibliográfico de carácter académico y científico. Para el desarrollo de la monografía se tomó como población las publicaciones digitales de las 40 Instituciones de educación superior presentes en la ciudad de Bogotá, y que cuentan con programas afines a la Ingeniería De Sistemas y Campo Amplio de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC); se ha realizado una consulta en la base

de datos del Ministerio de Educación Nacional, para la identificación de Universidades públicas y privadas ubicadas en la ciudad de Bogotá, que ofertan programa de Ingeniería de sistemas, informática y afines (Tabla 5), quienes serán objeto de validación de la información con propuestas de desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático.

Técnicas

La revisión de la literatura sobre el tema de investigación es una parte importante y obligatoria de todo trabajo científico. La revisión de la literatura ayuda a traer la base teórica del estudio, para evaluar la elaboración del tema, para justificar la elección de la dirección del estudio. La revisión bibliográfica puede incluirse en la introducción o convertirse en un capítulo independiente del trabajo científico (Patiño, 2016). En este sentido la técnica utilizada se refiere a una revisión bibliográfica sistemática, en este tipo de revisión, se siguen criterios predefinidos para identificar y seleccionar los estudios relevantes relacionados con un tema específico. Se utilizan múltiples fuentes de información, como bases de datos académicas, revistas electrónicas y repositorios institucionales, y se aplican criterios de inclusión para seleccionar los estudios que se incluirán en la muestra (Reyes, 2020). Además, se utiliza un formato o matriz para recopilar de manera sistemática la información relevante de cada estudio seleccionado. Este enfoque garantiza la exhaustividad y la objetividad en la recopilación de la literatura relevante para la investigación.

Inicialmente, una revisión de la literatura permite al investigador evaluar la elaboración del tema y ajustar - acotar o ampliar - el objeto de su investigación. En el transcurso de una búsqueda bibliográfica, el autor puede revelar que algún aspecto de la ciencia no ha sido suficientemente desarrollado, aunque sea muy significativo por una u otra razón, y dedicar su

trabajo al estudio de este tema. De acuerdo con Patiño (2016) la calidad de la búsqueda bibliográfica determina en gran medida el contenido del artículo del autor: cuanto más eficientemente un investigador pueda trabajar con conjuntos de documentos y bases de datos, con mayor precisión formulará el tema de su futura publicación.

Una revisión de la literatura en un trabajo científico es necesaria para mostrar la experiencia de los antecesores del autor y establecer lagunas en el estudio del tema elegido. Además, el propósito de la revisión bibliográfica para la construcción del estado del arte es lograr que el autor no trabaje en vano repitiendo la investigación de otros científicos, sino que sea capaz de contribuir y aumentar el conocimiento científico sobre el problema real (Sánchez, 2014).

Una revisión científica de la literatura sobre el tema de investigación requiere que el investigador pueda: analizar los materiales disponibles y formar un nuevo enfoque del problema; verificar los resultados y conclusiones con base en los resultados de su propia investigación; demostrar la diferencia entre la investigación del autor y los trabajos ya publicados, es decir, demostrar novedad científica y contribución científica; formular la pertinencia de la investigación; justificar la importancia del problema; dominar la terminología sobre los temas relevantes; identificar los principales métodos de investigación utilizados para estudiar el problema (Sánchez, 2014).

Unidad de trabajo

Documentos analizados provenientes de bases de datos como: Mendeley, Scopus, Zotero, revistas electrónicas como SciElo, Redalyc, repositorios institucionales, y el navegador Google Académico. A continuación, se definen los criterios de búsqueda de la información:

Criterios de inclusión

- Evidencia de los artículos y tesis publicadas con una vigencia desde el año 2017 hasta el año 2022.
- Evidencia documental que incluya el desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático, propuestos por universidades de la ciudad de Bogotá, entre los años 2017 y 2022
- Artículos en español e inglés.
- Evidencia de documentos descargables.
- Evidencia documentos a nivel global para la comprensión del problema, justificación, antecedentes y recomendaciones.

A continuación, se presenta la tabla 6, que indica la muestra seleccionada para el desarrollo de la monografía la cual está compuesta por 40 fuentes bibliográficas, consultadas en bases de datos como: Mendeley, Scopus, Zotero, revistas electrónicas, repositorios institucionales, y el navegador Google Académico.

Tabla 6

Fuentes documentales sometidas a revisión de acuerdo a los criterios de inclusión determinados.

Título	Autor	Año	Fuente	Tipo de Documento
Análisis multi-criterio para la selección de trenes de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso del agua	Arias Gómez, J.	2021	Universidad de los Andes	Trabajo de Grado

Ecoemprendimiento, sostenibilidad y generación de valor	Arroyave, M & Marulanda, F	2019	Revista EAN	Artículo de Revista
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las Instituciones de Educación Superior	Bautista, J., Sierra, Y., & Bermeo, J. P.	2022	Producción + limpia	Artículo de Revista
Decision making and adaptation processes to climate change	Bustos, S., & Vicuña, D.	2016	Ambiente & Sociedad	Artículo de Revista
Cálculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero	Cabezas Párraga, J. D., & Chavarro Molina, M. A.	2020	Universidad de la Salle	Tesis de Grado
La dimensión ambiental como fundamento para generar una asignatura básica en la carrera de ingeniería	Camacho, A & Valdés, M.	2019	Conrado	Artículo de Revista
Emprendimiento e innovación como motor del desarrollo sostenible: Estudio bibliométrico (2006-2016)	Campo, L; Amar, P; Olivero, E & Huguett, S	2018	Revista de Ciencias Sociales (Ve)	Artículo de Revista
Análisis de Ciclo de Vida para los bioresiduos sólidos urbanos generados en la ciudad de Bogotá DC, Colombia	Castellanos Gutiérrez, S.	2017	Universidad Nacional De Colombia	TFM
Desarrollo sostenible y conceptos “verdes”	Conte, M, & D’Elia, V.	2018	Problemas del desarrollo	Artículo de Revista

Modelación Ambiental del vertimiento generado por una fundación a la quebrada Santa Clara en el municipio de Tena Cundinamarca	Contreras, C.	2020	Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD	Tesis de Grado
Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú	Córdova-Mendoza, P., Barrios-Mendoza, T., & Córdova-Barrios, I. C.	2021	Revista Cubana de Química	Artículo de Revista
Emisiones de material particulado de los vehículos en Bogotá. Estrategias de gestión ambiental para su mitigación	Corredor, DM.	2018	Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana	Tesis de Grado
Modelos de Desarrollo de Software	Delgado, L., & Díaz, M.	2021	Revista Cubana de Ciencias Informáticas	Artículo de Revista
Decreto 1412 de 2017	Función Pública	2017	Función Pública	Decreto
Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte	Gallego, J. A. L., Marín, S. S., Romero, C., Montoya, J. F., Castrillón, L. F., & Pareja, S. R.	2020	Lámpsakos	Artículo de Revista
Principios del derecho ambiental en el Acuerdo de París sobre Cambio Climático	Garín, A. L.	2019	Revista Derecho del Estado	Artículo de Revista

Dinámicas de la construcción social del territorio de la localidad de Sumapaz (Bogotá, Colombia): entre los conflictos socioambientales y la resistencia campesina	Gómez, M. L. O.	2018	Pampa	Artículo de Revista
Evaluación del impacto en la calidad del aire generado por el aislamiento preventivo como medida frente al COVID-19 en tres ciudades de Colombia	González Castillo, Y.	2021	Repositorio UNAL	Tesis de Grado
Propuesta Para La Implementación De Una Herramienta De Mejora Para El Registro, Control Y Seguimiento De La Información Del Sistema De Gestión Ambiental De La Universidad Santo Tomás Colombia	Mancera, PA.	2021	Universidad Santo Tomás	Tesis de Grado
Planificación, gestión y control de la calidad del software	Martínez, G., & Castro, Y. V.	2019	Scientia et technica	Artículo de Revista
Propuesta para el cambio de metodología para el software ERN-huracán de CAPRA para el cálculo de la marea	Mecón Torres, L.	2019	Universidad de los Andes	Tesis de Grado
Cambio Climático y Gestión del Riesgo. Política y Normativa	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	2022	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Información Oficial

Sistema Nacional de Información para la Educación superior en Colombia	Ministerio de Educación Nacional	2023	Ministerio de Educación Nacional	Información Oficial
Disponibilidad hídrica, cambio climático y configuraciones territoriales en Tauramena, Casanare	Montaña Molina, I.	2019	Universidad Externado de Colombia	Tesis de Grado
Análisis hidrológico de cómo producir hidrogramas de diseño de sistemas de alcantarillado de aguas lluvias teniendo en cuenta el cambio climático	Muñoz Quintero, R.	2023	Universidad de los Andes	Trabajo Final de Maestría
Agua para consumo humano	ONU	2022	ONU	Información Oficial
Cambio climático: algunos aspectos a considerar para la supervivencia del ser vivo: revisión sistemática de la literatura	Pacheco, G.	2019	Revista Cuidarte	Artículo de Revista
El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos?	Patiño, R. G.	2016	Folios	Artículo de Revista
El cambio climático, ¿ficción o realidad?...una percepción desde la comunidad internacional	Pérez, E.	2017	Revista geográfica venezolana	Artículo de Revista

Objetivos de Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social Universitaria: Alternativas para cambio climático y desplazamientos ambientales	Pernía, J; Palacios, L; Trasfi, M y Sanabria, M.	2022	Revista de Ciencias Sociales (Ve)	Artículo de Revista
Evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Cabanillas del Altiplano peruano bajo escenarios climáticos regionalizados	Pilares Hualpa, I., Montalvo, N., Mejía, A., Guevara- Pérez, E., Fano M., G., & Alfaro A, R.	2018	Revista INGENIERÍA UC	Artículo de Revista
Reto del Hambre Cero: una estrategia de las Naciones Unidas, su relevancia en la agenda mundial y su trascendencia en Colombia	Pinzón, F.	2017	Revista VIA IURIS	Artículo de Revista
Modelo de Simulación Para Evaluación de Políticas Ambientales Mediante la Caracterización de la Contaminación del Aire en la Ciudad de Bogotá usando Dinámica de Sistemas	Sánchez Céspedes, J M., Gaona Barrera, A E., & Dallos Parra, D L.	2022	Ingeniería y competitividad	Artículo de Revista
Metodología de desarrollo de software para plataformas educativas robóticas usando ROS-XP	Ramírez-Bedoya, DL, Branch-Bedoya, JW, & Jiménez-Builes, JA	2019	Revista Politécnica	Artículo de Revista

Análisis de procesos de transferencia de calor en ambientes favorables para energía geotérmica en Colombia, por medio de un sistema de baja entalpía en St. Lawrence Lowlands, Québec, Canadá	Salazar Cuellar, D.	2019	Universidad de los Andes	Tesis de Grado
Evaluar la calidad de los productos software del laboratorio de innovación pública	Salvador Hernández, Y., & Llanes Font, M.	2021	Ciencias Holguín	Artículo de Revista
El estado del conocimiento como estrategia para la elaboración de trabajos recepcionales en posgrado	Sánchez, C.	2014	Ponencia presentada durante el Congreso Internacional de Evaluación Educativa	Ponencia
Análisis de ciclo de vida del proceso de aprovechamiento y valorización de aceite de cocina usado en Bogotá como materia prima oleoquímica	Torres Ulloa, P.	2019	Magister en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia	Tesis de Maestría
Desarrollo sostenible en las empresas colombianas. Propuesta de evaluación basada en los niveles de alcance	Trujillo, HF; Losada, JJ; Sánchez, E; & Vanegas, L	2021	Producción y Limpia	Artículo de Revista

Construcción de índice con inteligencia artificial para evaluar vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas andinas tropicales. Caso de estudio en Colombia	Vargas-Franco, V., & Restrepo-Tarquino, I.	2018	Dyna-colombia	Artículo de Revista
Enseñanza de los Procesos en Ingeniería Software-vs-Competitividad de Empresas Creadas por Ingenieros Informáticos	Villalobos Abarca, M; Karmelic Pavlov, V; & Néspolo Cova, M.	2016	Formación universitaria	Artículo de Revista

Nota. Esta tabla muestra información sobre las fuentes documentales sometidas a revisión de acuerdo a los criterios de inclusión determinados.

Criterios de exclusión

Los documentos que no cumplieron con los criterios de inclusión y los requisitos pertinentes fueron descartados.

Muestra

De acuerdo a los criterios de inclusión se obtuvo una muestra de 40 estudios relacionados con el desarrollo de software especializado, aplicado al control y seguimiento del cambio climático, propuestos por universidades de la ciudad de Bogotá, Entre Los Años 2017 Y 2022; de los cuales 10 estudios fueron realizados por Universidades de Bogotá, y 30 estudios externos adicionales de igual forma relacionados con el cambio climático en la ciudad de Bogotá de acuerdo a los criterios de inclusión, los cuales se consultan en diversas fuentes y gestores bibliográficos en línea como: Mendeley, Scopus, Zotero, revistas electrónicas como SciELO, Redalyc, repositorios institucionales, y el navegador Google Académico. El formato elaborado para tal fin se encuentra en el Apéndice 1. Una vez diligenciada la matriz por cada estudio abordado se procede a tomar la información relevante para la construcción de cada uno de los apartes de la monografía.

Es importante destacar que el tipo de muestra descrito es una muestra intencionada o selectiva, comúnmente utilizada en investigaciones cualitativas (Sánchez, 2014) . En este caso, se seleccionaron específicamente 40 estudios relacionados con el desarrollo de software especializado aplicado al control y seguimiento del cambio climático en la ciudad de Bogotá, siguiendo criterios específicos de inclusión. Esta muestra se compone tanto de estudios realizados por universidades locales como de estudios externos relevantes que cumplen con los criterios establecidos. La selección de la muestra se basa en la relevancia y pertinencia de los estudios para el tema de investigación, más que en la representatividad estadística típica de los

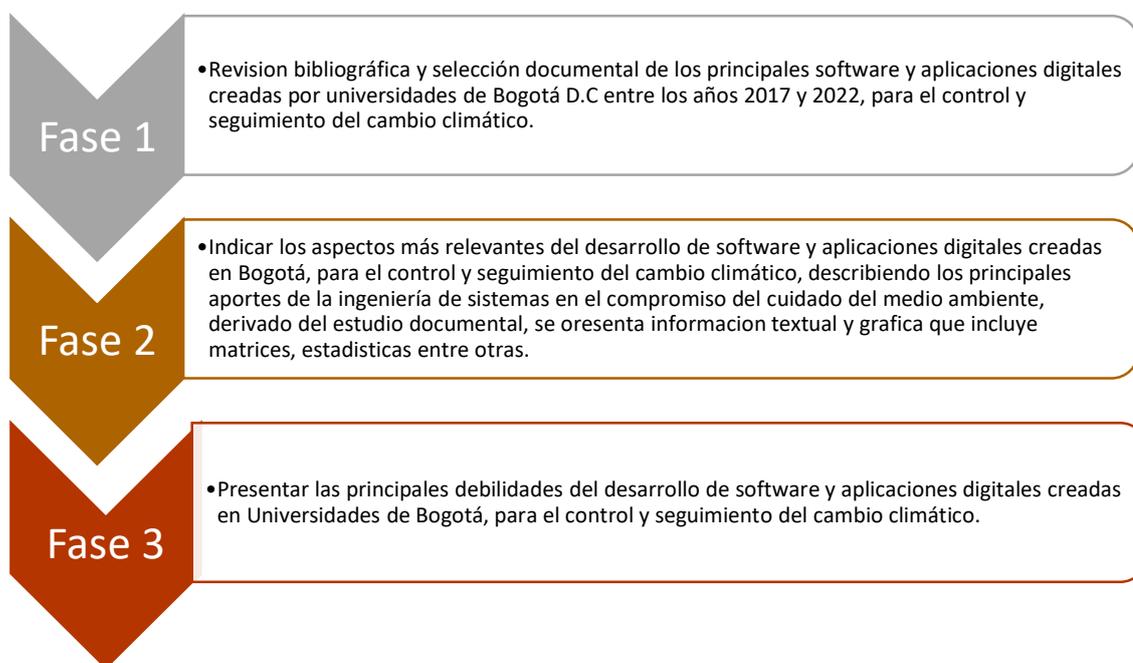
diseños cuantitativos. Esta estrategia permite profundizar en el tema y obtener una comprensión detallada y contextualizada de los aspectos abordados en la monografía sobre el cambio climático en Bogotá.

Fases de procesos

La siguiente figura (1) muestra el proceso metodológico para el logro del objetivo general de la presente monografía.

Figura 1

Metodología investigativa



Fuente: Autoría propia.

Resultados

El presente estudio se enfoca en realizar un análisis comparativo del desarrollo de software especializado orientado al control y seguimiento del cambio climático, presentado por universidades de Bogotá D.C. en el período comprendido entre los años 2017 y 2022. Los objetivos específicos de esta investigación son los siguientes: Identificación de Software y Aplicaciones Digitales: El primer objetivo consiste en identificar los principales software y aplicaciones digitales creadas por universidades de Bogotá D.C. durante el período mencionado, destinados al control y seguimiento del cambio climático. Análisis de Aspectos Relevantes: El segundo objetivo se centra en indicar los aspectos más relevantes del desarrollo de estos software y aplicaciones digitales. Se busca describir los principales aportes de la ingeniería de sistemas en el compromiso con el cuidado del medio ambiente, derivados de un exhaustivo estudio documental. Identificación de Debilidades: El tercer objetivo tiene como propósito presentar las principales debilidades identificadas en el desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas por universidades de Bogotá para el control y seguimiento del cambio climático. Este análisis crítico contribuirá a comprender los retos y oportunidades en la implementación de soluciones tecnológicas en este ámbito, con miras a mejorar las futuras iniciativas.

Aplicaciones Digitales

En esta fase se presenta la revisión documental sobre los principales software y aplicaciones digitales creadas por universidades de Bogotá D.C entre los años 2017 y 2022, para el control y seguimiento del cambio climático. La tabla 7 representa la selección de tesis y trabajos de grado presentadas por diversas universidades de la ciudad de Bogotá, sin embargo, cabe destacar que la construcción de la monografía se apoya no solo en estos estudio sino en toda las fuentes consultadas las cuales se encuentran sistematizadas en la tabla 7.

Tabla 7

Revisión bibliográfica y selección documental de los principales software y aplicaciones digitales creadas por universidades de Bogotá D.C entre los años 2017 y 2022, para el control y seguimiento del cambio climático.

Título	Autor	Año	Fuente	Tipo de Documento
Análisis multi-criterio para la selección de trenes de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso del agua	Arias Gómez, J.	2021	Universidad de los Andes	Trabajo de Grado
Ecoemprendimiento, sostenibilidad y generación de valor	Arroyave, M & Marulanda, F	2019	Revista EAN	Tesis
Cálculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero	Cabezas Parraga, J. D., & Chavarro Molina, M. A.	2020	Universidad de la Salle	Tesis de Grado

Análisis de Ciclo de Vida para los biorresiduos sólidos urbanos generados en la ciudad de Bogotá DC, Colombia	Castellanos Gutiérrez, S.	2017	Universidad Nacional De Colombia	TFM
Modelación Ambiental del vertimiento generado por una fundación a la quebrada Santa Clara en el municipio de Tena Cundinamarca	Contreras, C.	2020	Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD	Tesis de Grado
Emisiones de material particulado de los vehículos en Bogotá. Estrategias de gestión ambiental para su mitigación	Corredor, DM.	2018	Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana	Tesis de Grado
Evaluación del impacto en la calidad del aire generado por el aislamiento preventivo como medida frente al COVID-19 en tres ciudades de Colombia	González Castillo, Y.	2021	Repositorio UNAL	Tesis de Grado
Propuesta Para La Implementación De Una Herramienta De Mejora Para El Registro, Control Y Seguimiento De La Información Del Sistema De Gestión Ambiental De La Universidad Santo Tomás Colombia	Mancera, PA.	2021	Universidad Santo Tomás	Tesis de Grado
Propuesta para el cambio de metodología para el software ERN-huracán de CAPRA para el cálculo de la marea	Mecón Torres, L.	2019	Universidad de los Andes	Tesis de Grado

Disponibilidad hídrica, cambio climático y configuraciones territoriales en Tauramena, Casanare	Montaña Molina, I.	2019	Universidad Externado de Colombia	Tesis de Grado
Análisis hidrológico de cómo producir hidrogramas de diseño de sistemas de alcantarillado de aguas lluvias teniendo en cuenta el cambio climático	Muñoz Quintero, R.	2023	Universidad de los Andes	Trabajo Final de Maestría
Modelo de Simulación Para Evaluación de Políticas Ambientales Mediante la Caracterización de la Contaminación del Aire en la Ciudad de Bogotá usando Dinámica de Sistemas	Sánchez Céspedes, J M., Gaona Barrera, A E., & Dallos Parra, D L.	2022	Ingeniería y competitividad	Artículo de Revista
Metodología de desarrollo de software para plataformas educativas robóticas usando ROS-XP	Ramírez-Bedoya, DL, Branch-Bedoya, JW, & Jiménez-Builes, JA	2019	Revista Politécnica	Artículo de Revista
Análisis de procesos de transferencia de calor en ambientes favorables para energía geotérmica en Colombia, por medio de un sistema de baja entalpía en St. Lawrence Lowlands, Québec, Canadá	Salazar Cuellar, D.	2019	Universidad de los Andes	Tesis de Grado

Análisis de ciclo de vida del proceso de aprovechamiento y valorización de aceite de cocina usado en Bogotá como materia prima oleoquímica	Torres Ulloa, P.	2019	Magister en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Colombia	Tesis de Maestría
--	------------------	------	--	-------------------

Fuente: Elaboracion propia (2023).

Una vez seleccionados los trabajos de grado y tesis relacionadas con el tema de estudio se procedió a sistematizar el RAE, el cual se presenta a continuación:

Tabla 8

Resumen Analítico Especializado 1

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	Trabajo de Grado
Link de la base de datos donde consulto el artículo.	https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/a73b04a0-daf-4ee4-a0f9-5d712490f22f
Título del documento	Análisis multi-criterio para la selección de trenes de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso del agua.
Autor(es)	Arias Gómez, J.
Año de la Publicación	2021
Palabras Claves	Análisis multi-criterio, tratamiento de aguas, reúso del agua, tecnologías avanzadas, selección de tecnologías.
Resumen del texto	

Al aplicar el análisis multi-criterio, se identificó la necesidad de desarrollar metodologías para elegir tecnologías en un tren de tratamiento de aguas residuales. Este proyecto de grado se centró en la creación de una metodología basada en el análisis multi-criterio para la toma de decisiones, específicamente en la selección de trenes de tratamiento para el reúso del agua, demostrando su aplicación correcta. Esta metodología incluye la definición de objetivos específicos, el desarrollo de criterios y subcriterios ambientales, sociales y económicos, la evaluación de los criterios mediante una escala de valores con su correspondiente interpretación, la estimación de ponderaciones con el software Expert Choice y, finalmente, la toma de decisiones para la selección del tren de tratamiento basada en esta estimación.

Objetivos

Desarrollar un enfoque metodológico basado en el análisis multicriterio con el propósito de aplicarlo al caso específico de la selección de trenes de tratamiento de aguas residuales destinados al reúso del agua.

Análisis (punto de vista)

En resumen, las simulaciones realizadas indicaron que las tres tecnologías más efectivas para formar un tren de tratamiento son la luz ultravioleta, la desinfección con ozono y la osmosis inversa. Este resultado no es sorprendente, ya que estas tecnologías destacan en aspectos económicos como la inversión inicial, así como en los costos operativos y de mantenimiento. La intención es expandir esta metodología, incorporando más criterios a medida que evoluciona, con el objetivo de abarcar todas las variables relevantes en el tratamiento para el reúso del agua. Es importante destacar que esta metodología es aplicable a diversas alternativas o tecnologías para el reúso del agua. Sin embargo, los criterios y subcriterios

utilizados para evaluar estas alternativas pueden variar según el contexto, como es evidente en el caso específico de Mosquera. La metodología es capaz de resaltar la mejor tecnología en términos de remoción de contaminantes y otros aspectos ambientales, así como la opción más beneficiosa en cuanto a costos y vida útil de los equipos. Además, puede identificar la mejor tecnología para aspectos sociales, como la reducción de olores en el agua. En conclusión, el análisis multicriterio facilita la identificación de las mejores opciones para la selección de un tren de tratamiento.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Arias Gómez (2021)

Tabla 9

Resumen Analítico Especializado 2

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	Tesis
Link de la base de datos	
donde consulto el artículo.	https://www.redalyc.org/journal/206/20663246009/html/
Título del documento	Ecoemprendimiento, sostenibilidad y generación de valor
Autor(es)	Arroyave, M & Marulanda, F
Año de la Publicación	2019
Palabras Claves	Emprendimiento sostenible, Creación de empresas -- Aspectos ambientales, Responsabilidad por el medio ambiente

Creación de valor

Resumen del texto

Este artículo tiene como objetivo destacar la relación entre la creación de negocios sostenibles, la preservación del medio ambiente y la generación de valor económico y social, analizando el programa Emprender para la vida, que impulsa emprendimientos ecológicos en el Valle de Aburrá, Colombia. La metodología empleada combina enfoques cualitativos y cuantitativos, utilizando informes y entrevistas en profundidad para obtener datos. Se buscó identificar el perfil de los emprendedores respaldados, las áreas de intervención del programa y la naturaleza y cantidad de empresas respaldadas por cada área, proporcionando información clave para construir la cadena de valor de los ecoemprendimientos. Los resultados revelan que, durante el periodo 2012-2015, la mayoría de los ecoemprendedores eran hombres con edades comprendidas entre 25 y 35 años y educación universitaria. Se apoyaron un total de 76 iniciativas, siendo la gestión de residuos peligrosos y no peligrosos la línea de intervención más representativa. Tanto los resultados del programa como la propuesta de cadena de valor de los ecoemprendimientos demuestran que en cada eslabón es posible contribuir a la sostenibilidad, ya sea mediante la reducción de costos mediante el uso eficiente de recursos como agua y energía, o mediante la adopción de materiales sustitutos que no comprometan la calidad del producto final, generando así un valor económico.

Objetivos

Mostrar la conexión entre el establecimiento de negocios sustentables, la preservación del entorno y la creación de valor económico y social mediante el examen del programa "Emprender para la vida". Este programa impulsa la formación de empresas amigables con el medio ambiente en el Valle de Aburrá, Colombia.

 Análisis (punto de vista)

El artículo resalta la importancia de conectar la creación de negocios sostenibles con la preservación del medio ambiente y la generación de valor económico y social. Se enfoca en el programa Emprender para la vida en el Valle de Aburrá, Colombia, que impulsa emprendimientos ecológicos. La metodología combina enfoques cualitativos y cuantitativos, identificando el perfil de emprendedores, áreas de intervención y naturaleza de las empresas respaldadas. Los resultados muestran que, entre 2012 y 2015, la mayoría de los ecoemprendedores eran hombres jóvenes con educación universitaria. La gestión de residuos destaca como la intervención principal, respaldando 76 iniciativas. La propuesta de cadena de valor demuestra que cada eslabón ofrece oportunidades para contribuir a la sostenibilidad, reduciendo costos y adoptando prácticas más ecológicas. Este enfoque beneficia al medio ambiente y genera valor económico, subrayando la importancia de respaldar iniciativas sostenibles.

 Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

 Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Arroyave y Marulanda (2019)

Tabla 10
Resumen Analítico Especializado 3

 RAE (Resumen Analítico Especializado)

 Tipo de documento Tesis de Grado

Link de la base de datos	
donde consulto el artículo.	https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1883/

Título del documento	Cálculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero
----------------------	---

Autor(es)	Cabezas Parraga, J. D., & Chavarro Molina, M. A.
-----------	--

Año de la Publicación	2020
-----------------------	------

Palabras Claves	Huella de carbono, Gases de efecto invernadero, Herramientas de cálculo, Mitigación, Estrategias,
-----------------	---

Resumen del texto	
-------------------	--

Según la implementación de las metodologías ISO-14064, SDA y Air.e Hc, se calcula la Huella de Carbono para el año base 2018, obteniendo valores específicos para cada método. Se identifica que el alcance 3, "otras emisiones indirectas", es el principal contribuyente a la producción de GEI en las metodologías ISO-14064 y Air.e Hc, mientras que en la metodología SDA, el alcance 1, "emisiones directas", es el mayor generador de GEI. Con base en estos resultados, se proponen estrategias de reducción para abordar estos aspectos específicos y contribuir a la mejora y transformación del ecosistema universitario, alineándose con la política ambiental de la Universidad de La Salle. En este caso, se utiliza la norma ISO 14064 para calcular la huella de carbono en la Sede-Norte de la Universidad de La Salle. Esta metodología aborda tres alcances de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y también considera la remoción de GEI por sumideros de carbono. Se emplearán dos herramientas de cálculo, una proporcionada por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá

y el software Air.e Hdc, para establecer una relación entre los resultados de cada metodología.

El objetivo es crear una línea base de información en la universidad para futuros estudios y contribuir a los compromisos ambientales de la institución.

Objetivos

Determinar la huella de carbono en la sede Norte de la Universidad de La Salle con el propósito de desarrollar estrategias de prevención y mitigación, con el objetivo de reducir de manera sustancial tanto los impactos como la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero generadas en el campus educativo.

Análisis (punto de vista)

El análisis de la huella de carbono en la Sede-Norte de la Universidad de La Salle utilizando la norma ISO 14064 y otras herramientas de cálculo es de gran relevancia. Este enfoque permite cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y evaluar la contribución de diferentes fuentes en la institución. La elección de la norma ISO 14064 indica un compromiso con estándares reconocidos internacionalmente, asegurando una medición precisa y comparable de la huella de carbono. La inclusión de tres alcances y la consideración de sumideros de carbono proporcionan una visión integral de las emisiones y de las acciones de la universidad para contrarrestarlas. La utilización de herramientas como la proporcionada por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá y el software Air.e Hdc no solo enriquece el análisis, sino que también facilita la comparación de resultados y la obtención de una línea base para futuros estudios. Los resultados específicos de la huella de carbono para el año base 2018, con sus desgloses por alcance, son fundamentales para identificar áreas críticas de emisión. Al señalar que las "otras emisiones indirectas" son destacadas en las metodologías ISO-14064 y Air.e Hc, mientras que las "emisiones directas" son predominantes en la

metodología SDA, se proporciona una guía clara para la formulación de estrategias de reducción. En términos generales, este análisis no solo sirve como una herramienta para la toma de decisiones internas en la universidad, sino que también demuestra un compromiso proactivo con la sostenibilidad y el cumplimiento de los objetivos ambientales. La implementación de estrategias basadas en estos resultados no solo contribuirá a la reducción de la huella de carbono, sino que también posicionará a la universidad como un ejemplo a seguir en términos de responsabilidad ambiental y liderazgo en la comunidad educativa.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Cabezas y Chavarro (2020)

Tabla 11

Resumen Analítico Especializado 4

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	TFM
Link de la base de datos	
donde consulto el artículo.	https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63078
Título del documento	Análisis de Ciclo de Vida para los biorresiduos sólidos urbanos generados en la ciudad de Bogotá DC, Colombia
Autor(es)	Castellanos Gutiérrez, S.
Año de la Publicación	2017

Palabras Claves	Análisis de Ciclo de Vida (ACV) ; Gestión Integral de Biorresiduos Sólidos Urbanos ; EASETECH ; Calidad del Aire ; Cambio Climático ; Sólidos urbanos.
-----------------	--

Resumen del texto

Los Bioresiduos Sólidos Urbanos (BSU) representan una significativa fuente de contaminación a nivel global, emitiendo gases de efecto invernadero y otros agentes contaminantes del aire. El estudio empleó el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como una herramienta integral para evaluar tres alternativas de gestión de BSU en Bogotá D.C. Utilizando el software libre EASETECH, se implementó un modelo de inventario basado en información local y bases de datos internacionales. Cuatro escenarios, incluyendo relleno sanitario, compostaje, digestión anaerobia e incineración, fueron evaluados en términos de cambio climático, formación de oxidantes fotoquímicos, acidificación y eutrofización. Los resultados indicaron que, desde una perspectiva de ciclo de vida, el relleno sanitario con aprovechamiento del biogás (E1) fue la opción menos favorable en términos ambientales, mientras que la digestión anaerobia (E3) mostró un desempeño ambiental superior, seguido por el compostaje (E2). Este estudio representa el primer Análisis de Ciclo de Vida realizado para la fracción de biorresiduos en Bogotá D.C., ofreciendo información clave para la gestión sostenible de los BSU en la ciudad y otras áreas urbanas. El software EASETECH se destaca como una herramienta versátil y útil para realizar ACV en BSU en Bogotá D.C., y podría ser aplicado para evaluar sistemas de gestión de residuos en Colombia y América Latina, contribuyendo así a la toma de decisiones más informada en el manejo ambientalmente responsable de los residuos urbanos.

Objetivos

Proporcionar una evaluación detallada y cuantitativa de las distintas opciones de manejo de residuos urbanos, con un enfoque particular en los BSU. A través de la aplicación de la metodología de ACV y el uso del software EASETECH,

Análisis (punto de vista)

La aplicación del ACV proporciona una perspectiva holística y cuantitativa que va más allá de simplemente identificar la fuente de contaminación. Este enfoque permite evaluar las alternativas de gestión de BSU en términos de su impacto ambiental a lo largo de todo su ciclo de vida, considerando aspectos como cambio climático, formación de oxidantes fotoquímicos, acidificación y eutrofización. Los resultados del estudio indican claramente qué escenarios de gestión son más favorables desde el punto de vista ambiental, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas orientadas hacia una gestión sostenible de los residuos urbanos en Bogotá y posiblemente en otras ciudades de América Latina. Además, al utilizar el software EASETECH, este estudio establece un precedente para la aplicación de herramientas de evaluación de ciclo de vida en la gestión de residuos en la región, ofreciendo un enfoque práctico y aplicable para evaluar la sostenibilidad en este importante ámbito ambiental.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota. Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Castellanos (2017)

Tabla 12

Resumen Analítico Especializado 5

RAE (Resumen Analítico Especializado)

Tipo de documento	Tesis de Grado
Link de la base de datos donde consulto el artículo.	https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38789/cac-ontrerasro.pdf?sequence=3&isAllowed=y
Título del documento	Modelación Ambiental del vertimiento generado por una fundación a la quebrada Santa Clara en el municipio de Tena Cundinamarca
Autor(es)	Contreras, C.
Año de la Publicación	2020
Palabras Claves	Aguas Residuales, simulación, Contaminantes, Impacto Ambiental
Resumen del texto	<p>La modelación ambiental se presenta como una herramienta esencial para la planificación del recurso hídrico y la generación de soluciones ambientales, especialmente en entornos específicos como la quebrada Santa Clara, una fuente hídrica de alta montaña con condiciones particulares. Dado que esta quebrada se utiliza para fines domésticos y de consumo, la evaluación de su capacidad para asimilar contaminantes es crucial para comprender las dinámicas del cuerpo de agua y el uso del agua por parte de los usuarios. En este documento, se simulan las condiciones actuales de la fuente utilizando información primaria y secundaria, además de calibrar un modelo de calidad (qual2kw) para evaluar el vertimiento de un centro educativo llamado Nuestra Señora de la Esperanza. Se plantean y comparan escenarios, interpretando los cambios resultantes de las modificaciones simuladas en el modelo de calidad.</p>

Siguiendo una metodología específica, se lleva a cabo la recolección de información, la alimentación del modelo ambiental y el análisis de resultados a través de la generación de escenarios de evaluación en la fuente hídrica. Los objetivos del documento incluyen el desarrollo de un modelo de calidad mediante el uso del programa qual2kw, simulando escenarios para comprender los impactos generados por el vertimiento. Como resultado, se obtienen escenarios de evaluación que representan cambios en la dinámica del vertimiento, permitiendo una comprensión más profunda de las posibles afectaciones al medio relacionadas con un vertimiento inadecuado.

Objetivos

Utilizar la modelación ambiental, específicamente a través del programa qual2kw, para simular escenarios y evaluar la calidad del agua en la quebrada Santa Clara.

Análisis (punto de vista)

La importancia de este estudio radica en su enfoque integral para evaluar la calidad del agua en la quebrada Santa Clara. Utilizando la modelación ambiental y el programa qual2kw, se busca entender las complejas interacciones en este entorno de alta montaña, especialmente considerando que esta fuente de agua se utiliza para fines domésticos y de consumo. El análisis no solo se centra en simular escenarios y evaluar la capacidad de asimilación de contaminantes, sino que también se ocupa de calibrar el modelo utilizando información local específica. Esto proporciona una base sólida para comprender cómo las acciones humanas, como el vertimiento de un centro educativo, impactan la calidad del agua en la quebrada. Los resultados obtenidos permiten identificar posibles afectaciones ambientales asociadas con prácticas inadecuadas de vertimiento, contribuyendo así a la toma de decisiones informadas para la gestión sostenible del recurso hídrico en la región. En última instancia, este enfoque

podría guiar la implementación de estrategias más efectivas para preservar la calidad del agua y garantizar su uso seguro para la comunidad.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Contreras (2020)

Tabla 13

Resumen Analítico Especializado 6

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Link de la base de datos donde consulto el artículo.	https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/38114
Título del documento	Emisiones de material particulado de los vehículos en Bogotá. Estrategias de gestión ambiental para su mitigación.
Autor(es)	Corredor, DM
Año de la Publicación	2018
Palabras Claves	Contaminación atmosférica Bogotá Flota vehicular Calidad del aire Estrategias de Gestión Ambiental
Resumen del texto	

Esta investigación aborda uno de los principales problemas ambientales que enfrenta la humanidad: la contaminación atmosférica. Se examina esta problemática desde diversas perspectivas de autores y distintas ciudades del mundo, con un enfoque particular en Bogotá, Colombia. La revisión documental inicial abarca la calidad del aire en varias ciudades para establecer una línea base global. Posteriormente, se realiza un análisis del estado y dinámica actual de la flota vehicular en Bogotá, evidenciando que el transporte público es el principal contribuyente a las emisiones de material particulado. La investigación compara la normativa nacional e internacional relacionada con la contaminación atmosférica por fuentes móviles y caracteriza la problemática actual de la calidad del aire en las estaciones más contaminadas de Bogotá, destacando la influencia de la meteorología en la dispersión de contaminantes, especialmente en la zona occidental de la ciudad. Finalmente, se examinan las estrategias de Gestión Ambiental implementadas y se proponen nuevas medidas, como el fomento del carro compartido, la optimización de la malla vial y la actualización tecnológica de vehículos, con el objetivo de reducir eficazmente las emisiones de material particulado y mejorar la calidad del aire en Bogotá.

Objetivos

Analizar y proponer estrategias de Gestión Ambiental, como la promoción del carro compartido, mejoras en la malla vial y la actualización tecnológica de vehículos, con el fin de reducir las emisiones de material particulado y mejorar la calidad del aire en la ciudad.

Análisis (punto de vista)

La importancia de esta investigación radica en la urgencia de abordar y resolver la problemática de la contaminación atmosférica, especialmente en el contexto específico de Bogotá. La revisión documental a nivel global proporciona una comprensión integral de la

magnitud del problema, estableciendo así una base sólida para abordar las emisiones contaminantes en la ciudad. El análisis detallado de la flota vehicular y la identificación del transporte público como un factor significativo en las emisiones subrayan la necesidad de medidas específicas en este sector. La comparación de normativas nacionales e internacionales destaca la importancia de alinearse con estándares ambientales para lograr mejoras significativas. La caracterización de las zonas más afectadas y la influencia de la meteorología en la dispersión de contaminantes ofrecen una visión localizada y específica, permitiendo un enfoque más preciso en las estrategias de Gestión Ambiental. Las propuestas de medidas, como el fomento del carro compartido y la actualización tecnológica de vehículos, apuntan directamente a reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire. En resumen, esta investigación no solo resalta la gravedad del problema, sino que también proporciona orientación práctica para la implementación de soluciones concretas y efectivas en la lucha contra la contaminación atmosférica en Bogotá.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Corredor, DM (2018)

Tabla 14

Resumen Analítico Especializado 7

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	Tesis de Grado

Link de la base de datos	
donde consulto el artículo.	https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/80998?show=full
Título del documento	Evaluación del impacto en la calidad del aire generado por el aislamiento preventivo como medida frente al COVID-19 en tres ciudades de Colombia
Autor(es)	González Castillo, Y.
Año de la Publicación	2021
Palabras Claves	COVID-19, calidad de aire, monitoreo en superficie, monitoreo satelital, Sentinel 5P, CAMS.
Resumen del texto	
	<p>La rápida propagación del COVID-19 llevó a la implementación de medidas de prevención, incluyendo cuarentenas estrictas, que impactaron la calidad del aire en Bogotá, Medellín y Cali. Se evaluaron concentraciones de NO₂, O₃, PM_{2.5} y BC durante tres periodos: antes de la cuarentena, cuarentena estricta y cuarentena relajada. Las reducciones significativas en NO₂ y PM_{2.5} durante la cuarentena estricta fueron notables en Bogotá y Medellín, mientras que Cali experimentó una disminución en el ozono. Se identificó la procedencia de emisiones mediante modelación de masas de aire, destacando problemas locales y regionales. La movilidad local y los conteos vehiculares disminuyeron durante la cuarentena, y la correlación entre datos satelitales y superficiales respaldó la validez de los resultados. La investigación destaca la necesidad de planes de gestión de calidad del aire en Colombia ante eventos similares.</p>
Objetivos	

El objetivo principal de esta investigación es analizar el impacto de las medidas de cuarentena implementadas debido al COVID-19 en la calidad del aire de tres ciudades colombianas: Bogotá, Medellín y Cali. Se busca evaluar las variaciones en las concentraciones de diversos contaminantes atmosféricos durante diferentes fases de las restricciones, identificando patrones y efectos significativos.

Análisis (punto de vista)

La importancia de este estudio radica en comprender cómo las acciones tomadas para contener la propagación del COVID-19 afectaron la calidad del aire en centros urbanos importantes de Colombia. Las conclusiones obtenidas proporcionan información valiosa sobre la relación entre las medidas de confinamiento, la movilidad vehicular, las emisiones contaminantes y la calidad del aire. Estos hallazgos son fundamentales para orientar futuras estrategias de gestión ambiental y salud pública, así como para preparar respuestas efectivas ante situaciones similares en el futuro. Además, el estudio contribuye al conocimiento científico sobre la interacción entre eventos de salud pública y el medio ambiente, destacando la necesidad de abordar de manera integral los impactos de tales situaciones en la calidad del aire y la salud de la población.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Fuente:

Adaptado de González Castillo (2021)

Tabla 15*Resumen Analítico Especializado 8*

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Link de la base de datos	
donde consulto el artículo.	https://repository.usta.edu.co/handle/11634/43361?show=full
Título del documento	Propuesta Para La Implementación De Una Herramienta De Mejora Para El Registro, Control Y Seguimiento De La Información Del Sistema De Gestión Ambiental De La Universidad Santo Tomás Colombia
Autor(es)	Mancera, PA.
Año de la Publicación	2021
Palabras Claves	Sistema de gestión ambiental, herramienta Data Studio, base de datos, informes.
Resumen del texto	
<p>La Universidad Santo Tomás, en concordancia con su plan de desarrollo general para el periodo 2020-2024, ha llevado a cabo un proyecto de pasantía con el propósito de optimizar la gestión de la información vinculada a su sistema de gestión ambiental (SGA). La iniciativa busca establecer una herramienta que facilite la mejora en el registro, control y seguimiento de esta información, con miras a su consolidación y la generación de indicadores ambientales que evidencien el estado de la dimensión ambiental de la institución. El desarrollo del proyecto se dividió en tres fases: una fase diagnóstica para identificar información disponible y faltante,</p>	

una segunda fase que seleccionó la herramienta Google Data Studio para la modelación de la información, y una tercera fase que evaluó el desempeño del SGA mediante informes generados por Data Studio. Los resultados obtenidos con la implementación de esta herramienta han sido significativos. En primer lugar, se observó que la recopilación, organización y gestión de la información necesaria para generar indicadores ambientales varían considerablemente según la sede o seccional de la universidad estudiada, lo que dificulta las comparaciones entre ellas. Además, tanto la falta de datos como las diferencias cronológicas en la recopilación de datos complican el análisis. Sin embargo, mediante el establecimiento de una línea base de información ambiental y la adopción de Data Studio, la Universidad Santo Tomás puede generar informes anuales de manera más eficiente y con una interpretación más sencilla.

Objetivos

Implementar una herramienta que mejore el registro, control y seguimiento de la información necesaria para medir el desempeño del Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad Santo Tomás.

Análisis (punto de vista)

La implementación de este proyecto en la Universidad Santo Tomás reviste una gran importancia, ya que responde al compromiso de la institución con sus metas de desarrollo y a la necesidad de gestionar de manera efectiva la información relacionada con su sistema de gestión ambiental (SGA). La introducción de la herramienta Google Data Studio permite una mejora sustancial en la recopilación, organización y seguimiento de datos ambientales, facilitando la consolidación de información y la generación de indicadores clave para evaluar el estado ambiental de la universidad. El proyecto no solo optimiza la gestión interna de la

información ambiental, sino que también proporciona la capacidad de generar informes anuales de manera más ágil y comprensible. Este enfoque organizado y accesible no solo fortalece la toma de decisiones internas relacionadas con la dimensión ambiental, sino que también contribuye a la transparencia y rendición de cuentas de la universidad en temas ambientales. Además, al identificar variaciones y desafíos específicos en diferentes sedes o seccionales, el proyecto brinda la oportunidad de implementar estrategias adaptadas a las necesidades particulares de cada área, promoviendo una gestión ambiental más efectiva y orientada a resultados.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Mancera, PA. (2021)

Tabla 16

Resumen Analítico Especializado 9

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	Tesis de Grado
Link de la base de datos	
donde consulto el artículo.	
Título del documento	Propuesta para el cambio de metodología para el software ERN-huracán de CAPRA para el cálculo de la marea
Autor(es)	Mecón Torres, L.
Año de la Publicación	2019

Palabras Claves	Huracanes, Marejada ciclónica, Simulación climática, Modelos hidrodinámicos, Validación de resultados, Software ERN-Huracán
-----------------	---

Resumen del texto

Los huracanes, eventos climáticos caracterizados por fuertes precipitaciones, vientos intensos y aumento del nivel del mar debido al oleaje, han provocado graves impactos en ciudades costeras a nivel mundial, generando extensas inundaciones y daños estructurales significativos. En respuesta a la influencia destructiva de la marejada ciclónica, se han desarrollado diversos modelos, como Delft3D, ADCIRC, SWAN y SLOSH, que simulan la altura de la marea inducida por tormentas. Este trabajo de investigación tiene como objetivo profundizar en el funcionamiento y la metodología de cada uno de estos programas, permitiendo su comparación desde una perspectiva académica. Además, busca validar los resultados de las simulaciones realizadas mediante el software ERN-Huracán de CAPRA. Finalmente, con base en los hallazgos, se propone una modificación en la metodología de cálculo de este programa, lo que podría representar una mejora significativa en la simulación de la marea generada por huracanes.

Objetivos

Proponer un cambio en la metodología actual del módulo de marea del programa ERN-Huracán para mejorarla aproximación o la modelación de la amenaza de marea.

Análisis (punto de vista)

La importancia para la ingeniería de sistemas en relación con los huracanes radica en la necesidad de comprender y manejar eficientemente los impactos de estos eventos climáticos extremos en las ciudades costeras. Los huracanes representan desafíos significativos para la

infraestructura y la planificación urbana, ya que suelen desencadenar inundaciones y daños estructurales considerables. Los modelos mencionados, como Delft3D, ADCIRC, SWAN y SLOSH, son herramientas esenciales para simular y prever la altura de la marea asociada con los huracanes. Para los ingenieros de sistemas, el conocimiento detallado de estos modelos y su metodología es crucial para diseñar sistemas de alerta temprana, estrategias de evacuación y medidas de mitigación eficaces. La investigación también destaca la importancia de la validación de simulaciones, lo que significa que los ingenieros pueden confiar en los resultados obtenidos mediante la comparación con el software ERN-Huracán de CAPRA. La propuesta de modificar la metodología de cálculo sugiere un enfoque innovador para mejorar la precisión en la simulación de las mareas generadas por huracanes, lo que podría tener aplicaciones prácticas valiosas en la ingeniería de sistemas para la gestión de desastres naturales.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Mecón Torres, L. (2019)

Tabla 17

Resumen Analítico Especializado 10

RAE (Resumen Analítico Especializado)	
Tipo de documento	Artículo de revista
Link de la base de datos donde consulto el artículo.	http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30332022000200018

Título del documento	Modelo de Simulación Para Evaluación de Políticas Ambientales Mediante la Caracterización de la Contaminación del Aire en la Ciudad de Bogotá usando Dinámica de Sistemas
Autor(es)	Sánchez Céspedes, J M., Gaona Barrera, A E., & Dallos Parra, D L.
Año de la Publicación	2022
Palabras Claves	Políticas Ambientales; Contaminación del Aire; PM10; Dinámica de Sistemas; Bogotá
Resumen del texto	<p>La calidad del aire en grandes ciudades, como Bogotá, se ve afectada negativamente por diversas fuentes de emisión de material particulado, tanto fijas como móviles, generando impactos adversos en los sistemas sociales, económicos y ecológicos de la ciudad. El aumento de la población se identifica como una de las principales causas contribuyentes a la contaminación atmosférica. Por lo tanto, resulta imperativo analizar las relaciones de causa y efecto de la contaminación, identificar sus fuentes y comprender los impactos en la población. En este contexto, la construcción de un modelo utilizando herramientas informáticas como la dinámica de sistemas se presenta como una estrategia efectiva para evaluar diferentes escenarios de políticas ambientales, con el objetivo de reducir los niveles de contaminación y mejorar la calidad de vida de la población. La metodología empleada en este estudio fue cuasiexperimental con enfoque cuantitativo, dividida en cuatro etapas: recolección de información, planteamiento del diagrama causal, desarrollo del modelo de simulación y evaluación de escenarios, utilizando el software Vensim® como herramienta de simulación. Los resultados revelaron que las fuentes altamente contaminantes, tanto fijas como móviles,</p>

contribuyen a un aumento descontrolado del PM10. Además, se identificó que las tasas de conversión anual a tecnologías limpias deben mantenerse en un 10% anual o superior para lograr una reducción del 50% en los niveles de PM10 a mediano y largo plazo. Una conclusión significativa fue la importancia de establecer políticas ambientales como medidas estructurales de largo plazo, independientes de cambios en el gobierno, y la utilidad de las tecnologías de simulación, como la dinámica de sistemas, para diseñar políticas ambientales más eficaces.

Objetivos

El objetivo del modelo de simulación de contaminación del aire por PM10 es determinar el efecto en el tiempo de la aplicación de políticas públicas ambientales.

Análisis (punto de vista)

El estudio sobre la calidad del aire en ciudades densamente pobladas, como Bogotá, adquiere gran relevancia al evidenciar cómo las emisiones de material particulado, tanto de fuentes fijas como móviles, afectan de manera negativa no solo el medio ambiente, sino también la salud y la economía de la población. La creciente urbanización y el aumento de la población amplifican estos problemas, subrayando la necesidad de comprender las complejas relaciones causa-efecto de la contaminación atmosférica. La aplicación de modelos de simulación, como la dinámica de sistemas, se presenta como una herramienta valiosa para diseñar y evaluar políticas ambientales efectivas. Este enfoque permite analizar escenarios, identificar fuentes de contaminación y proponer estrategias a largo plazo para mejorar la calidad del aire y, por ende, la calidad de vida de los habitantes de la ciudad. La conclusión es que las políticas ambientales deben ser estructurales y perdurables, independientemente de los cambios

gubernamentales, destaca la importancia de la continuidad y consistencia en la implementación de medidas para abordar estos desafíos ambientales.

Elaborado por: Carlos Alberto Alvis Rodríguez

Fecha de elaboración del RAE 2023

Nota: Esta tabla muestra el formato RAE, para el análisis de la información. Adaptado de Sanchez et.al (2022).

Lo anterior, deja entrever que en el aspecto ecológico, la humanidad moderna no sólo no se preocupa por el bienestar de las generaciones futuras, sino que, además, vive a sus anchas y de manera irresponsable, en una carrera incontenible de consumismo y producción industrial, así como la expansión agrícola y la explotación de los recursos naturales. El daño irreparable que se le está haciendo a la biosfera hoy amenaza la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades. Y si se tiene en cuenta los escenarios más desfavorables para el cambio climático que se avecina, entonces la amenaza se cierne sobre la existencia misma de estas generaciones (Pernía et.al, 2022).

La posibilidad muy fundamental de que la civilización resuelva el problema climático parece indiscutible, tanto más dudoso que la solución pueda implementarse en condiciones de satisfacer las necesidades de la generación actual sin pérdidas graves para las generaciones futuras, si sus necesidades son comprendidas en el sistema de las ideas de la moderna economía del bienestar (Pérez, 2017).

El arsenal de medios que se pueden aplicar en este caso se está ampliando gradualmente. Los últimos hallazgos han sido el comercio de emisiones de gases de efecto invernadero del protocolo de Kyoto, los Proyectos de Implementación Conjunta (proyectos para reducir las

emisiones de gases de efecto invernadero, esta idea aún no ha recibido el debido desarrollo) y el Mecanismo de Desarrollo Limpio (prevé la generación de unidades certificadas de reducción de emisiones) (Pacheco, 2019).

Por otra parte, las posibilidades de regulación están determinadas, en primer lugar, por la capacidad de la generación actual para limitar el crecimiento de su bienestar y mejorar la calidad de vida en beneficio de las generaciones futuras y, en segundo lugar, por la disposición de los principales países del mundo a hacer concesiones mutuas para asegurar la coordinación de esfuerzos no solo en la solución del problema climático global en sí mismo, sino también en la creación de condiciones políticas favorables para un trabajo conjunto coordinado (Pinzón, 2017).

En este sentido como una de las alternativas para el estudio, monitoreo y gestión de estrategias frente al cambio climático en diversos sectores económicos, educativos, sociales y productivos, se han desarrollado diversas direcciones de ingeniería de protección ambiental articulando los saberes propios del componente ambiental con el desarrollo de sistemas, software y aplicaciones digitales y teleinformáticas (Mancera, 2021). Entre dichas direcciones de ingeniería de protección ambiental se perfilan la protección de la atmósfera, la protección de la hidrosfera superficial, protección y uso adecuado del suelo y el subsuelo, protección contra el ruido, protección contra campos electromagnéticos y radiaciones (Pacheco, 2019).

Uno de los principales factores que determinan y evidencian el cambio climático es el estudio de las cuencas hídricas, su uso, su contaminación, el seguimiento o desvío de sus cursos, los cuales se han visto afectados ya sea por acciones antropogénicas o por causas derivadas del calentamiento global. Al respecto Pilares et.al (2018) en su trabajo sobre la “Evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Cabanillas del Altiplano peruano bajo escenarios climáticos regionalizados”, realizado para validar y calibrar los parámetros del modelo

hidrológico WEAP, considera que al preparar los informes operativos, los datos sobre el desempeño real del sistema de riego en diversas zonas agrícolas, se procesan y analizan para el cumplimiento de los indicadores planificados para el mismo período de tiempo, mientras que la información sobre los indicadores planificados se importa del plan de uso del agua

De acuerdo con la metodología utilizada por Pilares et.al (2018), se ajusta el plan sistémico de uso de agua, cuyo procedimiento de recálculo utilizando las herramientas informáticas desarrolladas puede llevarse a cabo de uno a varios minutos. El subsistema para registrar los resultados de las actividades de gestión del agua y monitorear la implementación del plan de uso del agua proporciona la automatización del proceso de preparación de informes de diez días sobre el progreso del riego y los resultados de la implementación del plan de uso del agua.

Las funciones de monitorear la implementación del plan de uso del agua se implementan solo en términos de automatizar la preparación de información para el análisis de indicadores planificados y reales de las actividades de gestión del agua. Los indicadores planificados se importan del plan de uso de agua del sistema. La consulta correspondiente a la base de datos es generada y procesada por el sistema después de ingresar los datos para el período del informe (Pilares et.al, 2018). Para vincular los planos en las fincas con el rendimiento de los canales y estructuras, el límite de entrada de agua y la viabilidad técnica de la estructura principal, se calculan los requisitos requeridos de suministro de agua para todas las estructuras divisorias en el primer intervalo de tiempo, que luego se verificarán para la posibilidad de su implementación. Si uno de los factores limitantes no permite asegurar el suministro del volumen de agua estimado, se ajustan los planos en finca para el riego de cultivos.

De acuerdo con Vargas & Restrepo (2018), en su trabajo sobre la “Construcción de índice con inteligencia artificial para evaluar vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas andinas tropicales. Caso de estudio en Colombia”, se obtuvo que entre las aplicaciones de Matlab, aplicadas en el estudio se encuentran Lógica difusa, el paquete Fuzzy Logic contiene herramientas para diseñar, modelar y analizar sistemas con respuesta difusa. Tiene medios poderosos y al mismo tiempo fáciles de dominar para transformar datos de entrada en datos de salida utilizando un sistema de reglas y relaciones de complejidad arbitraria, expresadas en lenguaje ordinario.

Los sistemas pueden simularse en Matlab o incluirse en diagramas de bloques de Simulink con la capacidad de generar código para una ejecución independiente (Vargas & Restrepo, 2018), así mismo en su investigación tuvieron en cuenta el análisis espectral de alto orden; este módulo (Análisis espectral de orden superior) contiene herramientas para el procesamiento de señales resultantes de procesos no lineales o distorsionados por ruido no gaussiano mediante descomposición espectral de orden superior.

Así mismo en su simulador aplicaron el procesamiento de imágenes; el módulo de Procesamiento de Imágenes contiene las funciones de análisis, procesamiento estadístico de amplificación, restauración y transformación de imágenes bidimensionales como filtros, color, geometría, morfología (Vargas & Restrepo, 2018). De otra parte el Control (optimización) de desigualdades de matrices lineales; el módulo LMI Control le permite resolver eficientemente sistemas de desigualdades matriciales lineales (Linear Matrix Inequalities), que encuentra al resolver problemas de control, reconocimiento, filtrado, diseño de estructuras, teoría de grafos y álgebra lineal. El paquete también incluyó funciones para diseñar y analizar características de los sistemas de control como la inmunidad al ruido, el rendimiento, etc. Finalmente aplicaron el

modelado de control predecible, esta aplicación (Model Predictive Control) es especialmente útil en la gestión de sistemas con un gran número de variables de entrada y salida que tienen muchas relaciones como las abordadas en la investigación.

El propósito del estudio fue desarrollar un método que permitiera establecer patrones de cambio climático global en el pasado, en el presente y las causas de estos cambios y su impacto en las microcuencas, como fuentes de agua, para hallar una comprensión más específica del ciclo del agua y los procesos hidrológicos en el área estudiada; identificando los problemas de gestión del agua, y otros factores como la erosión del suelo, la sedimentación y la contaminación (Vargas & Restrepo, 2018).

Se obtuvieron resultados sobre los factores que determinan los cambios globales modernos en el medio ambiente natural y el clima global y su incidencia en la vulnerabilidad de las microcuencas estudiadas. Los cambios en el entorno natural están influenciados por muchos factores que están aumentando en los tiempos modernos, incluido el impacto de las actividades humanas. Los cambios en el medio ambiente natural y el clima en el tiempo y el espacio se deben cambiar en los factores que influyen en estos procesos: heliocósmicos, geofísicos, climáticos y antropogénicos.

Po otra parte en el trabajo adelantado por Gallego et.al (2020) sobre el “Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte”, *desarrollado* por el Grupo de Investigación en Geomecánica Aplicada – GIGA, de la Universidad Católica Luis Amigo, su aplicación fue diseñada para pequeñas empresas, esta calculadora de huella de carbono le permite calcular sus emisiones de gases de efecto invernadero y compensar su huella canalizando dinero en proyectos que ayudan al medio ambiente y las comunidades locales (Gallego et.al, 2020 p.13)..

Metodológicamente, la calculadora estima las emisiones de GEI del transporte (automóvil, motocicleta, autobús, transporte ferroviario, avión) teniendo en cuenta el kilometraje y el tipo de combustible o electricidad consumidos; de los alimentos consumidos, los desechos generados (de humanos) y el tráfico de mercancías; combustible / electricidad consumidos con el fin de producir energía (Gallego et.al, 2020).

Se puede usar la aplicación para una evaluación rápida de la huella de carbono mediante un cuestionario, o como herramienta para calcular con mayor precisión las emisiones de CO₂. La calculadora cubre las áreas 2 y 3 porque la estimación se realiza tanto para el hogar como para el individuo. La metodología de cálculo se basa en los estándares del IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Esta calculadora le permite estimar el nivel de huella de carbono de los edificios y también es una herramienta para compensar las emisiones de GEI. La calculadora proporciona una estimación de las emisiones de GEI dentro de un intervalo de confianza, y las compensaciones cuantitativas pueden llegar, por ejemplo, a la plantación y protección de árboles, proyectos, de desarrollos en áreas de energía verde (Gallego et.al, 2020).

El aplicativo móvil y web suele ser fácil de usar, accesible a una amplia audiencia; la presentación de los resultados (incluidos los gráficos) es en general transparente; para ello de acuerdo con Gallego et.al, (2020), deben tenerse en cuenta todas las categorías de fuentes de emisión de GEI e instalaciones de eliminación de GEI (de acuerdo con los documentos y metodologías reglamentarias nacionales aceptados), y también debe ser posible incluir fuentes de emisiones y absorciones adicionales que no se hayan tenido en cuenta anteriormente; se deben estimar las emisiones de GEI de todos los tipos de cobertura (1-3); es necesario poder descomponer los resultados en coberturas separadas; deben tenerse en cuenta los factores de

emisión/potenciales de calentamiento global de las sustancias GEI y sus valores deben actualizarse periódicamente; los cálculos con la visualización posterior de los resultados deben realizarse automáticamente.

Por otra parte, Arbeláez & Albus (2020), en su trabajo sobre el desarrollo de un “Aplicativo web para el monitoreo y la gestión de la información de la calidad del aire en el municipio de Segovia, Antioquia”, indican que la contaminación del medio ambiente por muchas fuentes antropogénicas y naturales conduce a un cambio físico o biológico en la atmósfera, que afecta negativamente el estado de la población.

Los factores más importantes en la formación de una contaminación atmosférica sostenible son los factores meteorológicos, como la inversión de temperatura o la falta de viento (Arbeláez & Albus, 2020), las plantas químicas, el complejo energético y de combustibles, la agricultura y los automóviles son los principales contaminantes atmosféricos de origen antropogénico. Los sentidos humanos no siempre son capaces de detectar sustancias nocivas de manera oportuna, por lo que es importante mejorar los métodos de monitoreo y actualización de la información sobre la calidad del aire (Córdova et.al, 2021).

Por lo tanto, es necesario desarrollar un enfoque para obtener y utilizar información sobre el estado actual del aire para alertar a los residentes y formación de rutas que evitan áreas de altas concentraciones de sustancias nocivas el análisis mostró que las soluciones de software existentes (AirMatters, Check Air Quality, etc.) brindan información sobre todos los principales contaminantes del aire, así como recomendaciones para la respuesta personal para prevenir impacto negativo (Arbeláez & Albus, 2020). Al mismo tiempo, estos productos de software no brindan al usuario la oportunidad de construir una ruta teniendo en cuenta las diferencias

ambientales de secciones específicas del área urbana, por lo que los investigadores optaron por crear su propio aplicativo Web.

La recopilación de datos para el posterior análisis de emisiones se realizó sobre la base de objetos conocidos de infraestructura urbana, como salas de calderas, hornos, instalaciones tecnológicas, equipadas con sistemas de purificación de gas y polvo, equipos que operan en áreas abiertas, explotación minera, así como información de servicios móviles. Para monitorear la composición del aire, en algunas áreas realizaron sus propias mediciones de la calidad del aire, estas mediciones se tomaron durante el día, principalmente en clima tranquilo por la tarde. Para estas mediciones de la concentración de sustancias a diferentes niveles de la capa superficial de la atmósfera, se utilizó un vehículo aéreo no tripulado a radio control (Arbeláez & Albus, 2020), estas mediciones permitieron determinar con mayor precisión las zonas desfavorables en términos de calidad del aire, de acuerdo con las lecturas de los sensores, se calculó la desviación total con respecto a los indicadores máximos permisibles y se indicó la calidad del aire mediante variables lingüísticas.

Como parte de la aplicación se implementa utilizando el lenguaje de marcado de hipertexto HTML, los estilos en cascada CSS y el lenguaje de programación JavaScript. Con la ayuda de HTML, se construyó el "esqueleto" de la aplicación web, se determinaron las marcas y la posición de los elementos en la página, se anidaron varios objetos de página en estructuras jerárquicas, lo que hizo posible modular el sitio web. CSS en la aplicación es responsable de establecer clases a los objetos hechos por HTML, su posición exacta en la página, elegir colores y fuentes para varios elementos, lo que aumenta en gran medida el atractivo de la interfaz, haciéndola más conveniente y agradable a la vista (Arbeláez & Albus, 2020).

La lógica principal de las páginas de la aplicación web está escrita en JavaScript, es decir, establece la visibilidad y la actividad de los widgets de la aplicación y procesa la interacción con ellos. Con la ayuda de la biblioteca SQL SERVER., se implementa la posibilidad de intercambio de datos de cada módulo y base de datos. El dibujo del mapa con la ubicación de los marcadores de los sensores de análisis del aire atmosférico con áreas de contaminación y la ubicación de la ruta que los rodea se realizó utilizando la biblioteca BOOTSTRAP y todas sus herramientas (Arbeláez & Albus, 2020).

Las solicitudes Post y Get le permiten enviar datos del usuario al backend por ejemplo, hacer clic en elementos clave de la página o solicitudes para descargar información detallada, o solicitarlos (datos de sensores, contaminación) distribución y nivel de gravedad, etc. (Arbeláez & Albus, 2020). El back-end está representado por una aplicación de servidor web de JavaScript que utiliza la biblioteca y el folleto de Node.js. La aplicación recibe como entrada un conjunto de datos de contaminación del aire en forma de archivo CSV o directamente en tiempo real y envía información preparada para renderizar las áreas de cobertura de los sensores de análisis atmosférico (Arbeláez & Albus, 2020).

Después de que el usuario selecciona los puntos de inicio y finalización de la ruta y envía estos datos desde el lado del usuario usando un botón especial en la pantalla, la aplicación del servidor recibe las coordenadas de los puntos extremos como entrada, calcula la ruta en función del nivel promedio de la contaminación de las secciones (o predice su nivel, si los sensores no cubren ninguna parte del mapa) y/o la concentración de ciertas sustancias en el aire, teniendo en cuenta los deseos del usuario, traza una ruta y envía datos al respecto a la parte del cliente para su visualización en la interfaz de la aplicación web (Arbeláez & Albus, 2020). Al cambiar el

inicio, el final o agregar puntos entre ellos, se repite el algoritmo de operación del servidor y se reconstruye la ruta.

Del mismo modo en relación con el estudio de la calidad del aire, Sánchez, Gaona & Dallos (2022) realizaron un “Modelo de Simulación Para Evaluación de Políticas Ambientales Mediante la Caracterización de la Contaminación del Aire en la Ciudad de Bogotá usando Dinámica de Sistemas”, teniendo en cuenta que:

En los escenarios de mediano y largo plazo se logran reducir en un 25% o 50% los niveles de PM10 (partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro aerodinámico es menor que 10 μm) con tasas de conversión a tecnologías limpias de 10% anual o superiores. Sin embargo, es necesario establecer políticas ambientales y la legislación correspondiente para la conversión a energías limpias tanto de las fuentes móviles como de las fijas. El modelo usado no considera los efectos económicos de la conversión, ni las inversiones gubernamentales para la implementación del modelo. (Sánchez et.al 2022. P, 16).

Los autores indican que el estado del medio ambiente es uno de los principales parámetros que caracterizan la calidad de vida de la población. En las últimas décadas, ha habido una relación cada vez más estrecha entre el desarrollo de la economía y los cambios en el medio ambiente, la influencia mutua tanto de la ecología en el desarrollo económico como de los resultados de la actividad económica en el estado del medio natural es cada vez mayor (Sánchez et.al 2022). En una situación ambiental en constante deterioro, el grado de influencia de la ecología sobre la salud y la calidad de vida de la población aumenta en consecuencia. La población del país en su conjunto es un factor importante en el desarrollo del capital humano y el

crecimiento de la productividad laboral, lo que, a su vez, incide directamente en el desarrollo económico (Salvador & Llanes, 2021).

Las herramientas de software de simulación han evolucionado a lo largo de varias generaciones, pero el objetivo principal de todas estas herramientas es la reducción la complejidad de crear implementaciones de software de modelos de simulación (Sánchez et.al 2022). Las modernas herramientas de software de simulación le permiten automatizar el proceso de creación de un modelo mediante el uso de varios componentes a partir de los cuales se construye el modelo, así como una interfaz gráfica y organizar experimentos con el modelo (Salvador & Llanes, 2021).

Construir modelos informáticos y realizar experimentos de simulación utilizando informáticos especializados (Arena, AnyLogic, GPSS World, VisSim). Los entornos de simulación no requieren programación en forma de secuencia de comandos. En lugar de escribir un programa, los usuarios construyen un modelo a partir de módulos de gráficos de biblioteca y/o completan formularios especiales. Por regla general, el entorno de simulación proporciona la capacidad de visualizar el proceso de simulación, permite el análisis de escenarios y la búsqueda de soluciones óptimas (Sánchez et.al 2022).

Los autores tuvieron en cuenta la inclusión de herramientas de modelado de simulación en sistemas informáticos matemáticos estándar (por ejemplo, el paquete Simulink de los sistemas Matlab, Mathcad, Mathematica). Son entornos de software diseñados para realizar una variedad de cálculos matemáticos y técnicos, brindando al usuario herramientas para trabajar con fórmulas, números, gráficos, texto, incluyen herramientas para el manejo de variables, entrada y salida de datos, y también están equipados con una interfaz gráfica (Sánchez et.al 2022).

También en el campo del modelado de simulación, se pueden distinguir cuatro paradigmas de modelado principales, que se utilizan como modelos para construir: sistemas dinámicos, dinámica de sistemas, modelado de eventos discretos, ingeniería de sistemas multiagente (Sánchez et.al 2022).

Finalmente identificaron una serie de herramientas de software centradas en estos enfoques: Sistemas dinámicos (Matlab), dinámica del sistema (iThink, PowerSim), modelado de eventos discretos (Arena, GPSS World), sistema multiagente (AnyLogic) (Sánchez et.al 2022). Aquí cabe señalar que en la actualidad esta clasificación se está volviendo en gran medida condicional, ya que las herramientas modernas de modelado integrado cubren tanto los sistemas dinámicos como la dinámica de sistemas, el modelado de eventos discretos y los sistemas multiagente (por ejemplo, AnyLogic). Pero todavía hay muy pocas herramientas de software de este tipo en el mercado, y la más representativa es un grupo de sistemas de simulación centrados en sistemas discretos (Sánchez et.al 2022).

Como resultado del estudio los autores sugieren que el gobierno debe desarrollar una política que establezca un límite estricto en la cantidad de emisiones de gases nocivos. Esto se debe a que la principal contaminación del aire la producen las fábricas, al reducir la cantidad de aire nocivo, la contaminación se puede reducir significativamente (Sánchez et.al 2022).

Los estudios abordados en la presente investigación, conducen no solo a identificar las herramientas tecnológicas e informáticas desarrolladas en relación al estudio del cambio climático sino también a la gestión del mismo, por ejemplo Mancera (2021) en su “Propuesta Para La Implementación De Una Herramienta De Mejora Para El Registro, Control Y

Seguimiento De La Información Del Sistema De Gestión Ambiental De La Universidad Santo Tomás Colombia”,

Mediante la estipulación de tres fases se pretendió llevar a cabo el desarrollo del proyecto. Comenzando con una fase diagnóstica, en la cual se identificó información disponible y faltante para posteriormente organizarla cronológicamente y consolidar una línea base. En la segunda fase se determinó la herramienta Google Data Studio, para la modelación de la información obtenida, dicha herramienta se destacó debido a la facilidad en la organización de información robusta, el manejo eficiente de gran cantidad de datos y la generación de informes claros y concisos. La tercera y última fase fue la evaluación mediante la generación de informes e interpretación de gráficos arrojados por Data Studio acerca del desempeño del SGA de la institución (P, 10).

Esta herramienta presenta los resultados de la investigación de forma dinámica, los mismos datos se pueden presentar en forma de tabla o de gráfico; todos los datos son interactivos, al pasar el cursor sobre el gráfico se muestran valores numéricos; se pueden seleccionar el intervalo de fechas deseado para mostrar (Mancera, 2021). El sistema de gestión ambiental (SGA) es una parte del sistema de gestión general de la organización, destinado a la formación e implementación de la política ambiental y la gestión de sus aspectos de actividad, con base en un enfoque sistemático (Mancera, 2021). La alta dirección, al integrar el SGA en los procesos de negocio, la estrategia y la toma de decisiones, puede identificar riesgos, aumentar la capacidad de prevenir o reducir el impacto negativo sobre el medio ambiente, que tiene consecuencias estratégicas, mejorar su desempeño e económico y lograr los resultados planificados (Mancera, 2021). El sistema de gestión ambiental mediado por Google Data Studio

ayuda a determinar la responsabilidad en la toma de decisiones en temas de seguridad y elimina incertidumbres, asegurando así que las decisiones sean tomadas en tiempo y forma por las personas responsables y calificadas.

En conclusión los referentes abordados en la monografía indican que la ingeniería de software garantiza el surgimiento de productos de software seguros, confiables y de alta calidad que no pierdan estas propiedades durante todo el período de operación. Primero se diseñan, luego se escriben, prueban y mantienen en el curso de la resolución de problemas de los usuarios. Muchos problemas pueden resolverse utilizando desarrollos ya existentes o sus combinaciones. Y si actúa por delante de la curva, entonces la aparición de algunas dificultades se puede evitar por completo. Por lo tanto, diseñar buenos sistemas de software requiere un plan planificado previamente para que no haya problemas en el futuro (Salvador & Llanes, 2021).

Al desarrollar software, los ingenieros intentan anticipar todos los escenarios posibles y probarlos. En primer lugar, se comprueba el funcionamiento de la aplicación en modo normal, sin incidencias, y luego se realizan pruebas de posibles fallos y errores. A veces, los programadores escriben código para simular estas situaciones problemáticas y luego escriben el código principal que pasa con éxito el modo de prueba.

Aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá.

En esta fase se indican los aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá, para el control y seguimiento del cambio climático, describiendo los principales aportes de la ingeniería de sistemas en el compromiso del cuidado del medio ambiente, derivado del estudio documental. En primer lugar, en enfoque de sistemas en el desarrollo de software es una metodología compleja para resolver los problemas de desarrollo y gestión de sistemas el cual se ve reflejado en el Apendice B. Enfoca la atención en el panorama general y el objetivo final, la percepción de las propiedades de los sistemas como un todo, en lugar de partes individuales. De acuerdo con Delgado & Díaz (2021), una visión integrada de la situación es eficaz para tener en cuenta los siguientes factores: Objetivos y criterios de eficacia del sistema en su conjunto; limitaciones del entorno y del sistema; recursos del sistema; elementos del sistema, sus funciones, propiedades e indicadores de desempeño; interacción entre elementos; gestión del sistema.

Los sistemas creados por humanos logran sus objetivos al transformar los datos de entrada en datos de salida. Los datos de entrada pueden ser materias primas, recursos, información o acciones necesarias para operar el sistema y alcanzar los objetivos. Esto puede incluir factores controlables como mano de obra, materiales, información, capital, energía, así como factores incontrolables como el clima y las características ambientales. Los datos de salida son el resultado final del trabajo y el propósito de usar el sistema (Sánchez, 2022).

El sistema transforma los datos de entrada en datos de salida a través de procesos. Una acción importante del enfoque de sistemas es la creación y uso de procesos que produzcan efectivamente los resultados deseados y cumplan con las metas del sistema. La ingeniería de

sistemas es una actividad interdisciplinaria y tiene como objetivo crear de manera eficiente una variedad de sistemas para satisfacer las necesidades complejas de una serie de industrias o un grupo de consumidores con intereses comunes (Vargas & Restrepo, 2018).

La metodología incluye la formación de la especificación de las propiedades necesarias del sistema (requisitos), los principios de organización de un sistema a gran escala (arquitectura del sistema), la definición de flujos y eventos que tienen lugar entre el sistema y los elementos en su entorno (integración), así como las relaciones entre los elementos arquitectónicos a gran escala que componen el sistema (interfaces), y la selección de enfoques y tecnologías clave a través del análisis de optimización del mercado (investigación de mercado) (Delgado & Díaz, 2021).

La ingeniería de sistemas está en constante evolución, el alcance de la investigación se está expandiendo desde las actividades de ingeniería tradicionales a los campos sociales, tecnológicos y económicos, incluidas las actividades científicas, empresariales, militares, económicas, sociales, agrícolas, administrativas, ambientales y legales. Hoy, cada línea de actividad diaria puede verse como un sistema. Los enfoques de ingeniería de sistemas se pueden utilizar para mejorar la productividad social y la calidad de vida (Sánchez et.al, 2022).

Además es posible distinguir entre sistemas naturales y sistemas creados por el hombre, los sistemas naturales surgieron como resultado de procesos naturales por ejemplo, organismos animales, naturaleza, sistemas planetarios. Los sistemas creados por humanos están controlados por humanos o sistemas automatizados por ejemplo, sistemas de suministro de energía municipal, redes informáticas, ascensores, telefonía móvil, organizaciones médicas. Los sistemas naturales se pueden entrelazar con los sistemas creados por el hombre. Ejemplo: la formación de un embalse artificial mediante la construcción de una presa en un río (Delgado & Díaz, 2021).

Uno de los componentes clave del enfoque de sistemas son las partes interesadas asociadas con el sistema. Son cualquier persona o grupo que influye en el sistema de una forma u otra. Entre ellos pueden estar financieros, clientes, compradores o agentes para la compra de un producto o servicio, personas encargadas de la supervisión y regulación de productos o servicios, su certificación, accionistas de la empresa, etc. Los interesados están fuera del sistema. Las partes interesadas deben distinguir entre sus funciones. Por ejemplo, el propietario de un automóvil puede desempeñar varios roles de partes interesadas, como propietario, conductor, pasajero, prestamista, etc.

Las partes interesadas verán el mismo sistema de manera diferente según el papel que desempeñen. Por ejemplo productos de software que implementan métodos de cálculo para evaluación de impacto ambiental, este tipo de programa está muy extendido. En la mayoría de los casos, se utilizan tanto al realizar un inventario de fuentes de emisiones contaminantes como al calcular las emisiones actuales durante un período. Los métodos implementados suelen ser bastante simples y su parte de cálculo contiene una o dos fórmulas matemáticas simples, sin embargo, una gran cantidad de información de referencia sobre coeficientes tabulares, la conveniencia de almacenar los parámetros de cálculos realizados anterior de información, al crear informes bien sustentados en los cálculos realizados hacen que este tipo de programa sea muy popular (Delgado & Díaz, 2021).

Estos programas son ampliamente utilizados tanto por organizaciones de diseño como por especialistas ambientales. Sin embargo, son de gran interés para los desarrolladores. Como muestra la práctica, los ecologistas empresariales a menudo no utilizan programas adquiridos. A la hora de trabajar, basta con que introduzcan de forma independiente en tablas de MS Excel las fórmulas de conversión para obtener las emisiones trimestrales o anuales. Las excepciones

suelen ser los programas de cálculo de emisiones de calderas y vehículos, que permiten automatizar y gestionar eficazmente la información, donde no solo se obtiene datos, sino también las gráficas y curvas de análisis, prospectivas a futuro e incluso estrategias de mitigación, todo gracias a la integración de diversos aplicativos en dichos sistemas integrales (Camacho, 2021).

De acuerdo con lo analizado en los referentes bibliográficos que componen la monografía, se puede concluir que los buenos códigos de software son claros, fáciles de leer, se les agregan nuevos elementos, funcionan muy bien con otros programas, el mantenimiento de este software no crea un dolor de cabeza. Al crear tales códigos, las soluciones engorrosas elegidas por algunas razones personales son inaceptables. Uno de los principios más importantes de la ingeniería de software es la capacidad de actualizar constantemente un producto, que se establece en la etapa de su diseño inicial. Las aplicaciones se están expandiendo a medida que los usuarios exigen nuevas funciones y desean una usabilidad aún mayor (Vargas & Restrepo, 2018).

La calidad del software no se limita únicamente a su funcionalidad inicial, sino que también se relaciona con su capacidad para evolucionar y adaptarse a lo largo del tiempo. En este sentido, la mantenibilidad juega un papel crucial. Las aplicaciones digitales desarrolladas en Bogotá suelen ser diseñadas con un enfoque en la facilidad de mantenimiento, lo que implica la capacidad de realizar cambios y actualizaciones de manera eficiente. Esto se logra a través de prácticas de desarrollo de software como la modularidad, la documentación clara del código, la adherencia a estándares de codificación y la utilización de patrones de diseño que faciliten la extensibilidad y la flexibilidad del software. La mantenibilidad no solo garantiza que el software pueda adaptarse a nuevas necesidades y requerimientos, sino que también contribuye a reducir los costos y los riesgos asociados con su mantenimiento a largo plazo.

Dada la naturaleza dinámica de las necesidades tecnológicas y el crecimiento potencial de la base de usuarios, la escalabilidad es otro aspecto fundamental de la calidad del software. Las aplicaciones digitales desarrolladas en Bogotá suelen ser diseñadas teniendo en cuenta la capacidad de escalar tanto horizontal como verticalmente, lo que significa que deben ser capaces de manejar un aumento en el número de usuarios y la carga de trabajo sin comprometer su rendimiento o disponibilidad.

Esto se logra mediante la implementación de arquitecturas escalables, el uso de tecnologías de infraestructura flexible, como la computación en la nube, y la optimización de algoritmos y bases de datos para mejorar la eficiencia y la capacidad de respuesta del sistema ante un mayor volumen de datos y solicitudes. La escalabilidad garantiza que las aplicaciones digitales puedan crecer y adaptarse a medida que evolucionan las necesidades y exigencias de los usuarios, sin comprometer su calidad ni su experiencia de uso.

El beneficio del software se manifiesta en el momento de la interacción de sus componentes entre sí, cuando intercambian datos y producen el resultado deseado. Todo esto debe tenerse en cuenta al diseñar los programas. ¿Qué eventos rastrearán? ¿Qué mensajes intercambiar con el usuario? ¿Cómo se organizará la autorización? Para ello, debe tener acceso a las entrañas del sistema para detectar la ocurrencia de esta situación en cualquier momento, y la capacidad de verificar los resultados obtenidos del trabajo de cualquier parte del sistema (Salvador & Llanes, 2021).

De acuerdo con lo anterior y a la experiencia como Ingeniero de Sistemas durante la formación académica se determina la siguiente tabla con los aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá.

Tabla 18

Aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá.

Criterio	Definición
Innovación tecnológica	El desarrollo de nuevas tecnologías y soluciones digitales que abordan desafíos específicos relacionados con el cambio climático.
Integración de datos y sensores	La capacidad de integrar datos provenientes de múltiples fuentes, incluyendo sensores ambientales, estaciones meteorológicas y bases de datos, para obtener una visión completa y precisa del estado del medio ambiente.
Participación ciudadana	La involucración activa de la comunidad en la recopilación de datos, monitoreo ambiental y toma de decisiones relacionadas con el cambio climático.
Colaboración interinstitucional	La cooperación entre diferentes entidades gubernamentales, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y otros actores en la búsqueda de soluciones integrales y efectivas para abordar el cambio climático.
Enfoque en la resiliencia	La orientación hacia la creación de comunidades más resilientes y preparadas para enfrentar los impactos adversos del cambio climático y adaptarse a ellos.
Monitoreo y seguimiento	La capacidad de monitorear de manera continua y sistemática las variables ambientales clave, como la calidad del aire, las emisiones de gases de efecto invernadero y la temperatura, para evaluar el progreso y tomar medidas correctivas según sea necesario.
Escalabilidad	La capacidad del software para crecer y adaptarse a medida que aumenta el volumen de datos o la cantidad de usuarios, manteniendo al mismo tiempo su rendimiento y eficiencia.

Usabilidad	La facilidad de uso y la experiencia del usuario al interactuar con el software, garantizando que sea intuitivo, accesible y satisfactorio de utilizar.
Fiabilidad	La capacidad del software para funcionar de manera consistente y sin errores, asegurando que los usuarios puedan confiar en su correcto funcionamiento en todo momento.
Seguridad	La protección de los datos y la privacidad de los usuarios, garantizando que la información sensible esté protegida contra accesos no autorizados y ataques cibernéticos.

Nota: Esta tabla muestra los aspectos más relevantes del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Bogotá.

Tabla 19

Propuesta del formato de aspectos más relevantes

Elaborado por:	Carlos Alberto Alvis Rodríguez
Fecha:	2024
Aspecto	Propuesta
Innovación Tecnológica	Desarrollar nuevas tecnologías y soluciones de software innovadoras para abordar desafíos específicos relacionados con el cambio climático, como sistemas de modelado predictivo y análisis de datos en tiempo real.
Integración de Datos y Sensores	Implementar sistemas de software capaces de integrar datos provenientes de múltiples fuentes, como sensores ambientales y estaciones meteorológicas, para proporcionar una visión holística y precisa del estado del medio ambiente.

Participación Ciudadana	Diseñar aplicaciones interactivas y plataformas digitales que fomenten la participación activa de la comunidad en la recopilación de datos ambientales, el monitoreo colaborativo y la toma de decisiones colectivas sobre medidas de mitigación y adaptación al cambio climático.
Colaboración Interinstitucional	Desarrollar sistemas de software interoperables y plataformas de colaboración que faciliten la comunicación y la cooperación entre diferentes entidades gubernamentales, instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y otros actores en la implementación de estrategias y políticas relacionadas con el cambio climático.
Enfoque en la Resiliencia	Incorporar principios de diseño robusto y flexibilidad en el desarrollo de software para garantizar la resiliencia de las aplicaciones frente a condiciones ambientales cambiantes y eventos extremos relacionados con el cambio climático.
Monitoreo y Seguimiento Continuo	Desarrollar sistemas de monitoreo y análisis de datos en tiempo real que permitan una evaluación continua y precisa de variables ambientales clave, facilitando la detección temprana de tendencias y la toma oportuna de medidas correctivas.
Escalabilidad y Usabilidad	Diseñar aplicaciones escalables y de fácil uso que puedan adaptarse al crecimiento de la carga de trabajo y la demanda de usuarios, priorizando una experiencia de usuario intuitiva y satisfactoria.

Fiabilidad y Seguridad	Implementar medidas de calidad de software y protocolos de seguridad robustos para garantizar que las aplicaciones funcionen de manera confiable y segura, protegiendo la integridad de los datos y la privacidad de los usuarios.
------------------------	--

Nota. Esta tabla muestra la propuesta del formato de aspectos más relevantes de los estudios abordados.

Además, cuando los ingenieros de software desarrollan sus sistemas, están seguros de probar su trabajo en las condiciones más increíbles: en computadoras con diferentes recursos, en cualquier parte del mundo, en todo tipo de pantallas. Por ejemplo, si está desarrollando una aplicación de navegador, debería funcionar en todos los navegadores (Ramírez et.al, 2021).

Del mismo modo, en esta fase se logró identificar que con el tiempo, las principales áreas de la ingeniería de software se han codificado y se han puesto bajo influencia en todas las naciones. Para cada proyecto, teniendo en cuenta sus características y características técnicas, siempre es posible elegir procedimientos estándar que regulen ciertos procesos. En base a ellos, se crean perfiles para tipos similares de proyectos y/o empresas. La producción de productos de software se ha puesto durante mucho tiempo en una estructura industrial debido al hecho de que los procesos de estandarización y certificación se han establecido firmemente en la ingeniería de software (Delgado & Díaz, 2021).

En cada uno de los referentes estudiados los estándares de ingeniería de software más famosos aplicados en sus proyectos fueron:

ISO/IEC 12207 - Tecnología de la información - Procesos del ciclo de vida del software - Procesos que ocurren durante la operación de las herramientas de software. El estándar incluye definición de conceptos básicos como producto de software y ciclo de vida del producto de

software. SEI CMM - Modelo de Madurez de Capacidad (para Software) - un modelo del grado de profesionalismo en el desarrollo de software. El estándar contiene información sobre cuál debe ser el nivel de profesionalismo en el desarrollo de software (Martínez & Castro, 2019) .

PMBOK - Project Management Body of Knowledge - Estándar para la gestión de proyectos. SWBOK - Cuerpo de conocimientos de ingeniería de software - Estándar de ingeniería de software. Incluye descripciones de direcciones por secciones (áreas de conocimiento) de ingeniería de software. ACM/IEEE CC2001 - Currículo de Computación 2001, Estándar Educativo Académico en Ciencias de la Computación. Incluye cuatro secciones principales: Informática, Ingeniería informática, Ingeniería del software y Sistemas de información, para cada una de las cuales se definen áreas de conocimiento, composición y planes de cursos recomendados (Delgado & Díaz, 2021).

Por otra parte, luego de la lectura y estudio cuidadoso de los referentes bibliográficos se identificaron como metodologías de desarrollo de software más sobresalientes las siguientes:

Entre las metodologías se encuentra el modelo Incremental: los beneficios de un modelo de desarrollo de software incremental incluyen la capacidad de evaluar y prototipar rápidamente la funcionalidad, ser más flexible con los requisitos cambiantes, implementar funciones tempranas más rápido y poder mejorar gradualmente el producto en función de los comentarios de los clientes y usuarios (Castellanos, 2017). El modelo incremental también le permite administrar el riesgo de manera más efectiva, ya que el riesgo de cambiar los requisitos o la implementación incorrecta de la funcionalidad se limita solo al incremento actual, y no a todo el proyecto como un todo. Otra ventaja del modelo incremental es la capacidad de lanzar productos mínimos viables (MVP) antes, que pueden introducirse rápidamente en el mercado y comenzar a

generar valor comercial, incluso si aún no está listo un producto completamente funcional (Martínez & Castro, 2019).

El modelo iterativo de desarrollo de software es una metodología en la que el desarrollo del producto se lleva a cabo iterando ciclos de desarrollo, cada uno de los cuales incluye etapas de análisis, diseño, implementación y prueba. A diferencia del modelo clásico en cascada, en el que cada etapa se realiza secuencialmente y pasa a la siguiente solo después de completar la anterior, en el modelo de desarrollo iterativo, cada ciclo es un proceso iterativo independiente que puede repetirse varias veces hasta alcanzar el producto final (Gallego et.al, 2020).

Los principios fundamentales de los modelos de desarrollo de software abordados incluyen los siguientes: Mejora incremental: un producto se desarrolla y mejora de forma incremental a lo largo de varias iteraciones. Cada iteración agrega nuevas características o mejora las existentes. Comentarios: cada iteración implica comentarios del cliente, los usuarios u otras partes interesadas, lo que le permite ajustar los requisitos y la funcionalidad del producto en las primeras etapas de desarrollo. Flexibilidad: un modelo iterativo permite la flexibilidad para cambiar los requisitos y la funcionalidad del producto en función de los comentarios de los clientes y las necesidades cambiantes (Mancera, 2021).

Además, detección temprana y gestión de riesgos: cada iteración le permite identificar y gestionar los riesgos en las primeras etapas del desarrollo, lo que reduce la posibilidad de problemas importantes más adelante en el proyecto (Pílares et.al, 2018). Pruebas e integración incrementales: las pruebas y la integración de los componentes del producto se realizan en cada iteración, lo que permite que los errores y problemas se identifiquen y solucionen antes. Entrega rápida de valor: cada iteración puede incluir la entrega de un producto mínimo viable (MVP) u

otras piezas de funcionalidad, lo que le permite comenzar a obtener valor del producto desde el principio del desarrollo.

La principal ventaja del modelo de desarrollo de software aplicado en las investigaciones es la capacidad de responder rápidamente a los requisitos cambiantes del cliente, así como la detección temprana y la eliminación de errores y problemas en las primeras etapas de desarrollo. Además, el modelo iterativo permite una mayor flexibilidad en la planificación y el control del proceso de desarrollo, así como una entrega más rápida de valor al cliente (Ramírez, 2019).

A manera de cierre de esta fase, se obtuvo que las herramientas de software admiten procesos de flujo de trabajo de software, la cuales fueron aplicadas en los proyectos estudiados. Con su ayuda, se automatizan acciones simples, a menudo repetitivas, lo que libera al usuario del trabajo rutinario y le permite concentrarse en la implementación creativa de los procesos. A menudo, estas herramientas están diseñadas para admitir tecnologías de ingeniería de software específicas (propietarias), lo que reduce la carga administrativa asociada con su aplicación manual. Por ejemplo, CASE (Ingeniería de software asistida por computadora) es un conjunto de herramientas y métodos de ingeniería de software para el diseño de software (Torres, 2019). Los programas creados con este conjunto son de alta calidad, sin errores, muy simples y fáciles de mantener.

Principales debilidades del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Universidades de Bogotá, para el control y seguimiento del cambio climático.

En esta fase se presentan las principales debilidades del desarrollo de software y aplicaciones digitales creadas en Universidades de Bogotá, para el control y seguimiento del cambio climático. En primer lugar todos los sistemas tienen algún tipo de limitación que dificulta su capacidad para lograr determinados objetivos. Por ejemplo, las limitaciones en la construcción de un automóvil de pasajeros incluyen la eficiencia del combustible, el cumplimiento de las normas, la seguridad, el respeto al medio ambiente, la confiabilidad, la capacidad de mantenimiento, la conveniencia y la comodidad para el conductor y los pasajeros. Como regla general, los objetivos de un proyecto ejecutable deben lograrse dentro de las limitaciones de tiempo y presupuesto dadas. El sistema también tiene límites que definen el área de su existencia e interacción con otros sistemas, físicos, conceptuales, geográficos, etc. (Sánchez, 2022).

De acuerdo con Sánchez et.al (2022) se recomienda para futuras investigaciones, ampliar el modelo de simulación, teniendo en cuenta otros tipos de contaminantes como PM2.5, NOx, CO, SO2. También, agregar al modelo factores climáticos para que los tiempos de dispersión varíen dependiendo de la época del año (p 17).

En los sistemas desarrollados, son posibles los conflictos entre los objetivos de los subsistemas entrantes, lo que reduce la probabilidad de alcanzar los objetivos del sistema en su conjunto. La eliminación de dicho conflicto para lograr los objetivos del sistema como un todo se denomina integración del sistema (Delgado & Díaz, 2021).

Las propiedades más importantes de las aplicaciones que pueden distinguir el trabajo de un profesional de un aficionado son procesos de ingeniería de software tales como confiabilidad,

seguridad y protección. Los programadores experimentados son muy conscientes de que todas las soluciones que escriben deben ser seguras en primer lugar. La aplicación también debe ser resistente a entradas incorrectas, interacciones incorrectas y estados incorrectos. El software roto o corrupto debe repararse; esto sucede con los mejores sistemas. Si no se piensa en ello y no se prepara para un mal escenario, entonces no se está trabajando como ingeniero de sistemas, simplemente está escribiendo programas no seguros (Contreras, 2020).

Sin embargo, el modelo de desarrollo de software aplicado también tiene sus inconvenientes. Por ejemplo, puede requerir un mayor nivel de comunicación e interacción entre los desarrolladores, el cliente y otras partes interesadas. Además, debido a iteraciones repetidas y posibles cambios en los requisitos, el proyecto puede retrasarse en el tiempo y sobrepasar el presupuesto si el proceso de desarrollo no se gestiona adecuadamente, como resultado, el usuario no sabe cuál es el objetivo final y cuándo terminará el desarrollo (Ramírez et.al, 2019).

Finalmente, una vez analizada la literatura consultada se evidenció que no existe un número significativo del desarrollo de software aplicado al control y seguimiento del cambio climático en la ciudad de Bogotá, al filtrar las búsquedas no se hallaron resultados en gran cantidad y actualizados en relación a estudios realizados por Universidades de Bogotá sobre inteligencia artificial para analizar información de monitoreo, predecir fenómenos meteorológicos peligrosos, peligro de incendios en bosques, automatizar la toma de decisiones en tiempo real, detectar e identificar objetos de flora y fauna en un entorno complejo; teledetección de la Tierra y un vehículo aéreo no tripulado para reconocimiento, planificación para el uso y la reproducción eficientes, protección de los recursos naturales, protección del medio ambiente y control del cambio climático; la tecnología de Internet de las cosas, que se utiliza como parte del desarrollo de la red de observación para mejorar la eficiencia de la

recopilación y transmisión de datos desde puntos de observación fijos y móviles; *big data* y procesamiento de datos analíticos: para la acumulación, almacenamiento, análisis y procesamiento de datos en los sistemas de información móviles y plataformas digitales creados en Bogotá; sistemas para actualizar y crear una base de datos de una nueva generación de objetos naturales (ecosistemas), incluidos el subsuelo, cuerpos de agua, bosques, hábitats para objetos de vida silvestre, entre otros temas de interés para el desarrollo de la monografía.

Tabla 20

Matriz FADO con base a la muestra de las 10 universidades

Universidad	Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Universidad de los andes	F1. Experiencia en desarrollo de aplicativos móviles y web F2. Experiencia en análisis de ciclo de vida y modelado de simulación	O1. Potencial para liderar iniciativas de cálculo de carbono. O2. Oportunidad. Para desarrollar modelos de simulación para la acción de políticas ambientales.	D1. Recursos. para implementar proyectos a gran escala.	A1. Posibles cambios en. Políticas ambientales que podrían afectar la demanda de proyectos específicos.
Universidad Nacional de Colombia	F1. Conocimiento en análisis hidrológico y diseño de sistemas de alcantarillado. F2. Experiencia	O1. Demanda creciente de soluciones ante el cambio climático. O2. Interés en la valorización de aceite de cocina	D1. Posible falta de financiamiento para proyectos de investigación.	A1 Riesgo de cambios extremos en el clima que podrían afectar la viabilidad de los proyectos.

	en análisis de ciclo de vida.	usado como materia prima.		
Universidad de La Salle	F1 Acceso a datos y recursos dentro de la universidad. F2. Compromiso con la sostenibilidad ambiental.	O1. Potencial para liderar iniciativas de cálculo de huella de carbono.	D1. Limitaciones de personal especializado en proyectos ambientales.	A1. Competencia de otras universidades en proyectos similares.
Pontificia Universidad Javeriana	F1. Expertise en emisiones vehiculares y gestión ambiental. F2. Acceso a redes de investigación.	O1. Interés en estrategias de gestión ambiental para reducir la contaminación del aire.	D1. Posible falta de infraestructura para llevar a cabo mediciones precisas de emisiones.	A1. Resistencia de la industria automotriz u otros sectores a cambios regulatorios que podrían afectar la implementación de estrategias de gestión ambiental.
Universidad Santo Tomás	F1. Experiencia en implementación de sistemas de gestión ambiental. F2. Acceso a información	O1. Demanda de herramientas de mejora para el registro y seguimiento de información ambiental.	D1. Posibles limitaciones presupuestarias para implementar herramientas de mejora.	A1. Cambios en la administración universitaria que podrían afectar el apoyo a proyectos ambientales.

	interna de la universidad.			
Universidad Externado de Colombia	F1. Experiencia en evaluación de disponibilidad hídrica. F2. Conocimiento en regionalización de escenarios climáticos.	O1. Interés en evaluar la disponibilidad hídrica bajo diferentes escenarios climáticos.	D1. Posible falta de acceso a datos precisos para modelar escenarios climáticos.	A1. Incertidumbre política y económica en la región que podría afectar la financiación de proyectos de investigación.
Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD	F1. Experiencia en modelación ambiental. F2. Acceso a datos de vertimientos.	O1. Potencial para desarrollar modelos de simulación ambiental.	D1. Limitaciones de interacción presencial para colaboración en proyectos.	A1. Posibles conflictos sociales relacionados con los vertimientos que podrían afectar el desarrollo de proyectos.
Universidad de los Andes	F1. Experiencia en análisis de procesos de transferencia de calor.	O1. Oportunidades de investigación en energía geotérmica.	D1. Limitaciones de acceso a sitios de investigación en el extranjero.	A1. Riesgos asociados con la estabilidad política y económica en los sitios de investigación en el extranjero.

Nota. Esta tabla muestra la relación entre las debilidades, amenazas, oportunidades y fortalezas identificadas en la investigación monográfica.

Conclusiones

En los países desarrollados, se observa un progreso significativo en las actividades destinadas a la protección ambiental, marcado por una disminución gradual de los problemas asociados con las actividades industriales y el desarrollo de infraestructuras básicas. Sin embargo, aún persisten desafíos considerables, como la gestión adecuada de residuos, la reducción de daños ambientales ocasionados por el transporte y la necesidad de minimizar las emisiones contaminantes a la atmósfera. Estos desafíos no son ajenos a la ciudad de Bogotá ni al panorama ambiental de Colombia en su conjunto. La gestión de residuos, las emisiones nocivas a la atmósfera y la contaminación del agua continúan siendo problemas ambientales prioritarios en todo el mundo, y su resolución aún no se ha logrado definitivamente en ninguna región.

El análisis realizado en esta monografía se centró en identificar los principales software y aplicaciones digitales desarrollados por universidades en Bogotá D.C. entre los años 2017 y 2022, específicamente para el control y seguimiento del cambio climático. Este estudio permitió resaltar los aspectos más relevantes del desarrollo tecnológico en Bogotá en el ámbito del control ambiental, poniendo de relieve el importante papel que desempeña la ingeniería de sistemas en esta área.

Entre los aportes más significativos de la ingeniería de sistemas en el contexto del control ambiental se encuentran la protección del entorno, la reducción de emisiones contaminantes, la gestión de vertidos a cuerpos de agua, la prevención de la contaminación industrial del suelo y la promoción de prácticas sostenibles. Además, se destaca el impulso hacia el ahorro de recursos

naturales, la adopción de energías renovables y el desarrollo de tecnologías informáticas y analíticas para mejorar la eficiencia energética y la gestión ambiental.

No obstante, a pesar de los avances logrados, se identificaron algunas debilidades en el desarrollo de software y aplicaciones digitales en las universidades de Bogotá para el control ambiental y el seguimiento del cambio climático. Entre estas debilidades se incluye la falta de financiación suficiente para proyectos de tecnología informática, así como una producción científica limitada en el ámbito de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Además, se señala la necesidad de una mayor implementación de soluciones basadas en inteligencia artificial para monitorear y controlar los impactos de la contaminación ambiental y la actividad humana en el cambio climático.

Estas conclusiones subrayan la importancia de continuar promoviendo la investigación interdisciplinaria, la colaboración entre instituciones académicas y la inversión en tecnologías informáticas y de sistemas para abordar los desafíos ambientales y avanzar hacia un desarrollo sostenible en Bogotá, así como en toda Colombia. La integración de la ingeniería de sistemas y el desarrollo de software en la gestión ambiental puede ser clave para enfrentar los desafíos actuales y futuros relacionados con el cambio climático y la protección del medio ambiente.

Recomendaciones

Explorar modelos de financiamiento sostenible específicamente orientados al desarrollo de tecnologías informáticas y de ingeniería de sistemas aplicadas a la protección ambiental y el desarrollo de software. Esto implica identificar fuentes de inversión a largo plazo que puedan respaldar proyectos innovadores en estas áreas. Se deben considerar asociaciones con empresas comprometidas con la responsabilidad social, la creación de fondos específicos para proyectos ambientales relacionados con el desarrollo de software y la participación en programas gubernamentales y fondos internacionales destinados a la tecnología.

Fomentar la investigación científica centrada en el desarrollo de software y las aplicaciones digitales en el contexto de la protección ambiental y el cambio climático. Esto implica crear entornos propicios para la generación de conocimiento en el ámbito de las tecnologías de la información y la ingeniería de sistemas, con un enfoque especial en la aplicación de metodologías científicas robustas. Se deben establecer programas de investigación, promover la colaboración entre instituciones académicas y la industria, y participar activamente en redes científicas.

Realizar una evaluación detallada de los factores de sostenibilidad asociados con los proyectos de desarrollo de software y aplicaciones digitales para el control y seguimiento del cambio climático. Es importante examinar la viabilidad económica, social y ambiental a largo plazo de estas soluciones, considerando aspectos como la escalabilidad, la adopción por parte de la comunidad y la continuidad operativa. Esto garantizará que las soluciones desarrolladas sean efectivas y perdurables en el tiempo.

Desarrollar estrategias efectivas de difusión y divulgación de los resultados de la investigación en el ámbito del desarrollo de software y la ingeniería de sistemas aplicados a la protección ambiental. Esto implica la creación de informes técnicos, la participación en conferencias especializadas, la publicación en revistas científicas y la colaboración con medios de comunicación para llegar a una audiencia más amplia. La divulgación efectiva de los resultados garantiza que el conocimiento generado sea accesible y pueda ser utilizado por diversos públicos, promoviendo la implementación efectiva de soluciones tecnológicas para la protección del medio ambiente.

Al poner en práctica estas recomendaciones, se fortalecerá el papel de la ingeniería de sistemas y el desarrollo de software en la lucha contra el cambio climático y la promoción del desarrollo sostenible.

Referencias Bibliográficas

- Arias Gómez, J. (2021). Análisis multi-criterio para la selección de trenes de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso del agua. [trabajo de grado]. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/a73b04a0-daf4ee4-a0f9-5d712490f22f>
- Arroyave, M & Marulanda, F (2019). Ecoemprendimiento, sostenibilidad y generación de valor. Revista EAN, núm. 87, pp. 155-172. Universidad EAN. <https://www.redalyc.org/journal/206/20663246009/html/>
- Bautista, J., Sierra, Y., & Bermeo, J. P. (2022). Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en las Instituciones de Educación Superior. Produccion + limpia, 17(1), 169-186. <https://doi.org/10.22507/10.22507/pml.v17n1a10>
- Bustos, S., & Vicuña, D.. (2016). Decision making and adaptation processes to climate change. Ambiente & Sociedade, 19, 4. <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOCEX0004V1942016>
- Cabezas Parraga, J. D., & Chavarro Molina, M. A. (2020). Calculo de huella de carbono en la Universidad de La Salle sede Norte para la formulación de propuestas de prevención y mitigación de gases de efecto invernadero. [Tesis de Grado]. Universidad de la Salle. Bogotá. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1883
- Camacho, A & Valdés, M. (2019). La dimensión ambiental como fundamento para generar una asignatura básica en la carrera de ingeniería. Conrado, 15(66), 83-90. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000100083&lng=es&tlng=es.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000100083&lng=es&tlng=es)

Campo, L; Amar, P; Olivero, E & Huguet, S (2018). Emprendimiento e innovación como motor del desarrollo sostenible: Estudio bibliométrico (2006- 2016). Revista de Ciencias Sociales (Ve), vol. XXIV, núm. 4, Universidad del Zulia, Venezuela.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=28059581003>

Castellanos Gutiérrez, S. (2017). Análisis de Ciclo de Vida para los biorresiduos sólidos urbanos generados en la ciudad de Bogotá DC, Colombia. [TFM]. Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional De Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63078>

Conte, M, & D'Elia, V. (2018). Desarrollo sostenible y conceptos “verdes”. Problemas del desarrollo, 49(192), 61-84.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362018000100061&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362018000100061&lng=es&tlng=es)

Contreras, C. (2020). Modelación Ambiental del vertimiento generado por una fundación a la quebrada Santa Clara en el municipio de Tena Cundinamarca. [Tesis de Grado]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Ingeniería Ambiental. Bogotá, Colombia.

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/38789/cacontrerasro.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Córdova-Mendoza, P., Barrios-Mendoza, T., & Córdova-Barrios, I. C. (2021). Primera caracterización de emisiones contaminantes y la calidad del aire en Ica, Perú. Revista

- Cubana de Química, 33(1), 138-152. <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v33n1/2224-5421-ind-33-01-138.pdf>
- Corredor, DM. (2018). Emisiones de material particulado de los vehículos en Bogotá. Estrategias de gestión ambiental para su mitigación. Tesis de Grado.
<https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/38114>
- Delgado, L, & Díaz, M. (2021). Modelos de Desarrollo de Software. Revista Cubana de Ciencias Informáticas, 15(1), 37-51 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-18992021000100037&lng=es&tlng=es.
- Función Pública. (2017). Decreto 1412 de 2017.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=83247>
- Gallego, J. A. L., Marín, S. S., Romero, C., Montoya, J. F., Castrillón, L. F., & Pareja, S. R. (2020). Desarrollo de un aplicativo móvil y web que calcule la huella de carbono en el sector educativo y transporte. Lámpsakos, 23, 45.
<https://doi.org/10.21501/21454086.3302>
- Garín, A. L. (2019). Principios del derecho ambiental en el Acuerdo de París sobre Cambio Climático. Revista Derecho del Estado, 44, 195-226.
<https://doi.org/10.18601/01229893.n44.08>

- Gómez, M. L. O. (2018). Dinámicas de la construcción social del territorio de la localidad de Sumapaz (Bogotá, Colombia): entre los conflictos socioambientales y la resistencia campesina. Pampa. <https://doi.org/10.14409/pampa.v0i17.7699>
- González Castillo, Y. (2021). Evaluación del impacto en la calidad del aire generado por el aislamiento preventivo como medida frente al COVID-19 en tres ciudades de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80998/1030592627.2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Mancera, PA. (2021). Propuesta Para La Implementación De Una Herramienta De Mejora Para El Registro, Control Y Seguimiento De La Información Del Sistema De Gestión Ambiental De La Universidad Santo Tomás Colombia. Universidad Santo Tomás. [Tesis de Grado]. Programa De Ingeniería Ambiental Bogotá D.C. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/43361/2021paulamancera.pdf?sequence=1>
- Martínez, G., & Castro, Y. V. (2019). Planificación, gestión y control de la calidad del software. *Scientia et technica*, 24(4), 611. <https://doi.org/10.22517/23447214.9305>
- Mecón Torres, L. (2019). Propuesta para el cambio de metodología para el software ERN-huracán de CAPRA para el cálculo de la marea. [Trabajo de Grado]. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/d8e27b71-761e-4435-8e09-c8d83053a48a>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). Cambio Climático y Gestión del Riesgo. Política y Normativa. <https://www.minambiente.gov.co/cambio-climatico-y-gestion-del-riesgo/politica-y-normativa/>

Ministerio de Educación Nacional. (2023). Sistema Nacional de Información para la Educación superior en Colombia. <https://hecaa.mineduacion.gov.co/consultaspublicas/programas>

Montaña Molina, I. (2019). Disponibilidad hídrica, cambio climático y configuraciones territoriales en Tauramena, Casanare. Bogotá. [Trabajo de grado]. Universidad Externado de Colombia. <https://bdigital.uexternado.edu.co/entities/publication/fda24835-2175-493f-9218-b9bbf46471cf>

Muñoz Quintero, R. (2023). Análisis hidrológico de como producir hietogramas de diseño de sistemas de alcantarillado de aguas lluvias teniendo en cuenta el cambio climático. [TFM]. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/fe3429dd-481f-4fde-8ce9-63e8550c956e>

ONU. (2022). Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/factsheets/detail/drinking-water>

Pacheco, G. (2019). Cambio climático algunos aspectos a considerar para la supervivencia del ser vivo: revisión sistemática de la literatura. Revista Cuidarte, vol. 10, núm. 3. <https://www.redalyc.org/journal/3595/359562712007/html/>

Patiño, R. G. (2016). El estado del arte en la investigación: ¿análisis de los conocimientos acumulados o indagación por nuevos sentidos? Folios, 1(44), 165-179. <https://doi.org/10.17227/01234870.44folios165.179>

Pérez, E. (2017). El cambio climático, ¿ficción o realidad?...una percepción desde la comunidad internacional. Revista geográfica venezolana, 58(1), 198-213. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7350173>

Pernía, J; Palacios, L; Trasfi, M y Sanabria, M. (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible y Responsabilidad Social Universitaria: Alternativas para cambio climático y desplazamientos ambientales. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, vol. XXVIII, núm. 1, pp. 367-385. Universidad del Zulia.

<https://www.redalyc.org/journal/280/28069961026/html/>

Pilares Hualpa, I., Montalvo, N., Mejía, A., Guevara- Pérez, E., Fano M., G., & Alfaro A, R. (2018). Evaluación de la disponibilidad hídrica en la cuenca del río Cabanillas del Altiplano peruano bajo escenarios climáticos regionalizados. *Revista INGENIERÍA UC* , 25 (2), <https://www.redalyc.org/journal/707/70757669018/70757669018.pdf>

Pinzón, F. (2017). Reto del Hambre Cero: una estrategia de las Naciones Unidas, su relevancia en la agenda mundial y su trascendencia en Colombia. *Revista VIA IURIS*, (22) ,189-208. ISSN: 1909-5759. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=273954731011>

Ramírez-Bedoya, DL, Branch-Bedoya, JW, & Jiménez-Builes, JA (2019). Metodología de desarrollo de software para plataformas educativas robóticas usando ROS-XP. *Revista Politécnica* , 15 (30), 55-69. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a6>

Reyes B., H. (2020). Artículos de Revisión. *Revista médica de Chile*, 148(1), 103-108. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872020000100103>

Salazar Cuellar, D. (2019). Analisis de procesos de transferencia de calor en ambientes favorables para energía geotermica en Colombia, por medio de un sistema de baja

entalpia en St. Lawrence Lowlands, Québec, Canadá. [Trabajo de grado]. Uniandes.

<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/9c244552-36e9-48fa-af8e-cfecc4b28620>

Salvador Hernández, Y., & Llanes Font, M. (2021). Evaluar la calidad de los productos software del laboratorio de innovación pública. *Ciencias Holguín*, 27(4), 15-25.

http://www.ciencias.holguin.cu/index.php/cienciasholguin/article/download/1300/pdf_1

Sánchez Céspedes, J M., Gaona Barrera, A E., & Dallos Parra, D L. (2022). Modelo de Simulación Para Evaluación de Políticas Ambientales Mediante la Caracterización de la Contaminación del Aire en la Ciudad de Bogotá usando Dinámica de Sistemas.

Ingeniería y competitividad, 24(2), e21911573. Epub May 26, 2022.

<https://doi.org/10.25100/iyc.v24i2.11573>

Sánchez, C. (2014). El estado del conocimiento como estrategia para la elaboración de trabajos recepcionales en posgrado. Ponencia presentada durante el Congreso Internacional de Evaluación Educativa: Tlaxcala: Universidad Autónoma de Tlaxcala. México.

Torres Ulloa, P. (2019). Análisis de ciclo de vida del proceso de aprovechamiento y valorización de aceite de cocina usado en Bogotá como materia prima oleoquímica. [TFM]. Magister en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77282/Trabajo%20de%20Grado%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Trujillo, HF; Losada, JJ; Sánchez, E; & Vanegas, L (2021). Desarrollo sostenible en las empresas colombianas. Propuesta de evaluación basada en los niveles de alcance. *Producción y Limpia* 16 (1) , págs. 83-99. ISSN 19090455. DOI: 10.22507/PML.V16N1A5

Vargas-Franco, V., & Restrepo-Tarquino, I. (2018). Construcción de índice con inteligencia artificial para evaluar vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas andinas tropicales. Caso de estudio en Colombia. *Dyna-colombia*.
<https://doi.org/10.15446/dyna.v85n204.67048>

Villalobos Abarca, M; Karmelic Pavlov, V; & Néspolo Cova, M. (2016). Enseñanza de los Procesos en Ingeniería Software-vs-Competitividad de Empresas Creadas por Ingenieros Informáticos. *Formación universitaria*, 9(1), 03-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062016000100002>

Apéndices

Apéndice A

RAE (Resumen Analítico Especializado) Para el análisis de la literatura consultada.

RAE (Resumen Analítico Especializado)

Tipo de documento

Link de la base de datos

donde consulto el
artículo.

Título del documento

Autor(es)

Año de la Publicación

Palabras Claves

Resumen del texto

Objetivos

Análisis (punto de vista)

Elaborado por:

Fecha de elaboración del

Resumen:

Apéndice B

Propuesta de Aspectos Relevantes del Desarrollo de Software en Bogotá para el Control y Seguimiento del Cambio Climático

Elaborado por:

Fecha:

ASPECTO	PROPUESTA
Innovación Tecnológica	
Integración de Datos y Sensores	
Participación Ciudadana	.
Colaboración Interinstitucional	
Enfoque en la Resiliencia	
Monitoreo y Seguimiento Continuo	
Escalabilidad y Usabilidad	
Fiabilidad y Seguridad	