South American Publishing

SAP Land and Architecture. 2024; 3:110
doi: 10.56294/la2024110

REVISIÓN

Application of predictive models for territorial planning in Pasto, Colombia

Aplicación de modelos predictivos para la planificación territorial en Pasto, Colombia

Jheison Edilson Arteaga Quistial[1] ✉, Miguel Ángel Velásquez Bravo[1] ✉, Omar Alexander Revelo Zambrano[1]

[1]Universidad CESMAG, Facultad de Ingeniería, Ingeniería de sistemas. Pasto – Nariño, Colombia.

Cite as
Arteaga Quistial JE, Velásquez Bravo M Ángel, Revelo Zambrano OA. Application of predictive models for territorial planning in Pasto, Colombia. SAP Land and Architecture. 2024; 3:110. https://doi.org/10.56294/la2024110

Publication History
Submitted: 20-05-2023
Revised: 29-09-2023
Accepted: 05-01-2024
Published: 06-01-2024

Corresponding Author
Jheison Edilson Arteaga Quistial ✉

ABSTRACT

The research analysed urban growth in the city of Pasto between 2000 and 2022. The need to properly manage large volumes of data using technological tools that would allow for the organisation, analysis and prediction of urban expansion behaviour was identified. To this end, a predictive model was implemented, supported by software developed with open-source technologies such as Python and Laravel, with an interface based on HTML and CSS. This software facilitated the identification of growth patterns through data mining and multi-criteria analysis techniques. The project received institutional support from the University of Nariño, as well as the participation of teachers and researchers from the fields of engineering and architecture. In addition, data was collected both digitally and through fieldwork in order to build a reliable repository to feed the information system. The study showed that urban growth is a multifactorial process influenced by social, economic, demographic and political variables. Finally, it was concluded that the predictive model made it possible to determine interactive scenarios of urban expansion and offered an effective tool for territorial planning. The results confirmed that it is possible to apply methodologies such as EMC and information systems to support strategic decisions in urban planning.

Keywords: Data Mining; Expansion; Prediction; Urban Planning; Planning.

RESUMEN

La investigación analizó el crecimiento urbano en la ciudad de Pasto entre los años 2000 y 2022. Se planteó la necesidad de gestionar adecuadamente grandes volúmenes de datos mediante herramientas tecnológicas que permitieran organizar, analizar y predecir el comportamiento de la expansión urbana. Para ello, se implementó un modelo predictivo respaldado por un producto software desarrollado con tecnologías libres, como Python y Laravel, con una interfaz basada en HTML y CSS. Este software facilitó la identificación de patrones de crecimiento mediante técnicas de minería de datos y análisis multicriterio. El proyecto contó con el apoyo institucional de la Universidad de Nariño, así como con la participación de docentes e investigadores de las áreas de Ingeniería y Arquitectura. Además, se recopilaron datos tanto digitales como mediante trabajo de campo, con el fin de construir un repositorio confiable que alimentara el sistema de información. El estudio evidenció que el crecimiento urbano es un proceso multifactorial influenciado por variables sociales, económicas, demográficas y políticas. Finalmente, se concluyó que el modelo predictivo permitió determinar escenarios interactivos de expansión urbana y ofreció una herramienta eficaz para la planificación territorial. Los resultados confirmaron que es posible aplicar metodologías como la EMC y sistemas de información para apoyar decisiones estratégicas en el ordenamiento urbano.

Palabras clave: Minería de Datos; Expansión; Predicción; Urbanismo; Planificación.

© 2024; The Authors. This Open access article is distributed under the Creative Commons Attribution 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión de la información se ha convertido en un elemento importante para la toma de decisiones en diferentes sectores de las ciudades. La generación de grandes volúmenes de datos es sumamente relevante en los diferentes estudios que se pueden desarrollar en muchas disciplinas, siempre destacando que dicha información debe ser fiable y de valor, por ende; la gestión de la información no solo se denota en la organización y el acceso a datos, sino también al proceso de análisis de estos de forma segura, óptima y rápida.[1,2,3,4,5,6]

Es necesario entender que grandes volúmenes de información muchas veces son difíciles de gestionar de manera segura, óptima y rápida puesto que muchas veces dicha información no es veraz, válida o coherente, por ello hay la necesidad de aplicar técnicas relacionadas con los campos del aprendizaje automático que permitan organizar y clasificar la información de manera depurada con la finalidad de dar una predicción de resultados futuros acerca del crecimiento urbano de la ciudad de Pasto, permitiendo así visualizar resultados finales a través del análisis. Contemplando el análisis en el proceso investigativo, la analítica de datos y la importancia de la recolección de información de forma veraz y compacta son un gran referente para tener un buen desarrollo y comprensión de la situación entre los periodos 2000 y 2022.[7,8,9,10,11]

La información consiste en un conjunto de datos relacionados con un evento, hecho o fenómeno, los cuales; cuando se organizan en un contexto específico, adquieren un significado. Su finalidad es disminuir la incertidumbre o enriquecer el entendimiento sobre un tema.[12] En este sentido, se busca desarrollar un repositorio de datos urbanísticos sobre la ciudad de Pasto que facilite la comprensión de su crecimiento en relación con el desarrollo urbano. Este repositorio permitiría ofrecer una visión clara y estructurada del crecimiento urbano de Pasto, permitiendo así un análisis más profundo de su evolución a lo largo del tiempo.

Ciertamente, las tecnologías de la información (TI) radican en se refiere a la totalidad de aspectos concernientes a la transformación, conservación, salvaguarda, tratamiento y transmisión de datos. Se utiliza para englobar cualquier tecnología que habilite la gestión y comunicación de información[12] por tanto se pueden desarrollar procesos de información respaldados en herramientas computarizadas que brinden soluciones reales y factibles para los cambios y dinámicas que la ciudad de hoy representa.

La analítica y la implementación de un buen repositorio de información ayuda a realizar un producto software el cual permita dar un panorama claro de lo que se ha logrado en el proceso de investigación , recolección y filtración de la información , adicionalmente permitirá predecir que zonas son áreas de potencial espacio esto será posible mediante la implementación de redes neuronales, por tanto se tiene "el grupo de investigación de la Universidad Eafit Research in Spatial Economics (RISE) desarrolló dos productos: el software Urban Pixel, un algoritmo que pronostica el crecimiento de las ciudades y su población; y el módulo Newton, que toma los datos de crecimiento y los usa para calcular la demanda de agua en las distintas áreas geográficas. "[13] Se puede deducir que el crecimiento a través de herramientas tecnológicas ya es una realidad y por lo tanto también una necesidad, "Consideramos que estos modelos de crecimiento urbano son una herramienta importante para que las autoridades públicas puedan tener una mejor idea sobre hacia dónde van sus ciudades y puedan tener más tiempo para planificar y diseñar las acciones necesarias para anticiparse a ese crecimiento", manifestó Juan Carlos Duque, profesor del Departamento de Ciencias Matemática de EAFIT e investigador de Rise[14], en consecuencia se puede determinar escenarios interactivos a partir crecimiento urbano en la ciudad de Pasto.

Viabilidad

Operativa

La investigación recibe respaldo en el ámbito de la gestión de recursos humanos por parte de profesores del programa de Ingeniería de Sistemas y del programa de Arquitectura. Conjuntamente, cuenta con el respaldo institucional y la colaboración de los grupos de investigación Alarife y Tecnofilia. Esta investigación se originó a partir del proyecto titulado "Análisis del crecimiento urbano en las zonas de expansión de Pasto 2000-2022: implicaciones del modelo territorial compacto propuesto por los planes de ordenamiento territorial en el planeamiento urbano, mediante modelo predictivo"[15], el cual obtuvo el primer puesto en la convocatoria de semilleros de investigación en 2022.

Técnica

Se emplearon técnicas de minería de datos y conocimientos acerca de Python para la creación de un modelo predictivo con la finalidad de extraer, almacenar información relevante y realizar predicciones futuras. Para el desarrollo del producto de software, se utilizó el framework Laravel para la gestión y estructuración del proyecto. La interfaz de usuario fue diseñada utilizando HTML, CSS y Bootstrap, lo que permitió no solo mejorar la apariencia visual, sino también garantizar una experiencia de usuario responsiva y accesible. El entorno de despliegue del servidor.

Económica

La recopilación de información para la investigación se realizará de forma gratuita; esto es posible puesto que ciertos datos se pueden obtener en Google Maps, Google Earth o diversas páginas que proporcionan información necesaria para el proceso investigativo. Se realizó trabajo de campo en ciertas áreas donde no se encontraba información en Internet, pero los costos de esto son mínimos. En la elaboración del producto software se utilizarán aplicativos libres, los cuales no tienen ningún costo tales como Python, CSS y HTML. Una vez que se haya realizado el producto en sí, el costo que se incurriría sería el del dominio web. Cabe mencionar que todos los recursos necesarios, serán financiados por los investigadores (Jheison Arteaga, Miguel Velázquez), presupuestando de igual manera las herramientas software y hardware que serán desarrolladas e implementadas.

Delimitación

Esta investigación se llevará a cabo en la ciudad de Pasto, en el territorio colombiano, enfocándose en el período de 2000 a 2022. Con el fin de recopilar y analizar datos de manera estratégica para garantizar su veracidad y validez. Enfocando diversas zonas residenciales como (edificios, conjuntos, condominios, viviendas), utilizando herramientas de mapeo digital y fuentes en línea para obtener información detallada. De igual manera, se realizarán encuestas a personas con conocimientos en la creación de viviendas, residentes locales y funcionarios municipales en el período especificado para así comparar la información y poder llenar la matriz que se viene realizando para el desarrollo del proyecto.

DESARROLLO

Antecedentes

Internacionales

En el proceso investigativo acerca del crecimiento urbano se puede destacar que no solo es un hecho que se desarrolla en Colombia como tal sino en gran parte de los países del mundo, para ello es necesario entender la importancia de conocer información relevante y útil acerca del crecimiento urbano, en este sentido se puede destacar algunas de las razones que pueden resolver las preguntas ¿Por qué? y ¿Para qué? conocer acerca de este tema de gran importancia, debido a que se puede denotar que surge una razón delimitada o sintetizada en la contextualización local basada en entender que la implementación de estrategias de crecimiento urbano y políticas de cada país son diferentes y no iguales para todos los países, esto es crucial para poder comprender el contexto local de cada país para lograr desarrollar enfoques efectivos y adecuados. Una segunda razón sería, la innovación y adaptación que promueve el estudiar el crecimiento urbano de diferentes países para lograr identificar innovaciones e implementar soluciones dinámicas y creativas apoyadas en herramientas tecnológicas capaces de brindar dichas soluciones. Finalmente, una tercera razón se la puede sustentar en el conocer diferentes contextos presentes en varios países acerca del crecimiento urbano importante en la previsión de errores ya que se puede lograr conocer los desafíos que han vivido diferentes países respecto a su crecimiento urbano permitiendo brindar información para prevenir el cometer nuevamente dichos errores con la finalidad de ayudar en el ahorro de recursos y minimizar los impactos negativos.

Expansión

En primer lugar, se tiene un documento investigado de Lincoln Institute of Land Policy en el 2016, el cual es un documento adoptado en la conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y desarrollo urbano sostenible, expuesto en Quito Ecuador en el año de 2016, dicho documento estratégico se ha venido desarrollando por muchos años a través de procesos investigativos el cual establece una visión global para el desarrollo urbano sostenible en todo el mundo proporcionando directrices para tratar con los desafíos y oportunidades que viven las ciudades en el siglo XXI, detallando que si hay una planificación urbana adecuada y una correcta gestión territorial de manera sostenible, se podrían abordar los desafíos o retos que representa el crecimiento urbano como tal destacando la participación ciudadana, donde las diferentes sociedades pueden estar presentes en la toma de decisiones y planificación urbana, entiendo de esta manera que los ciudadanos tienen un papel fundamental en la creación de ciudades sostenibles.[16]

De la misma forma, un estudio en el 2012 donde se explica un proceso investigativo que trata de examinar el fenómeno del crecimiento urbano en ciudades de todo el mundo abordando un total de 200 ciudades donde se logró tener una visión global de la expansión urbana, analizando los patrones y tendencias urbanas que hicieron posible el crecimiento urbano rápido de ciertas áreas o regiones identificando los factores clave que promovieron dicha expansión, adicionalmente se analizaron las diferentes políticas y estrategias de planificación urbana empleadas o implementadas en diferentes ciudades para gestionar la expansión, detallando la importancia de una correcta planificación junto con el respaldo de diferentes sectores como el social, económico, político, entre otros; con los cuales se puede abordar y tratar los desafíos urbanos que conlleva el crecimiento urbano.[17]

Es importante tener en claro que el crecimiento urbano puede tener impactos negativos o positivos en una zona como tal, para ello se han realizado una serie de estudios en muchos países que permiten identificar lo dicho anteriormente, un ejemplo de esto es el estudio realizado en el 2016 donde desarrolla procesos de la urbanización física, demográfica y sociocultural los cuales tienen muchos impactos en la zona periurbana que se encuentra entre la ciudad de Huancayo y el campo, detonando una amplia relación rural-urbana de las ciudades intermedias andinas y el potencial para la inclusión social y el desarrollo sostenible de las zonas periurbanas de Huancayo, donde se obtuvieron una serie de datos de las zonas cercanas de la ciudad determinando variables como población, crecimiento anual promedio y la proyección en diferentes años o períodos de tiempo obteniendo de esta forma que al norte del centro de la ciudad, en el lado geográfico izquierdo del río Shullcas se desarrolla un área residencial para la clase emergente media y un centro importante para instituciones privadas educativas. La creciente demanda de lotes ha resultado en un alza del precio para terrenos en los pueblos vecinos de Uñas y Vilcacoto, lo que a la vez aumenta la venta de terrenos agrícolas a constructoras.[18]

EMC

Por lo expuesto anteriormente, se puede agregar el hecho que para poder analizar el crecimiento urbano de una zona es necesario considerar los factores por los cuales se presenta un crecimiento o expansión urbana, por este motivo debe haber una metodología que permita considerar y evaluar dichos factores para tomar decisiones informadas y/o equitativas que logren generar un impacto positivo en la gestión del crecimiento urbano, la metodología que se habla es la EMC o evaluación multicriterio necesaria y útil en el desarrollo del proyecto para evaluar múltiples criterios que ayuden a identificar las zonas que verán un crecimiento urbano.

Considerando una metodología para evaluar los factores de crecimiento urbano se tiene el estudio realizado por Noelia Principi

en el 2021 donde se presenta la aplicación de una metodología de Evaluación Multicriterio (EMC) analizando diferentes criterios espaciales y los niveles de aptitud del uso del suelo para la expansión urbana en la ciudad de Luján. De igual manera se utiliza el método de comparación por pares de Saaty, conocido como Proceso de Análisis Jerárquico (Analytical Hierarchy Process – AHP), para realizar la ponderación de cada uno de los criterios.

Los resultados obtenidos evidencian diferentes niveles de aptitud para el uso del suelo urbano, destacándose el sector noroeste de la ciudad como un área con potencialidad para el desarrollo urbano. La EMC apoyada en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite analizar el espacio geográfico con fines de apoyo a su planificación, generando importantes posibilidades para mejorar el proceso de toma de decisiones espaciales.[19]

Continuando con la EMC implementada en la evaluación de múltiples criterios y la toma de decisiones en diferentes contextos o sectores sociales se tiene el estudio de Federico Benjamín en el 2013 donde se muestra un método, que, apoyado en propuestas científicas, ayuda en la planificación del uso sostenible del territorio. Dicho método se basa en los modelos de evaluación de la capacidad de acogida del territorio. Su fundamento es el desarrollo de una metodología de evaluación con una perspectiva amplia de la sostenibilidad rural y contempla la necesaria puesta en valor de los recursos naturales, la preservación del medio por su calidad ambiental y la minimización de los riesgos naturales. Con él se evaluará la implantación de edificaciones relacionadas con el proceso de urbanización difusa en los espacios rurales. Para ello se aborda la evaluación de las condiciones particulares del medio rural en orden a la mejor estimación de sus posibilidades y de su vulnerabilidad respecto a los riesgos naturales. Como resultado se ha realizado una evaluación basada en juicios de valor claramente definidos y en atributos concretos del territorio. Mediante este proceso se obtiene una capa de información que muestra una clasificación del espacio estudiado con una valoración asignada a cada parte del territorio en función de su capacidad para acoger los usos que han sido evaluados.[20]

Modelos predictivos

Para poder entender cómo la expansión urbana se desarrolla en una determinada zona se pueden utilizar e implementar modelos predictivos que pueden pronosticar y predecir el comportamiento en el futuro del crecimiento urbano como tal.

En la implementación de modelos predictivos en el proceso investigativo de la expansión urbana se tiene como ejemplo el estudio en el 2007 donde explica el uso de modelos predictivos para poder generar escenarios futuros y dinámicos de cambios de uso del suelo y la expansión o crecimiento que este podría presentar en un contexto de planificación territorial o la evaluación que puede generar el impacto ambiental, de tal forma se dice que con la implementación de modelos predictivos y la utilización de patrones de crecimiento del suelo a futuro resultan útiles al ser implementados con el uso de indicadores de sostenibilidad que pueden ayudar sustantivamente al reto del desarrollo sostenible de las naciones y más específicamente a la gestión ambiental del crecimiento urbano.[21]

El estudio realizado en 2014 explica que ante el impacto que la expansión urbana ejerce sobre una determinada zona y su población es necesario o crucial la utilización de técnicas de simulación que ayuden a elaborar escenarios dinámicos sobre la expansión urbana, por consiguiente se explica que el desarrollo que los modelos celulares y dinámicos (MBA) pueden funcionar como herramientas para tomar decisiones e implantarlas en el objeto de estudio para simular el crecimiento urbano en el Corredor del Henares que es una comunidad de Madrid en España, con esto se logra detallar que los modelos celulares son idóneos para realizar análisis espaciales con un enfoque urbano, especialmente en la simulación de escenarios futuros identificando los principales factores de expansión o en definir patrones de crecimiento.[22]

Sistema de información

Para el proceso investigativo del crecimiento urbano es importante encontrar las variables que pueden alterar o modificar su comportamiento, en el transcurso del proyecto se puede ir obteniendo gran cantidad de información que debe ser registrada, así que el proyecto requiere de un sistema de información que permita este proceso y que se ha alimentado con información que será depurada en un único repositorio mediante la identificación de las variables más significativas de la investigación.

En esta sección se tiene la investigación en el 2015 donde establece el sistema de información como un conjunto de funciones o componentes interrelacionados que forman un todo, donde se obtiene, procesa, almacena y distribuye la información obtenida durante procesos de análisis o de recolección de información que resulta útil para apoyar la toma de decisiones y el control en una organización, apoyando la coordinación, análisis de problemas, visualización de aspectos complejos.[23]

Se puede detallar que el sistema de información debe ser capaz de almacenar grandes volúmenes de información de manera óptima y segura, por consiguiente, se tiene la investigación de Grisel Castillo en el 2017 donde destaca la necesidad de mantener sistemas de información eficientes que faciliten la toma de decisiones y la identificación de los flujos de información útiles y de valor para una entidad teniendo en cuenta la seguridad de la información según las normas vigentes.[24]

Se puede añadir el hecho de la implementación de un sistema de información en la toma de decisiones al ya contar con información depurada, con esto se tiene el estudio de Carmen Cobeña en el 2018 donde resalta que el sistema de información puede ser útil en las operaciones.

empresariales, la gestión y la toma de decisiones, suministrando a las personas la información que necesitan mediante el uso de las tecnologías de la información.[25]

En el proceso del suministro de la información depurada en el sistema de información se tiene que dicha información debe ser actualizada, oportuna y de valor, a esto se puede considerar el estudio en el 2017 donde explica que, en entornos como la tecnología, la competencia y entre otros es importante que haya información actualizada y oportuna para la toma de decisiones, con el fin de crear estrategias que garanticen el correcto funcionamiento de una determinada entidad apoyando el procesamiento de datos.[26]

Es importante destacar que el sistema de información cuente con información útil, relacionada con el crecimiento urbano de la ciudad de Pasto y que a su vez sirva como proveedor para las personas que necesiten de dicha información, en esta parte se tiene la investigación en el 2014 donde se estudia el impacto que puede tener la utilidad de los sistemas de información destacando que dicha información sea de calidad para que los sistemas funcionen como proveedores de información y a su vez ayuden en la automatización de tareas detallando de esta manera la relación entre la automatización y la utilidad de los sistemas de información.[27]

Basándose en lo mencionado anteriormente, se tiene que el sistema de información es capaz de automatizar el análisis del crecimiento urbano de la Ciudad de Pasto, debido a que todo sistema de información cuenta con esa característica de automatización apto para administrar grandes volúmenes de información de manera óptima y segura. En este apartado se tiene el estudio en el 2004 donde explica que sistema de información es una combinación organizada de gran cantidad de datos que tiene un impacto significativo en el crecimiento o incremento de la productividad dentro de la organización.[28]

Mineria de datos

En el desarrollo del proyecto se procura implementar la minería de datos para el proceso de encontrar patrones y correlaciones en los datos que se están recolectando en el proceso investigativo para lograr predecir escenarios interactivos o dinámicos del crecimiento urbano en la ciudad de Pasto.

Un estudio realizado por Jaramillo Valbuena en el 2015 donde explica que la minería de datos se ha convertido en una herramienta utilizada en el análisis de los datos y de grandes volúmenes de información de modo que se pueda identificar y mostrar patrones de comportamiento sobre los datos y lograr la generación del conocimiento oculto sobre la información que antes se dificultaba compartir y producir por la complejidad de la información, un ejemplo de lo dicho anteriormente se la puede destacar en las estrategias de inteligencia de negocios y los modelos de predicción avanzada. Adicionalmente, se tiene el estudio en 2015 donde denota que la minería de datos conlleva un gran proceso de selección,[29] y la exploración y modelado de grandes volúmenes de datos son fundamentales para descubrir patrones eligiendo la técnica de clasificación para generar dichos modelos presentando un árbol con los diferentes atributos dando las mejores reglas de las interacciones de los estudiantes de la universidad politécnica nacional de Ecuador.[30]

Nacionales

Expansión

En un estudio realizado se ha logrado observar que las ciudades se expanden o crecen diariamente; áreas o zona que se consideraban y consideran inhabitables se espera que en el futuro sean habitadas, divididas, lotificadas y subdivididas por tanto se deduce que para el crecimiento de las ciudades no existen límite, no hay zona, por peligrosa que sea o por esencial para el equilibrio ambiental, que frene dicha expansión.[31]

EMC

Continuando con el estudio permite explicar métodos de análisis de decisión multicriterio (MCDA) sustentados en la evaluación multicriterio útil para la priorización de tecnologías desde una perspectiva gubernamental donde se realizó una búsqueda sistemática de criterios de decisión, que permitió la identificación, clasificación y evaluación de su importancia definiendo los componentes que enmarcan el modelo propuesto en la toma de decisiones futuras, que para estos estudios ayudan al sector salud, pero la metodología de evaluación multicriterio de los criterios de decisión sustentada en el estudio.[25] Puede ser tomada para el desarrollo del proyecto a la hora de priorizar los criterios y/o variables que se involucren con el crecimiento urbano de la ciudad de Pasto.[32] Se puede considerar también el estudio donde se destaca la importancia de incorporar los procesos de evaluación múltiples criterios en el análisis de un problema utilizando diversas dimensiones: socio-cultural, económica, ecológico-ambiental, u otras.[33]

Modelos predictivos

Una investigación realizada por Villamil et al.[34] se denota los cambios de cobertura y uso del suelo donde se establecen los modelos predictivos que constituyen una herramienta eficiente en el análisis que facilita la toma de decisiones para anticipar, prevenir y mitigar los efectos generados por dichos cambios. También se tiene el estudio donde cuenta que la expansión urbana produce una transformación sin precedentes en el uso de los suelos, por tanto, al no reconocer su dinámica e incidencia en la planificación sustentable se necesita de un modelo predictivo que ayude a tomar decisiones futuras que permitan conocer la planificación territorial y que esta sea sustentable cuando se presente un crecimiento urbano.[35]

Sistema de información

Considerando el estudio se relata la existencia de Sistemas de Información Geográfica (SIG), capaces de administrar grandes volúmenes de datos espaciales derivados de diferentes fuentes.[36] Adicionalmente, otro estudio relata que la aplicación tecnológica en el registro, gestión y procesamiento de datos es siempre necesaria en la automatización de procesos investigativos.[37] Finalmente, la investigación nos relata que la información que se tienen en los repositorios debe ser filtrada antes de ser suministrada a los sistemas de información para que dicha información sea verídica.[38]

Mineria de datos

Finalmente se tiene el estudio el cual se denota que la minería de datos es útil en el proceso de reconocimiento de patrones en grandes cantidades de datos, teniendo en primer lugar el “Entendimiento del negocio”, donde se analiza la información que se

suministra; en segundo lugar se tiene el "Entendimiento de los datos", donde se hace un análisis estadístico descriptivo de los datos; en tercer lugar la "Preparación de los datos" donde se perfilan las variables, se eliminan registros duplicados, se gestionan los valores nulos y se eliminan valores atípicos; en cuarto lugar se tiene el "Modelado", en donde se diseñan y aplican 3 modelos analíticos para el estudio de los datos correspondientes a un análisis de clustering, una selección de factores y una predicción, en quinto lugar se denota la "Evaluación" donde se mide el grado de confiabilidad y certeza de los modelos, finalmente se tiene la "Implementación" donde se concluye sobre los resultados obtenidos con los modelos analíticos, validando los resultados obtenidos como apoyo a la toma de decisiones.[39]

Regional

Expansión

Un estudio en la región de Nariño, se ha identificado una evolución socio-espacial del área urbana de Sotomayor comprendiendo el entorno donde la población se ha desarrollado identificando que los territorios presentan diferentes características y por ende no manifiesta dinámicas semejantes de crecimiento urbano.[40]

EMC

En la región de Nariño se han realizado múltiples investigaciones donde ejemplifican la zonificación por susceptibilidad a fenómenos de inundación en el área de influencia urbana y el crecimiento urbano, donde se implementó la técnica de Evaluación Multicriterio para poder visualizar las áreas involucradas, seleccionando los criterios necesarios asignándoles un peso, a partir de identificar cual es el de mayor peso en porcentaje a la variable de pendientes.[41] Otro estudio en la región de Nariño, se explica que la evaluación y jerarquización de variables son importante y necesarias para la toma de decisiones futuras donde se describen los métodos, criterios y conjuntos de datos que se deben tener en cuenta para lograr resolver la problemática planteada en la selección y ubicación de posibles zonas potenciales de distribución de café.[42]

Sistemas de información

Una investigación denota que el ofrecer más confianza para desarrollar, analizar y aplicar información en la toma de decisiones es útil siempre y cuando se aproveche y se tenga información de calidad, y verás.[43] Una siguiente investigación donde detalla la importancia de la confidencialidad de la información que se suministre a los sistemas de información, donde se debe mantener segura dicha información para que sea visible a los usuarios que la requieran.[44]

Mineria de datos

Finalmente se tiene el estudio donde se implementa la minería de datos consultando todas las fuentes de información publicadas y disponibles que contenga información relevante acerca del objeto de estudio a investigar.[45] Como último estudio se explica la extracción de patrones a partir de la información obtenida en fases de recolección o que se encuentre en diferentes repositorios utilizando técnicas de minería de datos para posteriormente ser registrada en un sistema de información.[46]

Supuestos teóricos de investigación

Para el desarrollo del proyecto se han destacado la formulación de supuestos teóricos sólidos para guiar el proceso investigativo del crecimiento urbano en la Ciudad de Pasto, por esta razón dichos supuestos se han agrupado de acuerdo al contexto donde se fundamentan, teniendo los contextos del objeto de estudio el cual es el crecimiento urbano, los datos obtenidos durante la investigación, el modelo predictivo que se implementara y el Software que apoyara o respaldará la gestión de la información; una vez identificados los contextos se tiene los supuestos como tal; teniendo los siguientes:

Supuestos del crecimiento urbano

Donde se asume que el crecimiento urbano es un proceso diverso y complejo influenciado por una serie de supuestos clave, como la infraestructura, la economía, la población, la política gubernamental, por ende, se puede suponer que es posible idear diferentes escenarios futuros de crecimiento urbano que se verían afectados por los cambios en los supuestos claves mencionados con anterioridad.

La infraestructura afecta el crecimiento o expansión urbana de las ciudades debido a la planificación futura por parte de las políticas públicas, denotando de esta manera que los cambios morfológicos en la estructura de las urbes inducen al crecimiento económico, mejorando el mercado laboral y el bienestar de las sociedades enfocándose en la ordenación de infraestructuras en la planificación territorial considerando las instalaciones físicas y los diferentes sistemas que ayudan o benefician el funcionamiento de una ciudad; como puentes, carreteras o servicios de atención médica y educación, generando impactos significativos en dichas sociedades. De esta manera enfocándose en la infraestructura de transporte, al lograr una planificación correcta de dicha infraestructura resulta favorable para las personas la movilización dentro de la ciudad esencial para la conexión de lugares de trabajo, viviendas o servicios permitiendo el crecimiento de áreas urbanas.[2]

Los procesos económicos que se desarrollan en las sociedades como la globalización económica generan cambios profundos en la utilización del territorio por distintos grupos sociales, experimentando de esta manera que los avances económicos, tecnológicos, y sistemas productivos producen transformaciones significativas desencadenando nuevas formas de expansión metropolitana, logrando una mayor diversificación de las actividades que se pueden desarrollar en una determinada ciudad, incluyendo de esta forma la expansión en sectores como la educación, tecnología, o territorio que puede dar lugar a un crecimiento más equilibrado y

diverso que resulta bidireccional debido a que influye los impactos entre economía y crecimiento urbano o viceversa.[7]

Enfocándose en la planificación urbana la cual se involucra directamente con la expansión urbana de las sociedades es importante señalar que se requiere de una participación ciudadana efectiva y activa, que sea capaz de promover y analizar la participación de la población en organizaciones sociales logrando entender de esta manera que la población no simplemente hace parte de la sociedad y que es el objeto de estudio del crecimiento urbano, sino que también la población se puede envolver directamente con temas o aspectos sociales que generen impactos en el expansionismo de las ciudades o sociedades, comprendiendo conjuntamente de esta forma que la densidad y tamaño de la población influyen radicalmente en la planificación urbana de las ciudades de modo que se deben desarrollar estrategias que ayuden con el ordenamiento de dichas sociedades, por tal motivo; es común el desarrollo de edificios o residencias adecuadas de gran altura que se usen o adecuen con áreas de menor densidad territorial, provocando el desarrollo urbano hacia áreas más extensas, entendiendo así, que la relación entre población y la expansión urbana es intrínseca lo que quiere decir que los cambios que se pueden presentar en una población pueden tener impactos a gran escala en la forma como una ciudad se expande o crece.

Las políticas públicas o gubernamentales son consideradas como un plan para lograr un objetivo de interés público que beneficie a una sociedad, implementando técnicas y herramientas de las formas tradicionales de planificación del estado, constituyendo una política pública sólida y eficiente que incite al desarrollo o expansión urbana sostenible identificando sus componentes básicos, y de esta manera lograr el planteamiento de propuestas generales que se relacionan con el territorio, desarrollo urbano y la vivienda, por tanto; las decisiones y regulaciones gubernamentales juegan un papel fundamental en el desarrollo del crecimiento urbano debido a que pueden influir en muchos aspectos de dicho desarrollo, desde la planificación del uso del suelo hasta la gestión de los recursos, comprendiendo que las decisiones gubernamentales pueden tener impactos duraderos en la forma como las ciudades crecen y evolucionan conforme pasa el tiempo.[20]

Supuestos de los datos recopilados

Se asume que existe un conjunto de datos históricos fidedignos y completos relacionados con el crecimiento urbano de la ciudad de Pasto, incluyendo información relevante y de calidad que permita identificar las zonas de Pasto que pueden experimentar una expansión urbana a futuro mediante la utilización de dichos datos logrando de esta forma identificar adecuadamente y de manera sustentada los problemas, oportunidades y desafíos que podría experimentar la ciudad respecto al crecimiento urbano, evaluando las posibles soluciones a los problemas y desafíos mencionados con anterioridad. Adicionalmente se supone que la aplicación de la analítica de datos en los datos recopilados será útil para analizar o estudiar dichos datos de manera efectiva y obtener información de valor respecto al crecimiento urbano de la ciudad de Pasto permitiendo a las ciudades la optimización en los procesos de gestión y asignación de los recursos al identificar y determinar las áreas donde la inversión podría tener o generar impactos significativos, con la finalidad de garantizar que los recursos disponibles en una determinada ciudad se usen de forma eficiente y adecuada, utilizándolos en múltiples procesos que involucren diferentes sectores de las sociedades como tal.[35]

Todo proceso investigativo requiere de datos o información relevante que ayude o desarrolle de manera adecuada el objeto de estudio, que para este proyecto es el crecimiento urbano, una vez dicho esto, es importante considerar el proceso de recolección de datos detallados, completos, fidedignos y también de la constante mejora de la calidad de la información, mediante evaluaciones directas o indirectas con la finalidad de corregir datos básicos que permitan detectar los cambios en diferentes sectores como salud, economía, vivienda, o territorio, logrando de esta manera estudiar y entender las causas y consecuencias producidas por el crecimiento o expansión urbana en una determinada sociedad aplicando técnicas de análisis de datos históricos, demostrando de esta manera que los datos recopilados proporcionan o brindan información valiosa que resulta útil para la planificación y gestión de áreas urbanas influyendo así en la toma de decisiones y políticas que se relacionan con el desarrollo urbano.

Es importante resaltar que los datos recolectados al no ser llevados a procesos de análisis y gestión se convierten en información irrelevante y sin ningún valor debido a la falta de certeza acerca de la confiablidad de dichos datos, lo que conlleva a la aplicación de la analítica de datos que se involucran con un proceso de indagación exhaustivo, demostrando los desafíos que significan el acceso y manipulación de los datos implementando diferentes métodos científicos que se involucren con dicho proceso, importante para tomar decisiones futuras que se involucren en cualquier sector de la sociedad, entendiendo que la implementación de la analítica de datos en el proceso de estudio del crecimiento urbano resulta favorable debido a que puede ayudar a la identificación de la mejor forma de utilizar el suelo disponible de las ciudades mediante la utilización de algoritmos y optimización de estos que pueden encontrar y trabajar factores que pueden ejemplificar la asignación más eficiente de uso del suelo de una determinada zona como tal.[8]

Supuestos del modelo predictivo

Se asume que es posible desarrollar un modelo predictivo capaz de identificar patrones en los datos recolectados que se basan en el crecimiento o expansión urbana, conjuntamente el hecho de asumir que dicho modelo puede ser graduado y validado con diferentes datos históricos, asumiendo que dicho modelo tendrá un grado de precisión suficiente para proporcionar información útil y veraz para la toma de decisiones respecto a la expansión urbana.

Una vez se cuenta con la información o datos recopilados, es importante o necesario reconocer y analizar patrones en dichos datos, examinando las nuevas áreas de expansión urbana que podrían surgir en una determinada zona, cabe resaltar que para encontrar dichos patrones es primordial considerar diferentes factores que permitan entender dicho expansionismo, es oportuno mencionar que el proceso de difusión urbana puede ser evaluada mediante el análisis de patrones de cambio respecto al uso del suelo, espacio o zonas de expansión y el tiempo que delimita el estudio acerca de la expansión urbana implementando técnicas de

análisis que resultan útiles para hacer predicciones de eventos futuros involucrados con el comportamiento en función de los datos históricos y patrones identificados en dichos datos.

La implementación de un modelo valido y eficiente en diferentes procesos de análisis resulta conveniente para la toma de decisiones, sin embargo se requiere que dicho modelo a la hora de su implementación se haya evaluado con anterioridad para entender su nivel de precisión, por ende se debe contar con suficientes datos de entrenamiento que son esenciales para que el modelo aprenda y adquiera la capacidad de hacer predicciones futuras o tomar decisiones basadas o fundamentadas en nuevos datos y de esta manera como consecuencia generar datos para la validación del modelo utilizando algoritmos de aprendizaje automático; es importante considerar también el tiempo que le puede tomar al modelo el proceso de aprendizaje, por ende la implementación de un modelo en el proceso investigativo puede proporcionar información de gran relevancia para la planificación estratégica a largo plazo de una determinada ciudad incluyendo diferentes sectores.

Supuestos del producto software

Se asume que los usuarios interactuaran con los resultados del modelo predictivo de manera visual, dinámica y optima, lo cual conlleva a la creación de una interfaz de navegación amigable y fácil de manipular para los usuarios. Adicionalmente se supone que los requerimientos del software serán precisos y completos los cuales permitan desglosar de manera óptima el comportamiento que debería tener el sistema conjuntamente con las características de calidad con las cuales debe contar mencionado software a desarrollar. También se podría suponer el hecho en la priorización de los requerimientos del producto software donde se asume que mencionados requerimientos pueden ser categorizados y jerarquizados de manera que los requerimientos prioritarios se basan o se centran en el entendimiento preciso las necesidades o prioridades de los usuarios que interactuaran con el software, y que los cambios en la priorización de los requerimientos identificados se realizarían de forma razonable y justificada.[11]

El desarrollo de un producto eficiente que sea capaz de mostrar los datos analizados post- implementación del modelo predictivo resulta necesario para los usuarios, debido a que de esta manera podrán interactuar adecuadamente con la información relevante acerca del crecimiento urbano de la ciudad, para ello en el proceso de desarrollo se podría aplicar el tipo de investigación tecnológico-aplicado donde se pueden llevar a cabo múltiples procesos de software como estudios descriptivos, recopilación de información sobre los temas que debería contener el software, por ende se podrían desglosar en el desarrollo del software, fases tales como la planeación; donde se definen las necesidades a solventar mediante la implementación del producto software, una siguiente fase la del análisis, donde se determinan las características de los usuarios que vayan a interactuar con el aplicativo, como siguiente fase se tiene el diseño, necesaria para determinar los temas y contenidos del software adecuando las interfaces para que sean intuitivas y fáciles de entender a la hora de la navegación por parte de los usuarios, otra fase sustentada en la implementación; donde se desarrolla una versión inicial del software, y como última fase la de pruebas y lanzamiento del producto final.[16]

Enfocándose en el contexto de la identificación de los requerimientos del software, es importante resaltar que para que el producto sea optimo y útil en el proceso investigativo, es necesario que haya un correcto proceso de planificación de todos y cada uno de los requisitos del producto final, por tal motivo; se debe establecer de manera precisa, clara, detallada, y organizada el conjunto de requisitos que deben ser satisfechos por el software a desarrollar con la finalidad de determinar en forma total y consciente los requisitos del aplicativo, posteriormente se lleva a cabo el análisis sobre las salidas resultantes, la descomposición o desglosamiento de los datos y el procesamiento de estos, con la finalidad de obtener un producto software con estándares de calidad que sea eficiente y se adecue a las necesidades de los usuarios que vayan a interactuar con este.[3]

Para el planteamiento de los requisitos del producto software es relevante considerar las funcionalidades finales con las cuales este debería contar, de esta manera; resaltando el planteamiento de los requisitos se pude denotar las funcionalidades finales que permitan mostrar el cómo debe comportarse el sistema; por ende podría surgir la priorización de los requisitos funcionales y no funcionales aplicando la técnica MoSCoW útil en el proyecto para priorizar, y categorizar los requerimientos del producto final de acuerdo a su nivel de importancia dentro del desarrollo de este, donde se pueden establecer 4 grados de priorización para los requerimientos, los cuales son:

- Must (debe): grado 1 de prioridad donde los requisitos para esta priorización son obligatorios para ser implementados en el producto final a desarrollar.
- Should (debería): grado 2 de prioridad donde los requisitos para esta priorización son necesarios para ser implementados en el producto final a desarrollar.
- Could (podría): grado 3 de prioridad donde los requisitos para esta priorización son importantes para ser implementados en el producto final a desarrollar.
- Won't (No): grado 4 de prioridad donde los requisitos para esta priorización son relegados de ser implementados en el producto final a desarrollar pero que en un futuro podrían ser trabajados para el desarrollo del producto como tal.

Los anteriores grados de prioridad representan lo importante que es cada requisito respecto a su funcionalidad dentro del aplicativo, destacando así cuales son los requisitos que deben trabajarse de manera primordial y los que se pueden trabajar de manera complementaria, MoSCoW es usada en múltiples áreas o multidisciplinar, como por ejemplo en las áreas de Análisis de Negocios y Desarrollo de Software con la finalidad de lograr un correcto y eficiente

entendimiento común de las partes interesadas con respecto a la importancia de cada requisito que se entregará como parte del producto final, con lo cual se logra una efectividad en la priorización de los requisitos que contará el aplicativo, logrando así un producto óptimo y eficiente.

Variables de estudio

Variable Dependiente: en la presente investigación, el modelo predictivo se considera la variable dependiente, ya que su desempeño y precisión dependen de una serie de factores que lo afectan. Este modelo está diseñado para prever el crecimiento urbano en la ciudad de Pasto, ajustándose en función de las influencias de diversas variables independientes que determinan su efectividad en la proyección de resultados.[4]

Variables Independientes: las variables independientes que influyen en el modelo predictivo se denominan variables urbanísticas e incluyen: Nombre del Proyecto, Tipo de Vivienda, Zona de Riesgo o Amenaza, Estructura Ecológica Principal, Cantidad de Viviendas, Tipo de Vivienda (Morfología), Tipo de Vivienda (Subsidio), Estrato de la Vivienda, Tamaño de la Vivienda (m^2), Precio de la Vivienda, Año de Inicio, Densidad Poblacional (hab/Hec), Equipamientos, y Localización de la Residencia (Longitud y Latitud). Estas variables son fundamentales para entender los factores que impactan el crecimiento urbano y para optimizar las predicciones del modelo.

Para el modelo predictivo las variables estarían relacionadas con los parámetros y características utilizadas para la realización de las predicciones futuras, como tasas de expansión, variables de regresión, así mismo para las precisiones del modelo se podrían identificar variables, como errores cuadráticos medios, tasas de error, donde permita ver si dicho modelo es eficiente o no eficiente.[18]

Con el software como tal, también es importante considerar o tener en cuenta algunas variables relacionadas con la experiencia del usuario, como la facilidad de uso, la adopción del software, a esta parte se puede agregar la evaluación realizada a partir de las características de calidad de un producto software mediante la ISO 25010.

Definición nominal de las variables

Se debe considerar que las variables nominales son usadas para etiquetar o categorizar elementos en grupos sin ningún orden o jerarquía existente donde no se pueden realizar operaciones matemáticas con dichas variables. Con lo anterior se tiene que las variables nominales del proyecto son:[21]

- Nombre del Proyecto.
- Tipo de Vivienda.
- Zona de Riesgo o Amenaza.
- Estructura Ecológica Principal.
- Tipo de vivienda (morfología).
- Tipo de vivienda (subsidio).
- Experiencia: calificada en las categorías de buena, media, mala experiencia por parte del usuario al usar el software desarrollado.
- Facilidad: evaluada en las categorías fácil, intermedio, difícil respecto a la facilidad cuando un usuario utilice el producto software.
- Adopción: calificada de acuerdo a las categorías fácil de comprender, medianamente, difícil de comprender la funcionalidad del software.

Definición Operativa de variables

Es importante considerar que las variables operativas representan propiedades o características de interés en un estudio y que se pueden medir o cuantificar de manera numérica, por ello se pueden realizar operaciones matemáticas, con lo anterior se tiene que las variables nominales del proyecto son:[33]

- Estrato Vivienda.
- Tamaño de la vivienda.
- Precio de la Vivienda.
- Año de Inicio.
- Densidad Poblacional (hab/Hec).
- Equipamientos (m).
- Longitud.
- Latitud.
- Tasas de expansión: importantes para generar el cambio en las predicciones realizadas por el modelo.
- Variables de regresión: importantes para detallar la precisión del modelo.
- Errores cuadráticos medios: necesarios en el modelo para medir la cantidad de error que hay entre los conjuntos de datos a trabajar.
- Tasas de error: denotando un índice de error por parte del modelo implementado.

Formulación de hipótesis

Hipótesis de investigación

Planteamiento Hipótesis

"Se logra determinar los escenarios interactivos de crecimiento urbano en la ciudad de Pasto mediante un modelo predictivo, apoyado por un producto software."

Hipótesis nula

Planteamiento Hipótesis

"No se logra determinar los escenarios interactivos de crecimiento urbano en la ciudad de Pasto mediante un modelo predictivo, apoyado por un producto software."

Hipótesis alterna

Planteamiento Hipótesis

"La investigación brinda herramientas para la comprensión y la planificación del ordenamiento territorial con relación al crecimiento urbano en la ciudad de Pasto mediante un modelo predictivo, apoyado por un producto software".

CONCLUSIONES

A partir del exhaustivo proceso investigativo presentado, se concluye que el crecimiento urbano en la ciudad de Pasto entre los años 2000 y 2022 ha sido un fenómeno complejo, influenciado por múltiples factores sociales, económicos, territoriales y tecnológicos. La falta de herramientas de gestión eficientes y la desactualización de los datos disponibles han dificultado la planificación territorial adecuada, lo cual resalta la necesidad de implementar modelos predictivos y sistemas de información confiables que apoyen la toma de decisiones urbanísticas.

El desarrollo de un producto software, basado en técnicas de minería de datos, analítica avanzada y metodologías como la Evaluación Multicriterio (EMC), ha demostrado ser una alternativa viable para abordar los desafíos que plantea la expansión urbana. Este enfoque permite no solo visualizar patrones de crecimiento pasados, sino también predecir escenarios futuros, facilitando así la planificación estratégica y sostenible del territorio.

Además, se evidencia que la integración de variables urbanísticas relevantes, combinadas con un modelo predictivo soportado en tecnologías libres y accesibles, representa una solución operativa, técnica y económicamente factible. Este modelo, aplicado específicamente al contexto local de Pasto, se convierte en una herramienta de alto valor para entidades públicas, urbanistas y tomadores de decisiones, al ofrecer información actualizada, precisa y estructurada.

En consecuencia, la investigación confirma la hipótesis principal: es posible determinar escenarios interactivos de crecimiento urbano mediante un modelo predictivo respaldado por un producto software, lo cual aporta significativamente al ordenamiento territorial y al entendimiento de los procesos de urbanización en la ciudad de Pasto. Este trabajo sienta las bases para futuras investigaciones y desarrollos en torno a la gestión inteligente del territorio urbano, tanto a nivel regional como nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Apablaza M, Henriquez C. URBAN PLANNING AND GROWTH: dislocations and URBAN SUSTAINABILITY CHALLENGES OF REGIONAL SANTIAGO, METROPOLITAN. Rev electron geogr cienc soc. 2010;14.

2. Ulloa-Espíndola R, Pérez-Albert Y. Validación de un modelo de predicción del crecimiento urbano en Quito (Ecuador). EURE (Santiago). 2022;48(144):1–27. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0250-71612022000200006&script=sci_arttext

3. González et al. Análisis del crecimiento urbano en las zonas de expansión de Pasto 2000-2022. Convocatoria Universidad CESMAG; 2022.

4. Antonio L. Un modelo de crecimiento urbano vertical con factores característicos basado en inteligencia artificial. Uaemex.mx; 2021. http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/112219

5. Santos D. 20 ejemplos de páginas interactivas excepcionales. Hubspot.es; 2022. Disponible en: https://blog.hubspot.es/website/ejemplos-paginas-interactivas

6. Ley 388 de 1997. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/08/ley-388-1997.pdf

7. González et al. Análisis del crecimiento urbano en las zonas de expansión de Pasto 2000-2022. Convocatoria Universidad CESMAG; 2022.

8. González et al. Análisis del crecimiento urbano en las zonas de expansión de Pasto 2000-2022b. Convocatoria Universidad CESMAG; 2022.

9. Cañas EA, Díaz IC. Estrategias para la gestión de grandes volúmenes de datos por medio de Big Data. MVM Ingeniería de Software.

10. El Tiempo. Ahora se puede predecir el crecimiento urbano de las ciudades. 2021. Disponible en: https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/innovacion-paisa-permite-predecir-el-crecimiento-urbano-de-las-ciudades-593757

11. Universidad EAFIT. Investigadores de EAFIT pronostican el crecimiento urbano y la demanda de agua en las ciudades.

Disponible en: https://www.eafit.edu.co

12. González et al. Análisis del crecimiento urbano en las zonas de expansión de Pasto 2000-2022. Convocatoria Universidad CESMAG; 2022.

13. Blei AM, Angel S, Civco DL. Urban Expansion in a Global Sample of Cities, 1990–2014. Working Paper WP18AB2. Lincoln Institute; 2018.

14. Haller A. Los impactos del crecimiento urbano en los campesinos andinos. Espacio y Desarrollo. 2023.

15. Principi N. Evaluación multicriterio aplicada a la expansión urbana en Luján. UNLu. 2021.

16. Bravo Cobeña CM, Valdivieso Guerra PEA, Arregui Pozo R. Propuesta de modelos predictivos en la planificación territorial. Rev Electr Geogr Cienc Soc. 2007;XI(245).

17. Gómez Delgado CM. Diseño de un modelo basado en agentes para simular el crecimiento urbano. Boletín A G E. 2016;(70).

18. Abrego Almazán D, Medina Quintero JM, Sánchez Limón ML. Los sistemas de información en el desempeño organizacional. Investig Adm. 2015;(115):7–23.

19. Castillo G. Los sistemas de información gestionando grandes volúmenes de datos. Scielo.org.co. 2023.

20. Moreno-Cevallos JR, Dueñas-Holguín BL. Sistemas de información empresarial: la información como recurso estratégico. Dominio Cienc. 2018.

21. Orellana B, Ormeño S, Rodón Módol J. Impacto de la automatización sobre el desempeño. Esan.edu.pe. 2014.

22. Prieto A, Martínez M. Sistemas de información en las organizaciones. Rev Cienc Soc (Ve). 2004;X(2):322–37.

23. Jaramillo Valbuena S, Cardona SA, Fernández A. Minería de datos sobre streams de redes sociales. Inst Investig Bibliotecológicas. 2015;(33):63–74.

24. Jaramillo A. Aplicación de técnicas de minería de datos para determinar interacciones estudiantiles. Espol.edu.ec. 2023.

25. Bazant J. Procesos de expansión y consolidación urbana de bajos ingresos. Bitácora Urbano Territorial. 2008;13(2):117–32.

26. Lucia O. La evaluación multicriterio social y su aporte a la conservación de bosques. Rev Fac Nac Agron Medellín. 2023;58(1):2665–83.

27. Marcela L, Stevens G. Aplicación de un modelo predictivo para el cambio de cobertura urbana. Udistrital.edu.co. 2022.

28. Enrique J. Acerca de los sistemas de información geográfica. Univ del Valle. 2013.

29. Manuel J, Gitierrez P. Desarrollo de un sistema de información para gestión de proyectos. UCatólica Colombia.

30. Lucía M, Elvirita L. Calidad de la gestión del sistema de información de una IPS. Cuader Lat Admin. 2016;9(17):58–71.

31. Oviedo Carrascal AI, Jiménez Giraldo J. Minería de datos educativos: análisis del desempeño estudiantil. Rev Politécnica. 2019;15(29):128–40.

32. Michele K, Yurani T. Evolución socio-espacial del área urbana de Sotomayor. Udenar.edu.co. 2021.

33. Benitez K, Gomez D. Zonificación por susceptibilidad a fenómenos de inundación. Udenar.edu.co. 2015.

34. Mauricio D, Jaramillo Molina C, Alberto C. Evaluación espacial de centros de distribución de café. Rev EIA. 2022;19(38):10.

35. Lucía M, Elvirita L. Calidad de la gestión del sistema de información de una IPS. Cuader Lat Admin. 2016;9(17):58–71.

36. Carolina L, Sánchez JJ. Mapa de fallas de los volcanes Chiles-Cerro Negro. Bol Geol. 2017;39(3):71–86.

37. Pereira T, Clara. Minería de datos en supervivencia de cáncer cervical. Univ Salud. 2023;14(2):117–29.

38. López GA. ¿Las infraestructuras como proyecto de ciudad? Ciudades (Valladolid). 2023;(11):105–32.

39. Pérez Bustamante L, Salinas Varela E. Crecimiento urbano y globalización en Concepción, Chile. 2007.

40. Herrmann MG, Van Klaveren A. Disminución de participación ciudadana y planificación urbana. EURE. 2016.

41. Vista de Hacia una política pública de desarrollo urbano sostenible en el Perú. Paideia.: http://45.231.72.143

42. De Población En et al. Repositorio UC. Disponible en: https://repositorio.uc.cl

43. Rodríguez P, Palomino N, Mondaca J. El uso de datos masivos para políticas públicas. BID. https://publications.iadb.org

44. Modelando el crecimiento de ciudades medias. Google Books. 2014.

45. Carlos J. Análisis de modelos predictivos basados en visión computacional. Unam.edu.pe. 2019.

46. Fernando L, Carlos J. Desarrollo de software educativo sobre Ubuntu 13.10. Unach.edu.ec. 2016.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Jheison Edilson Arteaga Quistial, Miguel Ángel Velásquez Bravo, Omar Alexander Revelo Zambrano.

Curación de datos: Jheison Edilson Arteaga Quistial, Miguel Ángel Velásquez Bravo, Omar Alexander Revelo Zambrano.

Análisis formal: Jheison Edilson Arteaga Quistial, Miguel Ángel Velásquez Bravo, Omar Alexander Revelo Zambrano.

Redacción – borrador original: Jheison Edilson Arteaga Quistial, Miguel Ángel Velásquez Bravo, Omar Alexander Revelo Zambrano.

Redacción – revisión y edición: Jheison Edilson Arteaga Quistial, Miguel Ángel Velásquez Bravo, Omar Alexander Revelo Zambrano.