

Prototipo de software orientado al análisis de regiones nevadas de Colombia a partir de regiones en movimiento sobre bases de datos espacio temporales

Software prototype oriented to the analysis of snowy regions of Colombia from regions in motion on space-temporal databases

Camilo Andrés Porras Martín¹, Brayan Alejandro Puentes Camargo²

Citar este documento:

Porras Martín Camilo Andrés, Puentes Camargo Brayan Alejandro. Prototipo de software orientado al análisis de regiones nevadas de Colombia a partir de regiones en movimiento sobre bases de datos espacio temporales. Revista Tecnol.Investig. Academia TIA, ISSN: 2344-8288, Vol 12, No 1, año 2024 pp.27-43. Bogotá-Colombia.

¹ Magíster en Ciencias de la información, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, caporasm@udistrital.edu.co , <https://orcid.org/0009-0002-9782-8199>

² Ingeniero Sistemas, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, bapuentesc@udistrital.edu.co , <https://orcid.org/0009-0006-4521-5680>

RESUMEN

La evolución de las bases de datos a través de los años, con el objetivo de almacenar y administrar grandes volúmenes de información mediante sistemas computarizados (Durango Vanegas, 2013), ha permitido el desarrollo de nuevos tipos de bases de datos, como lo son las bases de datos espaciales, las cuales permiten el manejo de datos geográficos, sus datos asociados, y los datos de diseño de las geometrías, asistidas por inteligencia computacional (R. H. Güting, 2005), estas bases de datos mejoraron el manejo de la información espacial dando paso a los sistemas de información geográfica, sin embargo el tiempo es una dimensión que permite entender y realizar análisis de los datos espaciales de una mejor manera produciendo así una relación entre espacialidad y tiempo que luego paso a ser llamado datos espacio-temporales almacenados en datos vector, logrando de esta manera la construcción de bases de datos espacio-temporales que se aproximan cada vez más a la realidad y entregan más acertadamente datos y análisis de los mismos.

Dichas bases de datos espaciotemporales, se enfocan en la administración de datos espaciales, manejando el tiempo como factor principal, permitiendo realizar análisis de tipo temporal para los mismos, caso de ejemplo puede ser encontrado en el libro *Moving Objects Databases* de Güting, and M. Schneider (Güting, 2007) donde se muestran diversos casos de análisis de desplazamiento de huracanes sobre bases de datos espacio-temporales en Secondo, un potente DBMS (Sistema manejador de bases de datos). Teniendo en cuenta esta referencia, ahora es posible abstraer el retroceso de las regiones nevadas de Colombia como caso de estudio potencial para poder hacer diferentes tipos de análisis y simulaciones utilizando la representación de regiones en movimiento, sobre estas bases de datos espaciotemporales.

PALABRAS CLAVE: Bases de Datos, SQL, Bases de Datos espaciotemporales, Regiones en Movimiento, Retroceso Glaciar.

Abstract

The evolution of databases over the years, with the objective of storing and managing large volumes of information through computerized systems (Durango Vanegas, 2013), has allowed the development of new types of databases, such as spatial databases, which allow the management of geographic data, its associated data, and the design data of the geometries, assisted by

computational intelligence (R. H. Güting, 2005), these databases improved the management of spatial information giving transition to geographic information systems, however time is a dimension that allows us to understand and perform analysis of spatial data in a better way, thus producing a relationship between spatiality and time that later became called spatio-temporal data stored in data. vector, thus achieving the construction of spatio-temporal databases that increasingly come closer to reality and more accurately deliver data and analysis thereof.

These spatiotemporal databases focus on the management of spatial data, managing time as the main factor, allowing temporal analysis to be conducted. An example can be found in the book Moving Objects Databases by Güting, and M. Schneider (Güting, 2007) where various cases of hurricane displacement analysis on spatio-temporal databases in Secondo, a powerful DBMS (Database Management System), are shown. Taking this reference into account, we can now abstract the retreat of the snowy regions of Colombia as a potential case study to be able to do diverse types of analyzes and simulations using the representation of moving regions, on these spatiotemporal databases.

Key Words

Databases, SQL, Spatiotemporal Databases, Moving Regions, Glacier Retreat.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente existe un conjunto de autores que han comenzado a abordar el tema de las regiones en movimiento como una idea innovadora que permite su implementación en el análisis de trayectorias y desplazamientos de tipo región, sin embargo, para poder entender estas investigaciones y sus implementaciones, será necesario entender en qué consisten las regiones en movimiento.

Al comenzar a definir las regiones en movimiento representadas sobre bases de datos, debemos adentrarnos al significado de los objetos en movimiento. Los objetos en movimiento sobre bases de datos, son una nueva área del conocimiento la cual está en constante desarrollo,

y en donde se definen estos objetos como geometrías representadas dentro de una base de datos espacio temporal; esta categorización de BD espacio-temporal viene dada gracias a su capacidad de almacenar en diferentes periodos de tiempo su posición exacta (x, y), en pocas palabras son geometrías que cambian de posición constantemente (R. H. Güting, 2005), siendo estas, abstracciones de objetos reales como lo son (huracanes, humanos, vehículos, plagas etc..) y que, a través de diferentes tecnologías, como sensores, dispositivos GPS, cámaras, satélites, drones, entre otras (Porras Martin, 2022), es posible obtener datos crudos que pueden ser almacenados dentro de esquemas de una base de datos espacio-temporal para poder representar dichos objetos, identificar sus cambios a través del tiempo, poder definir sus trayectorias, (Boulmakoul, 2012) o en su defecto, conociendo su trayectoria y velocidad en un instante de tiempo t_0 , será posible obtener su posición (x, y) en un tiempo t_n .

Entendiendo la forma en que se puede analizar y almacenar información de los objetos en movimiento, es posible analizar y determinar que el modelo semántico que se expone en la tesis de maestría, Determinación del factor de cambio en el glaciar de la Sierra Nevada de Santa Marta, a partir de regiones en movimiento en bases de datos espacio temporales (Porras Martin, 2022) es totalmente aplicable para su implementación en un proyecto de software orientado al monitoreo y control de para este caso, regiones nevadas, pero sin dejar de lado que puede llegar a ser aplicable a cualquier caso de estudio que contemple el uso de regiones en movimiento.

II. MARCO DE REFERENCIA

I.Bases de datos:

Se definen las bases de datos como un sistema computarizado para el almacenamiento y administración de información en forma de registro (Date, 2001), sin embargo, otros autores las definen como una colección de información organizada administradas por un DBMS (Sistema manejador de Bases de Datos) (Ortiz Dávila & Medina Daza, 2017), lo que nos permite definir como una base de datos como un conjunto de registros ordenados (Porras Martin, 2022).

II.Teoría de Bases de Datos Espacio-temporales:

Esta teoría se centra en cómo organizar y gestionar datos que varían tanto en el espacio como en el tiempo. Se utilizan modelos de datos y técnicas de consulta específicas para capturar la dimensión espacio-temporal de los fenómenos y eventos.

Las bases de datos espacio temporales manejan objetos que cambian de lugar o forma a través del tiempo (Güting, 2007), siendo que las bases de datos espacio temporales están orientadas al manejo de geometrías (punto, línea, regiones) abstraídas del mundo real (R. H. Güting, 2005). A continuación, en la *Figura 1*, se muestra la representación gráfica de los objetos los cuales son abstraídos de la realidad, en donde cada uno de ellos maneja una serie de características específicas.

Figura 1. Representación Geométrica de los Objectos



Fuente: (R. H. Güting, 2005)

III. Teoría de Modelado Semántico:

Esta teoría se enfoca en cómo representar el significado de los datos de manera formal y precisa. En el contexto del proyecto, se aplicaría para definir un modelo semántico que capture la información esencial sobre los fenómenos regionales y sus características (Cruz Martínez, 2017).

IV. Sistemas de información geográfica (SIG):

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son sistemas computacionales diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y visualizar datos espaciales, es decir, información que está asociada a ubicaciones geográficas en la superficie terrestre (Porras Martin, 2022). Estos sistemas integran datos geográficos con datos alfanuméricos, permitiendo realizar análisis espaciales y tomar decisiones informadas basadas en la información geográfica (Oswari et al., 2013).

Características:

- Los SIG tienen la capacidad de "gestionar datos espaciales y realizar análisis espaciales y geoprocесamiento" (Tomlinson, 2008).
- También permiten "visualizar información geográfica en forma de mapas y otros productos cartográficos" (Durango Vanegas, 2013).

V. Teoría de Análisis Espacial:

Esta teoría se refiere al estudio de patrones espaciales y relaciones en datos geográficos. Se utilizan métodos y técnicas para identificar, medir y comprender la distribución y la asociación espacial de los fenómenos (Porras Martin & Ortiz Dávila, 2021).

VI. Teoría de Sistemas de Monitoreo y Control:

Esta teoría se enfoca en cómo diseñar y gestionar sistemas que recopilan datos en tiempo real, los analizan y toman decisiones automáticas o asistidas por el usuario para controlar procesos o fenómenos. En el contexto del proyecto, se aplicaría para diseñar la arquitectura del sistema de monitoreo y control (Jara Neyra et al., 2019).

VII. Arquitectura de Software:

La arquitectura de software se refiere a la estructura fundamental de un sistema de software, que incluye los componentes del sistema, sus relaciones, principios de diseño y decisiones de organización que guían su desarrollo y evolución. Es una descripción conceptual de cómo funciona y cómo se organiza un sistema de software (Humberto Cervantes Maceda et al., 2016).

VIII. Arquitectura Orientada a Servicios (SOA):

SOA es un modelo de componentes que interrelaciona las diferentes unidades funcionales de una aplicación, llamadas servicios, a través de interfaces bien definidas entre dichos servicios. Las interfaces se definen de una manera neutral, independiente de la plataforma de hardware, sistema operativo, o lenguaje de programación en el que el servicio se implementa. Esto permite que los servicios, construidos sobre una gran variedad de tecnologías, puedan interactuar unos con otros de una manera uniforme y universal (Bolo, 2006).

III. METODOLOGÍA

I. Materiales

Dentro de la metodología se obtiene información para el modelo de base de datos a partir del análisis de imágenes satelitales de diferentes sensores, los cuales permiten alimentar el modelo para la generación de la visualización 3D a través del visor geográfico generada para el software Tabla 1.

Tabla 1. Imágenes Satelitales del Área de Estudio

Año	Sensor	Misión	Resolución Espacial	Fecha de Adquisición	Número de Bandas
1986	Landsat 5-TM	Landsat 5	30m	12/22/1986 2:30	7
1992	Landsat 4-TM	Landsat 4	30m	12/14/1992 14:23	7
2000	Landsat-5-TM	Landsat 5	30m	5/18/2000 14:46	7
2007	Landsat-5-TM	Landsat 5	30m	9/11/2007 15:04	7
2015	Sentinel-2A	Sentinel 2	20m	9/22/2015 15:29	13
2021	OLI_TIRS	Landsat 8	30m	3/31/2021 23:07	11

Fuente: (Porras Martin & Ortiz Dávila, 2021)

Posteriormente a la clasificación de la información fue de vital importancia consultar información vectorial proveniente del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM (Lozano et al., 2019) que contiene la evolución del área glaciar de la Sierra Nevada de Santa Marta calculado a partir de la interpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales, observar la Tabla 2.

Tabla 2 - Información Vectorial Utilizada

Año	Área glaciar (Km ²)	Fuente de los datos
1850	82.6	Interpretación de fotografías aéreas

1939	21.4	IDEAM y Universidad Nacional de Colombia.
1954	19.4	
1981	16.1	
1995	11.1	
2010	8.17	Interpretación de imágenes satelitales Landsat TM/ETM, Spot, ALOS,
2016	7.1	RapidEye, QuickBird y Sentinel.
2017	6.54	
2019	6.21	

Fuente: Elaboración propia

II. Clasificación de Imágenes

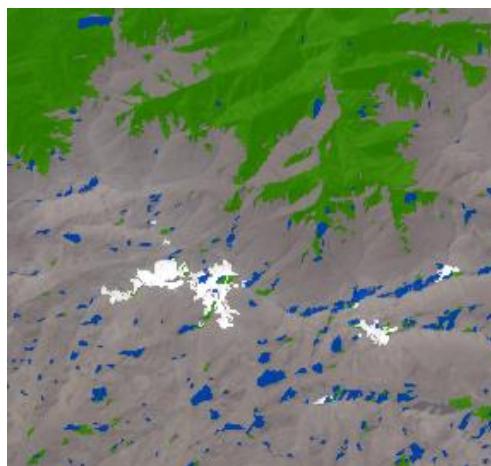
Para la obtención de las regiones asociadas a las áreas glaciares de la Sierra Nevada de Santa Marta se realizó el proceso de clasificación de imágenes por medio del método supervisado, basado en el algoritmo de Máquinas de Soporte Vectorial - MSV. El programa usado para la clasificación fue ArcGIS Pro, el cual ofrece una alta precisión en la clasificación de las imágenes (Porras Martin & Ortiz Dávila, 2021).

Dentro de los diferentes procesos realizados para la obtención de información para alimentar el modelo, la clasificación de la información ráster, fue de vital importancia, debido a la necesidad de poder almacenar esta información en un modelo de base de datos espacio temporal, la cual almacena dicha información de manera vectorial, dentro de este proceso se implementó un algoritmo de Máquinas de Soporte Vectorial – MSV (Cervantes-Canales, 2009).

III. Máquinas de Soporte Vectorial

Máquinas de Soporte Vectorial – MSV, es el algoritmo clasificador de aprendizaje automático supervisado usado en esta clasificación. Este algoritmo encuentra el hiperplano óptimo para separar el conjunto de datos en clases, centrándose en las muestras de entrenamiento además de los límites de las clases. El hiperplano óptimo se denomina "vector de soporte". La ventaja de este método de clasificación es su resistencia a valores atípicos, ruido, bandas correlacionadas y muestras de entrenamiento no balanceadas y no distribuidas normalmente. Este clasificador también permite ajustar los pesos de clase a medida que procesa los datos (Murillo Castañeda, 2018).

Figura 2. Clasificación supervisada Sierra Nevada de Santa Marta

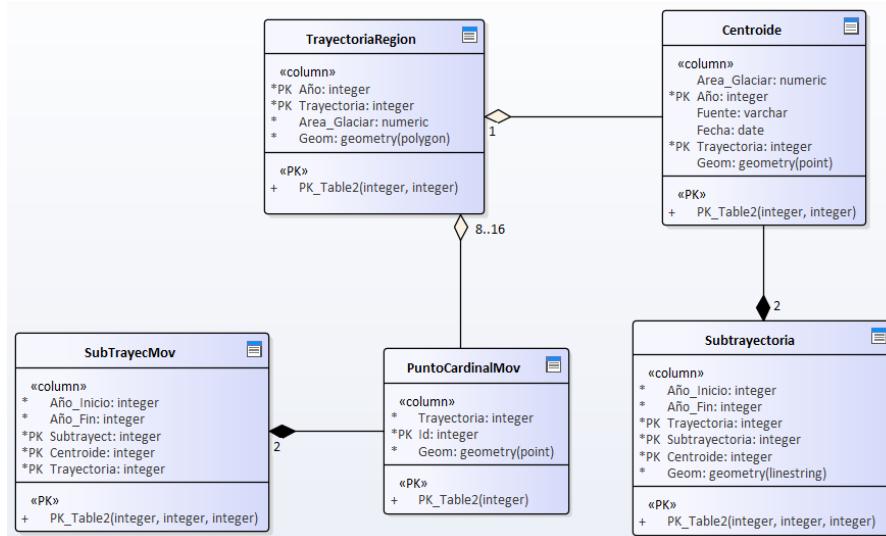


Fuente: autores

IV. Modelo de base de datos para el almacenamiento de regiones en movimiento y sus trayectorias.

Dentro de la base de datos se define un modelo de almacenamiento de información que permite almacenar de manera adecuada cada una de las entidades necesarias para construir la representación del retroceso glaciar, además del almacenamiento de variables importantes que están directamente relacionados con el retroceso glaciar, como lo pueden ser la variación de la temperatura, fenómenos climáticos o variaciones estacionales (Porras Martin, 2022).

Figura 3. Modelo de datos para almacenamiento de información en BD espacio temporales



Fuente: (Porras Martin & Ortiz Dávila, 2021)

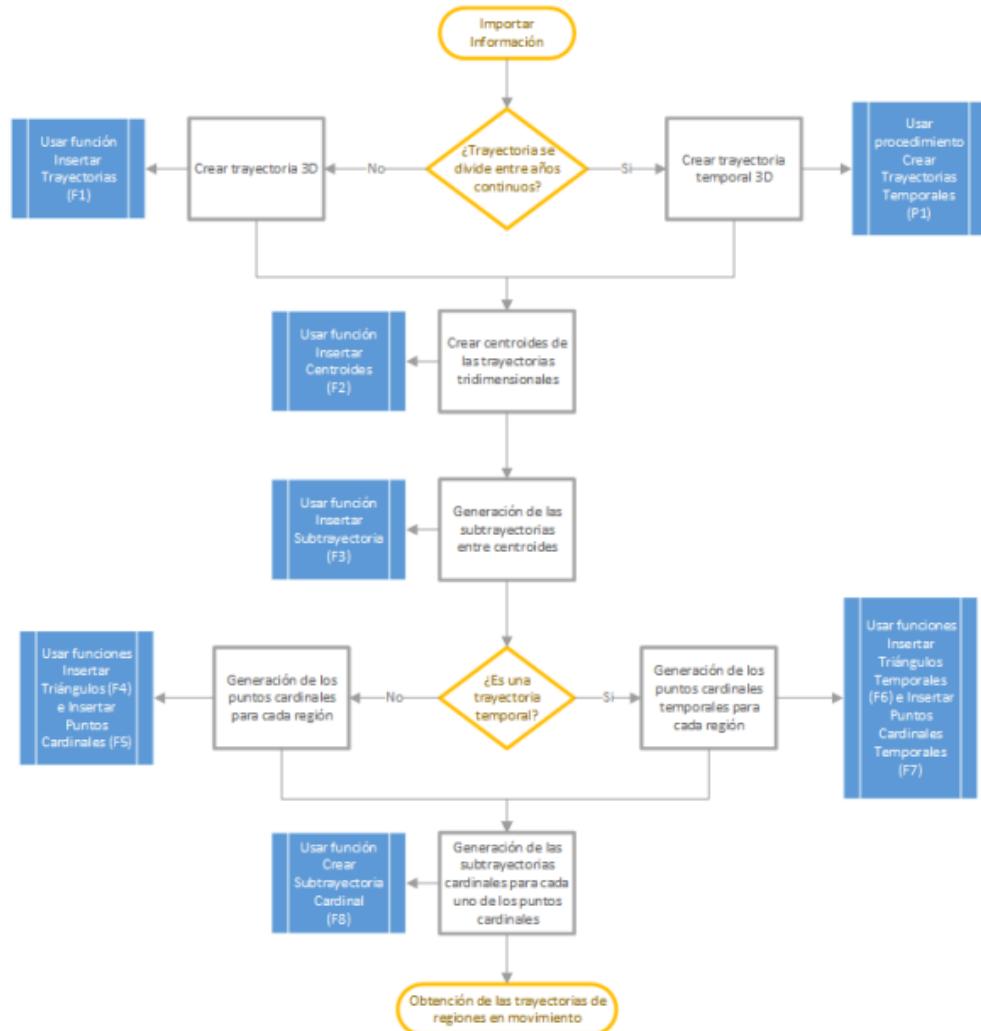
El modelo de la *Figura 3* muestra desde un nivel semántico como es el movimiento de la región en diferentes períodos de tiempo, asociando información de los cambios presentados en las variables de la dinámica temporal de las regiones en movimiento (Ortiz Dávila & Medina Daza, 2017). De manera general, el modelo describe la generación de una subtrayectoria entre el centroide de la región en el tiempo inicial y el centroide de la región en el tiempo final, de manera tal que se puede describir el movimiento de la región en cada uno de sus períodos de tiempo. Adicionalmente, permite definir cardinalmente donde se han presentado los desplazamientos de la región (Retroceso Glaciar) entre dos períodos de tiempo distintos directamente relacionados a través de las subtrayectorias del movimiento.

V. Trayectorias de regiones en movimiento

La trayectoria de regiones en movimiento es el trazo generado por un objeto que se mueve en un espacio geográfico. A continuación, en la *Figura 4* se expone un diagrama de flujo en donde se describe el procedimiento orientado a la generación de cada una de las funciones que permiten

obtener las trayectorias de regiones en movimiento directamente con los datos vectoriales almacenados en la base de datos espacio temporal (Porras Martin, 2022).

Figura 4. Diagrama de flujo de las funciones y procedimientos de las trayectorias de regiones en movimiento.



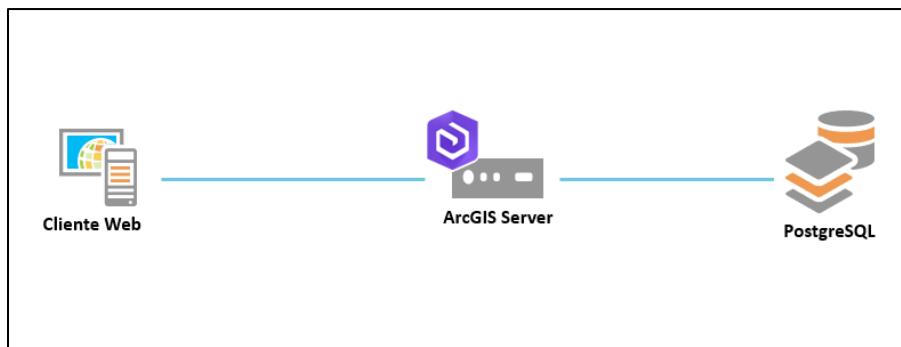
Fuente: (Porras Martin, 2022)

VI. Implementación de prototipo bajo Arquitectura Orientada a Servicios:

Dentro de los procesos para poder implementar un prototipo de software bajo una arquitectura orientada a servicio, fue necesario implementar un software orientado a servicios geográficos, que permitiera la generación de servicios comunicados directamente al modelo de base de datos. Como se puede ver en la *Figura 5*, en donde se implementa la tecnología ArcGIS, por medio del

software ArcGIS Server, para la publicación de servicios comunicados directamente a las bases de datos en PostgreSQL la cual alberga el modelo de base de datos.

Figura 5. Arquitectura Orientada Servicios



Fuente: autores

IV. RESULTADOS

I. Prototipo de software Orientado a servicios:

A continuación, se muestran las imágenes de los resultados del prototipo obtenido para la implementación de un software orientado al monitorio de regiones nevadas por medio de bases de datos espacio temporales.

En la *Tabla 3* se muestra un cuadro con el conjunto de procedimientos almacenados y funciones que permiten la generación de las trayectorias en movimiento:

Tabla 3. Listado de funciones y procedimientos almacenados SQL

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
F1. InsertarTrayectorias	Función creada para la importación de las regiones vectoriales 2d a un modelo 3d.
F2. InsertarCentroides	Función creada para la generación del centro 3d de la cada una de las regiones agrupadas por año, en donde se almacenará la información obtenida de la región en ese año particular (atributos de la entidad centroide del modelo a base de datos).
F3. InsertarSubtrayectoria	Función creada para la generación de la trayectoria entre 2 períodos de tiempo, estableciendo una línea recta tridimensional entre la posición del centroide de la región a hasta la región b. Este proceso es generado por cada una de las regiones existentes

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
	en la base de datos.
P1. CrearTrayectoriaTemporal	Procedimiento el cual contiene un conjunto de funciones almacenadas que permiten crear las trayectorias temporales, entre dos regiones continuas. Debido al constante cambio de las regiones entre los diferentes periodos de tiempo, las regiones pueden llegar a segmentarse en más de 1 una parte, por lo cual se generará una nueva trayectoria.
F4. InsertarTriangulos	Función que permite subdividir la región en 16 partes por medio de la generación de triángulos en un polígono envolvente generado a partir de la región.
F5. InsertarPcardinal	Función que permite generar los 16 puntos cardinales de la región, a partir de la intersección de los 16 triángulos generados en la función F4.
F6. InsertarTriangulosTemporales	Función que permite subdividir la región en 16 partes por medio de la generación de triángulos en un polígono envolvente generado a partir de la región temporal.

Fuente: (Porras Martin, 2022)

En la *Figura 6* y *Figura 7*. Se pueden visualizar el prototipo final bajo una arquitectura orientada a servicios, en donde se puede acceder a y consultar dichos servicios a través de una interfaz REST o Web

Figura 6. REST API ArcGIS

ArcGIS REST Services Directory

> [SNSM_V3_WSL1 \(FeatureServer\)](#)

[JSON](#)

SNSM_V3_WSL1 (FeatureServer)

Service Description: SNSM V3

Service ItemId: c39c8eb02da84dc2850e96e07f8e4bf1

Has Versioned Data: false

Max Record Count: 2000

Supported query Formats: JSON

Supports applyEdits with GlobalIds: False

[All Layers and Tables](#)

Layers:

- [Puntos Cardinales](#) (0)

Description:

Copyright Text:

Spatial Reference: 102100 (3857)

Initial Extent:

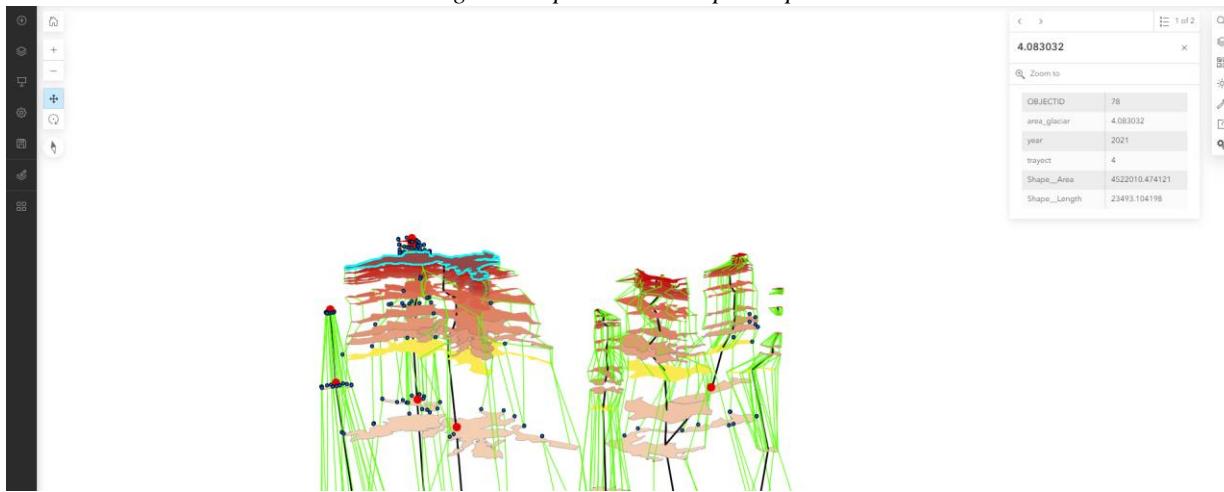
```
XMin: -4449650.7536153
YMin: 1842759.23247389
XMax: -4260033.52119092
YMax: 1994423.59758601
Spatial Reference: 102100 (3857)
```

Full Extent:

```
XMin: -4366725.34542911
YMin: 1910883.14663482
XMax: -4342958.92937711
YMax: 1994423.59758601
```

Fuente: autores

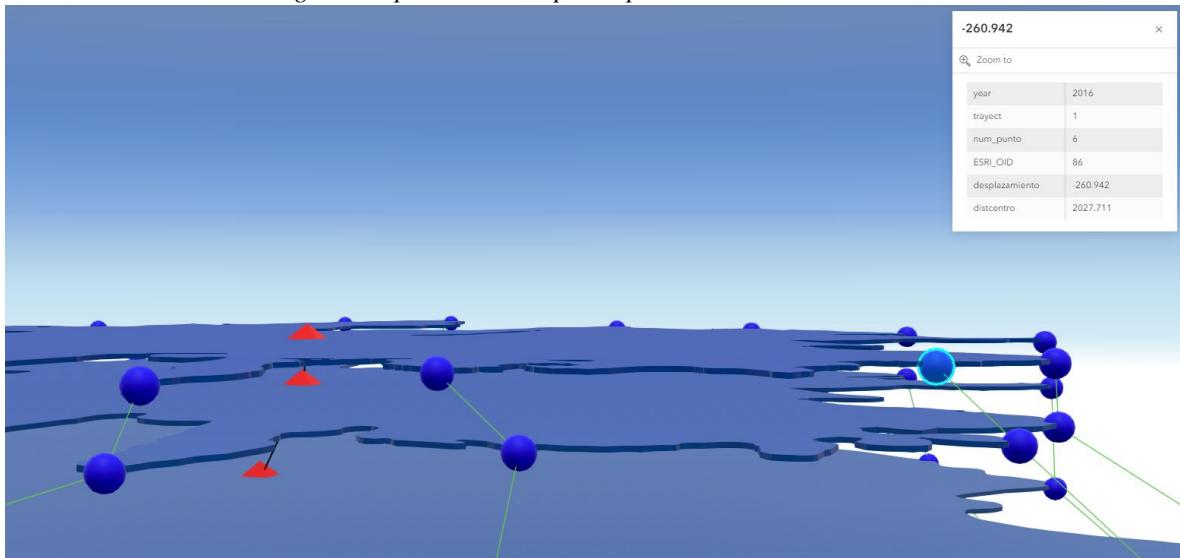
Figura 7. Aplicación Web prototipo



Fuente: autores

En la figura 8. Se pueden visualizar la implementación del modelo en un prototipo orientado a un segundo caso de estudio, Volcán Nevado del Ruiz:

Figura 8. Aplicación Web prototipo Volcán Nevado del Ruiz



Fuente: Elaboración propia

V. CONCLUSIONES

Se puede concluir que a través de la semántica del movimiento de las regiones y usando como base las trayectorias de puntos en movimiento, es posible generar trayectorias de regiones en movimiento, las cuales describen como una región puede cambiar a través del tiempo, y así mismo verse afectada por diferentes factores que influyen directamente en cómo se desplazan y transforman en el espacio (Ortiz et al., 2020). Por lo tanto, la semántica del movimiento de las regiones permite describir con gran precisión como la Sierra Nevada de Santa Marta ha ido cambiando a través del tiempo, y así mismo obtener una trayectoria del cambio de cada una de las masas glaciares que la componen.

Adicionalmente una arquitectura orientada a servicios es un modelo muy rápido y eficiente para la elaboración de prototipos de software que permitan exponer por medio de servicio, información que pueda ser visualizada por medio de visores geográficos y páginas web que quieran consultar la información de forma 3D, 2D o REST. Realmente lo importante a resaltar en este prototipo es que se permite evaluar la viabilidad futura de poder extender este prototipo de software a un software con un conjunto de funcionalidades relevantes para el monitoreo y control de regiones nevadas, ya sea extendiendo los visores actuales o integrando nuevas tecnologías y procesos de desarrollo de software.

VI. REFERENCIAS

- Bolo, M. (2006). Arquitectura de integración orientada a servicios. *Interfases*, 0(001), 19. <https://doi.org/10.26439/interfases2006.n001.169>
- Boulmakoul, A. (2012). Moving Object Trajectories Meta-Model and Spatio-Temporal Queries. *International Journal of Database Management Systems*, 4(2), 35–54. <https://doi.org/10.5121/ijdms.2012.4203>
- Cervantes-Canales, J. (2009). Clasificación de grandes conjuntos de datos vía máquinas de vectores soporte y aplicaciones en sistemas biológicos. *Centro de Investigación y de Estudios Avanzados Del Instituto Politécnico Nacional - Departamento de Computación*, 1–208. <https://www.ctrl.cinvestav.mx/~yuw/pdf/DoTesJCC.pdf>

Cruz Martinez, E. A. (2017). *Construcción de un modelo semántico para la gestión del conocimiento asociado a los humedales*. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/5754>

Date, C. J. (2001). *Introducción a los sistemas de bases de datos* (S. A. de C. V. Pearson Educación de México (ed.); Pearson Ed.). Pearson Educación de México, S.A. de C.V. <https://unefazuliasistemas.files.wordpress.com/2011/04/introducion-a-los-sistemas-de-bases-de-datos-cj-date.pdf>

Durango Vanegas, C. E. (2013). *Caracterización de datos espacio temporales en sistemas de información geográfica*.

https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=1Wq01ZgAAAAJ&citation_for_view=1Wq01ZgAAAAJ:zYLM7Y9cAGgC

Güting, R. H. (2007). How to build your own moving objects database system. *Proceedings - IEEE International Conference on Mobile Data Management*, 1–2. <https://doi.org/10.1109/MDM.2007.9>

Humberto Cervantes Maceda, Perla Velasco Elizondo, & Luis Castro Careaga. (2016). Arquitectura de Software - Conceptos y ciclo de desarrollo. In *Cengage Learning Editores* (Issue January 2015).

Jara Neyra, K., Ornidola Poicó, E. M., & Siancas Panta, K. M. (2019). "Prototipo De Sistema De Monitoreo Y Control De Consumo De Agua Potable Aplicando Tecnología Gsm." 1–110.

Lozano, R. J., Ministro, P., González, Y., Directora General, H., Bautista, G. G., General, S., Vargas, N. O., & Subdirector De Hidrología, M. (2019). *Informe del estado de los glaciares Colombianos*.

Murillo Castañeda, R. A. (2018). Implementación del método máquinas de soporte vectorial en bases de datos espaciales para análisis de clasificación supervisada en imágenes de sensores remotos. In *Revista Cartográfica* (Issue 102). <https://doi.org/10.35424/rcarto.i102.830>

Ortiz Dávila, Á. E., & Medina Daza, R. J. (2017). Una arquitectura para representar trayectorias de objetos espaciales en bases de datos de objetos en movimiento. *Redes de Ingeniería*, 0(0), 155–162. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/REDES/article/view/12487>

Oswari, T., Suhendra, E. S., Haryatmi, E., & Agustina, F. (2013). Prototype Geographic Information Systems Mapping of Crop Products Featured Local. *Journal of Geographic Information System*, 05(03), 193–197. <https://doi.org/10.4236/jgis.2013.53018>

Porras Martin, C. (2022). *DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CAMBIO EN EL GLACIAR DE LA SIERRA NEVADA DE SANTA MARTA, A PARTIR DE REGIONES EN MOVIMIENTO EN BASES DE DATOS ESPACIO TEMPORALES*. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS.

Porras Martin, C., & Ortiz Dávila, Á. (2021). Representación y análisis del retroceso glaciar de la Sierra Nevada de Santa Marta a partir de trayectorias de regiones en movimiento. *Iberian Journal of Information Systems and Technologies*.

R. H. Güting, and M. S. (2005). *Moving Objects Databases* (J. Gray (ed.)). Morgan Kaufmann.

Tomlinson, R. (2008). *Thinking about GIS* (I. ESRI (ed.); ESRI, Inc.). ESRI, Incorporated. <https://www.e-education.psu.edu/geog583/sites/www.e-education.psu.edu.geog583/files/Thinking%20About%20GIS-Tomlinson.pdf>