



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN**

**Implementación de un repositorio y geovisor de datos
meteorológicos e hidrológicos con predicción en la sierra centro**

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en
Tecnologías de la Información**

Autor:

Malan Obando, Edison Adrián

Tutor:

Ing. María Isabel Uvidia, Msc.

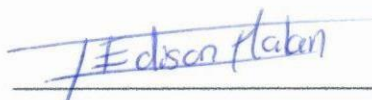
Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Edison Adrián Malan Obando, con cédula de ciudadanía 1501202244, autor del trabajo de investigación titulado: Implementación de un repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos con predicción en la sierra centro, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, a los 14 días del mes de abril de 2025.



Edison Adrián Malan Obando

C.I: 1501202244

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Mgs. María Isabel Uvidia Fassler catedrática adscrito a la Facultad de Ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN REPOSITORIO Y GEOVISOR DE DATOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS CON PREDICCIÓN EN LA SIERRA CENTRO"**, bajo la autoría de Edison Adrián Malan Obando; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informo en honor a la verdad; Riobamba, a los 27 días del mes de abril de 2025.



Ing. María Isabel Uvidia Fassler. Mgs.

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

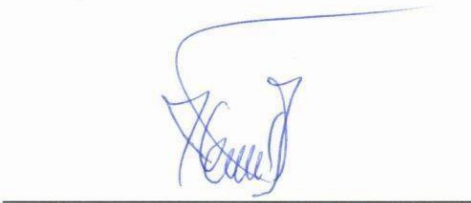
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación Implementación de un repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos con predicción en la sierra centro, presentado por Edison Adrián Malan Obando, con cédula de identidad número 1501202244, bajo la tutoría de la Mgs. María Isabel Uvidia Fassler; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 04 de junio de 2025.

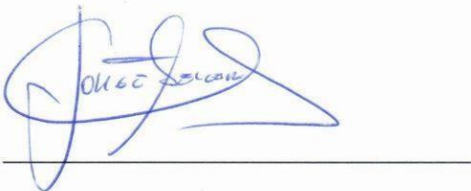
Mgs. Gonzalo Allauca
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Gonzalo Allauca in blue ink, written over a horizontal line.

Dr. Hugo Paz
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Hugo Paz in blue ink, written over a horizontal line.

Mgs. Jorge Delgado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Jorge Delgado in blue ink, written over a horizontal line.



CERTIFICACIÓN

Que, **EDISON ADRIÁN MALAN OBANDO** con CC: **1501202244**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería en Tecnologías de la Información**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE UN REPOSITORIO Y GEOVISOR DE DATOS METEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS CON PREDICCIÓN EN LA SIERRA CENTRO"**, cumple con el 9 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 21 de mayo de 2025.



Firmado digitalmente por:
**MARIA ISABEL UVIDIA
FASSLER**

Validez documental con FirmadE

**Ing. María Isabel Uvidia Fassler, Mgs.
TUTOR(A)**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi amada madre **Gina Obando**, quien ha sido siempre el motor de mi vida y el ejemplo de que la perseverancia y el trabajo duro y constante tarde o temprano dan sus frutos, gracias por darme tu apoyo y amor incondicional durante toda mi vida y en mi vida académica gracias a ti me he convertido en el hombre que soy hoy.

A mi padre **Alfredo Malan**, cuya dedicación, esfuerzo y consejos me han servido a no cometer errores y pensar siempre con cabeza fría cada decisión que vaya a tomar durante toda mi vida.

A cada uno de mis hermanos **Adriana, Brayan, Marlon, Madelyn y Gina Malan (Lucy)** por siempre estar ahí dándome ánimos en cada momento de mi vida, por compartir todos mis logros y más que todo por enseñarme a mirar el lado positivo de las cosas y por más que la situación sea difícil siempre existe alguna solución.

Este trabajo está dedicado a cada uno de ustedes, gracias por ser siempre mi motivación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios nuestro señor por siempre cuidarme y guiarme en toda mi vida y darme el conocimiento para lograr realizar este trabajo de investigación.

A mi familia quienes han sido siempre mi pilar fundamental para seguir adelante en todos los proyectos de vida que me he puesto, todo lo que he logrado es gracias a ustedes, gracias por siempre estar conmigo y por siempre apoyarme

Quiero agradecer a mi querida tutora Ing. Maria Isabel Uvidia, por su paciencia y por las enseñanzas que me ha mostrado a lo largo del desarrollo de este trabajo de investigación, gracias por todas las correcciones que me permitieron realizar un buen trabajo de investigación. Gracias por ser una verdadera profesional y sobre todo una buena maestra que sabe guiar a sus estudiantes.

Agradezco al Ing. Benito Mendoza por la ayuda prestada durante el desarrollo de este trabajo sin su ayuda no hubiera sido posible. De igual manera agradezco a CONDESAN (Consortio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina) por darme la oportunidad, el apoyo y la confianza de trabajar en este proyecto que contribuirá a la región de la sierra centro del Ecuador.

A mis amigos Nicole Herrera, Jean Pierre Toapanta y Heidy Remache por ser ese apoyo moral en las frías noches de estudio, por las experiencias vividas durante nuestra etapa académica y ser como mis hermanos durante toda mi etapa estudiantil, los quiero mucho, sigan adelante.

Finalmente, agradezco a todas las personas que de una u otra manera han aportado en la realización de este trabajo. Sin su apoyo este logro no habría sido posible.

Con gratitud y aprecio,

Edison Adrián Malan Obando.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 Planteamiento del Problema	16
1.2 Justificación	17
1.3 Formulación del Problema.....	17
1.4 Objetivos.....	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Sistemas de Información Geográfica	18
2.1.1 Geovisor	18
2.1.2 Funcionalidades del geovisor	19
2.2 Datos Climatológicos.....	20
2.2.1 Datos meteorológicos	21
2.2.2 Datos hidrológicos.....	21
2.3 Administración de datos.....	22
2.3.1 Base de datos.....	22
2.3.2 Repositorio de bases de datos.....	22
2.3.3 PostgreSQL	22
2.3.4 PostGis	23
2.4 Servidores de mapas web.....	24
2.4.1 Geoserver	24
2.4.2 Servicios y características.....	24

2.5	Norma de calidad ISO/IEC 25010	26
2.5.1	Funcionalidad	26
2.6	Predicción Climatológica	27
2.7	Modelos de predicción	27
2.7.1	Regresión Lineal	27
2.7.2	Random Forest.....	27
2.7.3	Red Neuronal LSTM	27
2.7.4	Red Neuronal Convolutacional CNN	28
2.8	Métricas de desempeño para la evaluación de modelos de predicción	28
CAPÍTULO III. METODOLOGIA		29
3.1	Tipo de Investigación.....	29
3.2	Diseño de la Investigación	29
3.3	Población de Estudio y Tamaño Muestra	29
3.4	Técnicas de Recolección de Datos	29
3.5	Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos	29
3.6	Identificación de variables	30
3.6.1	Variable dependiente.....	30
3.6.2	Variable independiente	30
3.7	Operacionalización de variables	31
3.8	Metodología de Desarrollo.....	32
3.8.1	Metodología de desarrollo Kanban	32
3.8.2	Tablero Kanban.....	32
3.8.3	Beneficios de Kanban	33
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		35
4.1	Resultados	35
4.2	Discusión.....	60
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES		62
5.1	Conclusiones	62
5.2	Recomendaciones.....	63
BIBLIOGRAFÍA		64
ANEXOS		69
Anexo 1: Matriz de Requerimientos iniciales.....		69

Anexo 2: Interfaces del geovisor	70
Anexo 3: Diseño físico del repositorio	74
Anexo 4: Datos a cargar en el repositorio.....	75
Anexo 5: Modelos de predicción	76
Anexo 6: Reuniones de revisión del geovisor.....	79
Anexo 7: Diseño de la encuesta.....	80
Anexo 8: Manual de usuario.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Funcionalidades de geovisores.....	20
Tabla 2.	Métricas de desempeño para la evaluación de modelos de predicción	28
Tabla 3.	Operacionalización de Variables	31
Tabla 4.	Herramientas y tecnologías SIG.....	35
Tabla 5.	Diseño inicial del Tablero Kanban.....	36
Tabla 6.	Requerimientos funcionales.....	37
Tabla 7.	Requerimientos no funcionales.....	38
Tabla 8.	Tabla DatosClima	43
Tabla 9.	Tabla Ica	44
Tabla 10.	Tabla usuario_administrador.....	46
Tabla 11.	Tablero Kanban Actualizado	51
Tabla 12.	Planeación de Pruebas	53
Tabla 13.	Escala de Likert	53
Tabla 14.	Resultados de las métricas de desempeño de los modelos de predicción	57
Tabla 15.	Actualización final del tablero kanban.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Softwares SIG	18
Figura 2:	Interfaz Geovisor Atlas Geográfico	19
Figura 3:	Arquitectura Cliente/Servidor PostgreSQL.....	23
Figura 4:	Interfaz Geoserver.....	24
Figura 5:	Fuentes de datos y servicios de Geoserver.....	25
Figura 6:	Subcaracterísticas de Calidad ISO 25010	26
Figura 7:	Tablero Kanban	33
Figura 8:	Diagrama de casos de uso	39
Figura 9:	Diagrama de actividades	40
Figura 10:	Diagrama de componentes	41
Figura 11:	Diseño físico de la base de datos.....	42
Figura 12:	Diseño de la interfaz de la aplicación.....	47
Figura 13:	Interfaz principal	47
Figura 14:	Despliegue de capas geográficas.....	47
Figura 15:	Interfaz de descarga	48
Figura 16:	Interfaz de estadísticas	48
Figura 17:	Visualización de datos del repositorio en el geovisor.....	48
Figura 18:	Interfaces de carga masiva de datos meteorológicos e hidrológicos	49
Figura 19:	Código de servidores para el mapeo y subida de datos.....	50
Figura 20:	Código del funcionamiento de la CNN.....	51
Figura 21:	Matriz de correlación de Spearman	56
Figura 22:	Resultados de la completitud funcional del geovisor.....	54
Figura 23:	Resultados de la corrección funcional del geovisor	55
Figura 24:	Resultado de la pertinencia funcional del geovisor.....	55
Figura 25:	Comparación global de métricas entre los modelos de predicción	57
Figura 26:	Reunión de retroalimentación del geovisor.....	58
Figura 27:	Presentación final del geovisor	58

RESUMEN

Este trabajo de investigación desarrolló un repositorio y geovisor con predicción para datos meteorológicos e hidrológicos en la región de la Sierra Centro del Ecuador, mediante una plataforma web integrada con bases de datos espaciales y modelos climáticos, centrada en las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo.

La metodología combinó el análisis de herramientas de los sistemas de información geográfica (SIG) con el entrenamiento de los modelos de predicción climático Regresión Lineal, Random Forest, LSTM y CNN, integrando el uso de PostgreSQL y GeoServer

En la evaluación de la funcionalidad del geovisor, basada en la norma ISO/IEC 25010, evidencio que la completitud y corrección funcional sitúan el 58% de las respuestas en la categoría totalmente satisfecho y el 42% en muy satisfecho, en cambio la pertinencia funcional muestra que el 83% se sitúa en la categoría totalmente satisfecho y el 17% en muy satisfecho. Por otro lado, la CNN superó a los demás modelos de predicción en todas las métricas de desempeño, registrando un R^2 de 0.89, MAE de 0.82, MSE de 1.17, RMSE de 1.08 y un EVS de 0.89, consolidándose como el modelo más preciso y con menos tasa de error para la estimación de la temperatura máxima.

Palabras claves: Geovisor, Predicción climática, Repositorio de datos, Sistemas de información geográfica, GIS

ABSTRACT

This research project developed a repository and a geovisor (geospatial visualization tool) with predictive capabilities for meteorological and hydrological data in the central highlands of Ecuador, through a web platform integrated with spatial databases and climate models, focusing on the provinces of Tungurahua, Bolívar, and Chimborazo.

The methodology combined the analysis of Geographic Information Systems (GIS) tools with the training of climate prediction models such as Linear Regression, Random Forest, LSTM, and CNN, integrating the use of PostgreSQL and GeoServer.

The functionality evaluation of the geovisor, based on the ISO/IEC 25010 standard, showed that completeness and functional correctness placed 58% of responses in the “completely satisfied” category and 42% in “very satisfied.” As for functional suitability, 83% of respondents were “completely satisfied” and 17% “very satisfied.”

Among the models evaluated, the Convolutional Neural Network (CNN) outperformed the others in all performance metrics, achieving a coefficient of determination (R^2) of 0.89, MAE of 0.82, MSE of 1.17, RMSE of 1.08, and EVS of 0.89, positioning it as the most accurate model with the lowest error rate for maximum temperature estimation.

Keywords: Geovisor, climate prediction, data repository, geographic information systems, GIS



Reviewed by:

Mg. Lourdes del Rocío Quinata Encarnación

ENGLISH PROFESSOR

C.C 1803476215

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, Ecuador ha experimentado varios cambios significativos en diversos sectores durante los últimos años, uno de estos se centra en el cambio climático del país, en donde se ha visto relacionados fenómenos naturales en ciertas regiones de la sierra centro. Ante los constantes desastres naturales en las regiones andinas del Ecuador, se han propuesto varias soluciones habitacionales [1]. Si bien es cierto el clima determina en gran medida la estructura de la civilización, su diversidad y las características específicas de los mecanismos de interacción económica[2]. La tecnología ha sido fundamental en diversos sectores de la sociedad uno de estos pertenece a la gestión de territorios, donde se incluye la monitorización de los cambios climáticos y desastres naturales. Por ello, el acceso a la información geográfica tiene un papel esencial en la toma de decisiones de índole espacial [3].

Así pues, la implementación de un repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos con predicción para la sierra centro es crucial debido a la creciente necesidad de gestionar los riesgos asociados a desastres naturales. La información sobre desastres naturales es esencialmente necesaria para desarrollar otros sectores, como la infraestructura y la planificación regional que complementa los datos geoespaciales [4]. La sierra centro, siendo una región susceptible a fenómenos como lluvias intensas, deslizamientos de tierra e inundaciones requiere de herramientas que permitan anticipar estos eventos, el conocimiento de la situación implica comportamientos humanos de respuesta inmediata y a corto plazo mediante la adquisición de información geoespacial en el campo para facilitar la toma de decisiones operativas y tácticas [5].

De tal manera, este proyecto de investigación contribuye al cumplimiento de los ODS (Objetivos de desarrollo sostenible) establecidos por la ONU. En particular se alinea con el ODS 13 acción por el Clima, este tiene como objetivo adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos [6].

En un estudio realizado por Ojeda et al. [7], se evaluaron los riesgos de inundación por el aumento del nivel del mar en áreas residenciales de la costa mediterránea de Andalucía. Usando un modelo de terreno digital y datos del Catastro Nacional, se calcularon probabilidades de inundación bajo diferentes escenarios de cambio climático. Se desarrolló un geovisor para visualizar los riesgos y facilitar la toma de decisiones, esta herramienta proporciona una visualización interactiva de contenido multimedia además de la visualización de mapas mejorando la planificación y gestión de riesgos [5].

Así mismo, Kazakov et al.[2] desarrollaron un SIG web para analizar cambios climáticos e hidrológicos en el noroeste de Rusia, usando datos meteorológicos, hidrológicos, reanálisis climático y predicciones futuras. Estos se utilizan para identificar similitudes entre datos en la tarea de clasificación, o para hacer predicción [8]. Además, se desarrolló un geoportal (geovisor) que permite la integración de estos datos en servicios de terceros, promoviendo la colaboración y el uso de información para decisiones informadas y planificación a largo plazo.

Por otro lado, Aguilar et al. [9] se enfocaron el estudio sobre la aplicación de tecnologías GIS y geovisualización a los patrones espaciales de precipitación en la Península Ibérica, se hizo uso de Global Climate Monitor desarrollado por el Grupo de Investigación del Clima de la Universidad de Sevilla. Este estudio caracterizó la distribución espacial de la precipitación utilizando una combinación de estadísticas robustas y no robustas para abordar la variabilidad espacio - temporal. El proyecto permitió identificar importantes diferencias en la estimación y gestión de recursos hídricos, mejorar el acceso a los datos a través de un geovisor web, y desarrollar una base de datos espacial que facilita la toma de decisiones en la gestión ambiental y planificación de recursos hídricos .

La ejecución de este proyecto se fundamenta en la necesidad de gestionar eficazmente los riesgos asociados a desastres naturales en la sierra centro. El valor agregado y la contribución del uso de SIG y bases de datos geoespaciales es que ambos permiten un análisis y geovisualización masivos del tiempo y el espacio geoespacial [9]. Este tipo de herramientas web se están volviendo insustituibles para la labor de difusión y gestión [7]. Esta tecnología no solo beneficiará a las autoridades en la toma de decisiones al proporcionarles acceso a información precisa y oportuna, sino que también servirá como un modelo innovador y replicable en otras regiones vulnerables.

El objetivo principal de este proyecto de investigación es desarrollar y poner en funcionamiento una plataforma que integre un repositorio de datos y un geovisor interactivo capaz de recopilar, almacenar y visualizar datos meteorológicos e hidrológicos, permitiendo la predicción y monitoreo de eventos climáticos en la sierra centro. Facilitando la toma de decisiones mediante el acceso a información geoespacial de manera precisa, mejorando significativamente la capacidad de respuesta y la planificación ante desastres naturales.

En el desarrollo de este geovisor, se emplearán frameworks, Geodatabase y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Estas herramientas se implementarán en el diseño de la interfaz y la base de datos, permitiendo almacenar todas las capas geográficas relevantes y representarlas mediante el geovisor. Este enfoque integrará de manera efectiva la información geoespacial necesaria para la toma de decisiones.

En relación a la predicción de eventos climáticos, se implementarán técnicas de minería de datos debido a que estas se ofrecen para analizar los datos históricos y obtener de ellas patrones de comportamiento. La integración de estas técnicas mejorará la precisión de las predicciones, contribuyendo a una mejor gestión de riesgos y a la protección de las comunidades vulnerables en la sierra centro.

1.1 Planteamiento del Problema

Las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo pertenecientes a la región de la sierra centro se han caracterizado por ser altamente vulnerables a fenómenos climáticos como lluvias intensas, deslizamientos de tierra e inundaciones. Actualmente, la gestión de riesgos

ha presentado ciertas carencias debido a la falta de herramientas para anticipar y monitorear estos eventos. Es importante implementar un sistema que almacene, visualice y prediga datos meteorológicos e hidrológicos, contribuyendo de esta manera la capacidad de respuesta y planificación ante desastres. La adecuación funcional de la implementación y desarrollo de un geovisor y repositorio de datos utilizando tecnologías SIG y minería de datos proporcionará información precisa y oportuna, esencial para la toma de decisiones, gestión de desastres y desarrollo de infraestructura regional.

1.2 Justificación

Este proyecto de investigación se centra en la necesidad de contribuir a la gestión de riesgos en la sierra centro, región particularmente vulnerable a fenómenos climáticos, como lluvias intensas, deslizamientos de tierra e inundaciones. Actualmente, las herramientas disponibles no son suficientes para anticipar y monitorear de manera efectiva estos eventos. La implementación de un repositorio y un geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos, junto con predicciones climáticas, permitirá proporcionar información precisa y oportuna para tomar decisiones, planificar infraestructuras y proteger a las zonas más vulnerables apoyando de esta manera tanto a las autoridades locales como a otras entidades. Por otro lado, el proyecto contribuirá al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU, específicamente el ODS 13 sobre la acción por el clima.

1.3 Formulación del Problema

¿Cómo la funcionalidad de la implementación de un repositorio y geovisor incidirá en la predicción de datos meteorológicos e hidrológicos en la sierra centro del Ecuador?

1.4 Objetivos

Objetivo General

- Implementar un repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos con predicción en la sierra centro.

Objetivos Específicos

- Analizar herramientas y tecnologías GIS para la gestión de datos meteorológicos e hidrológicos.
- Desarrollar un geovisor y un repositorio de datos que permita visualizar y predecir datos meteorológicos e hidrológicos de las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo pertenecientes a la sierra centro.
- Evaluar la funcionalidad del geovisor mediante la aplicación de la norma ISO 25010 y métricas de desempeño para la predicción de datos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son herramientas esenciales en la gestión y análisis de datos geospaciales pertenecientes a una región. La integración de la tecnología SIG con datos geotécnicos proporciona información valiosa sobre las características geológicas y geotécnicas de un área, lo que ayuda en el desarrollo de infraestructura, la evaluación de peligros y la planificación del uso de la tierra [10]. Por otro lado, los SIG han sido ampliamente utilizados y adoptados para almacenar, analizar y visualizar datos espaciales [11], haciéndolos indispensables en disciplinas que requieren una comprensión geográfica precisa, como la meteorología, la geología y la planificación territorial.

Estos sistemas integran hardware, software para capturar y gestionar información geográfica, permitiendo una comprensión detallada de las relaciones espaciales y los patrones que se desarrollan en el espacio geográfico. Por otro lado, el uso de SIG puede ayudar, por ejemplo, a comunidades, gobiernos locales y organizaciones no gubernamentales (ONG) a obtener un mejor conocimiento del potencial de la región [12]. La capacidad de estas herramientas mejora significativamente la toma de decisiones en la gestión de riesgos y desastres naturales, proporcionando una herramienta poderosa para anticipar eventos extremos y planificar respuestas adecuadas.

A continuación, en la Figura 1 se puede apreciar algunos de los softwares que forman parte de los SIG.



Figura 1: Softwares SIG

Fuente: [13]

2.1.1 Geovisor

Un geovisor es una herramienta perteneciente a los SIG, creada para visualizar, analizar y compartir información geográfica en tiempo real o mediante mapas interactivos, permitiendo una mejor comprensión detallada de una zona específica. Estas herramientas digitales se utilizan para comunicar el impacto y cómo afectaría

a una comunidad los desastres naturales, por ejemplo, los sismos, volcanes, deslizamientos de tierras, inundaciones, entre otros [14]. Además, por medio de un geovisor, los usuarios pueden superponer capas de información, realizar análisis espaciales y visualizar datos críticos para la toma de decisiones en gestión de riesgos y planificación territorial.

Aguilar et al. [9] destacan que los geovisores mejoran la comprensión de patrones espaciales, facilitando la planificación de recursos hídricos y la gestión ambiental. Los aspectos importantes de estos incluyen su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos espaciales, la interactividad con los usuarios, la integración de diversas capas de información para una comprensión más detallada del espacio geográfico.

En la Figura 2 se muestra la interfaz del geovisor Atlas Geográfico Ambiental del Ecuador.

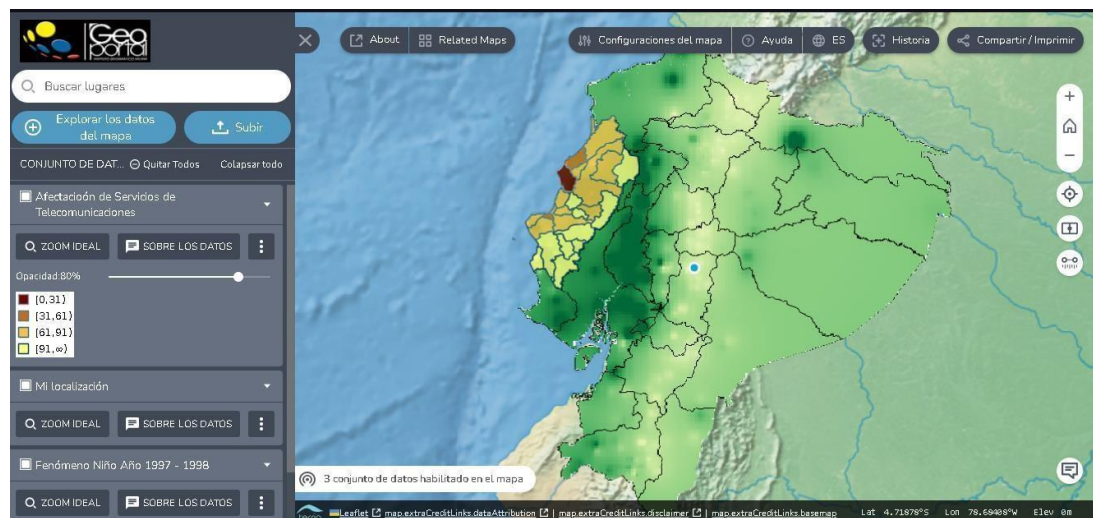


Figura 2: Interfaz Geovisor Atlas Geográfico

2.1.2 Funcionalidades del geovisor

Es importante destacar que el geovisor no solo garantiza el acceso a la información geoespacial, sino que presenta funcionalidades que posibilitan su exploración y análisis [15], convirtiéndola de esta manera en una herramienta muy útil. Estas funcionalidades permiten a los usuarios interactuar con los datos de manera dinámica, facilitando una comprensión más clara ya sea de una o varias zonas geográficas.

A continuación, en la Tabla 1, se presentan de manera comparativa las funcionalidades que poseen diferentes softwares de geovisor.

Tabla 1. Funcionalidades de geovisores

Software	Usabilidad	Tendencia de crecimiento	Funciones
Cart	Disponible en la nube, fácil e interactivo. Accede desde cualquier lugar sin necesidad de contar con cartografía.	Es un software muy popular para la construcción de visores cartográficos y con una tendencia de crecimiento a largo plazo ya incrementa ventajas como son la escalabilidad a la nube y BigData.	Reduzca el tiempo de desarrollo. Análisis espacial par la toma de decisiones.
Mango	Disponible en la nube, Compartir en redes sociales, exportar a PDF o integrar en páginas web.	Es un software con múltiples ventajas, pero su uso no es muy común.	Aplicaciones web con unos simples pasos y crea visores tan interactivos y fáciles de utilizar
Mapbox	Disponible en la nube, soluciones de logística, movilidad, gobierno, entre otros.	Es un software con múltiples ventajas, con tendencia al crecimiento, asociado con Toyota, BMW, National Geographic, para el sistema de rutas.	Potente motor de enrutamiento, puntos precisos e intuitivos, experiencias de navegación atractivas.
Openlayers	Facilita la colocación de un mapa dinámico en cualquier página web.	Tecnología disponible para celulares, es un api muy utilizado y continúa siendo actualizada.	Fácil de personalizar, fusionar y ampliar.
ArGis Web AppBuilder	Configuración sencilla, permite exportar plantillas, widgets y temas. Disponible en la nube.	Software paralelo, de ArckGis, con tendencia a crecimiento en el ámbito de visores.	Intuitivo y de fácil uso,

Fuente: [16]

2.2 Datos Climatológicos

Los sistemas de información geográfica como el geovisor no solo usan datos geoespaciales si no también datos climatológicos los cuales son conjuntos de información relacionados con las condiciones climáticas de una región determinada durante un periodo específico. Incluyen variables como la temperatura, precipitación, humedad, presión atmosférica y velocidad del viento, que permiten analizar patrones climáticos y comprender variaciones a lo largo del tiempo. Por ello, Cartaya et al. [17] mencionan que es indudable la importancia

de realizar un tratamiento a los registros disponibles para que la caracterización climática se constituya en un aporte como información base para distintas áreas de estudio.

Debido a la gran disponibilidad que poseen los datos climáticos estos se han empleado en varias investigaciones, por ejemplo, Klienachuay et al. [18] analizaron tendencias de temperatura, humedad y precipitación en seis regiones de Tailandia para lograr comprender los efectos del cambio climático en dichas regiones haciendo uso de datos climáticos almacenados desde el 2001 hasta el 2020 en 127 estaciones con el objetivo de detectar patrones de comportamiento.

Entre los datos climatológicos se destacan dos tipos de datos los cuales son muy usados en cuanto a la predicción y monitoreo del clima. Estos son los datos meteorológicos e hidrológicos.

2.2.1 Datos meteorológicos

Este tipo de datos son fundamentales para el monitoreo y la predicción de condiciones atmosféricas debido a que se constituyen mayormente con información acerca de la presión, temperatura y precipitación las cuales se encuentran almacenadas en estaciones meteorológicas. Según Lizumi et al. [19] los datos meteorológicos ofrecen un marco para aplicaciones de seguimiento y previsión orientadas a la adaptación, ofreciendo datos precisos para la planificación preventiva de emergencias enfocadas a desastres naturales.

En el estudio realizado por Montaña & Iriarte [20], se emplearon datos meteorológicos para el análisis de las condiciones de sequía en zonas específicas. Se utilizaron registros históricos de precipitación y temperatura para modelar e identificar patrones de sequía. A través de estos datos, se aplicaron modelos de aprendizaje automático para evaluar la intensidad y duración de las sequías, proporcionando información crucial para la gestión y planificación de recursos hídricos en áreas vulnerables.

2.2.2 Datos hidrológicos

Los datos hidrológicos comprenden información sobre cuerpos de agua, como ríos, lagos y acuíferos, incluyendo su caudal, nivel y calidad del agua. Este tipo de datos es crucial para monitorear el comportamiento de los recursos hídricos y gestionar su uso sostenible. Wei et al. [21] mencionan que estos datos se utilizan para calcular métricas hidrodinámicas basadas en la descarga por ancho de unidad, comparándolas con umbrales hidrodinámicos, permitiendo de esta manera una evaluación precisa de los recursos hídricos.

Un claro ejemplo de la aplicación de este tipo de datos es la investigación desarrollada por Onchi et al. [22] en donde se evaluó el riesgo de inundación del arroyo Garita en la zona urbana de San Luis Potosí mediante la modelación hidrodinámica. Se realizó un análisis de la cuenca utilizando datos hidrológicos y

topográficos, como la geomorfología y la precipitación histórica, y se usaron tecnologías avanzadas, como la fotogrametría aérea y sistemas GNSS. Además, se emplearon modelos numéricos, como SWMM5, HEC-RAS y EFDC Explorer, para simular diferentes escenarios de inundación. Esto permitió identificar áreas propensas a desbordamientos y proponer soluciones para mitigar los riesgos.

2.3 Administración de datos

Por lo general, la gran mayoría de geovisores actuales integran una base de datos o repositorios que les permiten almacenar datos importantes, para posteriormente representar estos mismos datos en sus interfaces.

2.3.1 Base de datos

Una base de datos es un conjunto de datos almacenados en memoria externa que están organizados mediante una estructura de datos. Cada base de datos ha sido diseñada para satisfacer los requisitos de información de una empresa u otro tipo de organización, como, por ejemplo, una universidad o un hospital [23]. Por otro parte, Beynon [24] considera que una base de datos es un repositorio estructurado para datos cuyo propósito principal es preservar los datos para algún conjunto de objetivos de una organización.

2.3.2 Repositorio de bases de datos

Son sistemas que almacenan y gestionan grandes volúmenes de información de manera centralizada, asegurando su integridad y accesibilidad. Un enfoque basado en una base de datos permite puntos de extensión donde se puede conectar nueva lógica para ampliar la capacidad de la plataforma [25]. Se utilizan en múltiples sectores como la investigación científica, la administración pública y análisis de datos. Pueden almacenar el resultado de las predicciones, servicios web que permiten la ingestión de datos en bases de datos y también para suministrar datos desde la base de datos al consumidor [25]. Además, se caracterizan por la eficiencia en la búsqueda y recuperación de información, la interoperabilidad con otros sistemas y la seguridad de los datos almacenados.

2.3.3 PostgreSQL

PostgreSQL es un sistema de gestión de bases de datos objeto-relacional altamente utilizado en geovisores y otros SIG convirtiéndolo en el sistema de gestión de bases de datos de código abierto más potente del mercado [26]. Además, puede manejar una amplia gama de tipos de datos, incluidos los tipos SQL estándar, matrices, JSON/JSONB para datos semiestructurados y datos geoespaciales a través de su extensión PostGIS [27].

Por otra parte, PostgreSQL utiliza un modelo cliente/servidor y usa multiprocesos en vez de multihilos para garantizar la estabilidad del sistema. Un fallo en uno de los procesos no afectará el resto y el sistema continuará funcionando [26].

A continuación, en la Figura 3 se muestra la arquitectura cliente/servidor de PostgreSQL.

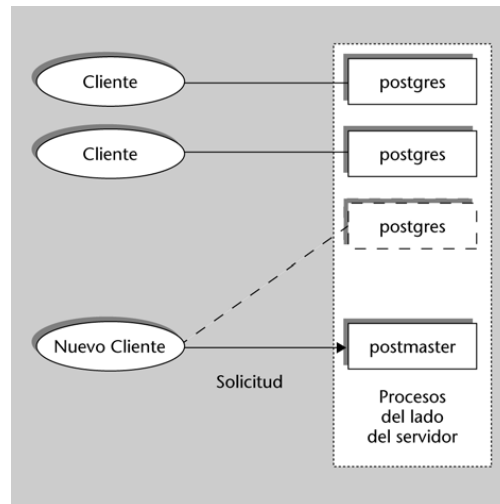


Figura 3:Arquitectura Cliente/Servidor PostgreSQL

Fuente: [28]

2.3.4 PostGis

Como se mencionó anteriormente, PostGIS es una extensión del sistema de base de datos relacional PostgreSQL que permite almacenar objetos SIG en la base de datos. Incluye soporte de índices de tipos basados en GiST R-Tree, y funciones de análisis y procesamiento de objetos SIG [29], se puede utilizar con PostgreSQL, convirtiéndola en una base de datos espacial para su utilización en un sistema de información geográfica [30], almacenando datos SIG como puntos, líneas y polígonos.

Funcionamiento de PostGis

- **Arquitectura Cliente-Servidor**

PostGIS generalmente trabaja como servidor en un sistema cliente-servidor, de la manera en que el cliente realiza una petición al servidor y obtiene una respuesta. Estas peticiones se realizan en lenguaje SQL y la respuesta es generalmente una tabla de datos procedente de la base de datos generada por este gestor [30]

- **Creación de una base de datos espacial**

Este componente organiza su trabajo en base de datos separadas por lo que cada una trabaja independientemente con sus propias tablas y usuarios. Es por ello que al conectarse con una base de datos PostGIS se debe definir a qué base de datos se quiere acceder [30].

- **Consultas simples y espaciales**

Para seleccionar datos de una tabla PostGIS se pueden aplicar todas las operaciones SQL comunes y para realizar las consultas espaciales se utilizan las funciones con carácter espacial que se encuentran en la sección documental de esta herramienta [30].

2.4 Servidores de mapas web

Los servidores de mapas web son fundamentales en el funcionamiento de todo geovisor ya que estos son plataformas que almacenan y proporcionan datos digitales de cartografía a través de internet, ya sea en formato vectorial o en formato de imágenes, permitiendo de esta manera que los datos sean mucho más accesibles.

2.4.1 Geoserver

Es el servidor de mapas en la nube de código abierto más utilizado en los SIG debido a que está diseñado específicamente para la gestión y publicación de datos espaciales. Además, es un servidor basado en Java que permite a los usuarios ver y editar datos geoespaciales. GeoServer, utiliza estándares abiertos establecidos por el Open Geospatial Consortium (OGC), permitiendo una gran flexibilidad en la creación de mapas y el intercambio de datos [31].

GeoServer es la implementación de referencia de los estándares OGC, Web Feature Service (WFS) y Web Coverage Service (WCS), y está certificado como implementación de alto rendimiento del estándar Web Map Service (WMS), convirtiéndolo de esta manera en uno de los componentes core de la Web Geoespacial [32].

En la Figura 4 se puede apreciar la interfaz gráfica que posee el servidor de mapas en la nube Geoserver.

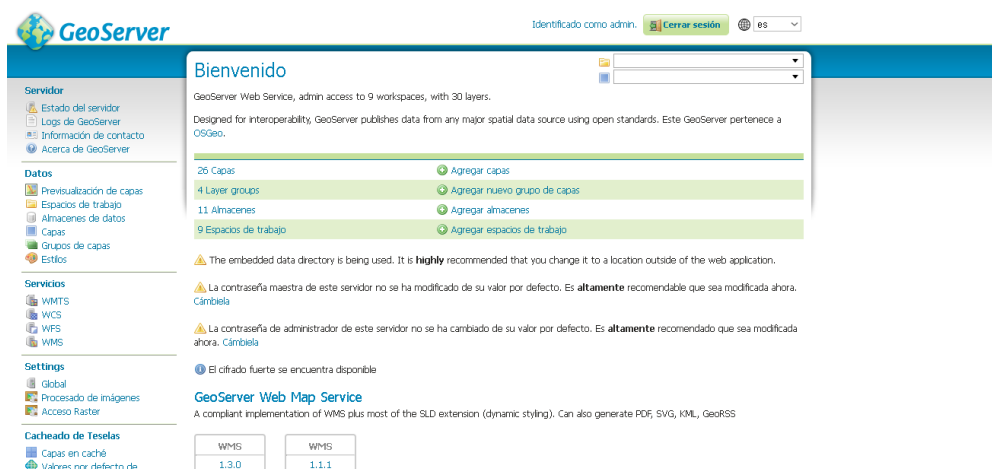


Figura 4: Interfaz Geoserver

2.4.2 Servicios y características

Por otro lado, Geoserver brinda servicios tanto para la visualización como la edición de datos geoespaciales en la nube haciendo uso de protocolos WMS, WFS y WCS, permitiendo de esta manera la interoperabilidad y el acceso a información geográfica desde diferentes plataformas, además, geoserver puede leer de muchas fuentes de datos diferentes, desde archivos guardados en el disco local de tipo vectorial como

shapefiles de ESRI, GeoPackage, bases de datos PostGIS, archivos ráster: ArcGrid, GeoPackage en formato ráster, GeoTIFF, ImageMosaic o WorldImage [33].

El uso de Geoserver como servidor de mapas genera además servicios de mapas teselados (TMS-OSGeo- y WMTS-OSG-). Al utilizar este estándar se mejora la velocidad de acceso a los datos y la visualización, haciendo agradable su utilización al usuario [34].

A continuación, en la Figura 5 se presenta los distintos servicios que posee geoserver así como también las fuentes de datos de donde puede acceder.



Figura 5:Fuentes de datos y servicios de Geoserver

Fuente: [33]

Por otro lado, posee varias características las cuales le permiten tener la capacidad de trabajar con grandes volúmenes de datos en tiempo real.

Entre las principales características de geoserver se encuentran las siguientes:

- Compatibilidad con las especificaciones WMS, WCS e WFS, testados por el test de conformidad CITE de la OGC [35].
- Fácil utilización a través de la herramienta de administración vía web [35].
- Amplio soporte de formatos de entrada PostGIS, Shapefile, ArcSDE y Oracle. VFP, MySQL, MapInfo y WFS [35].
- Soporte de formatos de salida tales como JPEG, GIF, PNG, SVG y GML [35].
- GeoServer incluye un cliente integrado OpenLayers para previsualizar capas de datos [35].

2.5 Norma de calidad ISO/IEC 25010

Esta norma o modelo de calidad es fundamental en el sistema de evaluación sobre la calidad de un producto o software, proporcionando directrices y criterios de cumplimiento. En este modelo se determinan las características de calidad que se van a tener en cuenta a la hora de evaluar las propiedades de un producto o software determinado [36].

El modelo de calidad establecido por la norma ISO/IEC 25010 está conformado por nueve características de calidad del producto o software las cuales se muestran en la Figura 6.

CALIDAD DEL PRODUCTO SOFTWARE								
ADECUACIÓN FUNCIONAL	EFICIENCIA DE DESEMPEÑO	COMPATIBILIDAD	CAPACIDAD DE INTERACCIÓN	FIABILIDAD	SEGURIDAD	MANTENIBILIDAD	FLEXIBILIDAD	PROTECCIÓN
COMPLETITUD FUNCIONAL	COMPORTAMIENTO TEMPORAL	COEXISTENCIA	RECONOCIBILIDAD DE ADECUACIÓN	AUSENCIA DE FALLOS	CONFIDENCIALIDAD	MODULARIDAD	ADAPTABILIDAD	RESTRICCIÓN OPERATIVA
CORRECCIÓN FUNCIONAL	UTILIZACIÓN DE RECURSOS	INTEROPERABILIDAD	APRENDIZABILIDAD	DISPONIBILIDAD	INTEGRIDAD	REUSABILIDAD	ESCALABILIDAD	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS
PERTINENCIA FUNCIONAL	CAPACIDAD		OPERABILIDAD	TOLERANCIA A FALLOS	NO-REPUDIO	ANALIZABILIDAD	INSTALABILIDAD	PROTECCIÓN ANTE FALLOS
			PROTECCIÓN FRENTE A ERRORES DE USUARIO	RECUPERABILIDAD	RESPONSABILIDAD	CAPACIDAD DE SER MODIFICADO	REEMPLAZABILIDAD	ADVERTENCIA DE PELIGRO
			INVOLUCRACIÓN DEL USUARIO		AUTENTICIDAD	CAPACIDAD DE SER PROBADO		INTEGRACIÓN SEGURA
			INCLUSIVIDAD		RESISTENCIA			
			ASISTENCIA AL USUARIO					
			AUTO-DESCRIPTIVIDAD					

Figura 6: Subcaracterísticas de Calidad ISO 25010

Fuente: [36]

2.5.1 Funcionalidad

Esta subcaracterística de la norma ISO 25010 se centra en la capacidad del software para cumplir con los requisitos y expectativas del usuario, mediante este criterio se puede asegurar que el producto proporcione el valor esperado en su contexto de uso. La norma desglosa la funcionalidad en diferentes subcaracterísticas, cada una de las cuales abarca un aspecto específico del desempeño del software [36].

Además, representa la capacidad del producto software para proporcionar funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas de los usuarios cuando el producto se usa en las condiciones especificadas [36]. La evaluación de la funcionalidad del producto o software se subdivide en las siguientes subcaracterísticas:

- **Compleitud funcional.** Grado en el que el conjunto de funcionalidades del producto cubre todas las tareas y los objetivos de usuario especificados [36].
- **Corrección funcional.** Capacidad del producto o sistema para proveer resultados exactos cuando es usado por los usuarios especificados [36].
- **Pertinencia funcional.** Capacidad del producto software para proporcionar un conjunto de funciones que facilitan la consecución de tareas y objetivos de usuario especificados [36].

2.6 Predicción Climatológica

Ciertos sistemas de información geográfica enfocados a la climatología integran predicciones climatológicas en su sistema. Este tipo de predicción emplea modelos climáticos basados en datos históricos para proyectar las condiciones futuras de una región. Estos modelos permiten simular las evoluciones posibles a partir de una situación inicial conocida del estado del océano y del resto de componentes del sistema climático [37]. Por lo tanto, la previsión meteorológica y la predicción climática precisas son cruciales para la preparación ante los peligros, gestión de recursos y comprensión del cambio climático a largo plazo [38].

La aplicación de este tipo de predicción se puede evidenciar en el trabajo realizado por Lops et al. [39] en donde se llevó a cabo la predicción climática empleando diferentes conjuntos de datos meteorológicos actuales e históricos para la simulación de futuros escenarios. Así mismo, se evaluó el impacto del cambio climático en el centro de Italia, comparando diferentes escenarios climáticos tanto actuales como históricos.

2.7 Modelos de predicción

En predicción climatológica existen varios modelos que son aplicados para la predicción de variables climáticas, a continuación, se describirán algunos de estos modelos de predicción:

2.7.1 Regresión Lineal

Estos modelos capturan relaciones lineales entre indicadores climáticos y respuesta de variables como temperatura y caudales, sirviendo de referencia para análisis preliminares de tendencias climáticas [40].

2.7.2 Random Forest

Cada modelo de bosque aleatorio construye un ensamblaje de árboles de decisión independientes entrenados con subconjuntos aleatorios de datos y variables, y combina sus salidas para reducir la varianza del pronóstico, lo que otorga alta robustez y precisión en la predicción de la aparición y severidad de olas de calor marinas incluso a horizontes de varios días o semanas[41].

2.7.3 Red Neuronal LSTM

Estos modelos emplean celdas de memoria de largo plazo que retienen y gestionan dinámicamente la información histórica mediante puertas de entrada, olvido y salida, permitiendo capturar la autocorrelación y las fluctuaciones estacionales de la temperatura con gran fidelidad, superando en varios casos a los esquemas ARIMA clásicos [42].

2.7.4 Red Neuronal Convolucional CNN

Esta clase de red neuronal actúa como un detector que recorre un mapa de datos climáticos identificando patrones mediante zonas de calor o frío aprendiendo patrones espaciales y guardando en su memoria para posteriormente hacer predicciones futuras o clasificaciones [43].

2.8 Métricas de desempeño para la evaluación de modelos de predicción

Para poder constatar que las predicciones de algún sistema son efectivas se usan las métricas de desempeño las cuales son esenciales para evaluar el rendimiento de los modelos de predicción, especialmente en sistemas de predicción complejos. Estas métricas permiten ajustar y mejorar los modelos, garantizando que proporcionen información útil y precisa al usuario final. Para optimizar el desempeño de un modelo de predicción, es crucial seleccionar métricas que permitan discriminar entre posibles soluciones y guiar el proceso de aprendizaje hacia el mejor modelo [44].

A continuación, en la Tabla 2 se presenta las principales métricas de desempeño utilizadas en la evaluación de modelos de predicción. Estas métricas son fundamentales para la precisión de las predicciones hasta el balance entre falsas alarmas y omisiones en las mismas.

Tabla 2. Métricas de desempeño para la evaluación de modelos de predicción

Métricas	Formula	Descripción
R^2	$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^m (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^m (Y - Y_i)^2}$	Proporción de la varianza en la variable dependiente que es predecible a partir de variables independientes oscila entre 0 a 1 entre más cerca del 1 mejor el modelo[45]
MAE	$MAE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - Y_i)^2$	Métrica que mide el promedio de los errores absolutos entre las predicciones y los valores reales. Su mejor valor es 0, indicando un ajuste perfecto, mientras que el peor valor tiende a $+\infty$ [45].
MSE	$MSE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m X_i - Y_i $	Usada para detectar valores atípicos en donde atribuye pesos para identificar si el modelo hace una predicción muy errónea. Su mejor valor es 0, indicando un ajuste perfecto, mientras que el peor valor tiende a $+\infty$ [45].
RMSE	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (X_i - Y_i)^2}$	Métrica derivada del MSE relacionada mediante la raíz cuadrada usada para interpretar de mejor manera los valores del MSE[45].
EVS	$EVS = \frac{\sigma_e^2}{\sigma_t^2}$	Métrica usada para medir el valor de captura de los datos por los modelos de predicción (EVS)[46].

CAPÍTULO III. METODOLOGIA

3.1 Tipo de Investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa debido a que posee métodos para obtener una comprensión completa del problema. Se utilizó la revisión bibliográfica para fundamentar el desarrollo del geovisor y sus componentes, además se realizó el análisis de datos históricos para identificar patrones y tendencias climáticas.

3.2 Diseño de la Investigación

En esta investigación se llevó a cabo como primera instancia una revisión bibliográfica para determinar las mejores herramientas SIG, junto con las variables más relevantes. Se centro en la recolección y análisis de datos meteorológicos e hidrológicos, mientras que, por otro lado, se enfocó en la evaluación de la funcionalidad del geovisor y el repositorio, así como métricas de desempeño para la predicción de datos.

3.3 Población de Estudio y Tamaño Muestra

Debido al enfoque del proyecto, se utilizó datos históricos obtenidos de las estaciones meteorológicas e hidrológicas de la UNACH en donde la población de estudio incluye el cantón Guaranda de la provincia de Bolívar, Guano y Riobamba de la provincia de Chimborazo, Ambato y Quero de la provincia de Tungurahua. No se consideró una muestra en la investigación debido a que se utilizó todos los registros históricos disponibles en estas localidades.

3.4 Técnicas de Recolección de Datos

Para obtener una comprensión completa de la problemática, se realizó entrevistas detalladas con profesionales enfocados en el campo climatológico y ambiental, lo que permitió capturar una visión integral y experta del tema de estudio. Además, se recopiló datos meteorológicos e hidrológicos históricos de las estaciones meteorológicas e hidrológicas de la UNACH, los cuales fueron esenciales para el análisis y la identificación de patrones y tendencias climáticas e hidrológicas.

3.5 Métodos de Análisis y Procesamiento de Datos

Se evaluó la funcionalidad del geovisor mediante la aplicación de la norma ISO 25010, por otro lado, se usaron métricas de desempeño en cuanto a la predicción de datos. La aplicación de esta norma y métricas de desempeño incluyeron la precisión de la predicción, la facilidad de uso del geovisor, la velocidad de procesamiento de datos y la satisfacción del usuario.

El procesamiento de datos en esta investigación se abordó de manera integral, abarcando múltiples aspectos esenciales para garantizar el éxito y la efectividad del geovisor. Las actividades específicas incluyeron:

1. Revisar el sustento teórico sobre el tema de investigación.
2. Analizar los requerimientos para el desarrollo del geovisor y el repositorio de datos.
3. Implementar una metodología ágil que permita el nexo entre la información hidroclimatológica, su predicción y el desarrollo del geovisor.
4. Visualizar y limitar el trabajo en curso.
5. Gestionar el flujo de trabajo y políticas de uso de la aplicación.
6. Implementar ciclos de retroalimentación y mejora continua.
7. Evaluar la pertinencia funcional del geovisor utilizando la norma ISO 25010 junto con la predicción de datos haciendo uso de métricas de desempeño.

3.6 Identificación de variables

3.6.1 Variable dependiente

Funcionabilidad del geovisor y las métricas de desempeño para la predicción de datos meteorológicos e hidrológicos.

3.6.2 Variable independiente

Repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos.

3.7 Operacionalización de variables

A continuación, la Tabla 3, presenta la operacionalización de variables.

Tabla 3. Operacionalización de Variables

PROBLEMA	TEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	CONCEPTUALIZACION	DIMENSION	INDICADORES
¿Cómo la funcionalidad de la implementación de un repositorio y geovisor incidirá en la predicción de datos meteorológicos e hidrológicos en la sierra centro del Ecuador?	Implementación de un repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos con predicción en la sierra centro	GENERAL	INDEPENDIENTE	Un repositorio es una infraestructura o sistema centralizado donde se almacenan, gestionan y mantienen diferentes tipos de datos de manera organizada y segura. Por otro lado, un geovisor es una herramienta SIG que ofrece una visualización interactiva de datos geospaciales, incluyendo mapas interactivos y gráficos avanzados.	Desarrollo de herramientas SIG	- Módulos. - Funcionalidades específicas.
		Implementar un repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos con predicción en la sierra centro	Repositorio y geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos.			
		ESPECIFICOS	DEPENDIENTE	La funcionalidad de un geovisor y de las métricas de desempeño para la predicción de datos en cuanto a la visualización y predicción de datos meteorológicos e hidrológicos, hace referencia a la capacidad que tiene la herramienta para representar datos, análisis y predicciones que sean útiles y relevantes para los usuarios, mejorando así la capacidad de toma de decisiones informadas y la atención dedicada a los fenómenos naturales.	Calidad del Software	- Funcionalidad - Completitud funcional - Corrección funcional - Pertinencia funcional - Desempeño - Precisión de la predicción de los datos
		- Analizar herramientas y tecnologías GIS para la gestión de datos meteorológicos e hidrológicos. - Desarrollar un geovisor y un repositorio de datos que permita visualizar y predecir datos meteorológicos e hidrológicos de las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo pertenecientes a la sierra centro. - Evaluar la funcionalidad del geovisor mediante la aplicación de la norma ISO 25010 y métricas de desempeño para la predicción de datos.	Funcionalidad del geovisor y las métricas de desempeño para la predicción de datos meteorológicos e hidrológicos			

3.8 Metodología de Desarrollo

Para el desarrollo del repositorio y del geovisor de datos meteorológicos e hidrológicos con predicción en la sierra centro se optó por el uso de la metodología Kanban, debido a que esta metodología emplea tableros en donde las tareas se dividen y se desplazan en distintas fases conforme estas se completan.

3.8.1 Metodología de desarrollo Kanban

Kanban tiene su origen en Japón, en la empresa Toyota y nació para aplicarse a los procesos de fabricación de coches. El Kanban está basado en el método Just in Time que trataba de dividir el proceso en fases delimitadas que debían cumplir los objetivos perfectamente para pasar a la siguiente fase, dando lugar así a la calidad. Permite reducir costes, pues sólo encargan los suministros en el momento y en las cantidades necesarias [47].

La principal ventaja de Kanban es la mejora continua, la capacidad de adaptarse a cambios, y la optimización del tiempo de entrega. Se enfoca en limitar el trabajo en curso para evitar sobrecarga y mejorar la productividad

3.8.2 Tablero Kanban

Consiste en dividir las tareas en porciones mínimas y organizarlas en un tablero de trabajo dividido en tareas pendientes, en curso y finalizadas. De esta forma, se crea un flujo de trabajo muy visual basado en tareas prioritarias e incrementando el valor del producto. Kanban es un mecanismo de control que facilita el seguimiento del trabajo, aumentar la efectividad de equipo y limitar el trabajo en curso, evitando así el cuello de botella o eliminarlo si existiera [48].

Por otro lado, se pueden identificar algunas secciones comunes en los tableros Kanban, que suelen estar siempre presentes en un tablero Kanban típico siendo estas las siguientes fases:

- **Por hacer (To Do):** Esta es la columna donde se colocan las tareas o elementos de trabajo que aún no han comenzado. Representa el trabajo que se necesita hacer, pero que aún no se ha iniciado[49].
- **En progreso (In Progress):** En esta columna se encuentran las tareas que están en curso, es decir, aquellas en las que el equipo está trabajando actualmente. Estas tareas están en proceso de ser completadas[49].
- **En revisión (Testing):** Algunos equipos incluyen una columna de revisión donde se colocan las tareas que han sido completadas pero que aún necesitan ser revisadas o aprobadas antes de ser consideradas terminadas[49].
- **Completado (Done):** Esta es la columna final donde se colocan las tareas una vez que han sido completadas satisfactoriamente. Representa el trabajo que ha sido finalizado y entregado con éxito[49].

En la Figura 7 se presenta la estructura del tablero de la metodología de desarrollo ágil Kanban

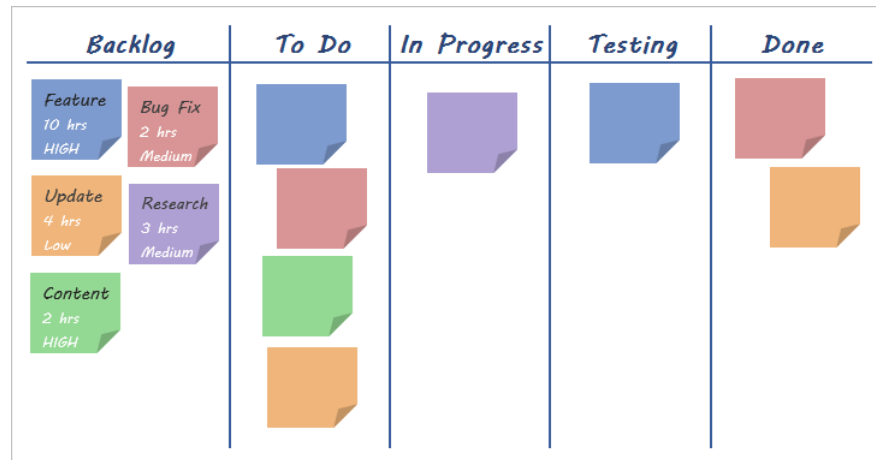


Figura 7:Tablero Kanban

Fuente: [36]

3.8.3 Beneficios de Kanban

Existen varios beneficios provenientes del uso del método Kanban, siendo los más destacados.

- La principal ventaja de este método es que es muy fácil de usar y aprender por parte del equipo. También, destaca por ser una técnica visual, lo que permite, con un golpe de vista, ver el estado de los proyectos y tareas [47].
- Otra ventaja es que, como las tareas no se cierran hasta que están bien, no hay errores, por lo que se garantiza la calidad. Además, al realizar lo justo y necesario, se reduce el desperdicio [47].
- Kanban no sólo es una metodología de gestión, sino que también es un sistema de mejora de desarrollo de proyectos, lo que supone una mejora continua de la empresa. Asimismo, permite una gran flexibilidad, pues se puede seleccionar la tarea siguiente a realizar con más prioridad[47].

Esta metodología abarca todas las características esenciales que permiten sentar la base sólida para el desarrollo tanto del repositorio, geovisor y la predicción de datos, a continuación, se detalla cada fase.

Primera Fase: Lista de tareas

En esta primera fase se instauraron todas las actividades a ejecutarse en el desarrollo del geovisor, repositorio y la predicción de datos dentro del tablero de actividades Kanban con el objetivo de organizar las tareas para que sean cumplidas de la mejor manera, además, se estableció los requerimientos dados por el cliente.

Segunda Fase: Desarrollo

En esta fase se comenzó por la implementación de las funcionalidades y componentes de la aplicación, partiendo de los diseños y diagramas elaborados previamente. Se incluyeron los diagramas de casos de uso que definen las interacciones de los usuarios con la aplicación, los diagramas de actividades que describen el flujo de los procesos del sistema, y los diagramas de componentes que muestran la estructura física y la relación entre los distintos módulos de la aplicación. Además, se llevó a cabo el desarrollo de las interfaces y del repositorio aplicando las tecnologías SIG identificadas anteriormente siguiendo los prototipos establecidos, asegurando una integración eficiente de los datos y las funcionalidades, como la visualización de mapas y la predicción de datos meteorológicos e hidrológicos

Tercera Fase: Pruebas

Planeación de pruebas

Se diseñó una planeación de pruebas con el objetivo de evaluar la funcionalidad y el desempeño de las predicciones del sistema desarrollado. Las pruebas se dividieron en dos categorías principales: evaluación de la funcionalidad, basada en la norma ISO 25010 que permitió saber cuán útil y funcional es el geovisor desarrollado, y la evaluación de los modelos predictivos mediante métricas de desempeño para identificar el mejor modelo de predicción.

Ejecución de pruebas

Mediante el uso de una encuesta dirigida a los participantes involucrados en el desarrollo se recopilaban varias respuestas que permitieron medir el grado de satisfacción sobre la funcionalidad del geovisor, por otro lado, se implementaron métricas de desempeño para identificar el mejor modelo de predicción en cuanto a mayor precisión y menor tasa de error.

Cuarta Fase: Completado

En esta fase se llevaron a cabo varias reuniones de revisión del geovisor en donde se presentaron cada una de las funcionalidades implementadas junto con el modelo de predicción integrado, con el objetivo de verificar si se cumple con los requerimientos establecidos al inicio del proyecto para posteriormente obtener la aprobación por parte del líder del proyecto y dar por terminado todo el proceso.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Resultados del Objetivo 1.- Analizar herramientas y tecnologías GIS para la gestión de datos meteorológicos e hidrológicos.

Mediante un análisis profundo y extenso se logró seleccionar las herramientas y tecnologías esenciales para el desarrollo del geovisor. A continuación, en la Tabla 4 se describen las funciones y los parámetros claves de cada una de estas herramientas.

Tabla 4. Herramientas y tecnologías SIG

Herramienta / Tecnología	Función principal	Parámetros clave	Justificación
PostgreSQL	Almacenamiento y consulta de datos espaciales.	- Tipos geográficos (puntos, líneas, polígonos) - SQL estándar y JSONB - Transacciones ACID	Permite guardar y consultar eficientemente los datos meteorológicos e hidrológicos en el repositorio.
Geoserver	Publicación de servicios OGC (WMS, WFS, WMTS).	- Compatibilidad WMS/WFS/WCS/WMTS - Lectura de PostGIS, Shapefile, GeoTIFF - Administración web sencilla	Facilita el despliegue de capas geográficas dinámicas en el geovisor, asegurando interoperabilidad.
Leaflet / Openlayers	Visualización e interacción con mapas en el navegador.	- Renderizado vectorial y ráster - Plugins para controles de capa y plugins de terceros - Ligero y personalizable	Ofrecen APIs JavaScript flexibles para integrar capas WMS/WMTS de GeoServer y controles de usuario.
Node.js + Express.js	Backend de la aplicación y APIs REST.	- Concurrencia basada en eventos - Middleware extensible (CORS, Multer) - Manejo de JSON de gran volumen	Se encarga de servir datos al geovisor, gestionar carga masiva de Excel a la base de datos y peticiones HTTP.
JavaScript / Bootstrap / HTML	Construcción de la interfaz de usuario y responsividad.	- Componentes pre-diseñados - Sistema de grid y utilidades CSS - Compatibilidad multiplataforma	Permiten crear paneles de control, formularios de carga y dashboards de estadísticas.
Librerías de Python (Scikit-learn, Tensor Flow)	Entrenamiento e integración de modelos de predicción.	- Bibliotecas maduras de ML/DL - Conectividad vía Flask API	Implementa modelos para generar predicciones, que luego se sirven al geovisor para visualización.

Resultados del Objetivo Especifico 2.- Desarrollar un geovisor y un repositorio de datos que permita visualizar y predecir datos meteorológicos e hidrológicos de las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo pertenecientes a la sierra centro.

La aplicación de la metodología ágil Kanban durante el desarrollo de este proyecto permitió mostrar los siguientes resultados de cada fase:

Primera Fase: Lista de tareas

Las actividades que forman parte de la lista de tareas fueron establecidas según el tiempo definido para el desarrollo del geovisor y los requerimientos dados por el cliente, esto con el objetivo identificar las tareas a resolver en el menor tiempo posible y el grado de importancia, evitando de esta manera problemas en los plazos de entrega.

En la Tabla 5 se muestra el tablero Kanban de actividades diseñado para este proyecto.

Tabla 5. Diseño inicial del Tablero Kanban

Por hacer	En progreso	En revisión	Completado
Levantar requerimientos funcionales y no funcionales	Realizar entrevistas al personal del proyecto	Analizar las herramientas y tecnologías para el desarrollo del repositorio y geovisor	
Realizar diagrama de casos de uso			
Realizar diagrama de arquitectura			
Definir roles de usuario			
Instalar Visual Code			
Instalar servidor de mapas web Geoserver			
Instalar PostgreSQL			
Diseño y codificación de la interfaz del geovisor			
Implementación de las capas geográficas			
Diseño y codificación de la interfaz de los módulos			
Solicitud de los datos meteorológicos e hidrológicos			
Diseño del repositorio de datos			
Diseño y aplicación del modelo de predicción			
Conexión del repositorio al geovisor			

Actualización del tablero
Kanban

Pruebas de efectividad del
geovisor y eficiencia de la
predicción

Presentación del geovisor
para retroalimentación

Corrección de errores

Presentación final del
geovisor

Requerimientos funcionales

Definidas las actividades en el tablero Kanban se analizaron cada uno de los requerimientos emitidos por el cliente, en la Tabla 6 se presenta los requerimientos funcionales principales que se siguieron tanto para la implementación del repositorio, del geovisor y de la predicción de datos. Esta tabla describe cada una de las funcionalidades que se deberán cumplir para lograr satisfacer las necesidades del usuario y el cumplimiento de los objetivos planteados en el proyecto, para más detalles véase el [Anexo 1](#) donde se incluye la matriz de requerimientos iniciales.

Tabla 6.Requerimientos funcionales

ID	Requerimiento	Descripción
RF01	Visualización de Capas geográficas	El sistema permite al usuario sobreponer diferentes capas geográficas mediante un panel de opciones.
RF02	Módulos para los distintos datos meteorológicos e hidrológicos	El sistema permite al usuario ingresar a los diferentes módulos de los tipos de datos para visualizar información estadística.
RF03	Navegación y visualización de los mapas base de OpenStreetMap, Google Satelital y Google Maps	El sistema permite al usuario navegar y visualizar entre diferentes mapas base en la interfaz del geovisor.
RF04	Predicción en los datos meteorológicos e hidrológicos	El sistema permite al usuario visualizar predicciones de relacionadas a los diferentes tipos de datos dentro de los módulos correspondientes
RF05	Descarga de capas geográficas específicas	El sistema permite al usuario descargar capas geográficas específicas mediante un botón de descarga, ubicado en cada opción de las diferentes capas.
RF06	Repositorio de datos	Puede almacenar los datos meteorológicos e hidrológicos y a su vez proporcionar

RF07	Carga de datos desde el geovisor al repositorio de datos	información para la visualización y predicción de los diferentes tipos de datos en los módulos del geovisor. El sistema deberá tener una interfaz de admin para poder cargar datos desde el sistema al repositorio de datos.
------	--	---

Requerimientos no funcionales

En la Tabla 7 se presenta los requerimientos no funcionales que formaron parte del desarrollo del proyecto. Estos requerimientos se caracterizaron por complementar ciertas áreas del sistema como la funcionalidad, seguridad, usabilidad, entre otros. Cada uno de estos requerimientos permitieron que el sistema tenga un funcionamiento eficiente al momento de ser usado por el usuario.

Tabla 7.Requerimientos no funcionales

ID	Categoría	Requerimiento	Descripción
RNF01	Interoperabilidad	Sistema multiplataforma	El geovisor debe ser multiplataforma para que este pueda ser operable en distintas plataformas.
RNF02	Funcionalidad	Gestión y visualización de datos del repositorio	El sistema debe poseer una interfaz que permita al administrador observar y gestionar todos los datos que se encuentren almacenados en el repositorio

Requerimientos técnicos no funcionales

Para el aseguramiento exitoso en el desarrollo del repositorio, del geovisor y de los modelos de predicción fue fundamental el análisis de herramientas y tecnologías que aseguraron un desarrollo eficiente. A continuación, se presentan las herramientas analizadas durante el proyecto:

- **Frontend:** En el diseño de fronted se analizó el uso de librerías de JavaScript y Bootstrap para crear interfaces de usuario dinámicas y altamente interactivas esto debido a que no presenta una línea de aprendizaje difícil.
- **Backend Frameworks:** Se sugiere usar Node.js o Django, para manejar la lógica de negocio y la administración de datos.
- **Bases de Datos:** En este tipo de proyectos índole geográfico se recomienda el uso de PostgreSQL con la extensión PostGIS debido a que permite el almacenamiento y análisis de datos espaciales.
- **Servidores de Mapas Web:** GeoServer para la gestión y publicación de datos geoespaciales mediante estándares OGC (WMS, WFS, WMTS).
- **Librerías para Visualización de Mapas:** OpenLayers o Leaflet, para integrar y personalizar mapas interactivos en el geovisor.

- **Lenguajes de Programación:** Python para el backend y JavaScript/TypeScript para el frontend.
- **Herramientas de Predicción:** En este aspecto se analizó el uso de Python ya que posee bibliotecas como Scikit-learn y TensorFlow para la creación de modelos de predicción.

Segunda Fase: Desarrollo

En esta fase se ejecutaron las actividades para el desarrollo e implementación tanto del repositorio, geovisor y de los modelos de predicción, A continuación, se presenta el proceso realizado para lograr el desarrollo del geovisor.

Diagrama de Casos de uso

Se diseñó un diagrama de casos de uso para presentar los usos y funcionalidades que poseen los diferentes usuarios dentro del geovisor. Por ello, en la Figura 8 se presenta las funcionalidades principales de los usuarios dentro de la aplicación.

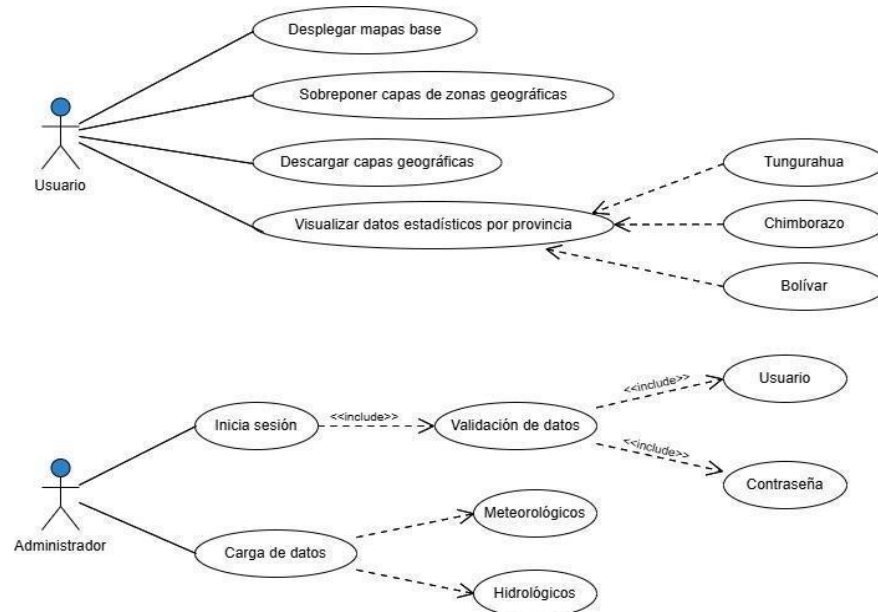


Figura 8:Diagrama de casos de uso

Diagrama de Actividades

Así mismo, se realizó un diagrama de actividades el cual hace énfasis en la presentación visual del flujo de las acciones y procesos que tiene el geovisor. A continuación, se presenta en la Figura 9 el diagrama de actividades que posee el geovisor.

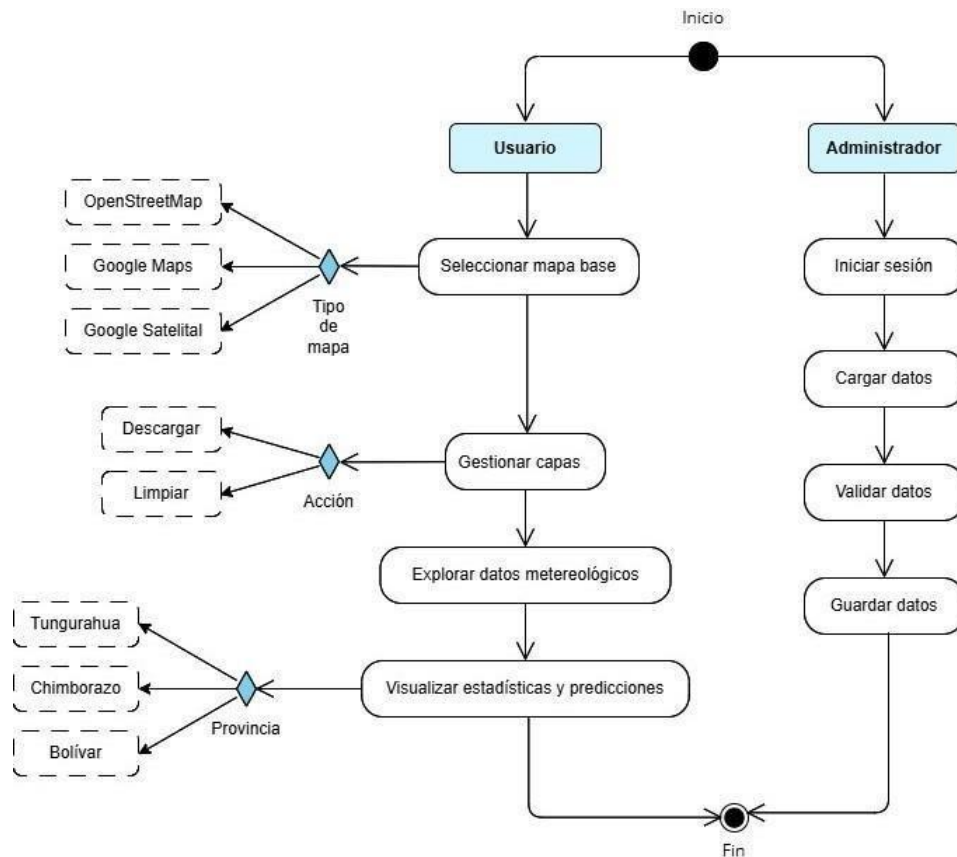


Figura 9: Diagrama de actividades

Diagrama de componentes

De igual forma se diseñó un diagrama de componentes para presentar la arquitectura física de la interacción de cada uno de los componentes del geovisor tal como se muestra en la Figura 10.

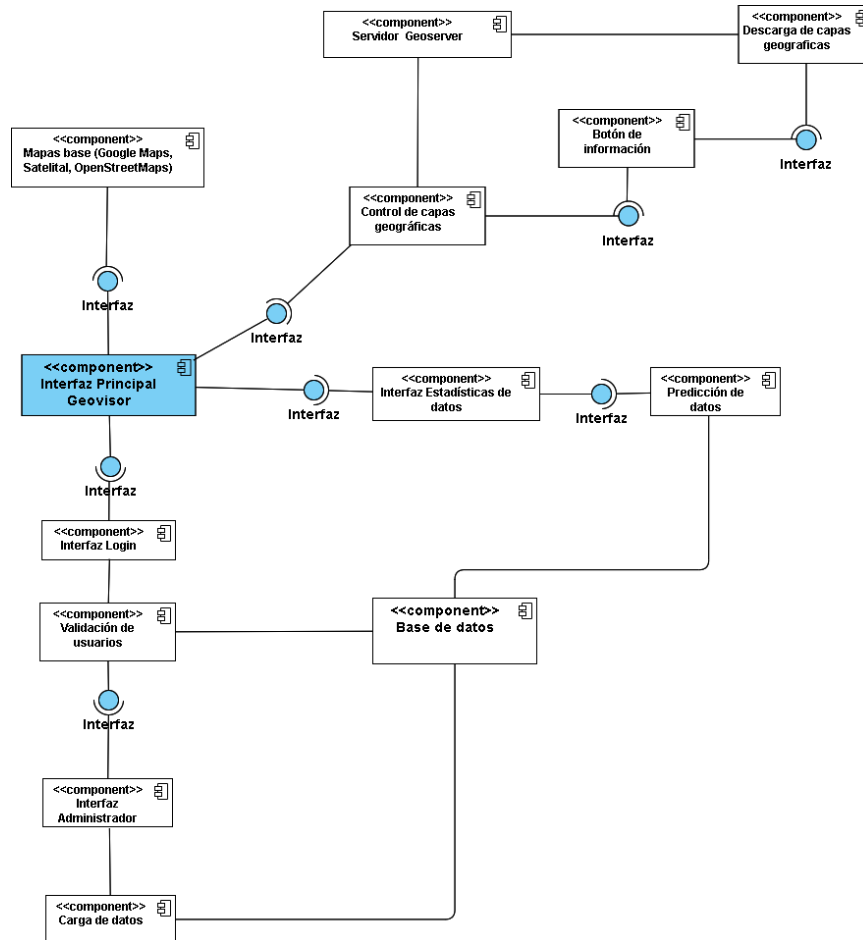


Figura 10: Diagrama de componentes

Diseño físico de la base de datos

Para el diseño físico se analizó el origen de los datos y como estos estaban conformados por ello en la Figura 11 se muestra el diseño físico del repositorio el cual se conformó de cuatro tablas esenciales para almacenar tanto los datos meteorológicos e hidrológicos y de los administradores. Adicionalmente, en el [Anexo 3](#) se muestra con más detalle el diseño físico de la base de datos.

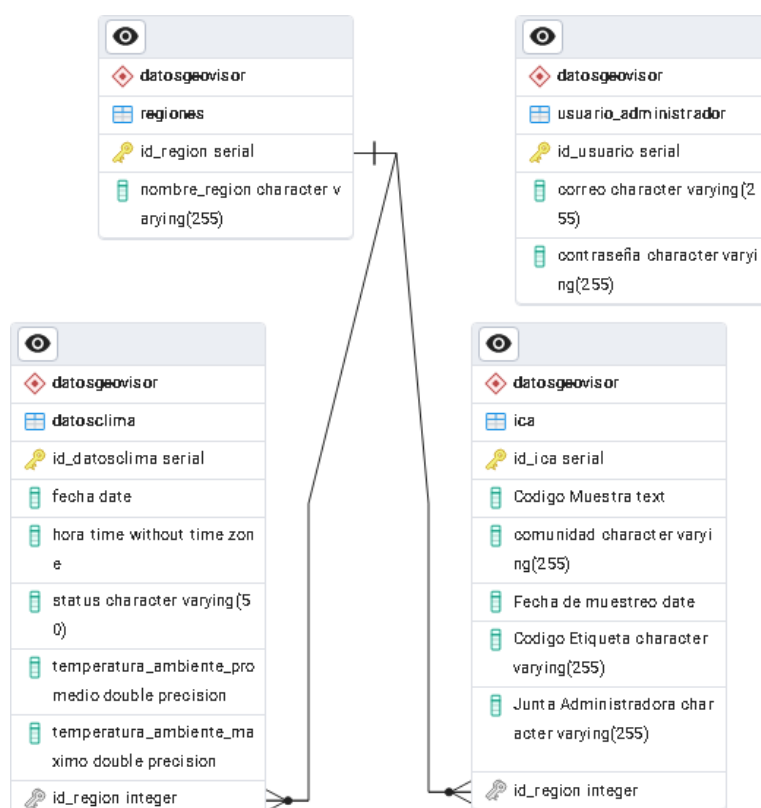


Figura 11: Diseño físico de la base de datos

Diccionario de Datos

Se realizó el diccionario de datos de cada una de las tablas que conforman el repositorio de datos ofreciendo una descripción detallada de cada uno de sus atributos, tipo de datos, tamaño y propósito en la aplicación. A continuación, en la Tabla 8 se muestra la tabla “datosclima” que forma parte del repositorio diseñado con el objetivo de almacenar todos los datos meteorológicos para posteriormente alimentar al geovisor.

Tabla 8. Tabla DatosClima

Campo	Tamaño	Tipo de Dato	Descripción
id_datosclima	10	INT	Identificador único de la tabla DatosClima.
Fecha	10	DATE	Fecha de la obtención de los datos
Hora	10	TIME	Hora de la obtención de los datos
Status	10	VARCHAR	Estado del dato
temperatura_ambiente_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura ambiente
temperatura_ambiente_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura ambiente
temperatura_ambiente_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura ambiente
humedad_relativa_promedio	10	DOUBLE	Promedio de humedad relativa
humedad_relativa_maximo	10	DOUBLE	Máximo de humedad relativa
humedad_relativa_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de humedad relativa
presion_atmosferica_promedio	10	DOUBLE	Promedio de presión atmosférica
presion_atmosferica_maximo	10	DOUBLE	Máximo de presión atmosférica
presion_atmosferica_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de presión atmosférica
radiacion_difusa_promedio	10	DOUBLE	Promedio de radiación difusa
radiacion_difusa_maximo	10	DOUBLE	Máximo de radiación difusa
radiacion_difusa_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de radiación difusa
sum_acumulativa_radiacion_difusa	10	DOUBLE	Suma acumulativa de radiación difusa
radiacion_global_promedio	10	DOUBLE	Promedio de radiación global
radiacion_global_maximo	10	DOUBLE	Máximo de radiación global
radiacion_global_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de radiación global
sum_acumulativa_radiacion_global	10	DOUBLE	Suma acumulativa de radiación global
temperatura_suelo_nivel1_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura del suelo (nivel 1)
temperatura_suelo_nivel1_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura del suelo (nivel 1)
temperatura_suelo_nivel1_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura del suelo (nivel 1)
temperatura_suelo_nivel2_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura del suelo (nivel 2)
temperatura_suelo_nivel2_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura del suelo (nivel 2)
temperatura_suelo_nivel2_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura del suelo (nivel 2)
temperatura_suelo_nivel3_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura del suelo (nivel 3)
temperatura_suelo_nivel3_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura del suelo (nivel 3)
temperatura_suelo_nivel3_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura del suelo (nivel 3)
temperatura_suelo_nivel4_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura del suelo (nivel 4)
temperatura_suelo_nivel4_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura del suelo (nivel 4)
temperatura_suelo_nivel4_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura del suelo (nivel 4)
temperatura_suelo_nivel5_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura del suelo (nivel 5)

temperatura_suelo_nivel5_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura del suelo (nivel 5)
temperatura_suelo_nivel5_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura del suelo (nivel 5)
temperatura_suelo_nivel6_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura del suelo (nivel 6)
temperatura_suelo_nivel6_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura del suelo (nivel 6)
temperatura_suelo_nivel6_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura del suelo (nivel 6)
temperatura_suelo_nivel7_promedio	10	DOUBLE	Promedio de temperatura del suelo (nivel 7)
temperatura_suelo_nivel7_maximo	10	DOUBLE	Máximo de temperatura del suelo (nivel 7)
temperatura_suelo_nivel7_minimo	10	DOUBLE	Mínimo de temperatura del suelo (nivel 7)
Precipitación	10	DOUBLE	Precipitación acumulada
voltaje_bateria	10	DOUBLE	Voltaje de la batería
velocidad_viento_promedio	10	DOUBLE	Promedio de velocidad del viento
velocidad_viento_maximo	10	DOUBLE	Máxima velocidad del viento
velocidad_viento_minimo	10	DOUBLE	Mínima velocidad del viento
longitud_viento_recorrido	10	DOUBLE	Longitud del viento recorrido
direccion_viento_promedio	10	DOUBLE	Promedio de la dirección del viento
direccion_viento_maximo	10	DOUBLE	Máxima dirección del viento
direccion_rafaga_viento	10	DOUBLE	Dirección de la ráfaga de viento
magnitud_rafaga_viento	10	DOUBLE	Magnitud de la ráfaga de viento
rafaga_promedio_viento	10	DOUBLE	Promedio de la ráfaga de viento
viento_stermica_promedio	10	DOUBLE	Promedio del viento térmico
viento_stermica_maximo	10	DOUBLE	Máximo del viento térmico
viento_stermica_minimo	10	DOUBLE	Mínimo del viento térmico
fecha_registro	10	DOUBLE	Fecha de registro de los datos en la base de datos
id_region	10	DOUBLE	Identificador de la región a la que pertenecen los datos

En la tabla 9 se expone la Tabla “ica” diseñada para almacenar cada dato hidrológico con el propósito de almacenar dichos datos para posteriormente ser usados en el cálculo del Índice de calidad del agua (ICA).

Tabla 9.Tabla Ica

Campo	Tamaño	Tipo de Dato	Descripción
id_ica	10	INT	Identificador único de la tabla ICA
Codigo Muestra	255	VARCHAR	Código único de la muestra obtenida para determinar el índice de calidad del agua (ICA)
Comunidad	255	VARCHAR	Nombre de la comunidad asociada a la muestra
Fecha de muestreo	10	DATE	Fecha en la que se realizó el muestreo

Codigo Etiqueta	255	VARCHAR	Código de identificación de la etiqueta de la muestra
Junta Administradora	255	VARCHAR	Nombre de la junta administradora
Nombre de la Junta/Humedal	255	VARCHAR	Nombre de la junta o humedal
Coordenada X	15	DOUBLE	Coordenada X de ubicación
Coordenada Y	15	DOUBLE	Coordenada Y de ubicación
Altura	10	DOUBLE	Altura sobre el nivel del mar
pH	10	DOUBLE	Nivel de pH del agua
% OD ()	10	DOUBLE	Porcentaje de oxígeno disuelto
OD (mg/L)	10	DOUBLE	Cantidad de oxígeno disuelto en miligramos por litro
Conductividad (µS/cm)	10	DOUBLE	Conductividad eléctrica del agua
TDS (mg/L)	10	DOUBLE	Sólidos disueltos totales
Temp °C	10	DOUBLE	Temperatura del agua en grados Celsius
Cambio de Temp °C	10	DOUBLE	Cambio de temperatura del agua
Caudal (L/s)	10	DOUBLE	Caudal del agua en litros por segundo
Coliformes fecales (NMP/100 mL)	10	INT	Coliformes fecales en número más probable por 100 mL
DQO (mg/L)	10	DOUBLE	Demanda química de oxígeno
DBO5 (mg O2/L)	10	DOUBLE	Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días
Nitritos (mg/L)	10	DOUBLE	Concentración de nitritos
Nitratos (mg/L)	10	DOUBLE	Concentración de nitratos
Fosfatos (mg/L)	10	DOUBLE	Concentración de fosfatos
Turbidez (NTU)	10	DOUBLE	Nivel de turbidez del agua
Pb (µg/L) 0,005	10	DOUBLE	Concentración de plomo en microgramos por litro
Pb (mg/L) 0,005	10	DOUBLE	Concentración de plomo en miligramos por litro
Cd (µg/L)	10	DOUBLE	Concentración de cadmio en microgramos por litro
Cd (mg/L) 0,002	10	DOUBLE	Concentración de cadmio en miligramos por litro
Al (mg/L) -0,1	10	DOUBLE	Concentración de aluminio
Mn (mg/L) -0,01	10	DOUBLE	Concentración de manganeso
Ni (mg/L) -0,05	10	DOUBLE	Concentración de níquel
Zn (mg/L) -0,05	10	DOUBLE	Concentración de zinc
As (µg/L)	10	DOUBLE	Concentración de arsénico en microgramos por litro
As (mg/L) 0,005	10	DOUBLE	Concentración de arsénico en miligramos por litro
valor_ica	10	INT	Índice de Calidad del Agua calculado
fecha_registro	10	DATE	Fecha de registro del dato en la base de datos
id_region	10	INT	Identificador de la región asociada

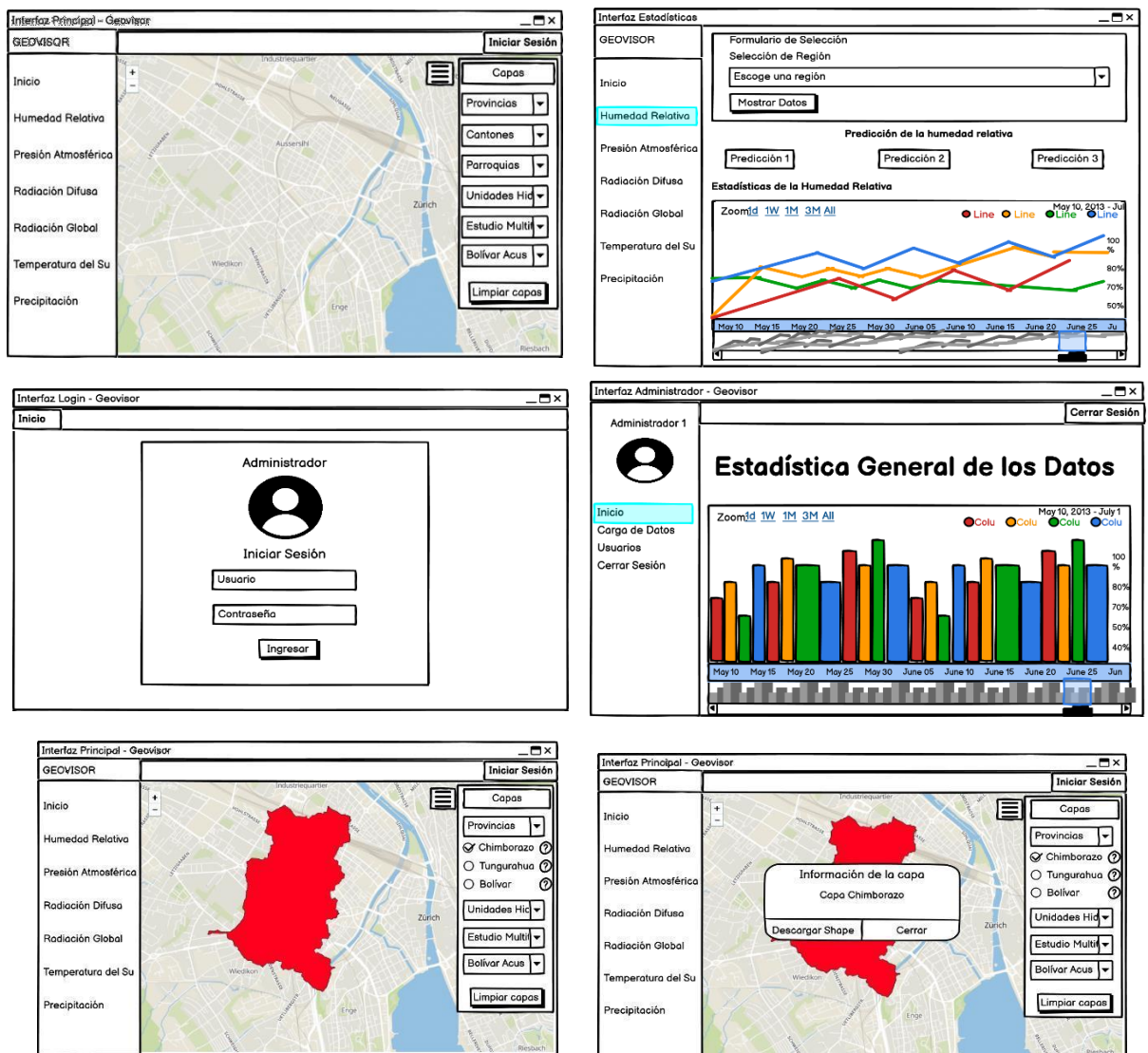
En la Tabla 10 se presenta la tabla “usuario_administrador” creada exclusivamente para almacenar y validar los datos y credenciales de los administradores del geovisor.

Tabla 10. Tabla usuario_administrador

Campo	Tamaño	Tipo de Dato	Descripción
id_usuario_administrador	10	Serial	Identificador único del usuario administrador.
Nombre	255	VARCHAR	Nombre completo del administrador.
Correo	255	VARCHAR	Correo electrónico único del administrador.
Contraseña	255	VARCHAR	Contraseña del administrador.

Diseño de la interfaz

Para el diseño de la interfaz se crearon prototipos con ayuda de herramientas de diseño gráfico, en la Figura 12 se presenta los prototipos de las diferentes interfaces que se formaron parte del geovisor, evidenciando de esta manera la estructura inicial de las interfaces.



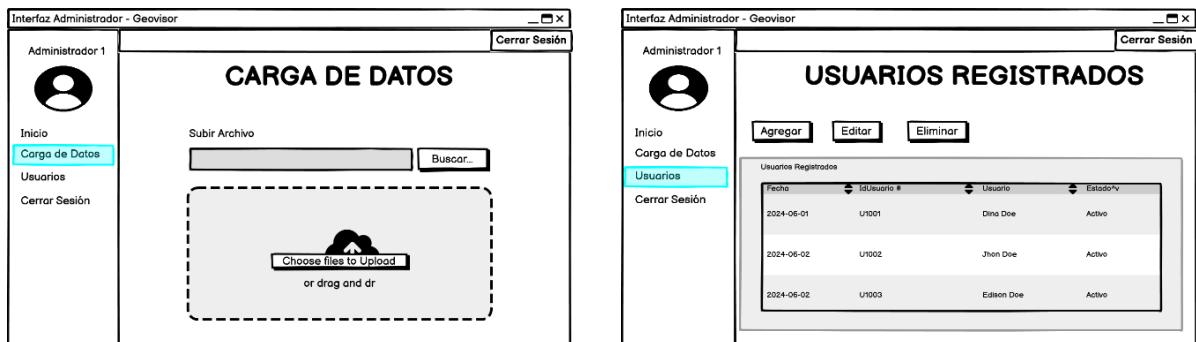


Figura 12: Diseño de la interfaz de la aplicación.

Desarrollo de la aplicación

Una vez definido los prototipos de las interfaces del geovisor se comenzó por la codificación de las mismas haciendo uso de Visual Code como IDE, la librería Leaflet para la visualización de mapas interactivos, Geoserver como servidor de mapas web para el despliegue de las capas geográficas dentro del geovisor y JavaScript junto con sus librerías para la descarga de capas y la visualización de gráficos estadísticos como se muestra en el [Anexo 2](#), a continuación, desde la Figura 13 hasta la Figura 16 se presentan las principales interfaces creadas.

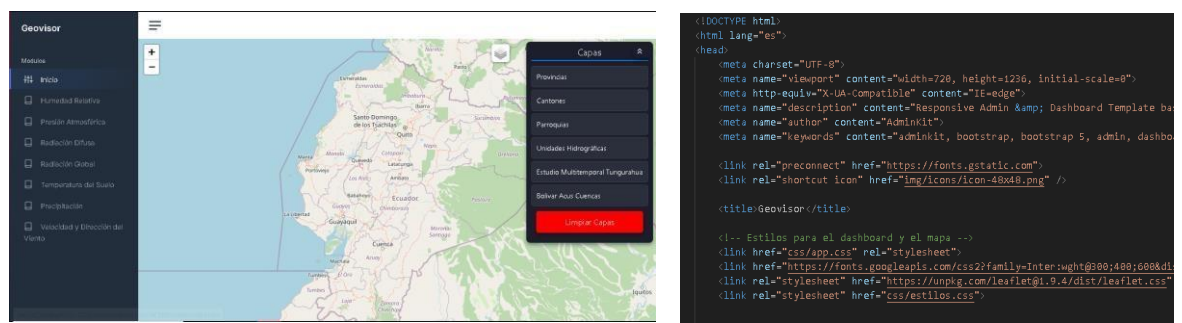


Figura 13: Interfaz principal.

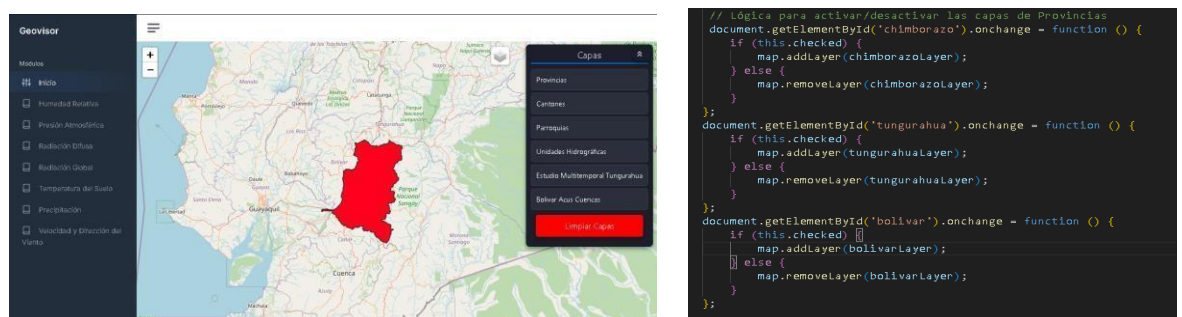


Figura 14: Despliegue de capas geográficas.

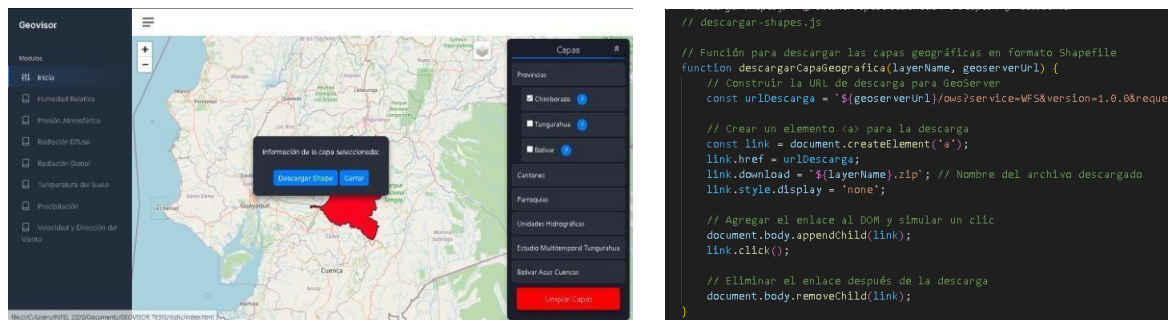


Figura 15: Interfaz de descarga.

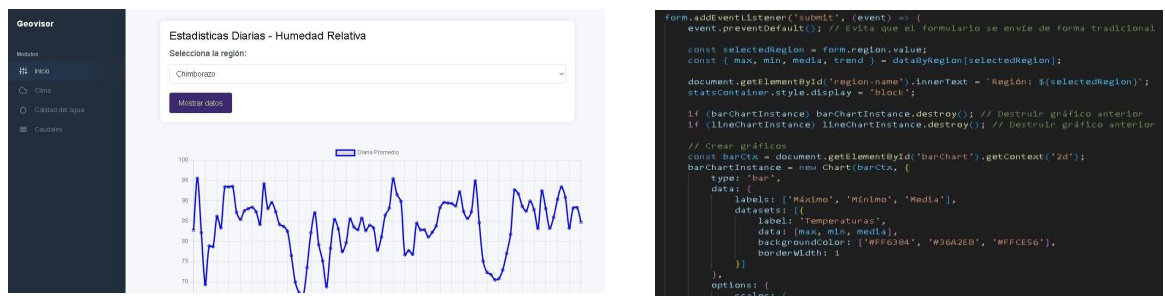


Figura 16: Interfaz de estadísticas.

En cuanto a la conexión del geovisor con el repositorio de datos, se implementó la tecnología de Node.js junto con la tecnología de Express.js para la ejecución simultánea del repositorio y el geovisor, esto como objetivo de realizar peticiones desde el geovisor hacia el repositorio dando como resultado la visualización de los datos almacenados del repositorio dentro de la interfaz principal del geovisor mediante peticiones HTTP como se muestra en la siguiente figura 17.

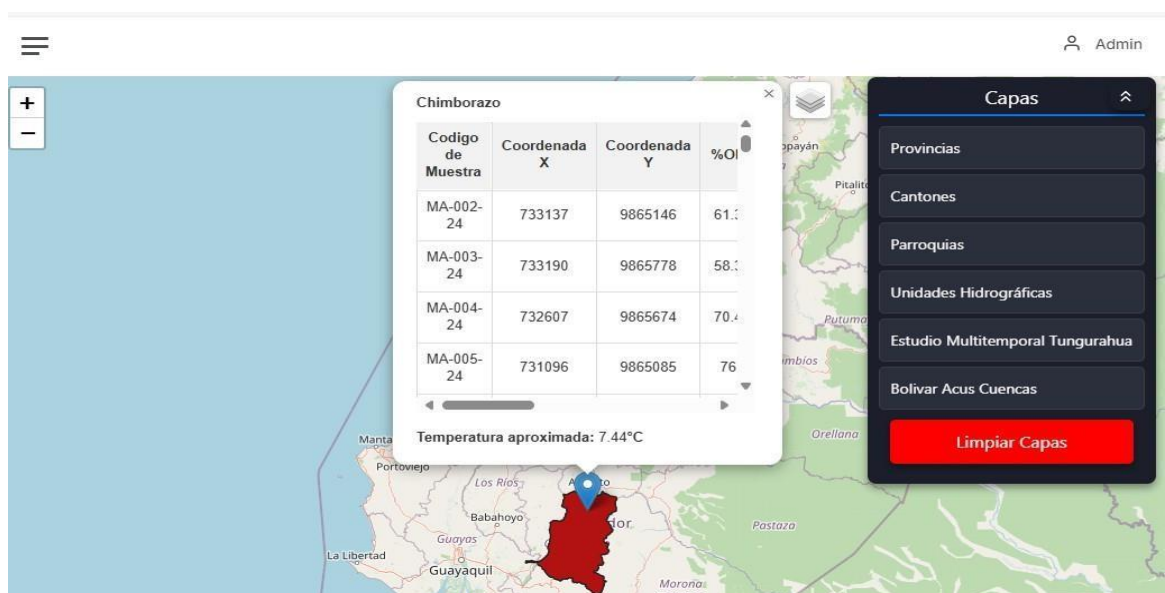


Figura 17: Visualización de datos del repositorio en el geovisor

Por otro lado, las tecnologías de Node.js y Express.js no se usaron únicamente en realizar peticiones HTTP, sino que también se usó para la carga masiva de datos desde la interfaz del administrador del geovisor al repositorio de datos en donde se levantó un servidor central con el propósito de que lea los datos de archivos Excel extraídos desde las estaciones meteorológicas e hidrológicas de las zonas de Chimborazo, Tungurahua y Bolívar. En la figura 18 se muestra las interfaces de carga masiva de datos.

The figure displays two screenshots of a web application interface titled 'Administrador'. Both screenshots show a dark sidebar on the left with a menu under 'Pages' containing: 'Inicio', 'Carga de Datos', 'Usuarios', 'Edición de datos', and 'Cerrar Sesión'. The top right of each screenshot shows a user profile for 'Benito Mendoza'.

The top screenshot is titled 'Carga de Datos ICA'. It features a 'Formulario de Carga' section with a dropdown menu labeled 'Selecciona una región:' showing '-- Selecciona una región --'. Below this is a file upload section labeled 'Sube un archivo:' with a button 'Elegir archivo' and a text field containing 'No se ha seleccionado ningún archivo'. A large blue 'Subir' button is at the bottom of the form.

The bottom screenshot is titled 'Carga de Datos Climáticos'. It has an identical layout to the top one, with a 'Formulario de Carga' section, a region selection dropdown, a file upload section with an 'Elegir archivo' button and a text field 'No se ha seleccionado ningún archivo', and a large blue 'Subir' button.

Figura 18: Interfaces de carga masiva de datos meteorológicos e hidrológicos

En la figura 19 se muestra el código de los servidores creados haciendo uso de las librerías Multer, CORS y Express para el mapeo y subida de los datos de los archivos Excel ingresados desde las interfaces de carga masiva de datos. En el Anexo 4 se muestra con más detenimiento la estructura de los datos almacenados en los archivos Excel.

```

1 // Función para insertar datos en la ICA
2 async function insertData(data, regionId) {
3   const client = await pool.connect();
4   try {
5     await client.query('BEGIN');
6     for (const row of data) {
7       const fechaMuestreo = parseDateDMY(row['Fecha de muestreo']);
8       const fechaRegistro = new Date();
9
10      const normalizedRow = Object.keys(row).reduce((acc, key) => {
11        acc[key] = normalizeValue(row[key]);
12        return acc;
13      }, {});
14
15      await client.query(
16        `INSERT INTO datosgeovisor.ica (
17          "Codigo Muestra", "comunidad", "Fecha de muestreo", "Codigo Etiqueta",
18          "Junta Administradora", "Nombre de la Junta/Humedal", "Coordenada X",
19          "Coordenada Y", "Altura", "pH", "%OD ()", "OD (mg/L)", "Conductividad (µS/cm)",
20          "TDS (mg/L)", "Temp °C", "Cambio de Temp °C", "Caudal (L/s)",
21          "Coliformes fecales (NMP/100 mL)", "DQO (mg/L)", "DBO5 (mg O2/L)", "Nitritos (mg/L)",
22          "Nitratos (mg/L)", "Fosfatos (mg/L)", "Turbidez (NTU)", "Pb (µg/L) 0,005",
23          "Pb (mg/L) 0,005", "Cd (µg/L)", "Cd (mg/L) 0,002", "Al (mg/L) -0,1",
24          "Mn (mg/L) -0,01", "Ni (mg/L) -0,05", "Zn (mg/L) -0,05", "As (µg/L)",
25          "As (mg/L) 0,005", "id_region", "fecha_registro"
26          VALUES (

```

```

1 // Función para insertar datos en la tabla DATOS CLIMA
2 async function insertData(data, regionId, tableName) {
3   const client = await pool.connect();
4   try {
5     await client.query('BEGIN');
6
7     if (!regionId || isNaN(regionId)) {
8       throw new Error('ID de región inválido.');
```

Figura 19: Código de servidores para el mapeo y subida de datos

Así mismo, se integraron librerías de Python como Tensorflow y Sklearn junto con una API creada con la librería Flask para la creación e integración del modelo de predicción de datos el cual fue una CNN dentro del geovisor, en la siguiente figura 20 se muestra tanto el código creado del modelo de predicción como el resultado del mismo.

```

api.py > prediction
1 from flask import Flask, jsonify, request
2 from flask_cors import CORS # Importa flask-cors
3 from cnn_prediccion_automatico import hacer_prediccion
4
5 app = Flask(__name__)
6 CORS(app) # Habilita CORS para todas las rutas
7
8 @app.route('/prediccion', methods=['GET'])
9 def prediccion():
10     # Obtener el id de la región desde la URL
11     region_id = request.args.get('region_id', default=1, type=int)
12
13     # Llamar a la función de predicción
14     resultado = hacer_prediccion(region_id)
15
16     # Retornar el resultado en formato JSON
17     return jsonify({'region_id': region_id, 'prediccion': resultado})
18
19 if __name__ == '__main__':
20     app.run(debug=True)
21
cnn_prediccion_automatico.py > ...
1 import pandas as pd
2 import psycopg2
3 import numpy as np
4 from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler
5 from tensorflow.keras.models import Sequential
6 from tensorflow.keras.layers import Conv1D, MaxPooling1D, Flatten, Dense
7 from tensorflow.keras.callbacks import EarlyStopping
8
9 def hacer_prediccion(region_id):
10     # Configuración de conexión a la base de datos
11     conn = psycopg2.connect(
12         dbname="GeovisorDB",
13         user="postgres",
14         password="admin123",
15         host="localhost",
16         port="5432"
17     )
18
19     # Consulta para extraer los datos necesarios
20     query = """
21     SELECT id_region, temperatura_suelo_nivel1_maximo, temperatura_ambiente_maximo
22     FROM datosgeovisor.datosclima
23     WHERE id_region = %s
24     ORDER BY id_region
25     """
26     df = pd.read_sql(query, conn, params=(region_id,))
27     conn.close()
28

```

Figura 20: Código del funcionamiento de la CNN

Actualización del Tablero Kanban

Una vez completada esta fase de desarrollo se procedió con la actualización del tablero Kanban con el objetivo de observar el progreso obtenido tal y como se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Tablero Kanban Actualizado

Por hacer	En progreso	En revisión	Completado
Pruebas de efectividad del geovisor y eficiencia de la predicción		Diseño y aplicación del modelo de predicción	Analizar las herramientas y tecnologías para el desarrollo del repositorio y geovisor
Presentación del geovisor para retroalimentación			Realizar entrevistas al personal del proyecto
Corrección de errores			Levantar requerimientos funcionales y no funcionales
Presentación final del geovisor			Realizar diagrama de casos de uso . Realizar diagrama de arquitectura Definir roles de usuario

Instalar Visual Code
Instalar PostgreSQL
Instalar servidor de mapas web Geoserver
Diseño del repositorio de datos
Diseño y codificación de la interfaz de los módulos
Implementación de las capas geográficas
Solicitud de los datos meteorológicos e hidrológicos
Diseño y codificación de la interfaz del geovisor
Conexión del repositorio al geovisor
Actualizar tablero Kanban después de la fase de desarrollo

Resultados del Objetivo 3.- Evaluar la funcionalidad del geovisor mediante la aplicación de la norma ISO 25010 y métricas de desempeño para la predicción de datos.

En esta fase se presentan todos los resultados obtenidos de la evaluación tanto de la funcionalidad del geovisor como de las métricas de desempeño de los modelos de predicción.

En la Tabla 12 se muestra la planeación de pruebas que se diseñó para la evaluación tanto del geovisor como de los modelos de predicción.

Tabla 12. Planeación de Pruebas

ID	Objetivo de la Prueba	Tipo de Prueba	Criterios de Aceptación	Herramientas
P01	Evaluar completitud funcional del geovisor	Funcionalidad (ISO 25010)	Todas las funcionalidades especificadas deben estar presentes y operativas.	Cuestionario orientado a los participantes del proyecto (Microsoft Forms)
P02	Validar corrección funcional	Funcionalidad (ISO 25010)	Los datos mostrados deben ser exactos y coincidir con las fuentes de datos originales.	Cuestionario orientado a los participantes del proyecto (Microsoft Forms)
P03	Evaluar pertinencia funcional	Funcionalidad (ISO 25010)	Las funciones deben facilitar la visualización y predicción de datos climáticos.	Cuestionario orientado a los participantes del proyecto (Microsoft Forms)
P04	Medir precisión de predicción	Métricas de desempeño	Coefficiente de determinación mayor al 80% en los datos predictivos.	Scikit-learn, Python
P05	Evaluar sensibilidad del modelo	Métricas de desempeño	Sensibilidad mayor al 80% en la predicción de las variables.	TensorFlow, Python
P06	Evaluar tasa de error del modelo	Métricas de desempeño	Tasa de error menor al 90% para reducir falsas alarmas.	TensorFlow, Python

Resultados de la evaluación de los indicadores de la variable dependiente.

Indicadores: Completitud Funcional, Corrección Funcional y Pertinencia Funcional

Con el objetivo de medir el grado de funcionalidad del geovisor desarrollado, se realizó una encuesta orientada a los participantes del proyecto basándose en los criterios de completitud, corrección y pertinencia funcional que establece la norma ISO/IEC 25010 la cual permite la evaluación de la funcionalidad del software. Se planteó una encuesta, la cual permitió obtener los resultados de cada uno de los criterios de funcionalidad de la norma ISO/IEC 25010. Véase el diseño de la encuesta en el [Anexo 7](#).

La encuesta empleada para obtener los resultados de los tres criterios de funcionalidad estuvo conformada por preguntas categóricas cerradas utilizando la escala de Likert con el propósito de obtener resultados más precisos.

A continuación, en la Tabla 13 se presenta la escala de Likert junto a sus valores correspondientes

Tabla 13. Escala de Likert

Escala de Likert	Nivel
Totalmente satisfecho	5
Muy satisfecho	4
Neutral	3
Poco satisfecho	2
Nada satisfecho	1

Este cuestionario se aplicó únicamente a los usuarios involucrados durante el desarrollo debido a que estos representan el perfil de los usuarios finales. Su participación en la evaluación fue fundamental dado que su criterio contribuye de manera significativa en la validación de la funcionalidad del geovisor.

En las siguientes figuras, se presentan los resultados obtenidos de la encuesta, dichos resultados se obtuvieron de la contestación de cada pregunta realizada por los evaluadores.

En la evaluación de la completitud funcional del geovisor se muestra en la Figura 22 que el 58% de las respuestas, consideró que el sistema cumple totalmente con los criterios establecidos, seleccionando la opción "Totalmente satisfecho", mientras que el 42% de las respuestas restantes se encuentra en la opción "Muy satisfecho", demostrando que el geovisor cubre la mayoría de las expectativas del usuario respecto a la visualización de datos, carga de datos y diseño del sistema.

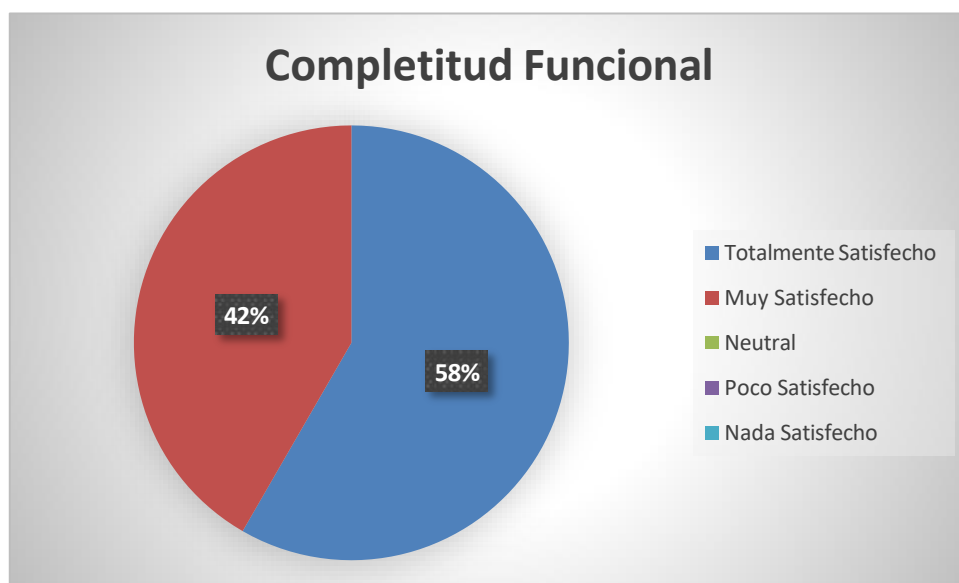


Figura 21: Resultados de la completitud funcional del geovisor

Así mismo, en la evaluación del criterio de corrección funcional se muestra que en la Figura 23 un 58% de las respuestas, consideró que el sistema cumple totalmente con los criterios establecidos, seleccionando la opción "Totalmente satisfecho", mientras que el 42% de las respuestas restantes se sitúa en la opción "Muy satisfecho", demostrando que el geovisor procesa correctamente la información y que las funciones de carga y consulta de datos operan de manera precisa y confiable

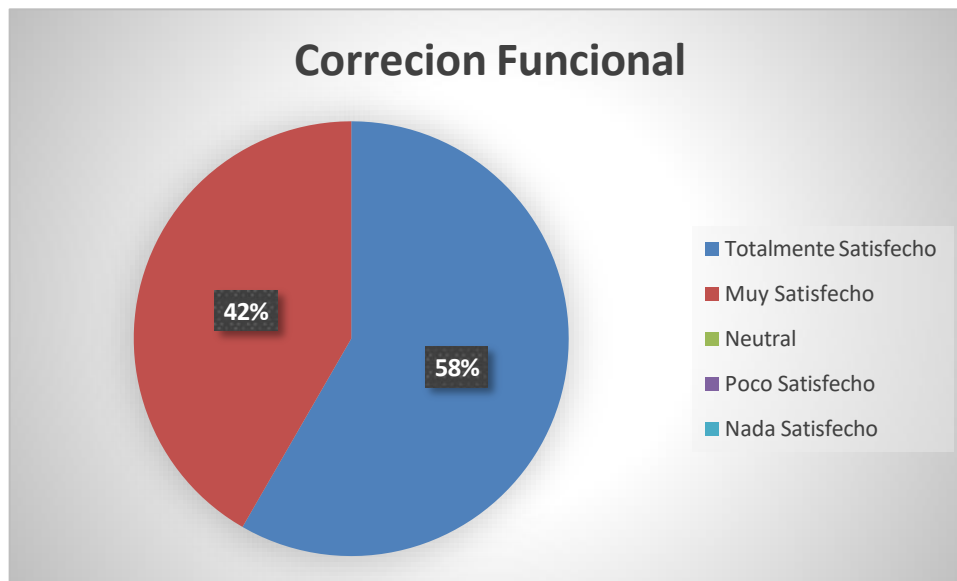


Figura 22: Resultados de la corrección funcional del geovisor

Por otro lado, en la evaluación del criterio de corrección funcional se muestra que en la Figura 24 el 83% de las respuestas corresponden a la opción "Totalmente satisfecho", mientras que el 17% de las respuestas restantes se encuentra en la opción "Muy satisfecho" lo que indica que el geovisor facilita la gestión de datos meteorológicos e hidrológicos de manera intuitiva y eficiente.

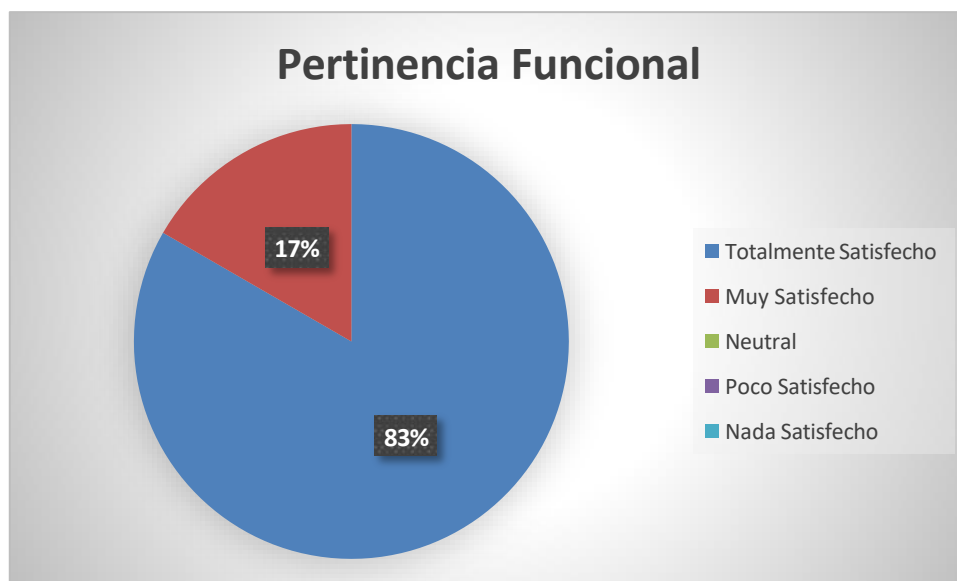


Figura 23: Resultado de la pertinencia funcional del geovisor

Resultados Indicador: Precisión de la predicción de los datos.

Por otro lado, se realizaron pruebas de evaluación de desempeño de diferentes modelos de predicción aplicados a los datos climatológicos que posee el repositorio del geovisor con el objetivo de seleccionar el mejor modelo de predicción. Durante esta evaluación se aplicaron métricas de desempeño en distintos modelos de predicción para obtener el desempeño de cada uno.

Inicialmente se realizó un análisis de correlación utilizando el coeficiente de Spearman para identificar las variables con mayor relación y determinar las más relevantes.

En la Figura 24 se presenta la matriz de correlación de Spearman.

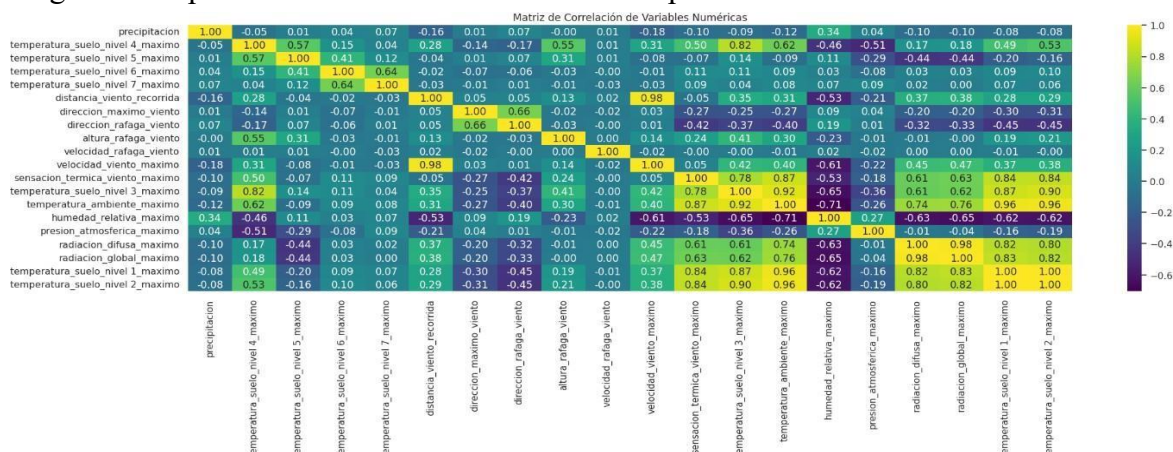


Figura 24: Matriz de correlación de Spearman

Este análisis permitió observar qué variables tienen una relación más fuerte con la variable objetivo, facilitando la selección de los atributos más influyentes en la predicción. En este caso se seleccionó la variable temperatura_suelo_nivel_1_maximo debido a que esta posee la correlación más alta junto con la variable objetivo temperatura_ambiente_maximo, por lo que se seleccionó como el atributo predictivo principal en los modelos de predicción.

Una vez concluidas las pruebas ejecutadas tanto para el geovisor como para los modelos de predicción, se obtuvieron los siguientes resultados conforme a la evaluación de la funcionalidad del geovisor alineándose a la norma ISO 25010 junto con los resultados de la evaluación de los modelos de predicción mediante métricas de desempeño.

Resultados de la evaluación de los modelos de predicción

Se entrenaron y evaluaron cuatro modelos de predicción de datos: Regresión Lineal, Random Forest, Red Neuronal LSTM y Red Neuronal Convolutacional (CNN). Cada modelo fue sometido a un proceso de entrenamiento con conjuntos de datos de prueba y validación, utilizando métricas de desempeño o desempeño como el coeficiente de determinación (R^2), el Error Absoluto Medio (MAE), el Error Cuadrático Medio (MSE), la Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) y la Varianza Explicada (EVS), véase el [Anexo 5](#) para más detalles.

Tras evaluar el R^2 , el MAE, el MSE, la RMSE y la EVS se analizó el desempeño de cada modelo y se identificó que la mejor técnica para predecir la temperatura ambiente máxima es la CNN debido a que demostró mayor capacidad para ajustarse a los datos dando como resultado una mayor precisión y menor tasa de error al momento de realizarse la predicción de la temperatura máxima. A continuación, en la Tabla 14 se detalla los resultados que respalda esta conclusión:

Tabla 14. Resultados de las métricas de desempeño de los modelos de predicción

Modelo de Predicción	R^2	MAE	MSE	RMSE	EVS
CNN	0.89	0.82	1.17	1.08	0.89
Regresión Lineal	0.88	0.85	1.22	1.10	0.88
Random Forest	0.88	0.87	1.28	1.13	0.88
LSTM	0.84	1.03	1.65	1.28	0.84

Comparación Global de Modelos

Para una mejor visualización de la diferencia de desempeño de los modelos evaluados en la Figura 25 se muestra la comparación de las métricas de desempeño de cada uno de los modelos.

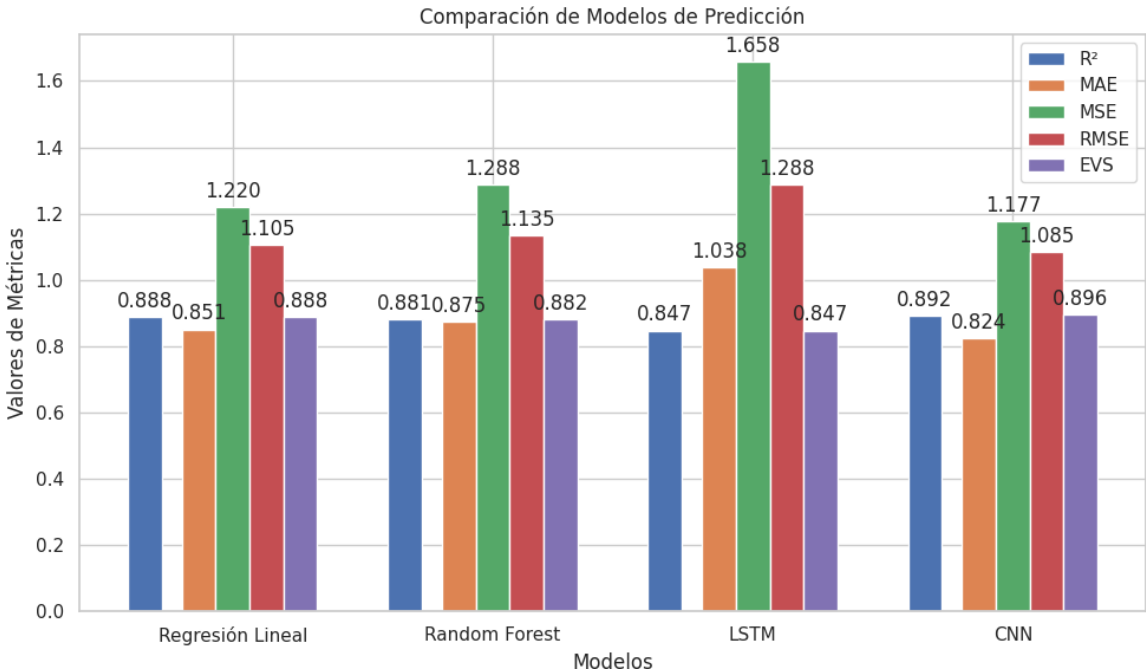


Figura 25: Comparación global de métricas entre los modelos de predicción

En resumen, evaluados los cuatro modelos de predicción de manera cuantitativa por medio de sus métricas de desempeño se determinó que la CNN es el modelo más apropiado para la predicción de datos. La CNN registró el mayor coeficiente de determinación ($R^2 = 0.892$) y la mayor varianza explicada ($EVS = 0.896$), además de obtener los valores más bajos de error absoluto medio ($MAE = 0.824$), error cuadrático medio ($MSE = 1.177$) y raíz del error cuadrático medio ($RMSE = 1.085$). Estos resultados confirman la superioridad de la CNN y respalda su integración en el geovisor.

Cuarta Fase: Completado

Esta última fase se centró en una serie de presentaciones de las funcionalidades del geovisor el cual tuvo una duración de tres meses con el líder del proyecto, con el objetivo de obtener retroalimentaciones del geovisor e identificar las correcciones pertinentes como se muestra en la Figura 26

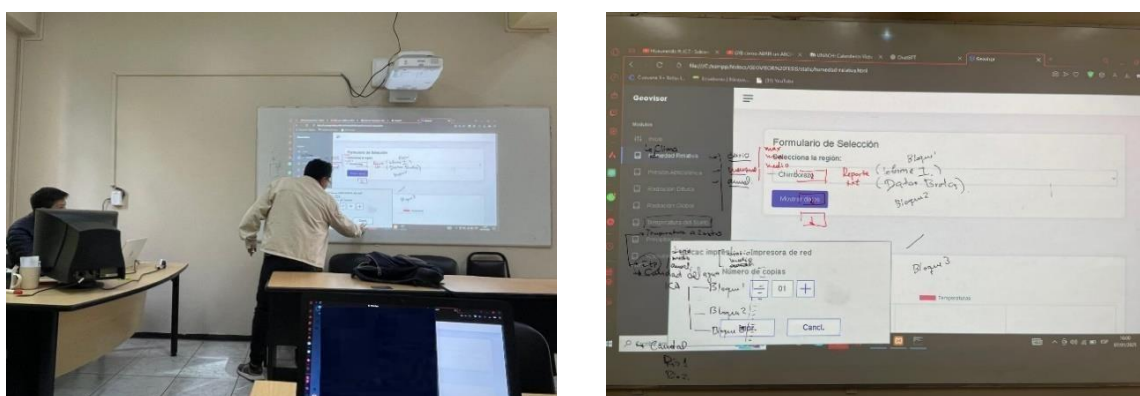


Figura 26: Reunión de retroalimentación del geovisor

Una vez realizadas las correcciones dadas por parte del líder del proyecto en reuniones previas, se realizó una presentación final para la aprobación del geovisor como se presenta en la Figura 27.



Figura 27: Presentación final del geovisor

Actualización final del tablero Kanban

Culminada la fase de pruebas y obtenido la aprobación del geovisor se procedió con la actualización del tablero Kanban con el objetivo de demostrar que todas las tareas propuestas inicialmente se han realizado con éxito tal y como se muestra en la Tabla 15.

Tabla 15. Actualización final del tablero kanban

Por hacer	En progreso	En revisión	Completado
			Analizar las herramientas y tecnologías para el desarrollo del repositorio y geovisor
			Realizar entrevistas al personal del proyecto Levantar requerimientos funcionales y no funcionales
			Realizar diagrama de casos de uso . Realizar diagrama de arquitectura
			Definir roles de usuario
			Instalar Visual Code
			Instalar PostgreSQL Instalar servidor de mapas web Geoserver
			Diseño del repositorio de datos
			Diseño y codificación de la interfaz de los módulos
			Implementación de las capas geográficas
			Solicitud de los datos meteorológicos e hidrológicos

Diseño y codificación de la interfaz del geovisor
Conexión del repositorio al geovisor
Actualizar tablero Kanban después de la fase de desarrollo
Diseño y aplicación del modelo de predicción
Pruebas de efectividad del geovisor y eficiencia de la predicción
Presentación del geovisor para retroalimentación
Corrección de errores
Presentación final del geovisor

4.2 Discusión

Para la obtención de los resultados se aplicó la norma ISO 25010 para medir la funcionalidad del sistema mediante encuestas a los participantes involucrados, por otro lado, se aplicaron métricas de desempeño en los modelos de predicción con el propósito de identificar el modelo más preciso y con una menor tasa de error.

Los resultados obtenidos en cuanto a la funcionalidad del sistema reflejan un nivel de satisfacción alto entre los evaluadores donde se evidenció que, en la completitud funcional las respuestas de los evaluadores se ubicaron en las categorías “Totalmente satisfecho” con un 58 % y “Muy satisfecho” con un 42 %, indicando que las funcionalidades implementadas cubren las necesidades de visualización y carga de datos. Así mismo, en la corrección funcional se obtuvo resultados idénticos en donde el porcentaje de las respuestas recaían en las categorías “Totalmente satisfecho” con un 58% y “Muy satisfecho” con un 42% demostrando que los procesos internos del sistema operan con precisión y confiabilidad.

Por otro lado, en la pertinencia funcional, el porcentaje de las respuestas cambian, situando al 83% en la categoría “Totalmente satisfecho” y el 17 % en “Muy satisfecho”, confirmando de esta manera la alta satisfacción del usuario con el geovisor en cuanto a la gestión y

visualización de mapas y datos climáticos. De esta manera, el geovisor y el repositorio forman en conjunto una plataforma SIG unificada para el almacenamiento, gestión, predicción y visualización de mapas y datos meteorológicos e hidrológicos en la sierra centro, contribuyendo en la disponibilidad y accesibilidad de información climática tanto para autoridades locales, personas naturales y organizaciones.

En el estudio realizado por Rochimah et al. [50] se evidencia la aplicación de la norma ISO 25010 para medir la funcionalidad, el rendimiento y la fiabilidad de un sistema académico mediante encuestas, este estudio muestra como la norma ISO 25010 puede hacer una evaluación integral de la calidad de un sistema y sus resultados pueden ser usados como referencias para mejoras continuas.

En cuanto a la selección del mejor modelo de predicción se determinó a la CNN ya que presenta una mejor precisión y menor tasa de error que los otros modelos, alcanzando un R^2 de 0.89, un MAE de 0.82 un RMSE de 1.08 y un EVS de 0.89. Aunque, los modelos de Regresión Lineal y Random Forest mostraron resultados muy cercanos, la CNN superó a ambos en todas las métricas clave. Demostrando que al integrar la CNN al geovisor permite anticipar eventos climáticos con mayor precisión, apoyando de esta manera la planificación y gestión de riesgos.

Kreuzer et al. [51], sugieren en su estudio optar las CNN puras o híbridas ya que estas poseen una tasa de error menor y una mejor precisión debido a que estas son más robustas y capturan mejor los datos, además de que se pueden adaptar a cambios bruscos lo cual las hace ideales para predicciones climáticas.

En conjunto, la discusión de estos resultados confirma que el sistema desarrollado cumple con los objetivos de funcionalidad y predicción planteados, aportando una herramienta sólida para la gestión y análisis de datos meteorológicos e hidrológicos en la sierra centro.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El análisis y la selección de diferentes herramientas resultaron fundamentales para la visualización y gestión eficiente de los datos meteorológicos e hidrológicos en el geovisor. Entre estas herramientas se optó por el uso de PostgreSQL debido a su robustez y escalabilidad con datos espaciales, GeoServer por ser compatible con estándares OGC permitiendo almacenar mapas geográficos. En cuanto a la visualización de mapas se implementó Leaflet debido a su fácil uso y compatibilidad con varios entornos para el despliegue de mapas interactivos y mapas base. Por otro lado, se optó la metodología ágil Kanban por su flexibilidad en el flujo de trabajo, la priorización de actividades y el aseguramiento incremental de las tareas durante el desarrollo del proyecto.
- El desarrollo del geovisor y repositorio de datos meteorológicos e hidrológicos para las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo no solo cumple con los objetivos de visualizar y predecir datos climáticos, sino que también aporta en la gestión de riesgos de estas regiones al mostrar datos como la temperatura, precipitación y el índice de calidad del agua. Esta herramienta está desarrollada para facilitar a autoridades locales como municipios y GADS parroquiales en la planificación de eventos naturales como sequías o inundaciones, facilitando con información de calidad junto con predicciones climáticas a las diferentes zonas la sierra centro anticipando de esta manera futuros eventos naturales.
- En la evaluación de la funcionalidad del geovisor se optó por la norma ISO/IEC 25010 debido a que establece un modelo de calidad evaluando la funcionalidad en los criterios de completitud, corrección y pertinencia funcional mediante encuestas. En los criterios de completitud y corrección funcional el 58% de las respuestas se ubicaron en la opción totalmente satisfecho, mientras que el 42% restante se posicionó en la categoría de muy satisfecho. En la pertinencia funcional, se obtuvo un resultado del 83% en la categoría de totalmente satisfecho y el 17% en muy satisfecho, evidenciando que el geovisor cumple con las funcionalidades esperadas para la visualización y gestión de datos climáticos. Así mismo, mediante métricas de desempeño empleadas en los cuatro modelos de predicción se mostró que la CNN presentó el mejor rendimiento, con un R^2 de 0.892, un MAE de 0.824 y un RMSE de 1.085, superando a otros modelos como la Regresión Lineal y Random Forest. Gracias a la funcionalidad y predicción que tiene el geovisor junto con el repositorio de datos, entidades como CONDESAN, gobiernos locales o personas naturales de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo podrán hacer uso de esta herramienta y su información para anticipar eventos climáticos, mejoramiento de la calidad del agua y el diseño de futuras técnicas de mitigación de riesgos, contribuyendo de esta manera a la gestión y planificación de riesgos en la sierra centro.

5.2 Recomendaciones

- Es fundamental implementar un programa regular de capacitaciones dirigido a los usuarios responsables de la planificación territorial y la gestión de riesgos en las provincias de Tungurahua, Bolívar y Chimborazo. Estas capacitaciones deben enfocarse en la correcta interpretación y análisis de los datos visualizados en el geovisor, así como en el uso adecuado de las herramientas tecnológicas incorporadas garantizando que los usuarios puedan tomar decisiones informadas basadas en datos confiables.
- Evaluar periódicamente el rendimiento del sistema para garantizar que las actualizaciones futuras mantengan la calidad del servicio y cumplan con los estándares de seguridad y eficiencia. Esto incluye revisar la capacidad del servidor, la escalabilidad del sistema y la redundancia de datos.
- Dado que se irán incorporando diferentes tipos de datos en el repositorio, se recomienda mantener el geovisor en constante actualización con el objetivo de hacerlo más accesible y adaptable a diversos usuarios garantizando de esta manera la escalabilidad y la sostenibilidad del geovisor a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Torres-Quezada y S. Lituma-Saetama, «SUSTAINABILITY STRATEGIES FOCUSED ON THERMAL COMFORT AND EMBODIED ENERGY OF EMERGING HOUSING IN THE ANDEAN REGION OF ECUADOR», *Habitat Sustentable*, vol. 13, n.º 1, pp. 42-55, jun. 2023, doi: 10.22320/07190700.2023.13.01.04.
- [2] E. Kazakov, S. Zhuravlev, L. Kurochkina, y G. Ayzel, «Web GIS for analysis of the past and future of the climate and hydrological conditions in the North-West of Russia», en *E3S Web of Conferences*, EDP Sciences, abr. 2020. doi: 10.1051/e3sconf/202016305005.
- [3] J. De La Riva, P. Ibarra, R. Montorio, y M. Rodrigues, *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*.
- [4] S. N. Jati, A. F. H. Surbakti, B. Setiawan, M. Rendana, y M. Izzudin, «GIS Data Repository Based on Seamless Access to Support Multi-Sectoral Geoportals», en *AIP Conference Proceedings*, American Institute of Physics Inc., jul. 2023. doi: 10.1063/5.0117676.
- [5] M. H. Tsou *et al.*, «Building a real-time geo-targeted event observation (Geo) viewer for disaster management and situation awareness», en *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Springer Berlin Heidelberg, 2017, pp. 85-98. doi: 10.1007/978-3-319-57336-6_7.
- [6] P. A. E. Monteagudo, «The SDGs and maritime transport in Mexico: the international legal framework to achieve the goals of SDG 3: Good Health and Well-Being and SDG 13 Climate Action», *Revista de la Facultad de Derecho y Ciencias Políticas*, vol. 52, n.º 136, pp. 24-38, ene. 2022, doi: 10.18566/rfdcp.v52n136.a02.
- [7] J. Ojeda-Zújar, P. Fraile-Jurado, y J. Álvarez-Francoso, «Sea level rise inundation risk assessment in residential cadastral parcels along the mediterranean andalusian coast», *Geographical Research Letters*, vol. 47, n.º 1, pp. 243-263, 2021, doi: 10.18172/cig.4744.
- [8] B. Eugenia Marín Luis Alejandro López, «APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DE MINERÍA DE DATOS PARA LA EXPLORACIÓN DE CONOCIMIENTO IMPLÍCITO Y PREDICCIÓN DEL CLIMA Resumen».
- [9] M. Aguilar-Alba, J. M. C. Naranjo, y J. A. A. Gutiérrez, «Geovisualization technologies applied to statistical characterization of the Iberian Peninsula rainfall using the global climate monitor web viewer», en *Communications in Computer and Information Science*, Springer Verlag, 2019, pp. 88-107. doi: 10.1007/978-3-030-29948-4_5.
- [10] M. Y. Abood, K. R. Aljanabi, y K. Sayl, «Using GIS Tools for the Prediction of Bearing Capacity of shallow footing (qu) and Undrained Shear Strength (Su) values for Falluja City's Soils», *Salud, Ciencia y Tecnología - Serie de Conferencias*, vol. 3, p. 843, jun. 2024, doi: 10.56294/sctconf2024843.

- [11] A. Anand y C. Deb, «The potential of remote sensing and GIS in urban building energy modelling», 1 de diciembre de 2024, *KeAi Communications Co.* doi: 10.1016/j.enbenv.2023.07.008.
- [12] J. A. T. de O. Filho y F. F. F. Peres, «Development of GIS Solutions for the Brazilian Public Administration – A Systematic Review», *Revista de Geociencias do Nordeste*, vol. 9, n.º 2, pp. 69-82, jul. 2023, doi: 10.21680/2447-3359.2023v9n2ID32210.
- [13] MappingGis, «Nueva edición del Máster SIG online con software libre». Accedido: 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.linkedin.com/posts/mappinggis-com_renovamos-el-máster-gis-online-con-software-activity-7090643883977523200-mwHN
- [14] L. I. Marisela-Calle y P. I. Fernando Cevallos-Jiménez, «Arquitectura tecnológica de un visor cartográfico para la gestión de riesgos Technological architecture of a cartographic viewer for risk management Arquitetura tecnológica de um visualizador cartográfico para gestão de risco», vol. 63, n.º 11, pp. 224-247, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i11.3263.
- [15] J. Ignacio, Á. Francoso, P. D. Cuevas, J. Mariano, y C. Naranjo, «EL USO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS (GEOVISORES WEB) PARA LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFÍA. EL CASO DEL GLOBAL CLIMATE MONITOR», 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.globalclimatemonitor.org/>
- [16] L. I. Marisela-Calle y P. I. Fernando Cevallos-Jiménez, «Arquitectura tecnológica de un visor cartográfico para la gestión de riesgos Technological architecture of a cartographic viewer for risk management Arquitetura tecnológica de um visualizador cartográfico para gestão de risco», vol. 63, n.º 11, pp. 224-247, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i11.3263.
- [17] S. Cartaya, S. Zurita, y V. Montalvo Párraga, «Métodos de ajuste y homogenización de datos climáticos para determinar índice de humedad de Lang en la provincia de Manabí, Ecuador Methods of adjustment and homogenization of climate data for determining the Lang moisture index in Manabi province, Ecuador Correspondencia para el autor: scarletcartaya@gmail.com», *La Técnica Revista de las Agrociencias*, jul. 2016, doi: 10.33936/la_tecnica.v0i16.540.
- [18] W. Kliengchuay *et al.*, «Analyzing temperature, humidity, and precipitation trends in six regions of Thailand using innovative trend analysis», *Sci Rep*, vol. 14, n.º 1, dic. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-57980-5.
- [19] T. Iizumi *et al.*, «A hybrid reanalysis-forecast meteorological forcing data for advancing climate adaptation in agriculture», *Sci Data*, vol. 11, n.º 1, dic. 2024, doi: 10.1038/s41597-024-03702-5.
- [20] N. F. Montaña y E. R. A. Iriarte, «ANÁLISIS DE DATOS METEOROLÓGICOS DEL AÑO 2021, REGISTRADOS EN LA ESTACION METEOROLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE

- PANDO.», en *Ingeniería y Tecnología: aportes y avances en los últimos tiempos*, Editora Científica Digital, 2024, pp. 151-165. doi: 10.37885/221110866.
- [21] Z. L. Wei, Y. Q. Shang, Q. H. Liang, y X. L. Xia, «A coupled hydrological and hydrodynamic modeling approach for estimating rainfall thresholds of debris-flow occurrence», *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 24, n.º 10, pp. 3357-3379, oct. 2024, doi: 10.5194/nhess-24-3357-2024.
- [22] K. Onchi-Ramos, C. Rodríguez-Cuevas, C. Couder-Castañeda, y D. A. Padilla-Pérez, «Flood risk assessment of the Garita River in the urban zone of San Luis Potosí City, by hydrodynamic modeling», *Sci Rep*, vol. 14, n.º 1, dic. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-66743-1.
- [23] Mercedes. Marqués, *Bases de datos*. Universitat Jaume I. Servei de Comunicació i Publicacions.
- [24] P. Beynon-Davies, *Sistemas de bases de datos*. Reverté, 2018.
- [25] R. M. Singh, P. Wilson, L. Gregory, S. Seaton, y B. Malone, «Towards a provenance-enabled, reproducible, and extensible machine learning platform by integrating databases, web services, containers, and code repositories in a loosely coupled manner», 2021.
- [26] Jimmy Molina, Mariuxi Paola Zea Ordóñez, y Fausto Fabián Redrován-Castillo, *Administración de Bases de Datos con PostgreSQL*. 2017.
- [27] S. V. Salunke y A. Ouda, «A Performance Benchmark for the PostgreSQL and MySQL Databases», 1 de octubre de 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/fi16100382.
- [28] Dataprix, «Arquitectura de PostgreSQL».
- [29] PostGis Development Group, «Manual PostGIS 3.5.1dev». Accedido: 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://postgis.net/docs/manual-3.5/es/index.html>
- [30] ESCUDERO NOGALES MERY JESSICA y GUATAPI CRIOLLO ESPERANZA NATALI, «DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO», abr. 2015.
- [31] Geoserver, «What is GeoServer?» Accedido: 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://geoserver.org/about/>
- [32] DANIELA DOMINGUEZ PALACIOS y HUGO DARÍO GÓMEZ JARAMILLO UNIVERSIDAD DE MANIZALES FACULTAD DE, «Gomez_Dominguez_Seminario_II_Entrega_Final», 2016.
- [33] Aurelio Morales, «Geoserver para novatos». Accedido: 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://mappinggis.com/2022/06/geoserver-para-novatos/>
- [34] J. Ojeda Zújar, P. D. Cuevas, J. I. Álvarez Francoso, J. P. P. Alcántara, y A. P. Campos, *Geoportales y geovisores web: Un nuevo entorno colaborativo para la producción, acceso y difusión de la información geográfica*. 2015. [En línea]. Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/cartografia-y-sig/visores/>
- [35] L. Álvaro y Q. Sani, «UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO», 2015.

- [36] ISO, «ISO/IEC 25010». Accedido: 28 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>
- [37] L. Pouget *et al.*, «Uso de las predicciones climáticas estacionales en el sector del agua».
- [38] R. Yang *et al.*, «Interpretable Machine Learning for Weather and Climate Interpretable Machine Learning for Weather and Climate Pre Prediction: A Survey», mar. 24d. C. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2024.120797>.
- [39] C. Lops, F. Serpilli, V. D'Alessandro, y S. Montelpare, «Climate Change and Building Renovation: The Impact of Historical, Current, and Future Climatic Files on a School in Central Italy», *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 14, n.º 19, oct. 2024, doi: 10.3390/app14199067.
- [40] M. A. Baig *et al.*, «Regression analysis of hydro-meteorological variables for climate change prediction: A case study of Chitral Basin, Hindukush region», *Science of the Total Environment*, vol. 793, nov. 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.148595.
- [41] K. Giamalaki, C. Beaulieu, y J. X. Prochaska, «Assessing Predictability of Marine Heatwaves With Random Forests», *Geophys Res Lett*, vol. 49, n.º 23, dic. 2022, doi: 10.1029/2022GL099069.
- [42] S. Chin y V. Lloyd, «Predicting climate change using an autoregressive long short-term memory model», *Front Environ Sci*, vol. 12, 2024, doi: 10.3389/fenvs.2024.1301343.
- [43] Q. Guo, Z. He, y Z. Wang, «Monthly climate prediction using deep convolutional neural network and long short-term memory», *Sci Rep*, vol. 14, n.º 1, dic. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-68906-6.
- [44] H. M y S. M.N, «A Review on Evaluation Metrics for Data Classification Evaluations», *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, vol. 5, n.º 2, pp. 01-11, mar. 2015, doi: 10.5121/ijdkp.2015.5201.
- [45] D. Chicco, M. J. Warrens, y G. Jurman, «The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation», *PeerJ Comput Sci*, vol. 7, pp. 1-24, 2021, doi: 10.7717/PEERJ-CS.623.
- [46] A. B. Hassanat *et al.*, «A Novel Outlier-Robust Accuracy Measure for Machine Learning Regression Using a Non-Convex Distance Metric», *Mathematics*, vol. 12, n.º 22, nov. 2024, doi: 10.3390/math12223623.
- [47] G. Zambrano, E. Sebastián, I. F. Torres, y P. Katherine, «INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO VIDA NUEVA», 2022.
- [48] D. Emanuel, M. Flores, M. Andrés, y Á. Pacheco, «Universidad Nacional de Loja Facultad de la Energía, las Industrias y los de Recursos Naturales No Renovables».
- [49] N. Romero y D. Estefania, «UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA».

- [50] S. Rochimah, U. Laili Yuhana, y S. Balqis Hidayat, «INTERNATIONAL JOURNAL ON INFORMATICS VISUALIZATION journal homepage : www.joiv.org/index.php/joiv INTERNATIONAL JOURNAL ON INFORMATICS VISUALIZATION Software Quality Measurement for Functional Suitability, Performance Efficiency, and Reliability Characteristics Using Analytical Hierarchy Process». [En línea]. Disponible en: www.joiv.org/index.php/joiv
- [51] D. Kreuzer, M. Munz, y S. Schlüter, «Short-term temperature forecasts using a convolutional neural network — An application to different weather stations in Germany», *Machine Learning with Applications*, vol. 2, p. 100007, dic. 2020, doi: 10.1016/j.mlwa.2020.100007.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de Requerimientos iniciales

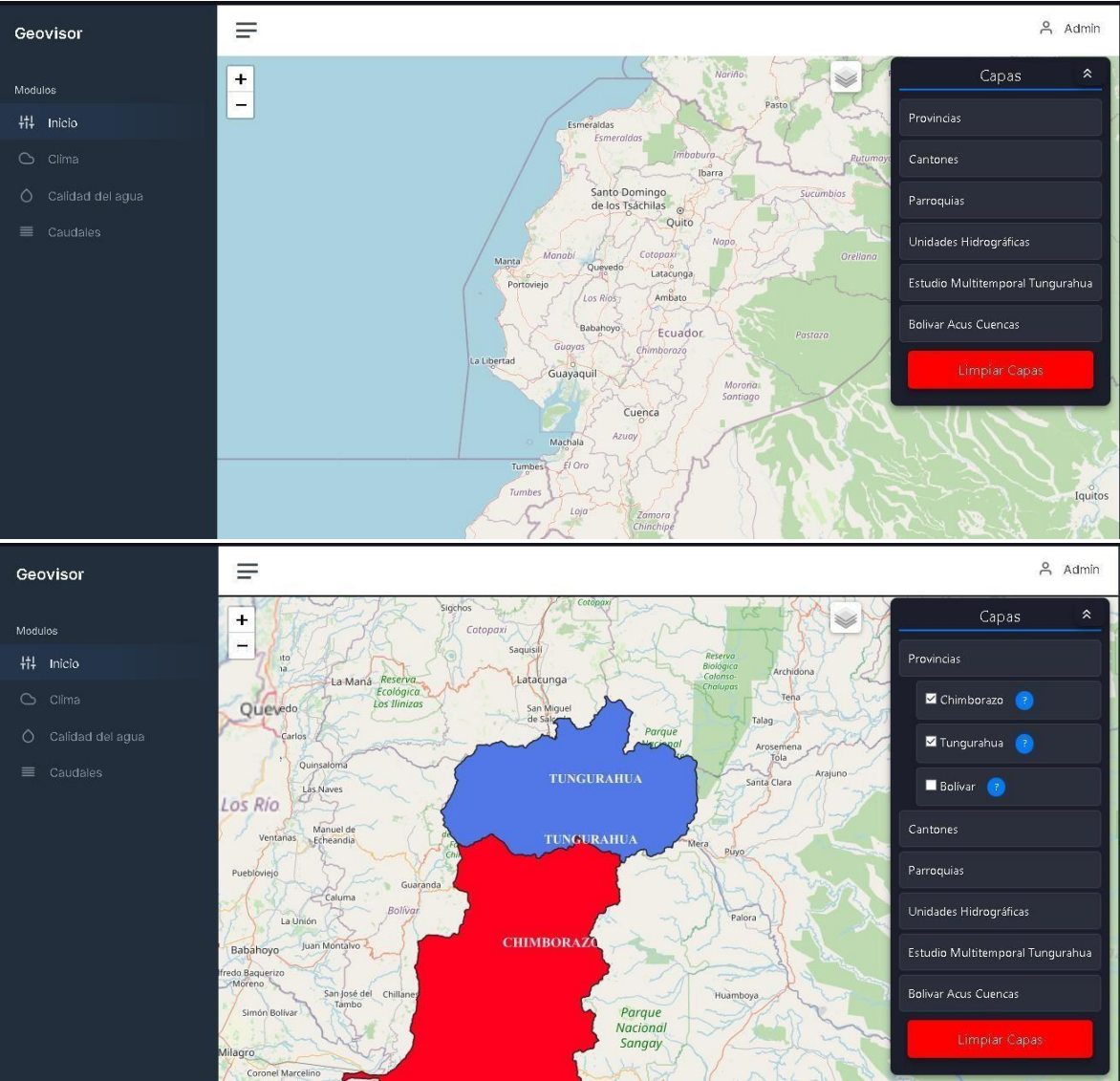
Se revisó y analizó cada uno de los requerimientos dados por parte del cliente en este caso el líder del proyecto, obteniendo de esta manera la matriz de requerimientos que se muestra en la Figura 1.

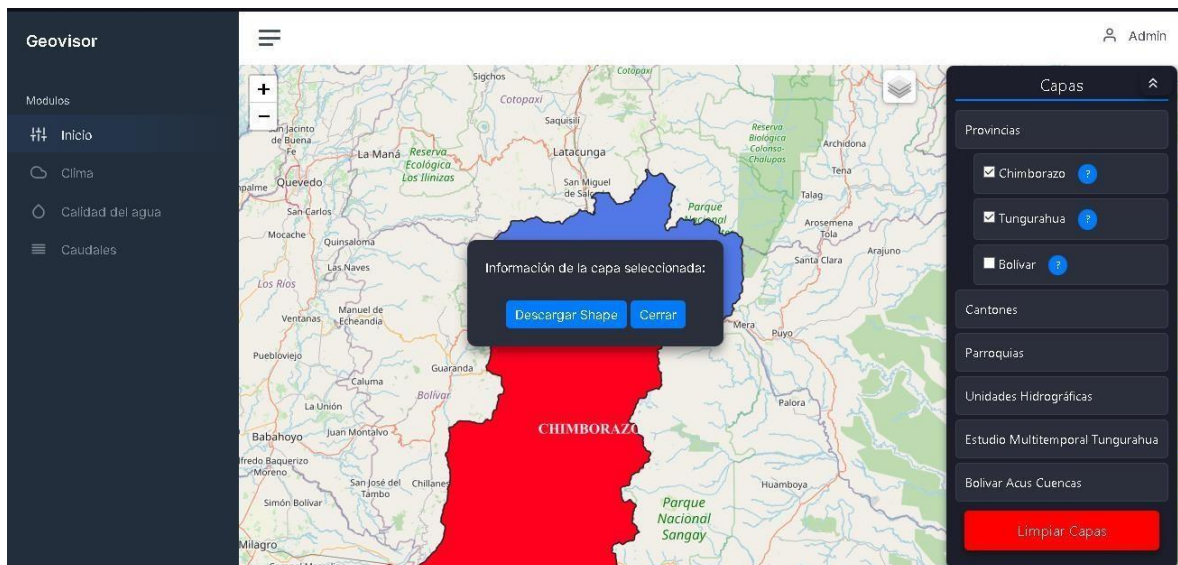
TABLA DE REQUERIMIENTOS GEOVISOR						
DETALLES			ESTADODE AVANCE			
N.º	Tarea	Descripción	Por hacer	En progreso	En revisión	Completado
1	Repositorio de datos.	Diseñar un repositorio de datos meteorológicos e hidrológicos para almacenarlos centralizadamente.				
2	Definición de Roles	Definir roles de usuario, administrador y técnico para la visualización de capas geográficas, carga de datos a la base de datos y descarga de informes estadísticos.				
3	Gráficos estadísticos de datos.	Visualizar gráficos estadísticos para entender tendencias y patrones en los datos meteorológicos e hidrológicos.				
4	Predicción de datos meteorológicos e hidrológicos.	Acceso a predicciones de datos meteorológicos e hidrológicos para tomar decisiones informadas.				
5	Sistema de login para administrador.	Sistema de login que permita acceder al módulo de administración de datos con el rol de administrador.				
6	Interfaz de administrador para carga de datos.	Interfaz gráfica para cargar datos meteorológicos e hidrológicos al sistema.				
7	Exportación del diccionario de datos.	Exportar diccionario de datos para documentar la estructura de los datos en el sistema.				
8	Interfaz gráfica para capas geográficas y mapas base.	Interfaz gráfica para visualizar capas geográficas superpuestas en mapas base interactivos.				
9	Visualización de capas geográficas.	Visualizar capas geográficas en el geovisor para analizar datos meteorológicos e hidrológicos.				
10	Navegación y mapas base.	Navegar y visualizar mapas base de OpenStreetMap, Google Satelital y Google Maps.				
11	Descarga de capas geográficas.	Descarga individualmente capas geográficas para utilizarlas en otros sistemas o análisis.				
12	Botón para quitar capas superpuestas.	Botón que permita quitar capas superpuestas en el geovisor para simplificar la visualización.				
13	Geovisor responsive.	Geovisor multiplataforma para el funcionamiento en dispositivos móviles, tablets y computadoras.				
14	Interfaz gráfica para estadísticas.	Interfaz gráfica que me permita visualizar estadísticas de los datos meteorológicos e hidrológicos.				

Figura 1:Matriz de requerimientos iniciales

Anexo 2: Interfaces del geovisor

En la Figura 1 se muestra las interfaces desarrolladas con las herramientas y tecnológicas escogidas durante el desarrollo del proyecto.





Bienvenido

Ingresa tus credenciales

Correo

benito@geovisor.com

Contraseña

☒ Recordar

Ingresar

Administrador

Pages

- Inicio
- Carga de Datos
- Usuarios
- Cerrar Sesión

Benito Mendoza

Carga de Datos ICA

Formulario de Carga

Selecciona una región:

-- Selecciona una región --

Sube un archivo:

Seleccionar archivo

Sin archivos seleccionados

Subir

Administrador

Pages

- Inicio
- Carga de Datos
- Usuarios
- Cerrar Sesión

Benito Mendoza

Carga de Datos Climáticos

Formulario de Carga

Selecciona una región:

-- Selecciona una región --

Sube un archivo:

Seleccionar archivo

Sin archivos seleccionados

Subir

Mostrar datos

Geovisor

Modulos

- Inicio
- Clima
- Calidad del agua
- Caudales

Mensual Promedio

88

87

86

85

84

83

82

2023-01

2023-02

2023-03

2023-04

Mensual Máximo

Month	Mensual Promedio	Mensual Máximo
2023-01	83.5	
2023-02	82.5	
2023-03	84.5	
2023-04	87.5	87.5

72

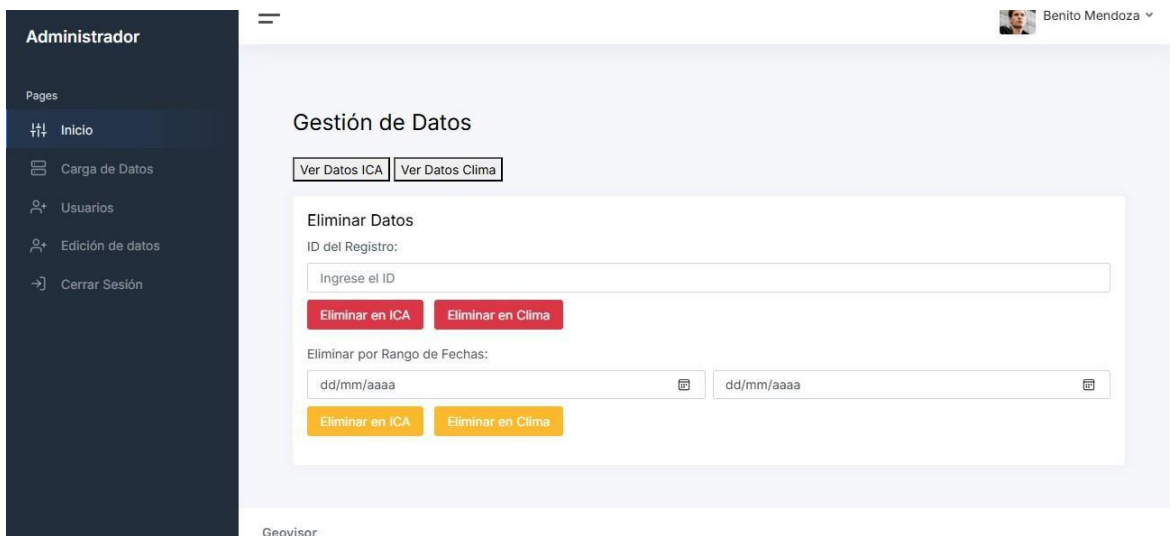
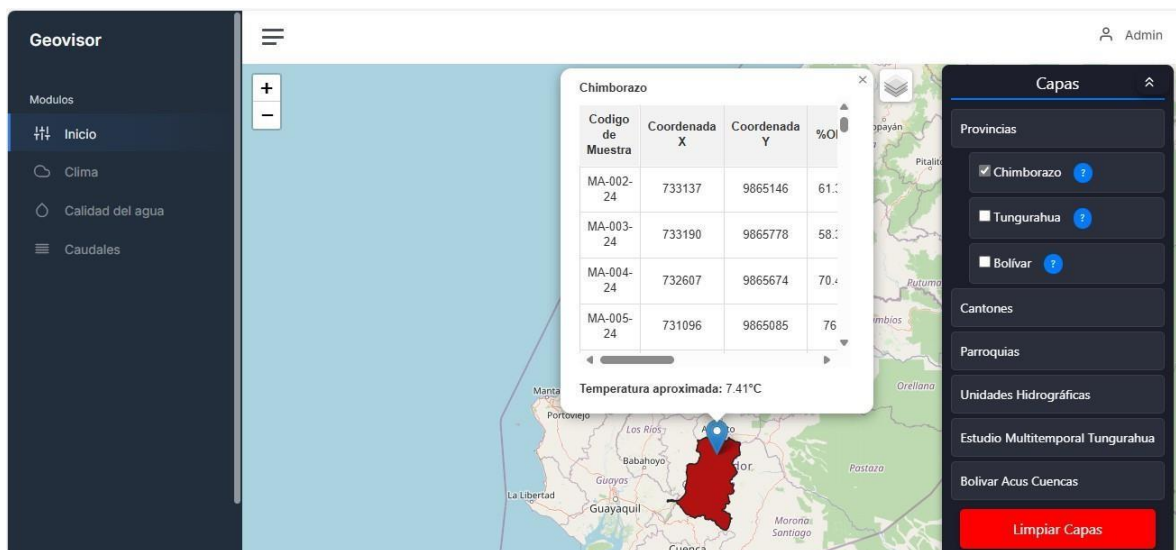


Figura 1:Interfaces del geovisor

Anexo 3: Diseño físico del repositorio

En la Figura 1 se muestra el diseño físico del repositorio empleado para el almacenamiento de los datos que alimentan al geovisor. Dicho diseño se realizó en base al origen de datos y al uso que se los dará.



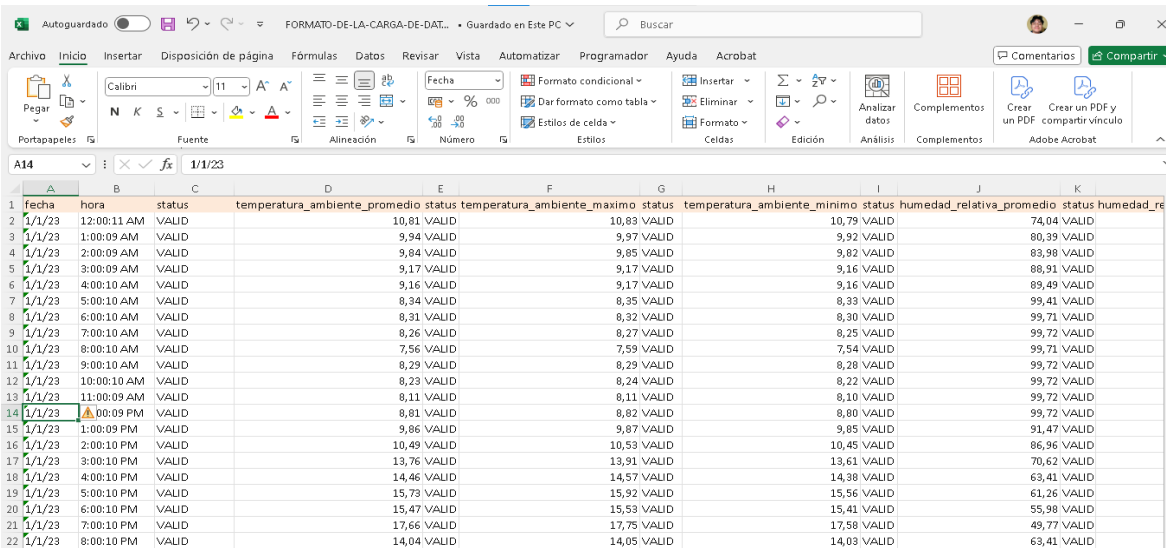
Figura 1: Diseño físico del repositorio

Anexo 4: Datos a cargar en el repositorio

Se muestran el origen de los datos meteorológicos e hidrológicos proporcionados por el cliente los cuales se almacenan en archivos Excel extraídos de las estaciones que están ubicadas en las zonas de la sierra centro.

Datos Meteorológicos

En la Figura 1 se muestra la estructura de los datos meteorológicos en donde se encuentran almacenados las variables climáticas como la temperatura, presión atmosférica, humedad relativa entre otras.

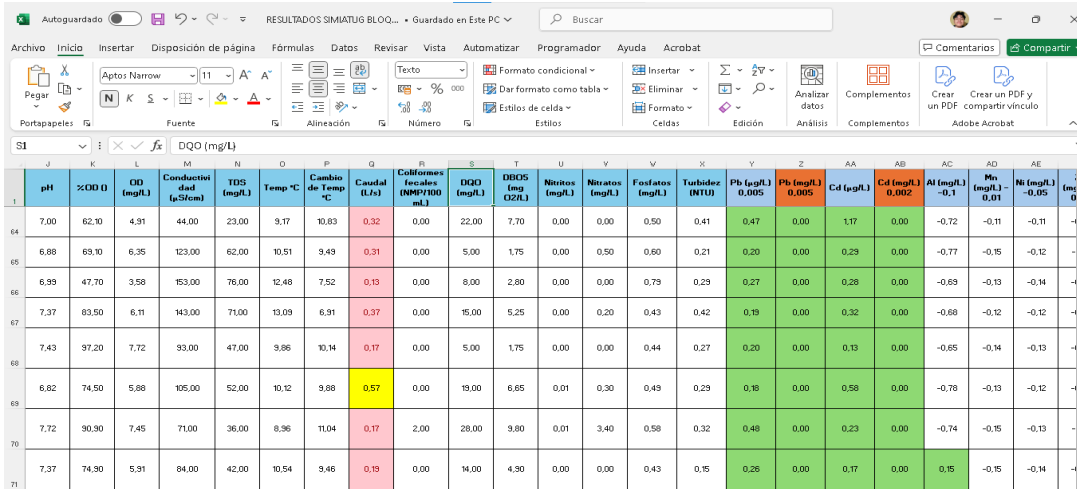


A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
fecha	hora	status	temperatura_ambiente_promedio	status	temperatura_ambiente_maximo	status	temperatura_ambiente_minimo	status	humedad_relativa_promedio	status
1/1/23	12:00:11 AM	VALID	10,81	VALID	10,83	VALID	10,79	VALID	74,04	VALID
1/1/23	1:00:09 AM	VALID	9,94	VALID	9,97	VALID	9,92	VALID	80,39	VALID
1/1/23	2:00:09 AM	VALID	9,84	VALID	9,85	VALID	9,82	VALID	83,98	VALID
1/1/23	3:00:09 AM	VALID	9,17	VALID	9,17	VALID	9,16	VALID	88,91	VALID
1/1/23	4:00:10 AM	VALID	9,16	VALID	9,17	VALID	9,16	VALID	89,49	VALID
1/1/23	5:00:10 AM	VALID	8,34	VALID	8,35	VALID	8,33	VALID	99,41	VALID
1/1/23	6:00:10 AM	VALID	8,31	VALID	8,32	VALID	8,30	VALID	99,71	VALID
1/1/23	7:00:10 AM	VALID	8,26	VALID	8,27	VALID	8,25	VALID	99,72	VALID
1/1/23	8:00:10 AM	VALID	7,56	VALID	7,59	VALID	7,54	VALID	99,71	VALID
1/1/23	9:00:10 AM	VALID	8,29	VALID	8,29	VALID	8,28	VALID	99,72	VALID
1/1/23	10:00:10 AM	VALID	8,23	VALID	8,24	VALID	8,22	VALID	99,72	VALID
1/1/23	11:00:09 AM	VALID	8,11	VALID	8,11	VALID	8,10	VALID	99,72	VALID
1/1/23	12:00:09 PM	VALID	8,81	VALID	8,82	VALID	8,80	VALID	99,72	VALID
1/1/23	1:00:09 PM	VALID	9,86	VALID	9,85	VALID	9,85	VALID	91,47	VALID
1/1/23	2:00:10 PM	VALID	10,49	VALID	10,53	VALID	10,45	VALID	86,96	VALID
1/1/23	3:00:10 PM	VALID	13,76	VALID	13,91	VALID	13,61	VALID	70,62	VALID
1/1/23	4:00:10 PM	VALID	14,46	VALID	14,57	VALID	14,38	VALID	63,41	VALID
1/1/23	5:00:10 PM	VALID	15,73	VALID	15,92	VALID	15,56	VALID	61,26	VALID
1/1/23	6:00:10 PM	VALID	15,47	VALID	15,53	VALID	15,41	VALID	55,98	VALID
1/1/23	7:00:10 PM	VALID	17,66	VALID	17,75	VALID	17,58	VALID	49,77	VALID
1/1/23	8:00:10 PM	VALID	14,04	VALID	14,05	VALID	14,03	VALID	63,41	VALID

Figura 2: Estructura de los datos meteorológicos

Datos hidrológicos

De igual manera en la Figura 2 se muestra la estructura de los datos hidrológicos en donde se encuentran almacenados los datos que posteriormente serán de ayuda para el cálculo del ICA.



J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE
pH	%DO	DO (mg/L)	Conductividad (µS/cm)	TDS (mg/L)	Temp °C	Cambio de Temp °C	Caudal (L/s)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	DQO (mg/L)	DBOD5 (mg O2/L)	Nitrogeno (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	Pb (µg/L) 0.005	Pb (µg/L) 0.005	Cd (µg/L) 0.002	Cd (µg/L) 0.002	Al (mg/L) 0.1	Mn (mg/L) 0.01	Ni (mg/L) 0.05
7.00	62.30	4.91	44.00	23.00	9.17	10.83	0.32	0.00	22.00	7.70	0.00	0.00	0.50	0.41	0.47	0.00	1.17	0.00	-0.72	-0.11	-0.11
6.88	69.30	6.35	123.00	62.00	10.51	9.49	0.31	0.00	5.00	1.75	0.00	0.50	0.60	0.21	0.20	0.00	0.29	0.00	-0.77	-0.15	-0.12
6.99	47.70	3.58	153.00	76.00	12.48	7.52	0.13	0.00	6.00	2.80	0.00	0.00	0.79	0.29	0.27	0.00	0.28	0.00	-0.69	-0.13	-0.14
7.37	83.50	6.11	143.00	71.00	13.09	6.91	0.37	0.00	15.00	5.25	0.00	0.20	0.43	0.42	0.19	0.00	0.32	0.00	-0.68	-0.12	-0.12
7.43	97.20	7.72	93.00	47.00	9.86	10.14	0.17	0.00	5.00	1.75	0.00	0.00	0.44	0.27	0.20	0.00	0.13	0.00	-0.65	-0.14	-0.13
6.82	74.50	5.88	105.00	52.00	10.12	9.88	0.57	0.00	19.00	6.65	0.01	0.30	0.49	0.29	0.18	0.00	0.58	0.00	-0.78	-0.13	-0.12
7.72	90.90	7.45	71.00	36.00	8.96	11.04	0.17	2.00	28.00	9.80	0.01	3.40	0.58	0.32	0.48	0.00	0.23	0.00	-0.74	-0.15	-0.13
7.37	74.50	5.91	84.00	42.00	10.54	9.46	0.19	0.00	14.00	4.90	0.00	0.00	0.43	0.15	0.26	0.00	0.17	0.00	-0.15	-0.15	-0.14

Figura 3: Estructura de los datos hidrológicos

Anexo 5: Modelos de predicción

En este apartado se encuentra la codificación de cada modelo de predicción utilizado durante la ejecución de este proyecto, con el objetivo de hacer un análisis comparativo mediante métricas de desempeño y escoger el mejor modelo posible.

Regresión lineal

En la figura 1 se muestra el código de Python del modelo de predicción de la regresión lineal.

```
# Importar las librerías necesarias
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.metrics import mean_absolute_error, mean_squared_error, r2_score, explained_variance_score
import numpy as np

# Inicializar el modelo de regresión lineal
regressor = LinearRegression()

# Entrenar el modelo
regressor.fit(X_train, y_train)

# Realizar las predicciones sobre el conjunto de prueba
y_pred = regressor.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mae = mean_absolute_error(y_test, y_pred)
mse = mean_squared_error(y_test, y_pred)
rmse = np.sqrt(mse)
r2 = r2_score(y_test, y_pred)
evs = explained_variance_score(y_test, y_pred)

# Imprimir las métricas de evaluación
print("Evaluación del modelo de Regresión Lineal:")
print(f"R²: {r2}")
print(f"Mean Absolute Error (MAE): {mae}")
```

Figura 1: Regresión Lineal

Random forest

En la figura 2 se muestra el código de Python del modelo de predicción de Random Forest.

```
# Importar las librerías necesarias
from sklearn.ensemble import RandomForestRegressor

# Inicializar el modelo de Random Forest
rf_regressor = RandomForestRegressor(n_estimators=100, random_state=42)

# Entrenar el modelo
rf_regressor.fit(X_train, y_train)

# Realizar las predicciones sobre el conjunto de prueba
y_pred_rf = rf_regressor.predict(X_test)

# Evaluar el modelo
mae_rf = mean_absolute_error(y_test, y_pred_rf)
mse_rf = mean_squared_error(y_test, y_pred_rf)
rmse_rf = np.sqrt(mse_rf)
r2_rf = r2_score(y_test, y_pred_rf)
evs_rf = explained_variance_score(y_test, y_pred_rf)

# Imprimir las métricas de evaluación
print("Evaluación del modelo de Random Forest:")
print(f"R²: {r2_rf}")
print(f"Mean Absolute Error (MAE): {mae_rf}")
print(f"Mean Squared Error (MSE): {mse_rf}")
print(f"Root Mean Squared Error (RMSE): {rmse_rf}")
print(f"Explained Variance Score (EVS): {evs_rf}")
```

Figura 2: Random Forest

Red neuronal LSTM

En la figura 3 se muestra el código de Python del modelo de predicción de la Red Neuronal LSTM.

```
# Importar las librerías necesarias
import tensorflow as tf
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Dense, LSTM
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

# Escalar los datos para el modelo LSTM (importante para redes neuronales)
scaler = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)

# Convertir los datos a una forma compatible con LSTM [muestras, timesteps, características]
X_train_scaled = X_train_scaled.reshape(X_train_scaled.shape[0], 1, X_train_scaled.shape[1])
X_test_scaled = X_test_scaled.reshape(X_test_scaled.shape[0], 1, X_test_scaled.shape[1])

# Crear el modelo LSTM
model_lstm = Sequential()
model_lstm.add(LSTM(units=50, activation='relu', input_shape=(X_train_scaled.shape[1], X_train_scaled.shape[2])))
model_lstm.add(Dense(units=1)) # Capa de salida

# Compilar el modelo
model_lstm.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error')
```

```
# Entrenar el modelo
model_lstm.fit(X_train_scaled, y_train, epochs=20, batch_size=32, verbose=1)

# Realizar las predicciones sobre el conjunto de prueba
y_pred_lstm = model_lstm.predict(X_test_scaled)

# Evaluar el modelo
mae_lstm = mean_absolute_error(y_test, y_pred_lstm)
mse_lstm = mean_squared_error(y_test, y_pred_lstm)
rmse_lstm = np.sqrt(mse_lstm)
r2_lstm = r2_score(y_test, y_pred_lstm)
evs_lstm = explained_variance_score(y_test, y_pred_lstm)

# Imprimir las métricas de evaluación
print("Evaluación del modelo LSTM:")
print(f"R²: {r2_lstm}")
print(f"Mean Absolute Error (MAE): {mae_lstm}")
print(f"Mean Squared Error (MSE): {mse_lstm}")
print(f"Root Mean Squared Error (RMSE): {rmse_lstm}")
print(f"Explained Variance Score (EVS): {evs_lstm}")
```

Figura 3: Red Neuronal LSTM

Red neuronal convolucional CNN

En la figura 4 se muestra el código de Python del modelo de predicción de la Red Neuronal Convolucional CNN.

```
# Importar las librerías necesarias
from tensorflow.keras.models import Sequential
from tensorflow.keras.layers import Conv1D, MaxPooling1D, Flatten, Dense
from sklearn.preprocessing import MinMaxScaler

# Escalar los datos para la CNN (igual que en LSTM)
scaler_cnn = MinMaxScaler(feature_range=(0, 1))
X_train_scaled_cnn = scaler_cnn.fit_transform(X_train)
X_test_scaled_cnn = scaler_cnn.transform(X_test)

# Convertir los datos a una forma compatible con CNN [muestras, timesteps, características]
X_train_scaled_cnn = X_train_scaled_cnn.reshape(X_train_scaled_cnn.shape[0], X_train_scaled_cnn.shape[1], 1)
X_test_scaled_cnn = X_test_scaled_cnn.reshape(X_test_scaled_cnn.shape[0], X_test_scaled_cnn.shape[1], 1)

# Crear el modelo CNN
model_cnn = Sequential()
model_cnn.add(Conv1D(filters=64, kernel_size=1, activation='relu', input_shape=(X_train_scaled_cnn.shape[1], 1)))
model_cnn.add(MaxPooling1D(pool_size=1))
model_cnn.add(Flatten())
model_cnn.add(Dense(units=50, activation='relu'))
model_cnn.add(Dense(units=1)) # Capa de salida

# Compilar el modelo
model_cnn.compile(optimizer='adam', loss='mean_squared_error')

# Entrenar el modelo
model_cnn.fit(X_train_scaled_cnn, y_train, epochs=20, batch_size=32, verbose=1)

# Realizar las predicciones sobre el conjunto de prueba
y_pred_cnn = model_cnn.predict(X_test_scaled_cnn)

# Evaluar el modelo
mae_cnn = mean_absolute_error(y_test, y_pred_cnn)
mse_cnn = mean_squared_error(y_test, y_pred_cnn)
rmse_cnn = np.sqrt(mse_cnn)
r2_cnn = r2_score(y_test, y_pred_cnn)
evs_cnn = explained_variance_score(y_test, y_pred_cnn)

# Imprimir las métricas de evaluación
print("Evaluación del modelo CNN:")
print(f"R²: {r2_cnn}")
print(f"Mean Absolute Error (MAE): {mae_cnn}")
print(f"Mean Squared Error (MSE): {mse_cnn}")
print(f"Root Mean Squared Error (RMSE): {rmse_cnn}")
print(f"Explained Variance Score (EVS): {evs_cnn}")
```

Figura 4: Red Neuronal Convolucional CNN

Anexo 6: Reuniones de revisión del geovisor

En la figura 1 se muestran las reuniones que se llevaron a cabo durante todo el proceso de desarrollo del geovisor.



Figura 1: Reuniones de revisión del geovisor

Anexo 7: Diseño de la encuesta

Se planteó la siguiente estructura de la encuesta, la cual permitió obtener los resultados de cada uno de los criterios de funcionalidad de la norma ISO/IEC 25010.

ENCUESTA

a) Completitud funcional

¿Considera que el geovisor abarca todas las herramientas necesarias para visualizar datos climáticos, incluyendo capas geográficas y gráficos estadísticos?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

¿Las funciones implementadas cumplen con los objetivos establecidos en el diseño inicial del sistema?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

¿Cómo evalúa la función de carga masiva de datos al repositorio desde el geovisor, en términos de precisión y confiabilidad?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

b) Corrección funcional

¿Los datos visualizados en el geovisor coinciden con las fuentes originales de información?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

¿Los cálculos y procesos internos del geovisor producen los resultados esperados con precisión?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

¿El geovisor maneja correctamente datos inválidos o nulos al momento de realizar la carga de datos al repositorio?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

c) Pertinencia funcional

¿El geovisor facilita tareas comunes como visualizar capas geográficas o generar gráficos estadísticos en menos de dos minutos?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

¿El diseño y las funcionalidades del geovisor cumplen con los requisitos específicos definidos inicialmente?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

¿Considera usted que las herramientas que integra el geovisor son intuitivas y facilitan el uso de este mismo?

- a) Totalmente satisfecho
- b) Muy satisfecho
- c) Neutral
- d) Poco satisfecho
- e) Nada satisfecho

Anexo 8: Manual de usuario



MANUAL DE USO DEL GEOVISOR

Contenido

Introducción	84
Requerimientos del sistema.....	84
Funcionalidades del geovisor	85
1. Interfaz principal del geovisor	85
2. Despliego de capas geográficas	85
3. Descarga de capas geográficas.....	86
4. Desplegar mapas base	88
5. Generar gráficos estadísticos de los datos meteorológicos	89
6. Desplegar valores del ica y predicción.....	91
Funcionalidades del administrador	92
7. Ingreso a la interfaz del administrador	92
8. Carga masiva de datos.....	94
9. Visualización de datos	97
10. Eliminación de datos	100

Introducción

Este manual está diseñado y pensado en el usuario, con el objetivo de proporcionar una guía completa del uso del sistema. En él, encontrarás instrucciones claras y detalladas sobre las funciones y herramientas disponibles. Nuestro propósito es facilitar la interacción con el sistema y garantizar una experiencia efectiva y satisfactoria.

Requerimientos del sistema

- Conexión a internet
- Memoria Ram mínimo de 8gb
- Sistema operativo actualizado a una versión reciente
- Almacenamiento interno mínimo de 500gb
- Procesador superior a core i5 séptima generación

Funcionalidades del geovisor

1. Interfaz principal del geovisor

La interfaz del geovisor a primera vista se logra identificar ciertas herramientas como la opción de desplegar capas, la opción de módulos y el mapa base de openstreetmaps en el cual se colocarán las capas de los mapas. Tal como se muestra en la Figura 1.

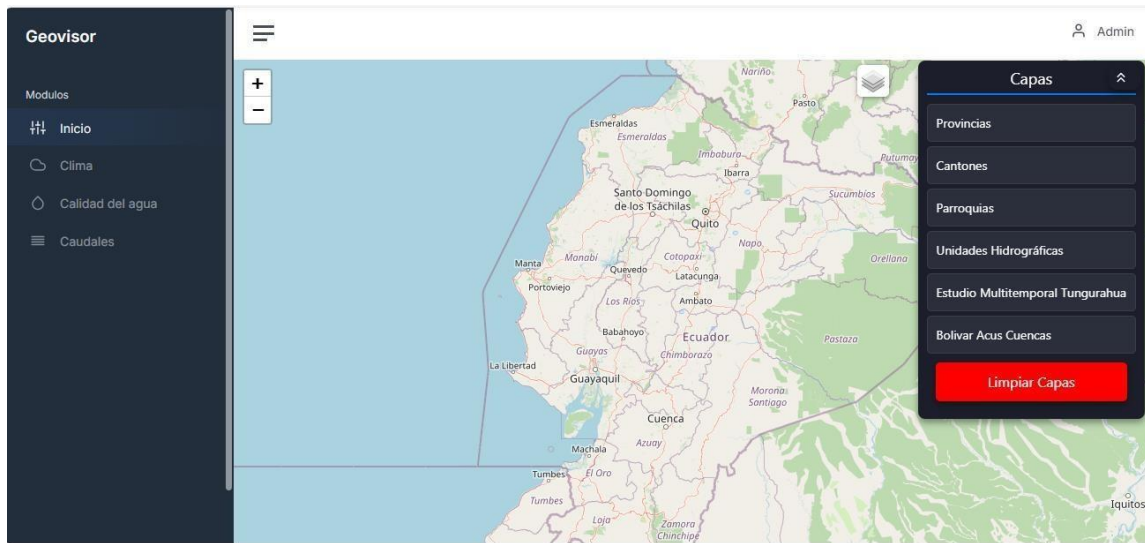


Figura 1: Interfaz principal

2. Despliegue de capas geográficas

Para el despliegue de las capas geográficas el usuario deberá dirigirse al apartado derecho de la interfaz en la opción donde dice capas y escoger la capa que desee desplegar. Tal como se muestra en la Figura 2.

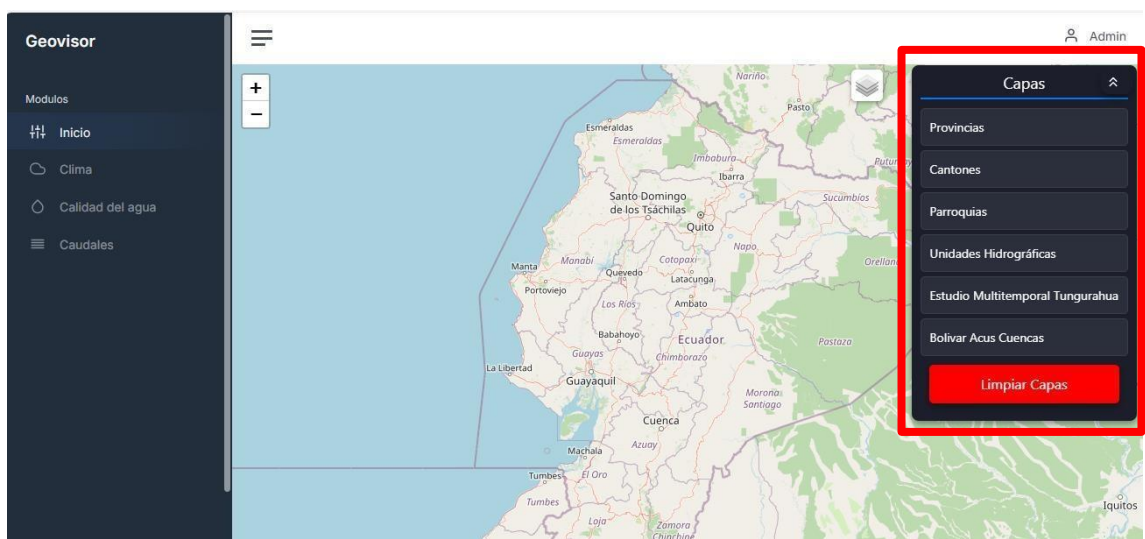


Figura 2: Apartado de capas

Para que la capa se visualice en el mapa base el usuario debe hacer clic en el cuadro que se encuentra ubicado a lado del nombre de la capa deseada y automáticamente se desplegará la capa seleccionada. Tal como se muestra en la Figura 3.

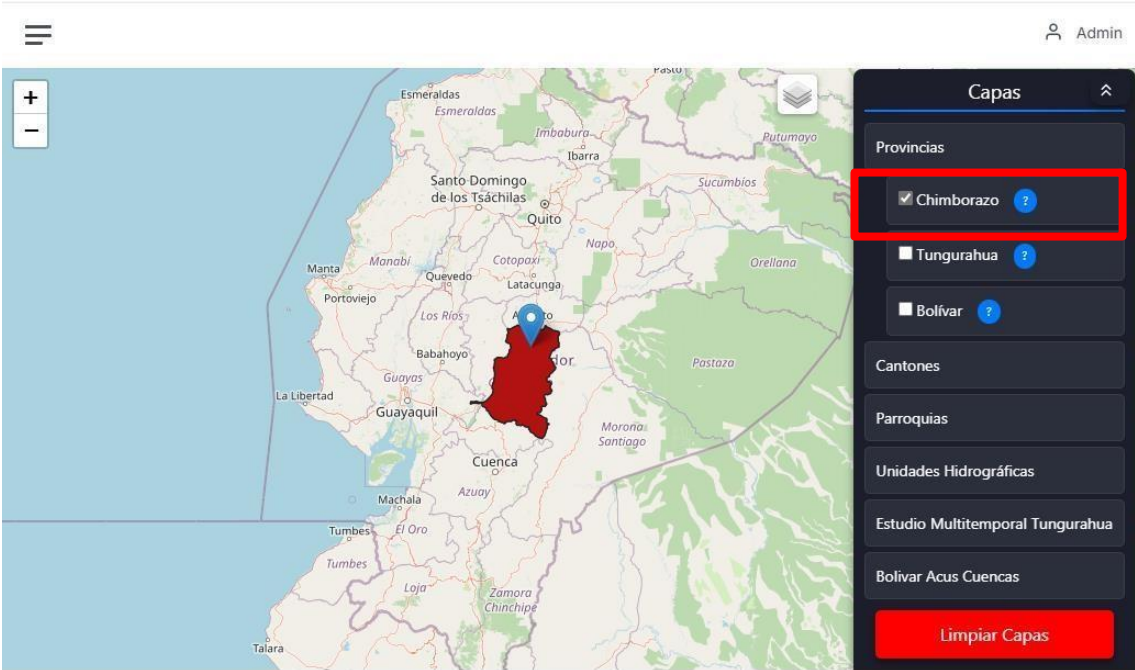


Figura 3: Selección de capa

3. Descarga de capas geográficas

En la Figura 4 se muestra que en caso de que el usuario dese descargar alguna capa del geovisor solamente deberá presionar el botón azul con signo de interrogación (?) que se encuentra alado del cuadro de check de la capa.

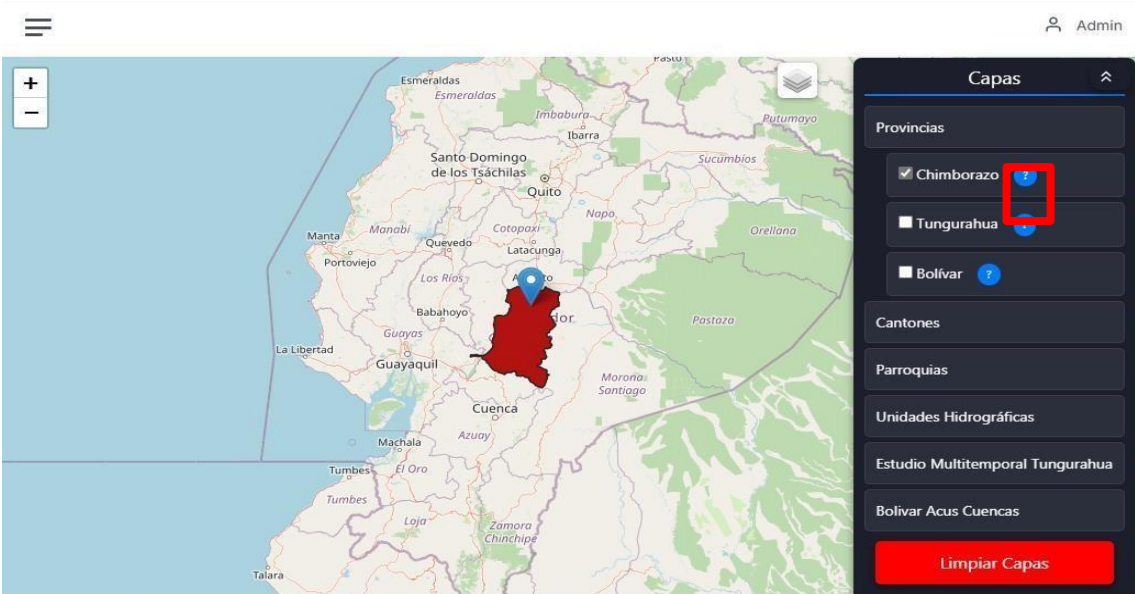


Figura 4: Botón de descarga de capa

Al presionar dicho botón se desplegará una ventana emergente con las opciones descargar shape o cerrar para descargar la capa o simplemente cancelar la acción. Tal como se muestra en la Figura 5.

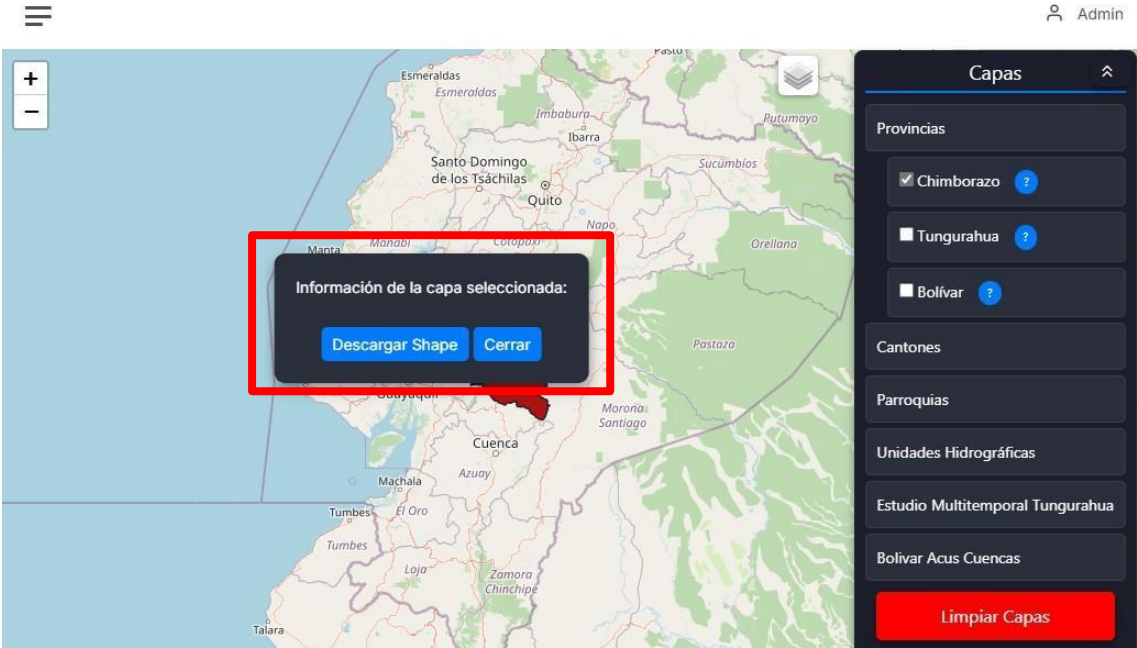


Figura 5: Ventana de descarga de la capa

Al seleccionar la opción descargar automáticamente se descargará toda la información de la capa en un archivo ZIP con el nombre de la capa en donde al extraer dicho archivo se encontrará todos los elementos de la capa descargada. Tal como se muestra en la Figura 6.

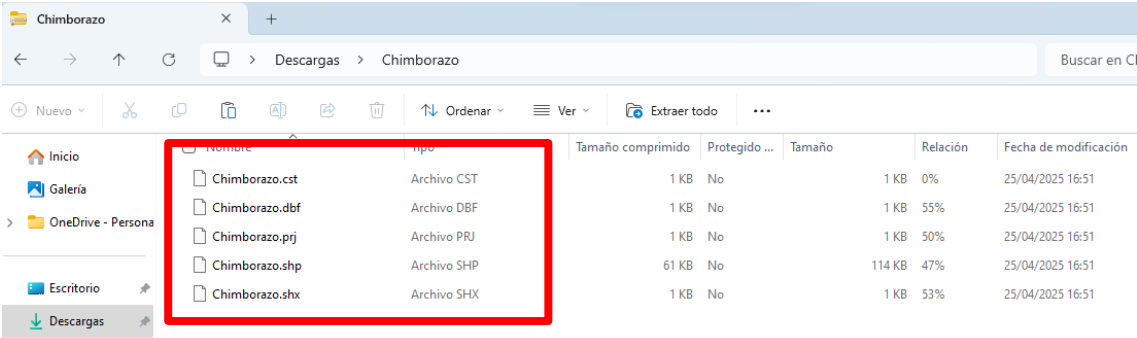
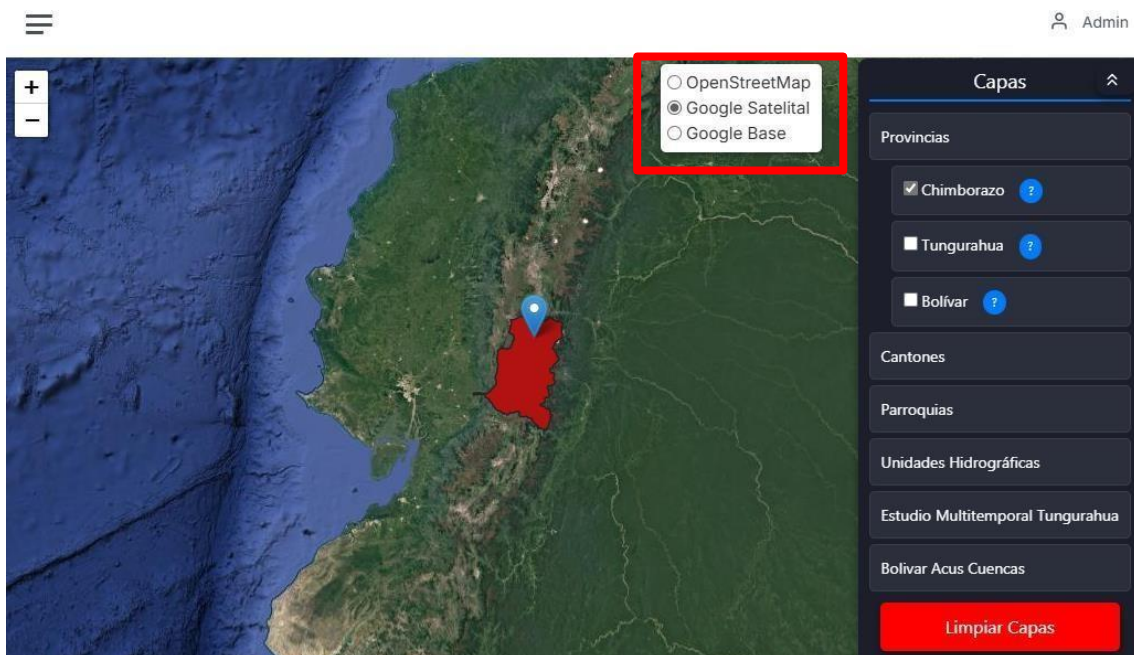
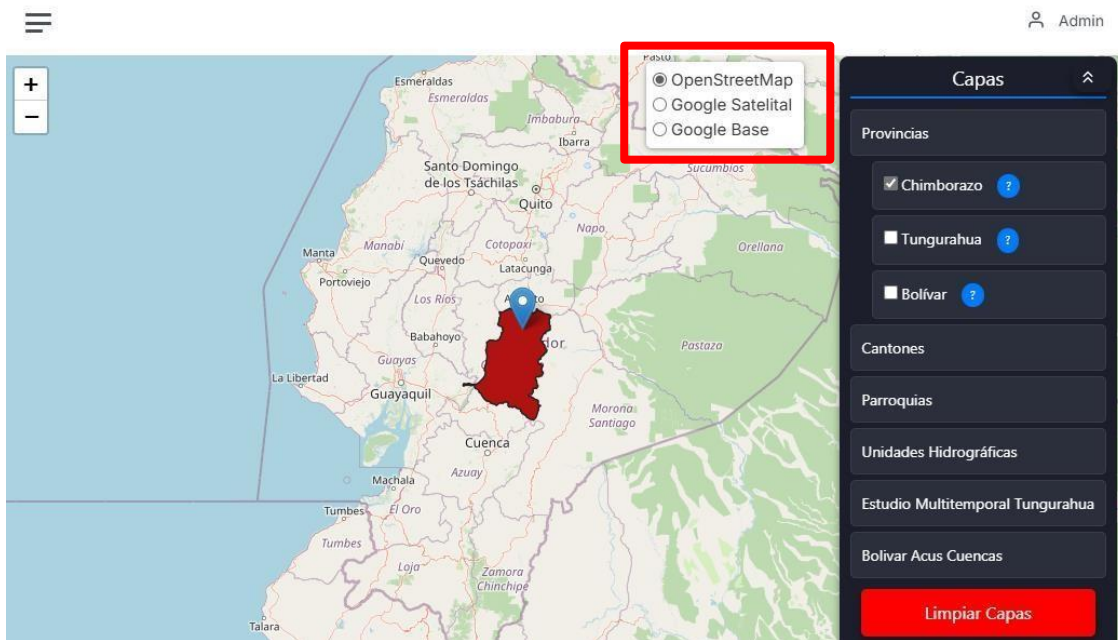


Figura 6: Archivos de la capa descargada

4. Desplegar mapas base

En la Figura 7 se muestra que el geovisor cuenta también con la opción de poder desplegar tres mapas bases los cuales son el mapa base de Openstreetmapas, Mapa Satelital y el Mapa proporcionado por Google, para desplegar estos mapas el usuario deberá situarse en la esquina superior izquierda del apartado de capas y seleccionar el mapa base que desee.



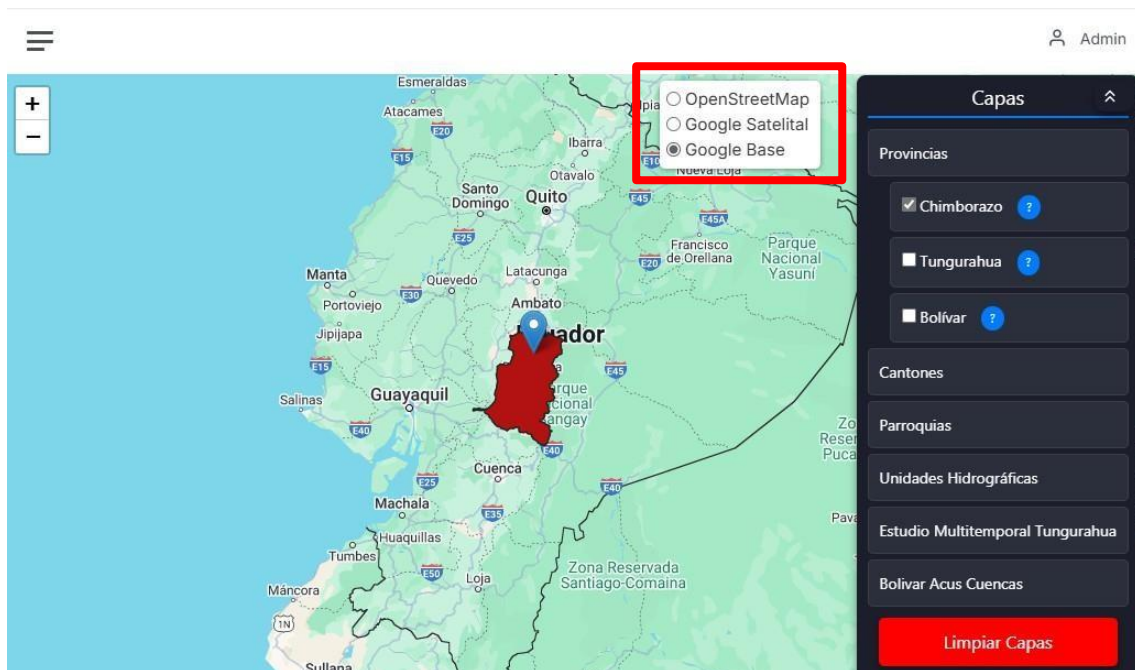


Figura 7: Mapas base

5. Generar gráficos estadísticos de los datos meteorológicos

En este caso el usuario deberá escoger un módulo y seleccionar la opción que requiera generar el grafico estadístico. Tal como se muestra en la Figura 8.

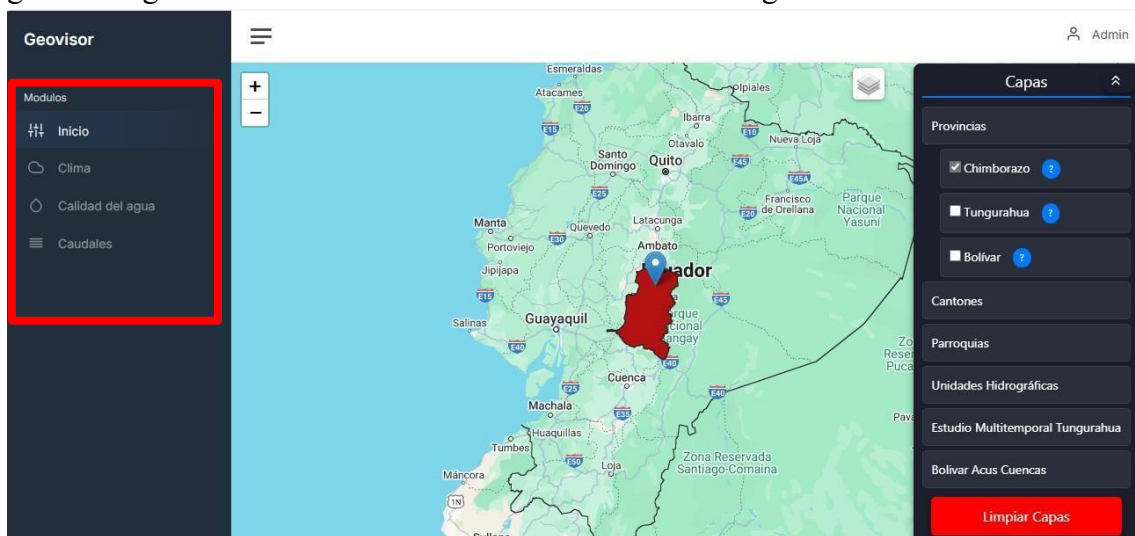


Figura 8: Reuniones de revisión del geovisor

En la Figura 9 se muestra que al escoger algún modulo se desplegará una serie de opciones que pertenecen a variables climáticas como la humedad relativa, presión atmosférica entre otras. Seguidamente el usuario deberá escoger el tipo de gráfico que desee si es diario, mensual o anual.

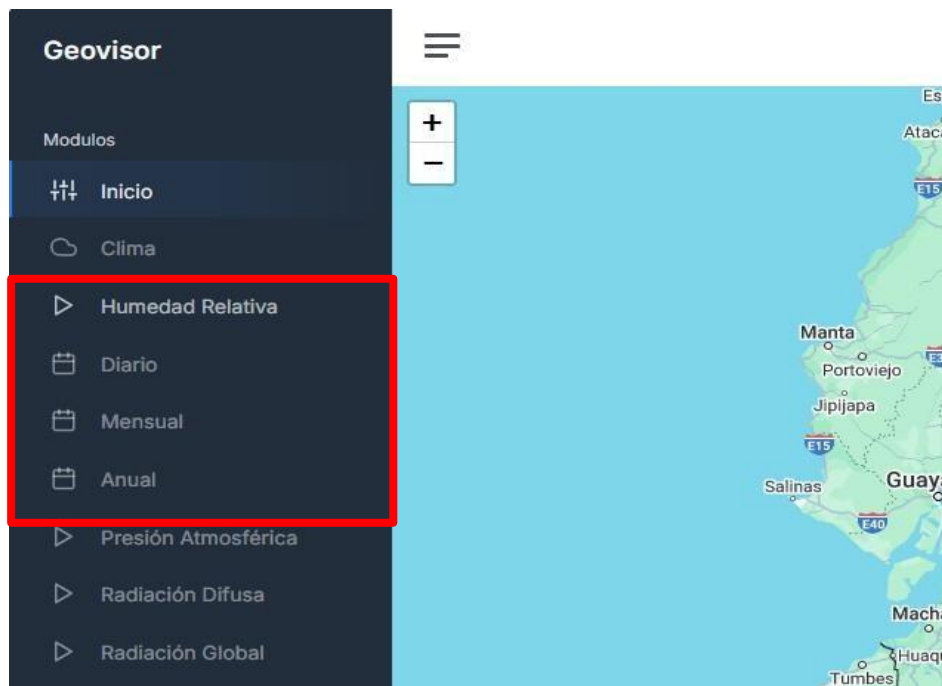


Figura 9: Tipo de grafico

Al escoger el tipo de grafico deseado se desplegará la siguiente interfaz la cual es la misma para todos los gráficos en caso de que sea mensual o anual. Tal como se muestra en la Figura 10.

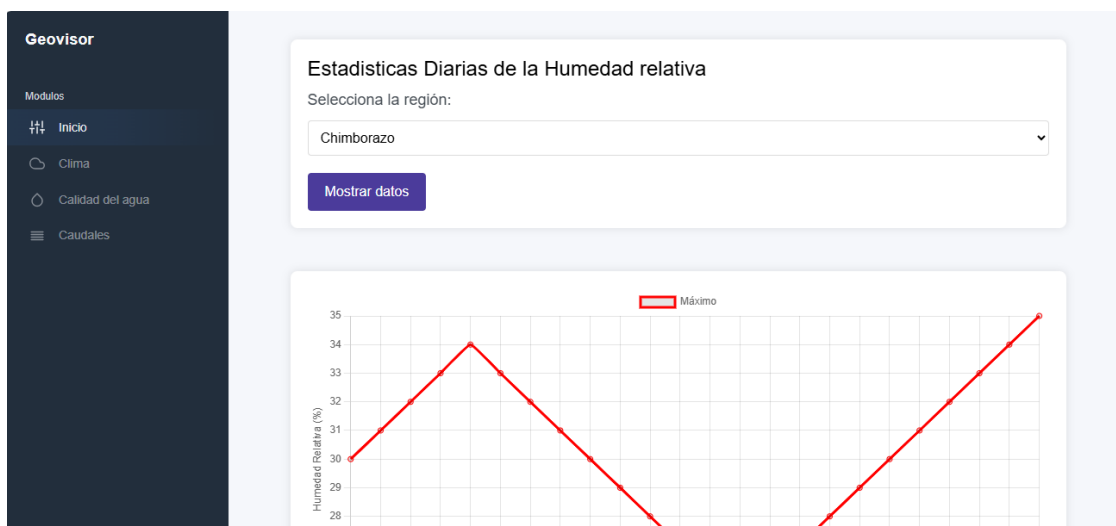


Figura 10: Gráficos estadísticos

Esta interfaz cuenta con tres graficas que pertenecen al máximo, mínimo y promedio de los valores, así mismo dentro de esta interfaz se puede seleccionar las regiones de Tungurahua y Bolívar en caso de requerirse los gráficos de esas provincias. Para desplegar estas graficas simplemente se escoge la región y se da clic en mostrar datos. Tal como se muestra en la Figura 11.



Figura 11: Selección de provincias

6. Desplegar valores del ica y predicción

Para desplegar estos valores el usuario deberá situarse de nuevo en la interfaz principal, ya sea dando clic en inicio o en la palabra “Geovisor” que se encuentra arriba del apartado de módulos. Tal como se muestra en la Figura 12.



Figura 12: Redirección a la interfaz principal

En la Figura 13 se muestra que una vez situado en la interfaz principal el usuario deberá desplegar una capa de alguna provincia y dar clic en el icono de información para saber los valores del ica y la predicción de la temperatura de esa provincia.

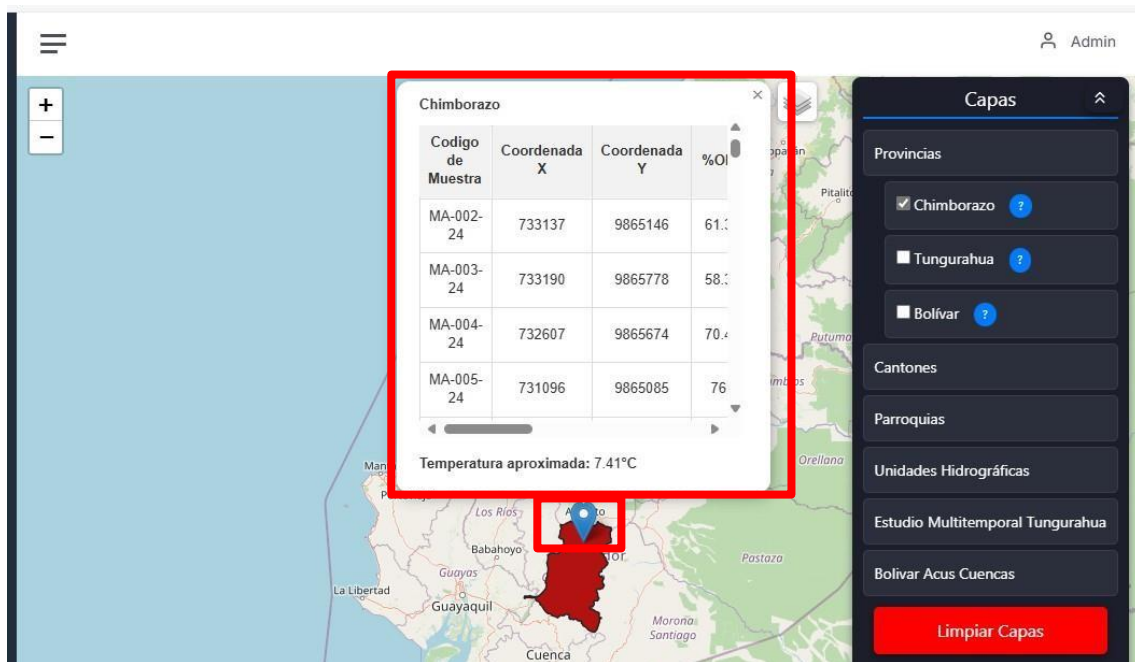


Figura 13: Despliegue de datos del ICA y de la predicción de la temperatura

Funcionalidades del administrador

En este apartado se muestra las funcionalidades principales que el administrador tiene acceso dentro del geovisor.

7. Ingreso a la interfaz del administrador

Para ingresar a la interfaz del administrador el usuario con este rol deberá dar clic en logo del administrador ubicado en la esquina superior derecha de la interfaz principal del geovisor. Tal como se muestra en la Figura 14.



Figura 14: Ingreso al login del administrador

Posterior a ello se desplegará el formulario de login en donde el usuario debe ingresar las credenciales pertenecientes. Tal como se muestra en la Figura 15.

A screenshot of a login form titled 'Bienvenido' (Welcome) with the subtitle 'Ingresa tus credenciales' (Enter your credentials). The form is centered on a light blue background. It contains two input fields: 'Correo' (Email) with the placeholder text 'Ingresa tu correo' and 'Contraseña' (Password) with the placeholder text 'Ingresa tu contraseña'. Below these fields is a checkbox labeled 'Recordar' (Remember) which is checked. At the bottom of the form is a blue button labeled 'Ingresar' (Login).

Figura 15: Login de administrador

En la Figura 16 se muestra que si se ingresó correctamente el sistema le redirigirá de manera automática a la interfaz del administrador, caso contrario no podrá ingresar a dicha interfaz

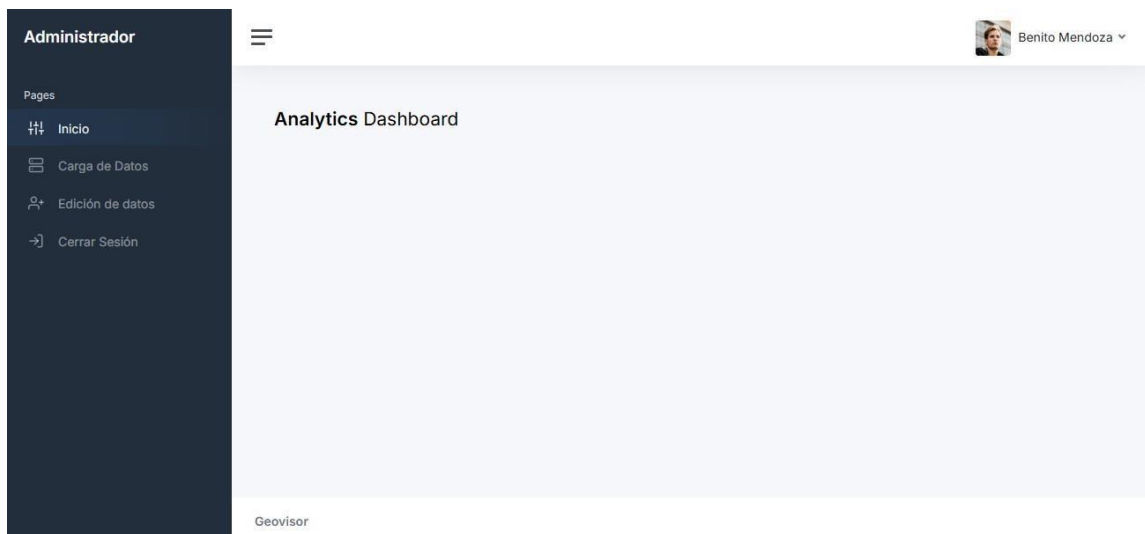


Figura 16: Interfaz del administrador

8. Carga masiva de datos

Para la carga masiva de datos el administrador tiene el apartado de carga de datos dicha opción despliega dos apartados de subida, tanto para subir los datos meteorológicos como los hidrológicos. Tal como se muestra en la Figura 17.

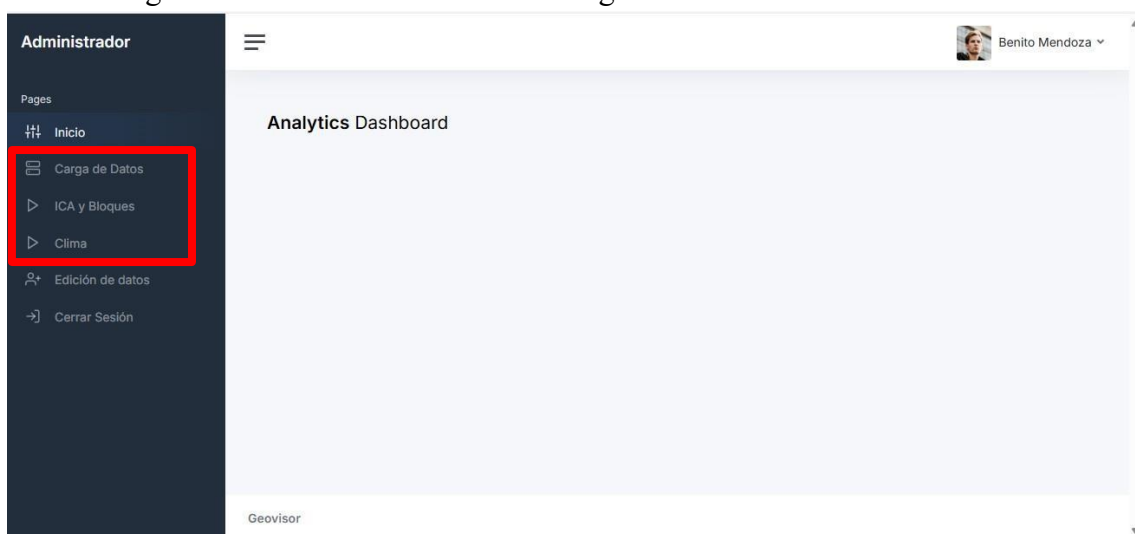


Figura 17: Apartado de opciones de la carga de datos

Antes de la carga de datos el administrador deberá asegurarse que los archivos Excel a subir cumplen con el formato establecido ya que si no se cumple el formato establecido la carga de datos no se ejecutará.

En la Figura 18 y 19 se muestra la estructura de estos datos, en donde consiste en que el archivo Excel debe tener una solo fila de encabezado no dos y cada encabezado de cada columna de estar nombrada de acuerdo al nombre de la fila del repositorio, además, no se deben mezclar en una columna datos numéricos con datos de tipo texto con el propósito de no interferir en el trabajo del modelo de predicción.

Estructura de datos meteorológicos

BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV
1	status	temperatura_suelo_nivel5_minimo	status	temperatura_suelo_nivel6_status	temperatura_suelo_nivel6_maximo	status	temperatura_suelo_nivel6_minimo	status	temperatura_suelo_nivel7_promedio
2	VALID	14,20	VALID	13,71	VALID	13,71	VALID	13,71	13,46
3	VALID	14,22	VALID	13,71	VALID	13,71	VALID	13,71	13,46
4	VALID	14,20	VALID	13,70	VALID	13,70	VALID	13,70	13,46
5	VALID	14,14	VALID	13,69	VALID	13,69	VALID	13,69	13,46
6	VALID	14,07	VALID	13,69	VALID	13,69	VALID	13,69	13,46
7	VALID	14,00	VALID	13,68	VALID	13,69	VALID	13,68	13,46
8	VALID	13,92	VALID	13,69	VALID	13,69	VALID	13,69	13,46
9	VALID	13,83	VALID	13,68	VALID	13,68	VALID	13,68	13,46
10	VALID	13,75	VALID	13,68	VALID	13,68	VALID	13,68	13,46
11	VALID	13,66	VALID	13,68	VALID	13,68	VALID	13,68	13,46
12	VALID	13,58	VALID	13,68	VALID	13,68	VALID	13,68	13,46
13	VALID	13,50	VALID	13,68	VALID	13,68	VALID	13,68	13,46
14	VALID	13,43	VALID	13,68	VALID	13,68	VALID	13,68	13,46
15	VALID	13,35	VALID	13,67	VALID	13,67	VALID	13,67	13,46
16	VALID	13,30	VALID	13,67	VALID	13,67	VALID	13,67	13,46
17	VALID	13,27	VALID	13,66	VALID	13,66	VALID	13,66	13,46
18	VALID	13,31	VALID	13,66	VALID	13,66	VALID	13,66	13,46
19	VALID	13,43	VALID	13,65	VALID	13,65	VALID	13,65	13,46
20	VALID	13,62	VALID	13,65	VALID	13,65	VALID	13,64	13,46
21	VALID	13,90	VALID	13,64	VALID	13,64	VALID	13,64	13,46

Figura 18: Estructura datos meteorológicos

Estructura de los datos hidrológicos

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH
Conductividad (µS/cm)	TDS (mg/L)	Temp °C	Cambio de Temp °C	Caudal (L/s)	Coliformes fecales (NMP/100 mL)	DQO (mg/L)	DBO5 (mg O2/L)	Nitritos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Fosfatos (mg/L)	Turbidez (NTU)	Pb (µg/L) 0.005	Pb (mg/L) 0.005	Cd (µg/L)	Cd (mg/L) 0.002	Al (mg/L) -0.1	Mn (mg/L) -0.01	Ni (mg/L) -0.05	Zn (mg/L) -0.05	As (µg/L)	As (mg/L) 0.005
251.00	127.00	8.20	11.80	0.14	2.00	-1.00	-1.00	0.00	0.50	0.14	0.89	-0.13	0.00	-0.03	0.00	-1.23	0.09	-0.02	-0.04	2.12	0.00
170.00	84.00	12.36	7.64	0.66	17.00	17.00	5.35	0.00	0.20	0.54	6.86	-0.16	0.00	-0.08	0.00	-1.31	0.16	0.00	-0.04	-0.10	0.00
166.00	87.00	12.64	7.36	6.37	26.00	-1.00	-1.00	0.01	0.70	0.13	0.89	-0.07	0.00	0.15	0.00	-1.40	0.10	-0.01	-0.06	-0.58	0.00
149.00	74.00	10.48	9.52	12.08	25.00	27.00	9.45	0.00	0.70	0.03	0.47	-0.23	0.00	-0.07	0.00	-1.43	0.32	-0.02	-0.04	-0.60	0.00
212.00	106.00	9.85	10.15	1.21	34.00	3.00	1.05	0.00	0.60	0.01	0.44	-0.13	0.00	-0.07	0.00	-1.44	0.15	0.00	-0.03	-0.22	0.00
271.00	135.00	8.20	11.80	3.95	8.00	24.00	8.40	0.01	-1.00	0.17	7.87	-0.15	0.00	3.93	0.00	-1.41	0.22	-0.01	-0.04	0.12	0.00
106.00	53.00	7.03	12.97	1.22	10.00	2.00	0.70	0.01	0.70	0.46	0.88	-0.06	0.00	0.38	0.00	-1.42	-0.01	-0.01	-0.05	-0.33	0.00
96.00	49.00	9.62	10.38	2.77	13.00	7.00	2.45	0.00	0.20	0.34	5.25	-0.13	0.00	0.12	0.00	-1.46	-0.06	-0.03	-0.06	-0.62	0.00
139.00	70.00	8.88	11.12	5.30	2.00	4.00	1.40	0.00	0.40	0.18	3.41	-0.16	0.00	0.46	0.00	-1.40	-0.06	-0.01	-0.04	-0.11	0.00
331.00	165.00	9.16	10.84	0.35	8.00	-1.00	-1.00	0.00	0.50	0.28	0.39	-0.13	0.00	0.00	0.00	-1.46	-0.01	-0.02	-0.03	-0.58	0.00
109.00	54.00	12.34	7.66	0.39	2.00	5.00	1.75	0.02	0.30	1.99	0.28	-0.19	0.00	-0.02	0.00	-1.39	-0.03	-0.03	-0.04	-0.60	0.00
91.00	45.00	12.02	7.98	0.86	5.00	-1.00	1.00	0.00	0.40	2.52	0.27	0.01	0.00	0.03	0.00	-1.41	-0.09	-0.03	-0.04	-0.18	0.00

Figura 19: Estructura datos hidrológicos

Verificado la estructura de los archivos Excel se procede con la carga de datos, en este caso tanto la interfaz para datos meteorológicos como hidrológicos tienen la misma lógica de carga.

En este caso se subir datos hidrológicos, para ello se selecciona la opción de ICA y Bloques en el apartado de opciones ubicado en lado izquierdo de la interfaz. Tal como se muestra en la Figura 20.

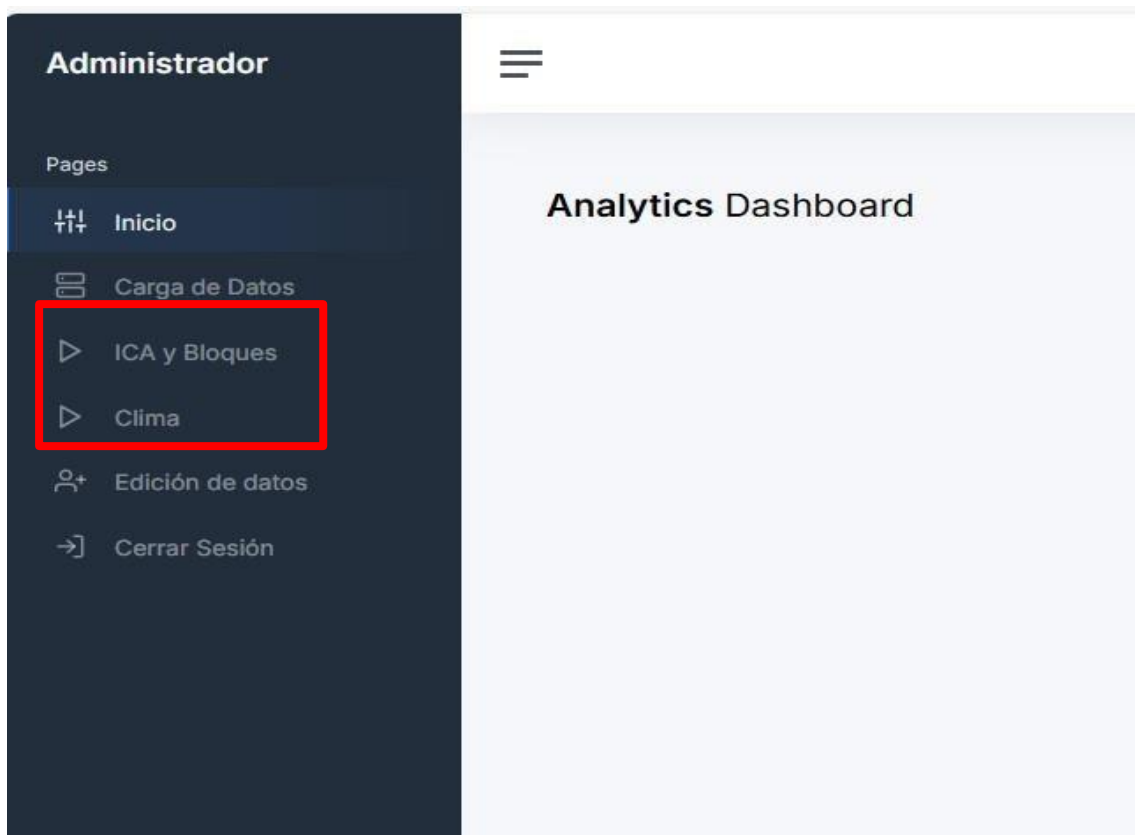


Figura 20: Opciones de carga de datos

Se desplegará la siguiente interfaz de carga en donde el administrador deberá seleccionar la provincia a la que quiere cargar esos datos y subir el archivo que tiene los datos. Tal como se muestra en la Figura 21 y 22.



Figura 21: Selección de la provincia requerida

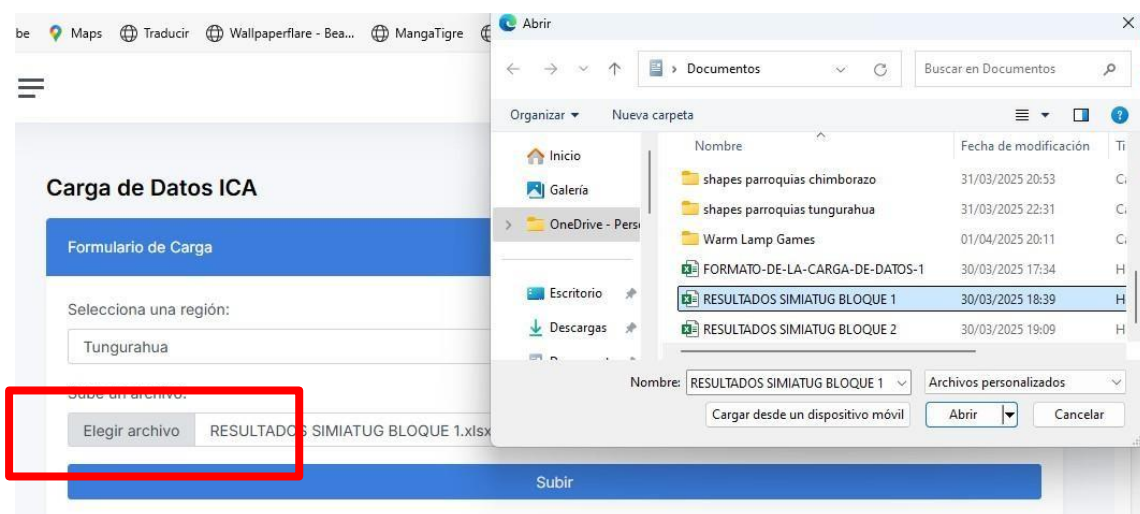


Figura 22: Subida del archivo Excel a la interfaz

Escogido el archivo a subir se dará clic en el botón subir y si la carga se realizó de manera correcta se desplegará un mensaje confirmando la subida caso contrario se desplegará un mensaje en donde dirá que falló la subida de datos. Tal como se muestra en la Figura 23.

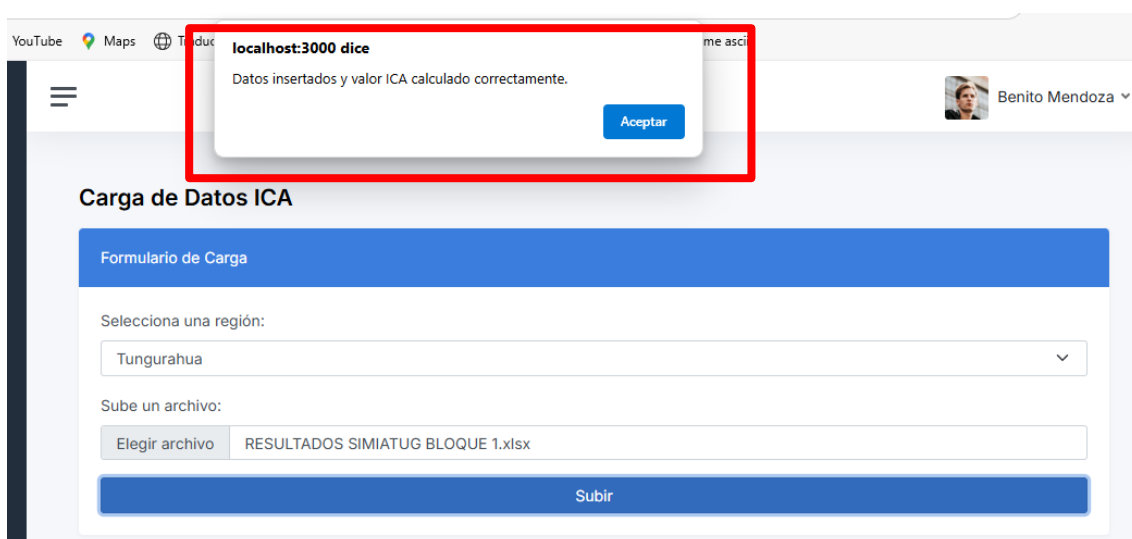


Figura 23: Mensaje de confirmación de la carga de datos

9. Visualización de datos

Para la visualización de datos el administrador deberá escoger la opción de edición de datos y posterior a ello se desplegará una interfaz en donde el administrador podrá visualizar los datos almacenados y eliminar dichos datos según un rango de fecha o de manera individual. Tal como se muestra en la Figura 24.

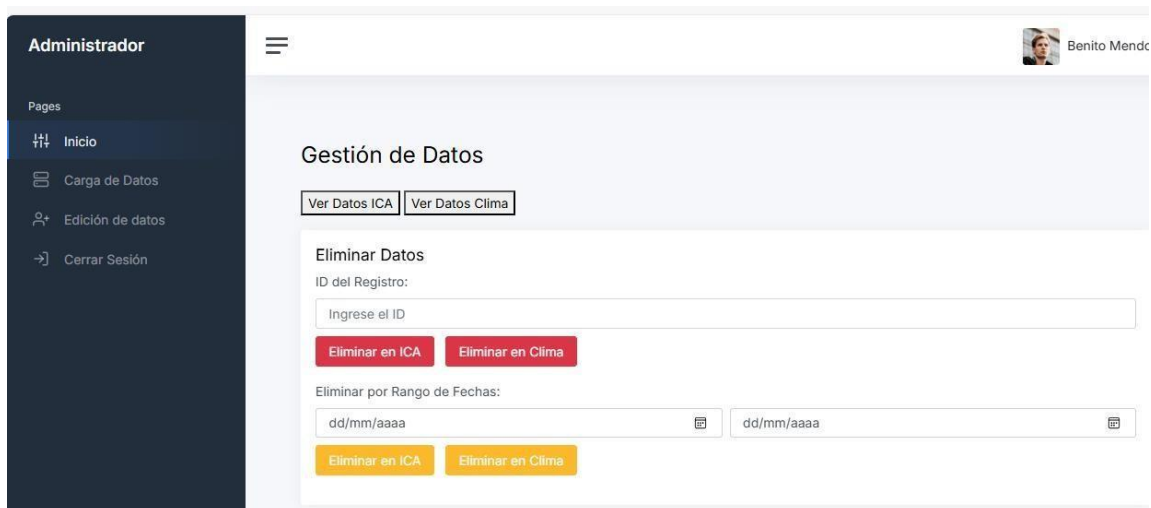
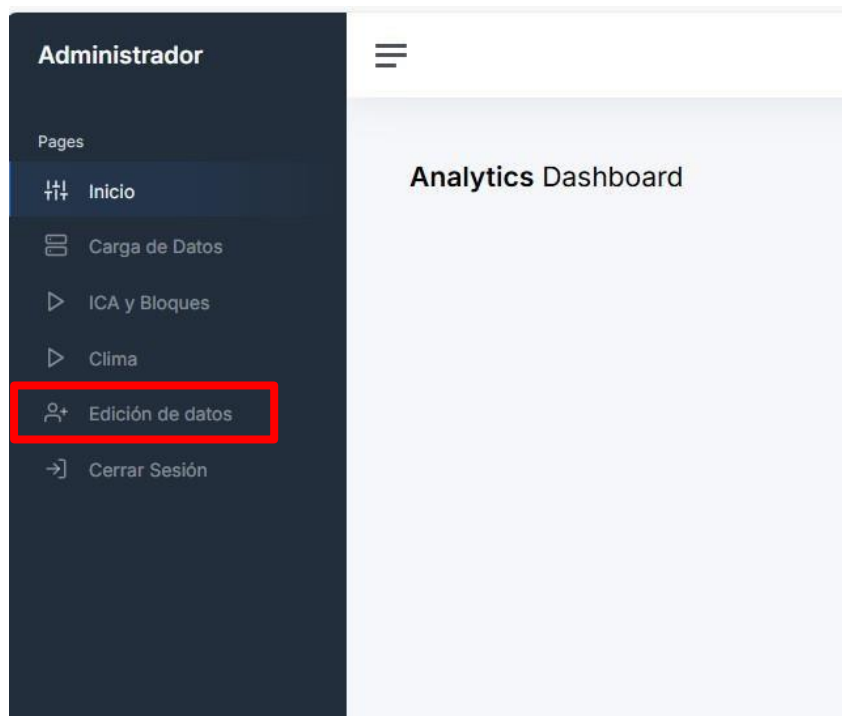


Figura 24: Interfaz de la gestión de datos

Como se mencionó anteriormente el usuario podrá visualizar y eliminar datos en este caso solo haremos la visualización de datos que tiene el repositorio, para ello el administrador tiene dos botones tanto para ver datos del ICA como datos del Clima en donde basta con dar clic en alguno de estos botones para que se despliegue una ventana con los datos existentes en el repositorio. Tal como se muestra en la Figura 25, 26 y 27.

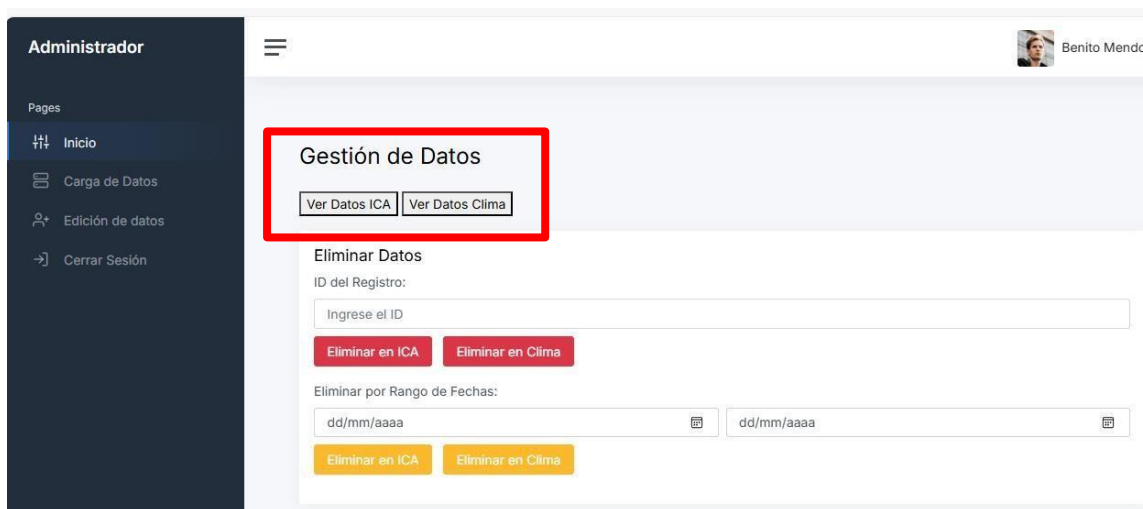


Figura 25: Botones de visualización de datos

Datos del ICA

Datos de ICA

id_ica	Codigo Muestra	comunidad	Fecha de muestreo	Codigo Etiqueta	Junta Administradora	Nombre de la Junta/Humedal	Coordenada X	Coordenada Y	Altura	pH	%OD ()	OD (mg/L)	Conductividad (µS/cm)
842	MA-002-24	Boliche	2024-10-07T05:00:00.000Z	P2-D1	Por definir	Humedal 1	733137	9865146	3958	7.7	61.3	4.51	170
843	MA-003-24	Boliche	2024-10-07T05:00:00.000Z	P3-D1	Por definir	Humedal 2	733190	9865778	3903	7.95	58.3	4.28	168
844	MA-004-24	Boliche	2024-10-07T05:00:00.000Z	P4-D1	Por definir	Humedal 3	732607	9865674	3580	8.04	70.4	5.51	149
845	MA-005-24	Boliche	2024-10-07T05:00:00.000Z	P5-D1	Junta Provisional De Aguas Potable De Boliche	Licamancha	731096	9865085	3516	7.77	76	6.06	212

Figura 26: Datos del ICA

Datos del Clima

Datos de Clima

id_datosclima	fecha	hora	status	temperatura_ambiente_promedio	temperatura_ambiente_maximo	temperatura_ambiente_minimo	humedad_relativa_promedio
2402	2023-01-01T05:00:00.000Z	00:00:11	VALID	10.81	10.83	10.79	74.04
2403	2023-01-01T05:00:00.000Z	01:00:09	VALID	9.94	9.97	9.92	80.39
2404	2023-01-01T05:00:00.000Z	02:00:09	VALID	9.84	9.85	9.82	83.98
2405	2023-01-01T05:00:00.000Z	03:00:09	VALID	9.17	9.17	9.15	88.91
2406	2023-01-01T05:00:00.000Z	04:00:10	VALID	9.16	9.17	9.15	89.49
2407	2023-01-01T05:00:00.000Z	05:00:10	VALID	8.34	8.35	8.33	99.41

Figura 27: Datos del clima

10. Eliminación de datos

En el caso de la eliminación de los datos, el administrador tendrá la opción de eliminar por rango de fecha o individual.

Rango de Fecha

En la Figura 28 se muestra que para la eliminación del rango de fecha el administrado deberá identificar el rango de fecha deseada para ello puede identificar desde la interfaz de visualización en la columna de fecha_registro.

valor_ica	fecha_registro	id
66	2025-04-01T20:02:23.892Z	
75	2025-04-01T20:02:23.893Z	
71	2025-04-01T20:02:23.894Z	
78	2025-04-01T20:02:23.894Z	

Figura 28: Columna de fecha de registro

Posterior a ello el administrador ingresa el rango de fecha y hace clic en el botón que pertenece a la tabla que quiere eliminar. Tal como se muestra en la Figura 29.

Eliminar por Rango de Fechas:

24/04/2025

24/04/2025

Eliminar en ICA

Eliminar en Clima

Figura 29: Eliminación por rango de fecha

En la Figura 30 se muestra que antes de continuar se desplegará un mensaje de confirmación en caso de querer hacerlo se dará clic en aceptar, caso contrario se dará clic en cancelar.

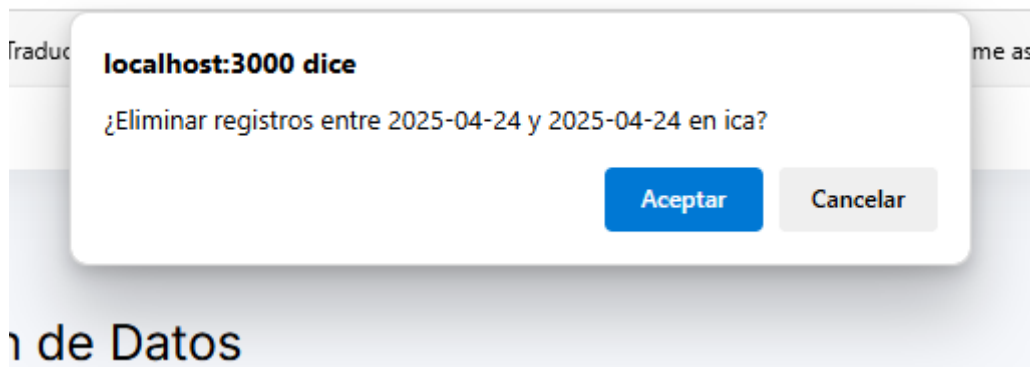


Figura 30: Mensaje de confirmación de eliminación

En caso de querer eliminar por un solo registro, solamente se deberá poner el ID del registro el cual estará en la columna ID en la ventana de visualización. Tal como se muestra en la Figura 31.

id_datosclima
2402
2403
2404
2405
2406

Figura 31: Columna ID de registro

Identificado el ID se colocará en el campo de texto y posteriormente hacer clic en eliminar ya sea en eliminar ICA o en elimina en Clima. Tal como se muestra en la Figura 32.

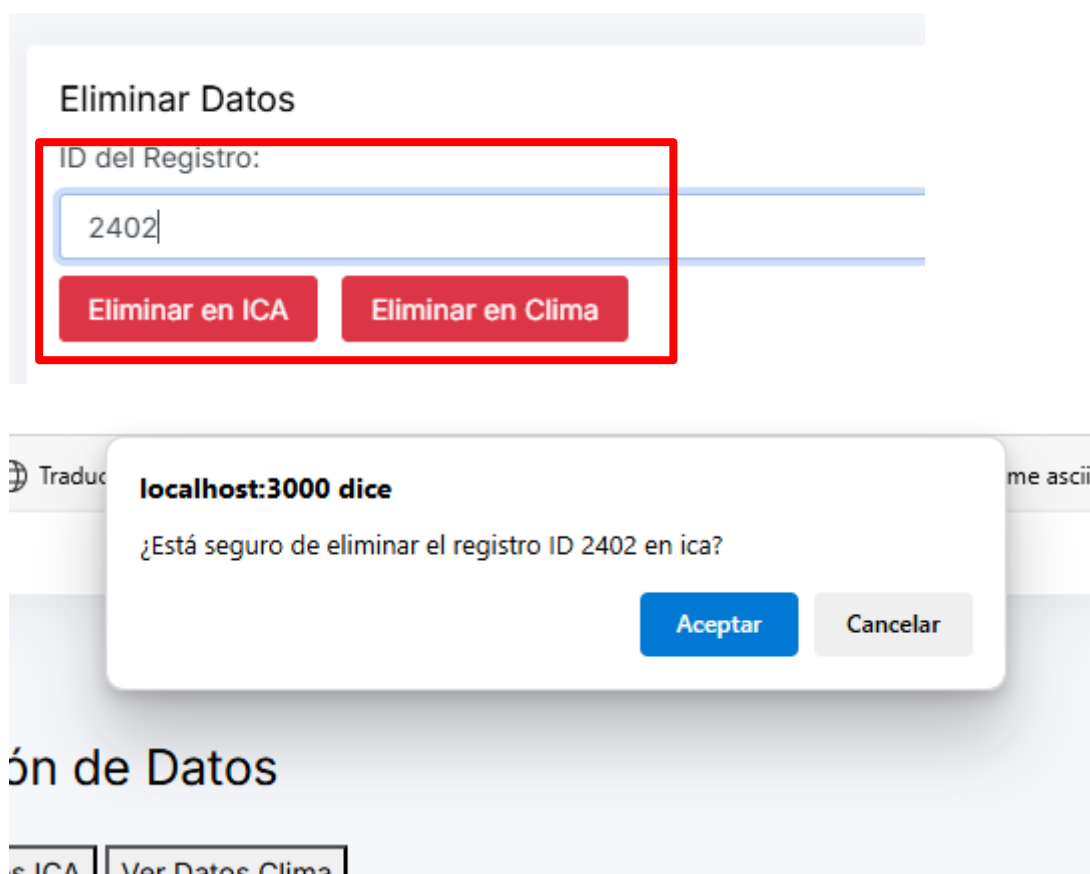


Figura 32: Eliminación por ID de registro