



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL NORDESTE
FACULTAD DE HUMANIDADES

**ESPECIALIZACIÓN EN TECNOLOGÍAS
DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Trabajo Integrador Final
**Diseño, desarrollo e implementación del Visualizador Sistema de
Información Territorial (SIT) para la gestión y consulta de datos
geoespaciales**

Autor: Arq. Lucia Misiaszek

Tutor: Dr. Cristian Da Silva

Fecha de presentación: 16 de Septiembre de 2025

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	1
2. Fundamentación	2
3. Marco Teórico	3
3.1. Tecnologías de la Información Geográfica (TIGs)	3
3.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	3
3.3. Los Sistemas de Información Geográfica en la Web	4
3.3.1. Principales ámbitos de aplicación	5
3.3.2. Ventajas y desventajas de los SIG Web	6
3.4. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) y servicios web	7
3.4.1. Diferenciación conceptual entre IDE y SIT	8
3.4.2. Servicios Web Geoespaciales del Open Geospatial Consortium (OGC)	8
3.5. Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web geoespaciales	9
3.5.1. Arquitectura Cliente – Servidor en Web GIS	9
3.5.2. Tecnologías Front-end para interfaces web geoespaciales	9
3.5.2.1. HTML5, CSS3 y JavaScript	9
3.5.2.2. Librerías y Frameworks	10
3.5.3. Tecnologías Back-end para la gestión de datos geoespaciales	10
3.5.3.1. Lenguajes y Frameworks para el desarrollo del lado del servidor	10
3.5.3.2. Bases de datos espaciales	11
3.5.3.3. Servidores de mapas	11
3.6. Gestión, normalización y mantenimiento de la información geoespacial	12
3.6.1. Gestión del Ciclo de Vida de los Datos	12
3.6.2. Softwares y herramientas para el Procesamiento Geoespacial	12

3.6.2.1. Softwares CAD (Diseño Asistido por Computadora)	13
3.6.2.2. Softwares SIG (Sistemas de Información Geográfica)	13
4. Antecedentes	14
5. Objetivos	16
5.1. Objetivo General	16
5.2. Objetivos específicos	16
6. Metodología	17
6.1. Desarrollo Backend	17
6.2. Desarrollo Frontend	17
6.3. Normalización, Actualización y Carga de la Información Geoespacial	18
6.4. Capacitación y Fomentación de la Herramienta	18
7. Desarrollo del Visualizador Sistema de Información Territorial	19
7.1. Proceso de Generación de Datos Geográficos	19
7.2. Arquitectura del Sistema	20
7.2.1. Servidor Web (Golang con framework Gin)	20
7.2.2. Interfaz web (Frontend con Leaflet.js y JavaScript)	21
7.2.3. GeoServer	21
7.2.4. Base de Datos Espaciales (PostgreSQL + PostGIS)	21
7.3. Backend: Servidor, GeoServer y Conexión a PostGIS	22
7.3.1. Servidor Go con Framework Gin	22
7.4. Servidor de Capas (GeoServer)	22
7.4.1. Configuración de Data Stores (Almacenes de datos) en GeoServer	22
7.4.2. Publicación de capas y servicios	22
7.5. Base de Datos Espacial (PostgreSQL + PostGIS)	22
7.5.1. Estructura de la Base de Datos y Gestión de atributos	23

7.6. Frontend: Diseño, Leaflet y Plugins usados	24
7.6.1. <i>Diseño de la Interfaz del Usuario (UI)</i>	24
7.6.2. Implementación de Tecnologías y Librerías	25
7.6.2.1. Manejo del panel de capas	25
7.6.2.2. Herramienta de filtro	25
7.6.2.3. Herramientas generales	25
7.6.2.4. Herramientas de edición y consulta	25
7.6.3. Carga de Capas vía WFS como GeoJSON	26
7.6.4. Diseño responsive	27
8. Resultados y Aplicaciones	28
9. Conclusión	30
10. Bibliografía	31

1. Introducción

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son entornos tecnológicos diseñados para la captura, almacenamiento, gestión, análisis y visualización de datos geoespaciales. Su capacidad para integrar información de múltiples fuentes y formatos permite abordar problemáticas complejas mediante procesos de análisis espacial, generando información precisa para la toma de decisiones.

Sin embargo, la gestión y aprovechamiento de esta información enfrenta barreras como la falta de acceso a todo tipo de usuarios, la dependencia a softwares especializados y la necesidad de profesionales SIG. En este contexto, el avance de las tecnologías web, junto con la estandarización de servicios geoespaciales definidos por organizaciones como la Open Geospatial Consortium (OGC), favoreció el desarrollo de plataformas que democratizan el acceso a la información. Estas soluciones permiten consultar, analizar y descargar datos desde cualquier navegador con acceso a internet, sin requerir software especializado ni conocimientos específicos, optimizando el flujo de información entre distintos usuarios y sistemas.

El presente trabajo se enmarca dentro del Departamento Sistema de Información Territorial (SIT), el cual pertenece a la Subsecretaría de Desarrollo Territorial del Ministerio de la Producción y el Desarrollo Económico Sostenible de la provincia del Chaco. Desde este departamento se lleva adelante la generación, procesamiento y análisis de datos geoespaciales, brindando soporte técnico a diversas áreas y equipos.

El documento expone el proceso de desarrollo e implementación de un visualizador SIG web, detallando cada etapa, desde la estandarización y normalización de la información geoespacial hasta su puesta en marcha. Asimismo, se describe la arquitectura tecnológica adoptada y las soluciones implementadas para lograr un sistema interactivo, accesible y eficiente para la consulta y análisis de información territorial.

2. Fundamentación

La Subsecretaría de Desarrollo Territorial es el organismo provincial responsable de planificar, coordinar y ejecutar políticas públicas relacionadas con el ordenamiento y el uso sostenible del territorio. Se centra en la generación, recopilación, procesamiento y análisis de información vinculada a la infraestructura, el uso del suelo, los recursos naturales, redes viales, límites administrativos, catastro rural y urbano, entre otros. Estos datos provienen tanto de relevamientos propios como de otros organismos provinciales, nacionales e instituciones académicas.

Actualmente, la gestión de esta información presenta debilidades estructurales ya que no existe una herramienta centralizada y accesible para la visualización, consulta y análisis. Esta carencia limita la labor diaria, imposibilitando la coordinación interinstitucional y dificultando la toma de decisiones.

El Departamento Sistema de Información Territorial (SIT) concentra sus esfuerzos en procesar datos y atender requerimientos específicos diarios, pero los técnicos y funcionarios de la secretaría no cuentan con un acceso ágil a la información ya procesada, llevando a la duplicidad de tareas, falta de transparencia y dificultades para el intercambio de información.

Para dar respuesta a esta problemática, se plantea la implementación de un sistema de visualización geoespacial basado en tecnologías web, que permita integrar y centralizar la información territorial en un sistema único. Esta herramienta permitirá la consulta y análisis de datos desde cualquier navegador conectado a internet reduciendo la dependencia a software especializado y ampliando el acceso a múltiples usuarios técnicos y administrativos.

Si bien existen iniciativas como la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) que establecen un marco normativo y estandarizado, el presente proyecto no se concibe como una IDE en sentido estricto. En su lugar, se trata de un visualizador geoespacial con un propósito más específico: brindar soporte operativo a técnicos y funcionarios de la Subsecretaría. En este contexto, la organización y jerarquización de las capas de información se realiza de manera personalizada y adaptada a las necesidades de gestión interna, priorizando la utilidad práctica y la accesibilidad por sobre la estandarización rigurosa de una IDE.

A nivel provincial, la ausencia de una plataforma unificada de información territorial implica que los organismos operan con datos fragmentados y/o formatos no compatibles, lo que repercute en la planificación de las obras, la gestión de recursos y la capacidad de respuesta. Contar con un visualizador web permitirá no sólo optimizar los procesos internos, sino también fortalecer la transparencia y capacidad de coordinación con otros niveles de gobierno e instituciones.

3. Marco Teórico

El presente marco teórico establece los cimientos conceptuales del proyecto, proporcionando una base sólida para la comprensión de las tecnologías y metodologías aplicadas en el desarrollo del Visualizador SIT. Este apartado se divide en varias secciones que exponen desde las Tecnologías de la Información Geográfica (TIGs) en su sentido más amplio, hasta los componentes específicos de un visualizador geoespacial. El objetivo es conocer las herramientas, arquitecturas y estándares que permiten la gestión, análisis y visualización de datos espaciales.

3.1. Tecnologías de la Información Geográfica (TIGs)

Las TIGs constituyen un campo interdisciplinario que integra herramientas, métodos y principios destinados a la captura, almacenamiento, procesamiento, análisis y visualización de datos geoespaciales. Este ámbito se nutre de disciplinas como los sistemas de información geográfica (SIG), la cartografía, la teledetección y la geomática, con el propósito de modelar y comprender el territorio. Las definiciones sobre las TIGs varían desde enfoques operativos, que las conciben como métodos o herramientas, hasta perspectivas más amplias y abstractas. En relación a esta última definición, Longley (2015) señala que las TIGs “no son solo un conjunto de herramientas, sino un marco conceptual para pensar sobre el mundo”, destacando su papel en la transformación de datos brutos en información espacial estructurada y analizable.

Este conjunto de tecnologías incluye:

- Cartografía: la representación y análisis de la información espacial a través de mapas físicos o digitales, que van más allá de la visualización para también servir como elementos de análisis.
- Teledetección (Remote Sensing): la obtención de datos sobre la superficie terrestre mediante sensores remotos (satélites y drones) para el monitoreo, la clasificación y la detección de cambios en el medio ambiente, la infraestructura y los fenómenos atmosféricos.
- Sistemas de Posicionamiento Global (GNSS): la georreferenciación precisa de puntos y objetos en la Tierra, crucial para la relación de datos y la navegación.
- Sistemas de Información Geográfica (SIG): plataformas informáticas fundamentales para la integración, gestión y análisis de datos geoespaciales.

La interrelación entre estas herramientas es lo que confiere a las TIGs su poder transformador, facilitando aplicaciones complejas en diversos tópicos.

3.2. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Dentro del marco de las TIGs, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen el componente central para el análisis espacial y la gestión de la información geoespacial. Un SIG integra hardware, software, datos, personas y procedimientos para capturar, almacenar, manipular, analizar, gestionar y presentar datos espaciales y sus atributos asociados.

Michael F. Goodchild (1992) define los SIG como “un tipo de herramienta de análisis espacial que combina bases de datos relacionales con representaciones geográficas”, resaltando que su verdadero valor reside en el análisis y no solo en la cartografía. En relación a esta mirada de los SIG como herramienta, Conolly y Lake (2009) señalan que las funcionalidades de los SIG se pueden organizar en cinco grupos:

- Obtención de datos espaciales: integración de información geográfica de distintas fuentes, como mapas topográficos, imágenes satelitales, redes de transporte, cuencas hidrográficas y áreas construidas.
- Gestión de datos espaciales: almacenamiento, recuperación y transformación de datos espaciales, incluyendo la adaptación de sistemas de coordenadas para garantizar su compatibilidad e interacción.
- Gestión de bases de datos: vinculación de datos espaciales con información no espacial mediante bases de datos relacionales, asegurando un adecuado modelado conceptual y lógico de la información.
- Análisis de datos espaciales: herramientas para análisis exploratorios, geoestadísticos, de simulación y otros, constituyendo el núcleo de los SIG y apoyando la planificación en organismos públicos y empresas privadas.
- Visualización de datos: representación en pantalla, producción e impresión cartográfica y publicación de mapas interactivos en la web.

En conjunto, los SIG funcionan como el motor analítico de la información geoespacial, permitiendo explorar la realidad desde una perspectiva espacial y resolver problemas geográficos complejos con impacto directo en la sociedad, la economía y el medio ambiente.

3.3. Los Sistemas de Información Geográfica en la Web

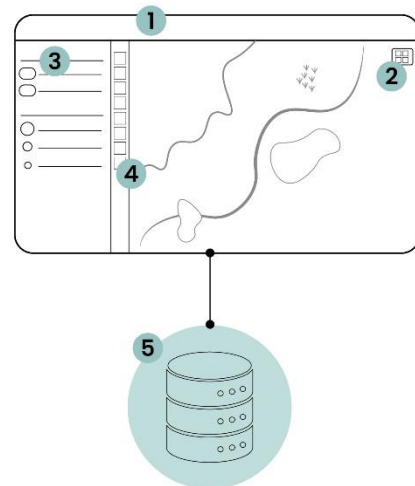
Las aplicaciones web SIG extienden las funcionalidades de los Sistemas de Información Geográfica a través de una amplia gama de posibilidades para la gestión, análisis y visualización de datos geográficos a través de internet. Su principal beneficio es su accesibilidad y facilidad de uso desde un navegador web, de esta manera, usuarios con mayor o menor conocimiento de SIG pueden aprovechar la información geoespacial.

Sui y Goodchild (2011) señalan que “La convergencia de los SIG y las redes sociales también está cambiando sutilmente los SIG del proceso relativamente pausado de analizar datos estáticos a un proceso mucho más dinámico de monitoreo y toma de decisiones en tiempo crítico o en tiempo real”. En este contexto, el desarrollo de visualizadores web permitirá integrar datos actualizados, generar cartografía interactiva y facilitar la toma de decisiones estratégicas, adaptándose a este nuevo paradigma de los SIG dinámicos y colaborativos.

Según ESRI (Environmental Systems Research Institute), los elementos esenciales que componen una aplicación geoespacial son:

1. Una aplicación web: la interfaz del usuario accesible desde cualquier navegador.
2. Mapa base digital: el contexto geográfico sobre el cual se superponen las diversas capas operativas.
3. Capas operativas: la información temática específica visualizada sobre el mapa base.
4. Tareas y herramientas de la aplicación: funcionalidades interactivas para la consulta, análisis y gestión de datos.
5. Una o más Geodatabases: los sistemas estructurados de almacenamiento de datos geoespaciales que suministran a la aplicación.

Figura 1
Esquema de componentes de una aplicación



Nota. Elaboración propia.

3.3.1. Principales ámbitos de aplicación:

Las aplicaciones web SIG se extienden a una gran variedad de campos, demostrando su versatilidad y utilidad para la toma de decisiones. Entre los ámbitos de aplicación más utilizados se destacan:

- Gestión de recursos naturales: permiten el seguimiento de recursos como bosques, agua, suelo y la evaluación de impacto ambiental, así como la gestión de áreas protegidas y la planificación de proyectos de conservación.
- Gestión de emergencias y desastres: cruciales para la planificación y respuesta ante desastres naturales, como inundaciones, terremotos e incendios forestales permitiendo la evaluación de riesgos, la coordinación de esfuerzos y la asistencia a la población afectada.
- Servicios públicos y utilidades: son utilizados para la gestión de redes de suministro de agua, electricidad, gas, telecomunicaciones, entre otros, permitiendo la localización de infraestructuras, el análisis de la demanda, la planificación de nuevas redes y la gestión de inconvenientes y daños.
- Transporte y logística: optimizan la gestión de flotas de vehículos, la planificación de rutas y redes de transporte, el análisis de tráfico y la cadena de suministro.

- Análisis inmobiliario y ubicación de negocios: facilitan el análisis de datos demográficos, competencia, redes de transporte y otros factores relevantes para la toma de decisiones en la compra-venta de propiedades y la ubicación estratégica de negocios.
- Marketing y ventas: permiten la segmentación de clientes, la identificación de zonas de alto potencial de ventas, la optimización de campañas publicitarias y una mejor gestión de la relación con los clientes.
- Turismo y recreación: mediante la creación de mapas interactivos para la promoción de destinos turísticos, la planificación de rutas turísticas, la gestión de parques naturales y la oferta de servicios turísticos.
- Educación e investigación: son una herramienta poderosa para la enseñanza y aprendizaje, la investigación científica y la divulgación del conocimiento geoespacial.

3.3.2. Ventajas y desventajas de los SIG Web

El uso de los SIG en entornos web ofrece ventajas en términos de accesibilidad, interoperabilidad y colaboración, estas cualidades convierten a las aplicaciones SIG en herramientas estratégicas para la gestión, el análisis y la difusión de información geoespacial. No obstante, junto con estos beneficios surgen también limitaciones de carácter técnico y económico, como los requerimientos de infraestructura, conectividad y mantenimiento, que pueden condicionar tanto el desarrollo del sistema como la experiencia de los usuarios.

Tabla 1
Ventajas y desventajas de los SIG Web

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Acceso y usabilidad	Accesibilidad total sin necesidad de softwares especializados desde cualquier lugar con acceso a internet	Dependencia a la conexión , las funcionalidades depende completamente de una conexión estable a internet
Costo y escalabilidad	Menor costo inicial ya que existen soluciones de código abierto sin necesidad de licencias costosas	Necesidad de conocimiento específico en programación y SIG para el desarrollo. Las plataformas comerciales poseen costos elevados
Datos y colaboración	Colaboración eficiente que permite que varios usuarios trabajen y compartan información geoespacial	Al exponer los datos a internet, la información necesita de estrictos protocolos de seguridad y encriptación
Desarrollo y mantenimiento	Se trabaja con personalización y flexibilidad generando aplicaciones a medida de los requerimientos	Desarrollar la aplicación demanda complejidad y recursos , necesitando un equipo multidisciplinario y una inversión continua
Rendimiento	Los datos y mapas se pueden actualizar en tiempo real , garantiza que los usuarios accedan a la información más reciente	Manejar grandes volúmenes de datos geoespaciales puede afectar el rendimiento, llevando a tiempos de carga lentos y una mala experiencia del usuario
Recursos y almacenamiento	Recursos centralizados , los datos son alojados en un servidor lo que simplifica la gestión y distribución de los datos.	El rendimiento y la capacidad del sistema están directamente relacionados a la capacidad del servidor . Un pico de solicitudes puede generar fallas.
Compatibilidad y plataforma	Plataforma independiente , funciona en cualquier sistema operativo sin problemas de compatibilidad a diferencia de un software de escritorio.	Dependencia de estándares web , las funcionalidades pueden verse limitadas a las versiones y tecnologías de los navegadores

Nota. Elaboración propia.

3.4. Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) y Servicios Web

Según la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina (IDERA) una IDE se concibe como un "conjunto articulado de tecnologías, políticas, acuerdos institucionales, recursos y procedimientos estandarizados de trabajo, cuya meta principal es asegurar la cooperación entre diferentes instituciones para hacer accesible la Información Geoespacial". IDERA menciona que la denominación "infraestructura" subraya la noción de entornos robustos, permanentes y bien mantenidos, de manera análoga a las redes de transporte o telecomunicaciones.

De este modo, las IDE facilitan el flujo de información geoespacial, contribuyendo al desarrollo social, económico y ambiental del territorio. La puesta en práctica de un proyecto IDE se materializa fundamentalmente a través de un Geoportal, que es la puerta de acceso a la información geográfica en la red.

Además, IDERA utiliza el concepto de Jerarquía de las IDE:

La estructura organizativa jerárquica con distintos niveles, van desde la IDE global en el nivel superior, hasta las IDE locales y las IDE institucionales en el nivel inferior, cada una de ellas administrada por el organismo responsable correspondiente. Las relaciones verticales se desarrollarán armónicamente de forma que cada nodo IDE de Referencia garantice la visibilidad de todos los recursos disponibles en su ámbito de actuación.



Nota. Elaboración propia según IDERA.

Una IDE no es solo una base de datos centralizada, es un marco de trabajo integral que garantiza que los datos geoespaciales estén disponibles, accesibles y sean utilizables por quienes los necesitan, independientemente de su origen o formato. Los componentes clave de una IDE suelen incluir:

- Rendimiento y optimización: la optimización del rendimiento es crítica para asegurar una experiencia de usuario fluida. La falta de optimización puede generar cuellos de botella que se manifiestan en latencia de carga, interfaces no responsivas y un uso ineficiente de los recursos del servidor.
- Datos Geoespaciales: La información geográfica en sí misma, organizada y estructurada.
- Metadatos: Información descriptiva sobre los datos (autor, fecha, descripción, entre otros.), esencial para su entendimiento, evaluación y correcta utilización.
- Servicios Web Geoespaciales: Mecanismos que permiten el acceso y la manipulación de datos a través de la red de forma estandarizada.

- Estándares y Normas: Acuerdos técnicos que aseguran la compatibilidad y la interoperabilidad entre diferentes sistemas y datos.
- Políticas y Acuerdos Institucionales: Marcos legales y organizativos que rigen el intercambio, la protección y el uso de la información.
- Recursos Humanos: El personal técnico y los usuarios involucrados en la gestión y el uso de la IDE.

3.4.1 Diferenciación conceptual entre IDE y SIT

Si bien el proyecto se apoya en los estándares comunes a las IDEs, es crucial diferenciar su naturaleza para comprender su propósito y alcance.

Las IDEs son sistemas complejos diseñados para la organización, estandarización e interoperabilidad de información geoespacial. Su principal objetivo es democratizar el acceso a la información pública, promoviendo la colaboración y la estandarización de metadatos, servicios y formatos.

En contraste, el Visualizador SIT es una herramienta más específica, orientada a la gestión interna de una organización. Se desarrolla para servir como soporte operativo, organizando y jerarquizando la información de manera práctica y funcional para sus usuarios y requerimientos.

En este proyecto, el desarrollo del SIT prioriza la utilidad práctica y la accesibilidad para el equipo técnico y los funcionarios de la Subsecretaría. La estructura de las capas de información y las herramientas de análisis están personalizadas para dar respuesta a las necesidades operativas diarias, en lugar de seguir las normativas de interoperabilidad y metadatos rigurosas que caracterizan a una IDE. De esta manera, se garantiza que la plataforma sea una solución adecuada al contexto.

3.4.2 Servicios Web Geoespaciales del Open Geospatial Consortium (OGC)

Dentro de una IDE, los servicios web geoespaciales funcionan como un puente que permite a las aplicaciones acceder y consumir datos. OGC es una organización internacional que desarrolla estándares abiertos para garantizar la interoperabilidad de la información geoespacial y los servicios web, entre los más utilizados y conocidos se encuentran:

- Web Map Services (WMS): permite la solicitud de mapas como imágenes (ráster) a un servidor. Un cliente WMS (el visualizador) puede solicitar un mapa de una región específica, y el servidor WMS lo genera y lo envía como una imagen (por ejemplo, PNG o JPEG). Es ideal para la visualización rápida de capas temáticas que no requieren consulta de atributos individuales o análisis complejos.
- Web Feature Service (WFS): a diferencia del WMS este permite acceder a los datos vectoriales con sus geometrías y atributos, esto significa que permite la consulta de datos, su filtrado y la edición

de las geometrías. La implementación y el consumo de estos servicios en un visualizador web son esenciales para la carga dinámica de capas, la capacidad de consultar información detallada y la integración de diversas fuentes de datos geospaciales.

3.5. Tecnologías para el desarrollo de aplicaciones web geospaciales

El desarrollo del visualizador SIT implica la integración de diversas tecnologías tanto del lado del cliente (front-end) como del lado del servidor (back-end), buscando garantizar la funcionalidad, el rendimiento, la escalabilidad y el mantenimiento del sistema.

3.5.1. Arquitectura Cliente – Servidor en Web GIS

La arquitectura cliente-servidor es el modelo fundamental para el desarrollo de aplicaciones web, incluyendo las aplicaciones web SIG. Los componentes principales trabajan de manera conjunta, pero con funciones específicas:

- El Frontend hace referencia a la interfaz del usuario que se ejecuta en el navegador web, encargándose de la visualización del mapa, la interactividad de los elementos y la presentación general de la información.
- El Backend almacena, gestiona y procesa los datos geospaciales, además de servir los mapas y la información al cliente a través de APIs (Application Programming Interfaces) y servicios web.

La comunicación entre frontend y backend se realiza a través de solicitudes HTTP/HTTPS, con formatos de datos como JSON o XML, asegurando la interacción de datos y carga en tiempo real.

3.5.2. Tecnologías Front-end para interfaces web geospaciales

El desarrollo del lado del cliente es fundamental para la experiencia del usuario (UX) y el diseño de la interfaz del usuario (UI), en el contexto del visualizador, no solo implica la estética de la aplicación sino también la facilidad de navegación, las diversas interacciones y el fácil acceso a la información.

3.5.2.1. HTML5, CSS3 y JavaScript

El primero se utiliza para estructurar el contenido de una página y todos sus elementos, es el maquetado de la aplicación. A la hora de darle el estilo visual a la aplicación se utiliza CSS3 donde se definen todas las fuentes, colores, posiciones y apariencias y, por último, JavaScript, es el lenguaje de programación esencial del lado del cliente, permitiendo la interactividad entre elementos, manejo de eventos, solicitudes al servidor y la integración con librerías.

3.5.2.2. Librerías y Frameworks

Son herramientas especializadas construidas sobre algún lenguaje de programación que simplifican, en este caso, la creación de los mapas interactivos.

- Leaflet.js: es una de las librerías de código abierto más utilizada por su sencillez y ligereza. Ofrece una API intuitiva para añadir capas (WMS, WFS, GeoJSON), marcadores, polígonos, y gran variedad de funcionalidades como herramientas de dibujo, medición, mapas base, controles, entre otros.
- OpenLayers: otra librería de código abierto, con una curva de aprendizaje superior a Leaflet a través de un control más preciso de los componentes del mapa y un mayor soporte de fuentes de datos y proyecciones.
- MapBox GL JS: una librería que aprovecha WebGL para renderizar mapas vectoriales de forma fluida y rápida directamente en el navegador. Es ideal para mapas altamente personalizados y con un alto rendimiento visual (como imágenes 3D), especialmente con grandes volúmenes de datos.

Para el desarrollo del visualizador SIT se optó por Leaflet.js como librería principal. Esta decisión se fundamenta en su facilidad de implementación y su baja curva de aprendizaje, además, posee una amplia comunidad de usuarios y desarrolladores conjunto a una gran variedad de plugins, facilitando la incorporación de funcionalidades complejas de manera sencilla. Con esta librería se logra la integración, análisis y visualización de la información geoespacial de forma clara.

3.5.3 Tecnologías Back-end para la gestión de datos geoespaciales

El lado del servidor funciona como el cerebro del visualizador, responsable de la gestión de la base de datos, el procesamiento lógico y la provisión de datos al cliente, en este punto la robustez y eficiencia son claves para el rendimiento general.

3.5.3.1 Lenguajes y Frameworks para el desarrollo del lado del servidor

La elección de estos impacta directamente en la escalabilidad y desarrollo de la aplicación.

- Golang: es un lenguaje desarrollado por Google caracterizado por su alto rendimiento, eficiencia de la gestión de la concurrencia y seguridad, óptimo para construir APIs y servicios de alto rendimiento y crucial para servir datos geoespaciales de forma rápida al cliente. Su compilación a binarios estáticos facilita la implementación y reduce las dependencias.
- Gin: es un framework web ligero, con una API intuitiva enfocado en la productividad del desarrollo. Permite construir APIs RESTful (acceso y manipulación de datos de manera estándar mediante métodos) de manera eficiente, lo cual es ideal para gestionar las solicitudes de datos desde el front-end y procesar la lógica asociada a la información geoespacial.

- Python (con Flask o Django): es popular por su claridad y su amplio ecosistema de librerías geoespaciales (ej. GeoPandas, Shapely, GDAL). Flask es un micro-framework ideal para APIs, mientras que Django es más completo para aplicaciones robustas.
- Node.js (con Express): Un entorno de ejecución de JavaScript del lado del servidor, muy eficiente para manejar múltiples conexiones concurrentes y popular por permitir el uso de JavaScript en todo.

En este proyecto se utiliza Go (con Gin), por un lado, por su capacidad para manejar grandes volúmenes de solicitudes, vital para un visualizador que sirve datos geográficos a diversos usuarios. Por otro lado, por su facilidad para construir el puente entre la lógica del servidor y la interfaz del usuario ya que cliente y servidor son trabajados por separado en el equipo SIT para simplificar el desarrollo, permitir su evolución independiente y gestión general.

3.5.3.2 Bases de datos espaciales

Son sistemas de gestión de datos con la extensión para almacenar y manipular datos geoespaciales de forma nativa, permitiendo consultas y análisis complejos.

- PostgreSQL con extensión PostGIS: es un sistema de gestión de bases de datos relacionales con la capacidad de almacenamiento, consulta y análisis de objetos geográficos (puntos, líneas, polígonos, ráster). Es clave para la gestión y manipulación de la información geoespacial del visualizador.
- MongoDB (con extensiones geoespaciales): Una base de datos NoSQL (no relacional) que soporta índices geoespaciales, adecuada para datos menos estructurados o para proyectos que buscan una alta escalabilidad y flexibilidad en un modelo de datos.

Para esta aplicación se utiliza PostgreSQL + PostGIS por su conjunto de funciones y operadores espaciales indispensables para las consultas, análisis y manipulación de los datos geográficos del visualizador, además, se trata de una solución de código abierto con una comunidad activa y sin costos de mantenimiento, asegurando su sostenibilidad en el tiempo.

3.5.3.3 Servidores de mapas

Es el software especializado para la publicación de datos geoespaciales como servicios OGC (WMS, WFS) que son consumidos por el cliente. Actúa como un intermediario entre la base de datos geoespacial y la aplicación.

- **GeoServer:** Es el servidor de mapas de código abierto más popular. Permite publicar datos de diversas fuentes (bases de datos espaciales como PostGIS, Shapefiles, GeoTIFFs) a través de servicios OGC estándar. Es intuitivo y flexible en cuanto a simbología y configuración de capas.

- **MapServer:** es el servidor de mapas de código abierto más antiguo y de alto rendimiento, configurado principalmente a través de archivos de texto. Es muy potente para servir mapas de forma eficiente, aunque su curva de aprendizaje es más extensa.

Para la publicación de los datos geográficos de la Subsecretaría, se utiliza GeoServer como herramienta fundamental, facilitando la exposición de la información a través de los estándares OGC.

3.6. Gestión, normalización y mantenimiento de la información geoespacial

Todo el desarrollo e implementación de una aplicación GIS se termina de consolidar y es sostenible en el tiempo solo a través de una gestión rigurosa y constante de la información geoespacial.

3.6.1 Gestión del Ciclo de Vida de los Datos

La información geoespacial, como cualquier otro activo digital, tiene un ciclo de vida que debe ser gestionado de manera sistemática. Es la base en la gestión de datos y fue formalizado en diversos modelos para asegurar la validez y utilidad de la información a lo largo del tiempo.

Un ejemplo relevante es el modelo de ciclo de vida de datos científicos propuesto por organismos como la U.S. Geological Survey (USGS), que se aplica directamente a la información geográfica y que incluye etapas como planificación, adquisición, procesamiento, análisis, preservación y publicación. Basado en esto, el ciclo de vida de los datos geoespaciales incluye las siguientes etapas:

1. **Adquisición y evaluación:** antes de incorporar nuevos datos, se debe evaluar su pertinencia, fuente, precisión y formato. Garantizando que se cumplan los estándares requeridos por el sistema.
2. **Procesamiento y normalización:** es el proceso de estandarización de los datos para que sean coherentes y se puedan integrar con facilidad, esto incluye la limpieza de errores, normalización de tablas de atributos, elaboración de metadatos y corrección de geometrías.
3. **Almacenamiento y organización:** estos datos procesados se ingresan en una base de datos espaciales utilizando esquemas claros que faciliten su consulta, análisis y visualización.
4. **Publicación:** a través de servicios web (WMS, WFS) la información se publica para que esté disponible para diversas aplicaciones.

3.6.2. Softwares y Herramientas para el Procesamiento Geoespacial

Para llevar a cabo las etapas de normalización y procesamiento del ciclo de vida de los datos, los profesionales en SIG utilizan una amplia gama de herramientas y softwares. Estos se pueden clasificar en dos grandes categorías: softwares CAD (Diseño Asistido por Computadora) y softwares SIG, cada uno con propósitos y funcionalidades específicas.

3.6.2.1. Softwares CAD (Diseño Asistido por Computadora)

Los softwares CAD, como AutoCAD, son herramientas robustas para la creación y edición de diseños técnicos en 2D y 3D. Aunque no son SIG en su esencia, suelen ser el punto de partida de

muchos datos geoespaciales. Sin embargo, estos archivos carecen de un sistema de referencia por lo cual deben ser exportados y georreferenciados para ser integrados en un SIG. También existen programas como AutoCAD Civil 3D, donde además de las funcionalidades CAD se puede definir un sistema de referencia y una ubicación geográfica precisa.

3.6.2.2. Softwares SIG (Sistemas de Información Geográfica)

A diferencia de los CAD, los softwares SIG están diseñados específicamente para el almacenamiento, análisis y visualización de datos geoespaciales. Permiten gestionar la información geográfica como capas temáticas con atributos asociados. Los más conocidos y utilizados en este ámbito son:

- Qgis: Es un software SIG de escritorio de código abierto y gratuito. Ofrece una amplia gama de funcionalidades para la visualización, edición, análisis y procesamiento de datos geoespaciales. Es una herramienta ideal para la evaluación, limpieza y normalización de datos, ya que permite trabajar con múltiples formatos, realizar geoprocесamientos complejos y gestionar metadatos. Su extensibilidad a través de plugins y su amplia comunidad lo hacen una opción muy poderosa para los datos geoespaciales.
- ArcGIS: Producido por la empresa ESRI, ArcGIS es el software SIG comercial más reconocido y utilizado. Ofrece una plataforma completa con aplicaciones de escritorio (ArcGIS Pro), web (ArcGIS Online) y móviles. Destaca por su poder analítico, su estabilidad y su extensa documentación. Si bien su costo puede ser una barrera, la plataforma ArcGIS es una solución integral para la gestión de datos, el análisis avanzado y la publicación de servicios geoespaciales.

En síntesis, los softwares CAD cumplen un rol fundamental en la etapa de creación de los datos, mientras que los SIG se orientan a su procesamiento, georreferenciación y normalización, a fin de garantizar su adecuada integración y aprovechamiento en entornos de visualización y análisis espacial.

4. Antecedentes

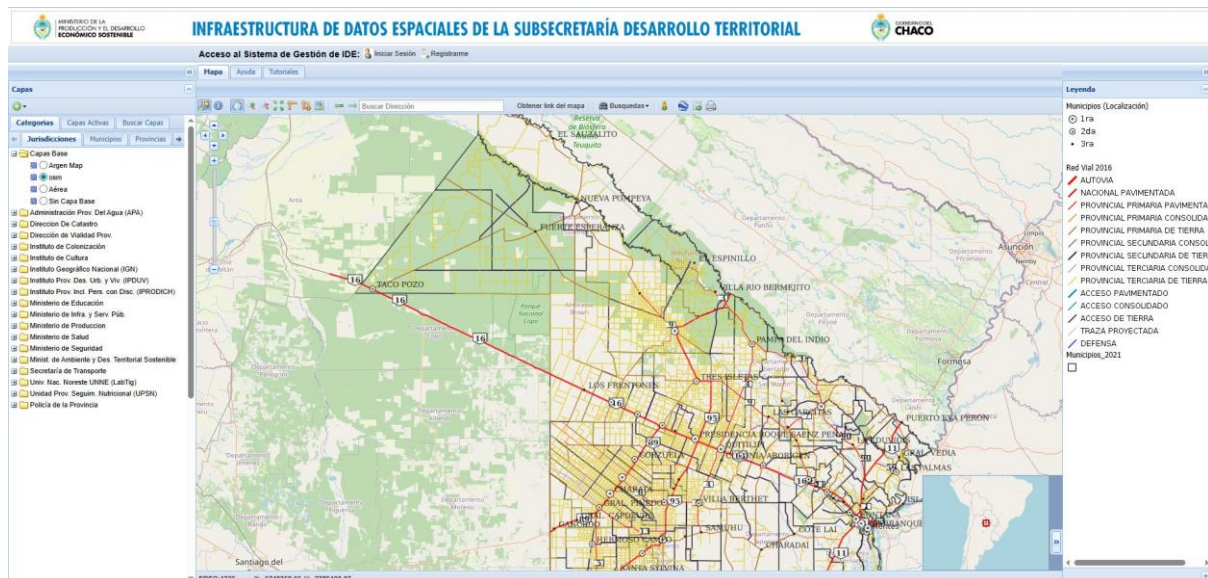
En el ámbito local, uno de los principales antecedentes vinculados a la gestión de datos geoespaciales fue el desarrollo del visualizador SIGIDE (Sistema de Gestión de Infraestructura de Datos Espaciales), una iniciativa enmarcada en los lineamientos de IDERA. Este sistema fue concebido con el objetivo de centralizar diversas capas de información geográfica generadas por distintas áreas del gobierno de la provincia del Chaco.

IDERA, creada en el año 2007 a través de la Resolución Conjunta N.º 1/2007 de la ex Secretaría de Gestión Pública y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, impulsa el desarrollo de Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) en todas las jurisdicciones del país. Su misión es fomentar la interoperabilidad, la estandarización de datos y el acceso libre a la información geoespacial, mediante la implementación de normas, metadatos, estándares técnicos y buenas prácticas que faciliten el intercambio entre organismos públicos, instituciones académicas, sector privado y ciudadanía.

Si bien SIGIDE adoptó estos principios y representó un avance en la promoción del uso de estándares geoespaciales a nivel provincial, su implementación enfrentó ciertas limitaciones. Entre ellas, se destaca la falta de articulación interinstitucional y de continuidad política, factores que obstaculizaron su consolidación. También, la carencia de una interfaz intuitiva y accesible limitó su adopción por parte de los usuarios, reduciendo significativamente su uso como herramienta de gestión territorial.

Figura 3

Interfaz del Visualizador web SIGIDE Chaco

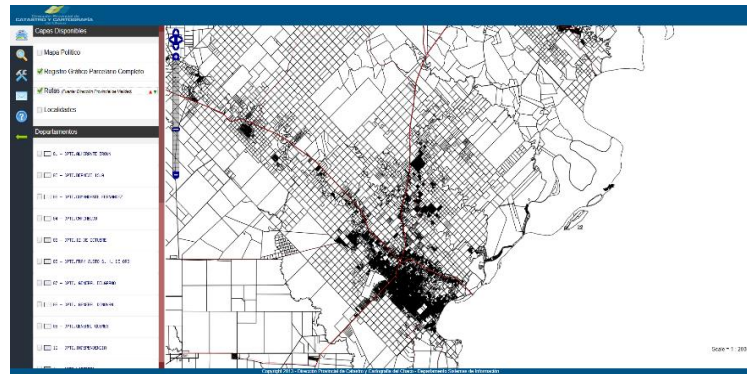


Nota. Captura de pantalla de la página web del visualizador SIGIDE.
Tomada de <http://idechaco.gov.ar/sigide/>

Otro caso local es el Mapa Virtual de la Dirección Provincial de Catastro y Cartografía del Chaco, una herramienta interactiva que, como en el caso anterior, permite visualizar información geoespacial de la provincia, pero limitándose al registro gráfico parcelario, conjunto a rutas (proporcionadas por la Dirección Provincial de Vialidad), localidades y departamentos, centrando sus funcionalidades en la consulta de datos catastrales de la provincia.

Figura 4.

Interfaz del Mapa de la Dirección de Catastro y Cartografía del



Nota. Captura de pantalla de la página web del Mapa Virtual Tomada de <http://mapa.catastrochaco.gov.ar/>

Aunque el mapa proporciona información valiosa, su funcionalidad podría mejorarse en aspectos como la actualización de datos, la integración con otros sistemas de información geográfica y la ampliación de capas disponibles para visualización.

Al igual que estos ejemplos, existen diversas IDEs y visualizadores temáticos en todo el territorio nacional e internacional que, si bien responden a diferentes escalas y objetivos, comparten elementos comunes en cuanto a componentes generales y herramientas de análisis y consulta con mayor o menor complejidad.

Estos antecedentes evidencian tanto los avances como los desafíos para la consolidación de plataformas geoespaciales a nivel local y provincial. En este marco, el desarrollo del Visualizador SIT busca optimizar estas herramientas, superando las limitaciones previas mediante el uso de tecnologías abiertas y una interfaz accesible y amigable.

Tabla 2

Comparación de elementos básicos entre visualizadores

Elemento	Características compartidas	Principales diferencias
Componentes básicos	Visor web interactivo, panel de capas, metadatos, herramientas de consulta, descarga de datos y geoservicios	Diversidad de herramientas (desde consultas simples a análisis avanzando con filtros y mediciones)
Tecnologías	Uso de estándares OGC, bases de datos espaciales, servidores (GeoServer, MapServer)	Diferencia de stack tecnológico según presupuesto y capacidades técnicas (softwares libres o comerciales)
Escala geográfica	Todos integran y representan información territorial	Pueden operar a nivel nacional, provincial, municipal e incluso temático
Temáticas / orden	Organizados por capas temáticas	Algunos son multi-temáticos o por áreas específicas
Interoperabilidad	Compatibilidad con aplicaciones SIG de escritorio y otros visores web mediante geoservicios	Diferencia en el nivel de integración con otros sistemas, algunos enlazados a IDEs, otros de manera más aislada

Nota. Elaboración propia.

5. Objetivos

5.1. Objetivo General

Desarrollar e implementar un visualizador web geoespacial para la Subsecretaría de Desarrollo Territorial que centralice, ordene y facilite el acceso a la información geoespacial, mejorando el flujo de trabajo y la toma de decisiones del organismo.

5.2. Objetivos específicos

Estos objetivos están diseñados para garantizar la funcionalidad, sostenibilidad y adopción del visualizador web. Los objetivos específicos son:

- Evaluar, procesar y normalizar la información de las distintas áreas y departamentos, garantizando su integración coherente y estandarizada en el visualizador SIT.
- Desarrollar herramientas interactivas utilizando tecnologías SIG para la visualización, consulta y análisis de información geoespacial en el visualizador.
- Implementar un sistema flexible y sostenible de fácil actualización y mantenimiento capaz de adaptarse a nuevo requerimientos y tecnologías.
- Fomentar el uso del visualizador mediante capacitaciones y talleres dirigidos a técnicos y funcionarios, acompañado de material de apoyo y documentación técnica.

6. Metodología

El desarrollo del visualizador SIT se estructura en diversas fases que combinan procesos secuenciales con otros de carácter continuo y a demanda. Se concibe como una aplicación web que brinda acceso a múltiples mapas temáticos, vinculados a distintos programas y proyectos de la Subsecretaría de Desarrollo Territorial:

El flujo de trabajo se organizará en torno a cuatro ejes principales, que se detallan a continuación:

6.1. Desarrollo Backend

En esta primera etapa se aborda la lógica del sistema del lado del servidor, sobre una infraestructura provista por ECOM Chaco, empresa especializada en soluciones tecnológicas para el sector público y privado. El servidor se encuentra actualmente en funcionamiento y configurado con los servicios y dependencias necesarios para soportar la arquitectura del visor geográfico.

A través de este se gestionan los datos espaciales hacia el frontend, se administran las conexiones y el flujo de información, se coordina la integración entre el sistema de gestión de capas con los datos vectoriales y ráster y las herramientas de análisis.

6.2. Desarrollo Frontend

El diseño de la interfaz se desarrollará con tecnologías web abiertas (HTML5, CSS3, JavaScript), utilizando Leaflet.js como librería principal para la construcción de los mapas temáticos y la interacción con las capas.

- HTML5 y CSS3 para la estructura y estilo de la interfaz, respetando el manual de identidad institucional del Gobierno del Chaco (colores, tipografías, isotipos).
- JavaScript y Leaflet.js como librería principal para el desarrollo de los mapas temáticos, permitiendo la interacción con las capas cargadas (popups, leyendas, herramientas).
- Extensiones y plugins de Leaflet para herramientas interactivas (medir, mapas base, dibujar, imprimir, entre otros).

Con estas herramientas se dejará una plantilla base que servirá para todos los mapas temáticos que se vayan requiriendo por la subsecretaría.

Los dos primeros ejes mencionados contemplan plazos definidos y productos concretos que constituyen la base del Visualizador. En cambio, el tercer eje se configura como un proceso continuo de actualización y retroalimentación entre el equipo SIT y las áreas que integran la Subsecretaría.

6.3. Normalización, Actualización y Carga de la Información Geoespacial

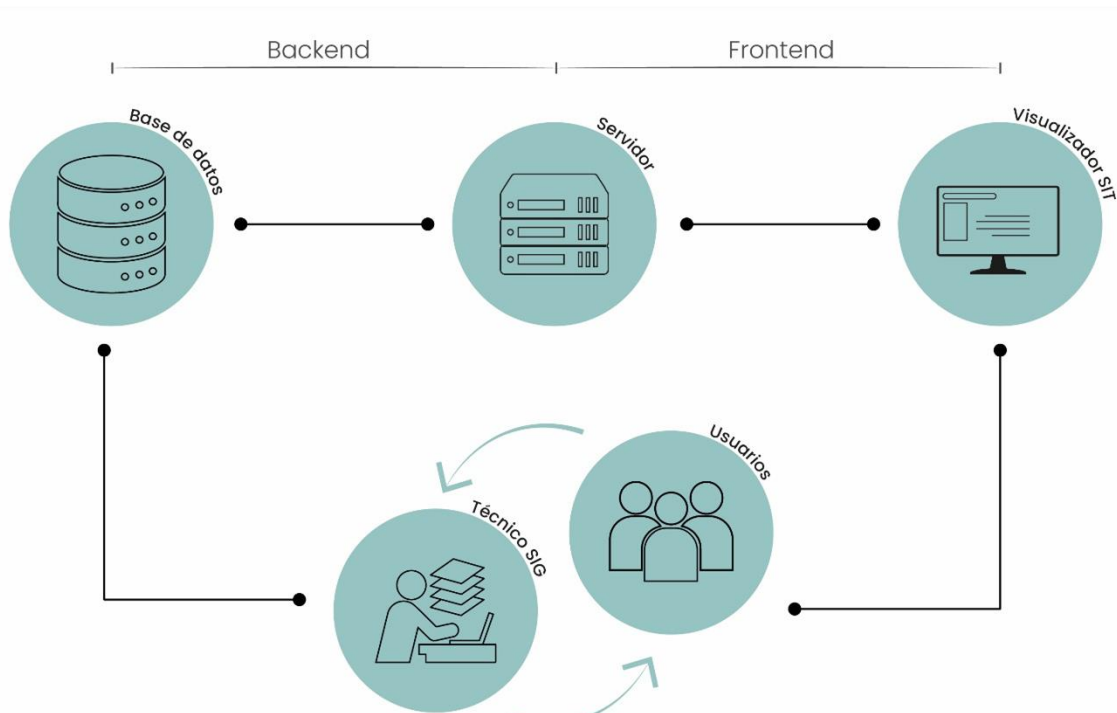
Este tercer eje será el flujo de trabajo diario del equipo SIT para responder a las demandas y requerimientos de la subsecretaría. Se procederá a la digitalización y normalización de la información utilizando softwares como QGIS, GlobalMapper, ArcMap, AutoCAD y CivilCAD, entre otros, con el objetivo de procesarla y estandarizarla para su integración en el sistema.

6.4. Capacitación y Fomentación de la Herramienta

Por último, se realizarán diversos talleres con técnicos y funcionarios para explicar el uso de la herramienta y asegurar su implementación, como así también comprobar la funcionalidad del visualizador, pudiendo ajustarse y adecuarse la interfaz según las necesidades técnicas. Además, se proveerá de material gráfico como manuales y videos instructivos.

Por otro lado, se elaborará la documentación técnica del sistema, con el fin de facilitar el trabajo de futuros desarrolladores o administradores y garantizar la continuidad y sostenibilidad de su uso en el tiempo.

Figura 5
Flujo de trabajo del visualizador SIT



Nota. Elaboración propia.

7. Desarrollo del Visualizador Sistema de Información Territorial

Este capítulo detalla el proceso fundamental de generación de datos geográficos que alimenta al sistema, así como los componentes técnicos que conforman la arquitectura del visualizador. A lo largo de esta sección, se explican las metodologías y las tecnologías utilizadas para asegurar que el SIT sea una herramienta eficiente y funcional para la gestión de la información geoespacial.

7.1. Proceso de Generación de Datos Geográficos

Si bien este proceso no forma parte del desarrollo e implementación del Visualizador en sí, es la labor diaria y fundamental para su funcionamiento. El visualizador se alimenta de datos geográficos que son generados y procesados a partir de diversas fuentes de información. Estas fuentes se pueden clasificar en tres grandes grupos:

1. Fuentes georreferenciadas: esta información ya se encuentra georreferenciada, elaborada o procesada previamente en algún software SIG. Los formatos de archivo más comunes para estos datos incluyen Shapefile, GeoJSON, KML, KMZ, GeoTIFF, ECW, entre otros. Para su incorporación en la base de datos del SIT y su posterior visualización, se utiliza el software Qgis donde se realizan correcciones topológicas en la geometría, se verifica la coherencia de la información y se normalizan las tablas de atributos, garantizando así un buen rendimiento y funcionamiento.
2. Fuentes técnicas sin georreferencia: en este caso, la información técnica se encuentra elaborada en algún software CAD, sin localización geográfica. Además, a diferencia de los softwares SIG, AutoCAD no asigna una tabla de atributos por defecto a sus geometrías. Para solventar esto, se desarrolló un conjunto de scripts que automatizan la creación y el llenado de los campos alfanuméricos.
 - Creación de Campos: se utiliza un script para crear la tabla de atributos de una capa de forma automática.
 - Comandos Específicos: se crearon scripts específicos para agilizar la carga de información. Por ejemplo, un comando 'Cargar_sup' se usa para calcular y asignar la superficie de un polígono, mientras que otro comando 'Cargar_num_par' asigna el número de parcelas.
 - Datos Extendidos: Los atributos alfanuméricos se guardan como datos extendidos de AutoCAD, lo que permite asociar información tabular a las geometrías dibujadas.

Una vez que las entidades fueron digitalizadas en AutoCAD, se exportan a un formato estándar SIG. El Shapefile resultante, ya normalizado y con la tabla de atributos asociada, se carga en la base de datos PostGIS a través de la interfaz pgAdmin. En este proceso, la capa se convierte en una tabla espacial, lista para ser publicada en GeoServer.

3. Fuentes primarias: esta fuente agrupa la información que no se encuentra en formatos digitales. Esto incluye documentación en papel, planos en formato analógico e imágenes o documentos

digitales (PDF, JPG) que contienen datos de interés, pero no están georreferenciados ni digitalizados. El proceso para estos implica la digitalización manual, georreferenciación y/o extracción de información para convertirlos en un formato SIG. La metodología específica para esta fase varía según el tipo de documento, si la información no requiere de un dibujo técnico complejo, el documento es georreferenciado en QGIS y calcado para generar la geometría vectorial. Si la información es un plano técnico o preciso, el mismo es digitalizado en AutoCAD y posteriormente georreferenciado mediante la alineación a puntos o ejes de referencia conocidos.

7.2. Arquitectura del Sistema

La arquitectura del sistema es toda la estructura que define como los componentes de la aplicación están organizados, relacionados entre sí y cómo funcionan en conjunto para cumplir con los requisitos funcionales. El visualizador se basa en una arquitectura de tipo modular, facilitando su desarrollo, mantenimiento y escalabilidad.

7.2.1. Servidor Web (Golang con framework Gin)

El servidor web, actúa como el centro de control de la aplicación, gestionando la comunicación entre el cliente y las fuentes de datos. Su diseño se enfoca en la eficiencia y la seguridad, centralizando las peticiones y optimizando el flujo de información, sus componentes principales son:

- Archivos Estáticos: se encarga de servir los archivos del frontend (HTML, CSS y JavaScript) al navegador del usuario.
- Gestión de rutas y Middleware: define las diversas rutas personalizadas y la gestión de políticas CORS para acceder a recursos de diferentes orígenes.
- Reverse proxy hacia GeoServer: es un componente de seguridad crucial, en lugar de exponer GeoServer directamente a internet, todas las solicitudes pasan primero por el servidor, permitiendo su monitoreo y filtro.

Figura 6
Arquitectura del Sistema



Nota. Elaboración propia.

7.2.2. Interfaz web (Frontend con Leaflet.js y JavaScript)

Es el componente con el que el usuario interactúa directamente. Los principales elementos de esta interfaz son:

- Visualización de mapas: se utiliza la librería Leaflet, de código abierto, para renderizar los mapas interactivos.
- Interacción con el usuario: en el visualizador se permite que el usuario interactúe con el mapa a través de funcionalidades y herramientas.
- Consumo de servicios geográficos: se realizan solicitudes Fetch para obtener los datos geográficos del backend.

7.2.3. GeoServer

Es fundamental en la arquitectura del visualizador, actuando como el servidor de mapas que facilita la publicación de datos geoespaciales. Su principal función es actuar como un intermediario entre la base de datos y la aplicación, traduciendo los datos a formatos y servicios que la interfaz web puede consumir. Las principales funciones que GeoServer desempeña en el proyecto son:

- Publicación de servicios estándar: se publican los datos almacenados en PostGIS como servicios web, principalmente WMS (Web Map Service) y WFS (Web Feature Service) para la obtención de imágenes ráster y capas vectoriales con sus geometrías y atributos en formato GeoJSON.
- Control de acceso (Indirecto): como ya se mencionó, GeoServer no se expone directamente, Go actúa como capa de seguridad, controlando las solicitudes que llegan permitiendo un mayor control del flujo de datos.

7.2.4. Base de Datos Espaciales (PostgreSQL + PostGIS)

La gestión de los datos geoespaciales es un pilar fundamental en el sistema, la base de datos permite almacenar, manipular y analizar la información de manera eficiente. Esta solución se compone:

- PostgreSQL: se utiliza como gestor de la base de datos relacional.
- PostGis: es una extensión de la anterior, que añade soportes para datos geográficos permitiendo así almacenar los datos espaciales, consultar su geometría y atributos.

Se optó por esta combinación de tecnologías, ya que todas son de código abierto y en conjunto conforman un sistema robusto, flexible y escalable donde la interoperabilidad y el acceso a la información geoespacial es primordial.

7.3 Backend: Servidor, GeoServer y Conexión a PostGIS

La implementación del backend del visualizador SIT fue diseñado para la gestión, procesamiento y distribución de la información geoespacial, en este apartado se detalla la función específica de los componentes del servidor dentro del sistema.

7.3.1. Servidor Go con Framework Gin

Este servidor se aloja en la infraestructura provista por ECOM Chaco, configurado para operar como el punto de acceso para el visualizador, donde se incluye:

- Servicio de contenido estático: directamente desde el servidor se distribuyen todos los archivos de frontend (HTML, CSS, JS, assets, fuentes, entre otros) que conforman la interfaz del usuario.
- Manejo de rutas personalizadas y middleware: se utilizan rutas API específicas en Gin para gestionar las peticiones lógicas antes o después de interactuar con GeoServer. Respecto a Middleware se destaca CORS (Cross-Origin Resource Sharing), que permite que el frontend, desde un dominio o puerto distinto, pueda realizar peticiones a GeoServer a través de este proxy.
- Reverse Proxy a GeoServer: fundamental para control y seguridad, todas las solicitudes que se realizan desde el frontend a los servicios WMS y WFS se enrutan a una URL específica dentro de Go y es este el que envía internamente la petición a GeoServer, ocultándolo al cliente.

7.4. Servidor de capas (GeoServer)

Al funcionar como servidor de mapas bajo estándares abiertos OGC, permite gestionar de manera centralizada la información proveniente de la base de datos y ponerla a disposición de los distintos usuarios a través de servicios interoperables.

7.4.1. Configuración de Data Stores (Almacenes de Datos) en GeoServer

Se utiliza postGIS para conectar directamente con la base de datos y trae su información, a través de los parámetros de host, puerto, nombre de base de datos, usuario y contraseña y un SRC general (EPSG:4326 - WGS 84) para mantener la coherencia de los diversos datos.

7.4.2. Publicación de capas y servicios

Cada tabla geoespacial de la base de datos se publica como capa y a cada una se le habilita los servicios WMS y WFS permitiendo así la consulta de los datos a través de un GeoJSON. Si bien se generan por defecto estilos de capas SLD (Styled Layer Descriptor), en algunos casos, son manejados desde el frontend para mayor flexibilidad.

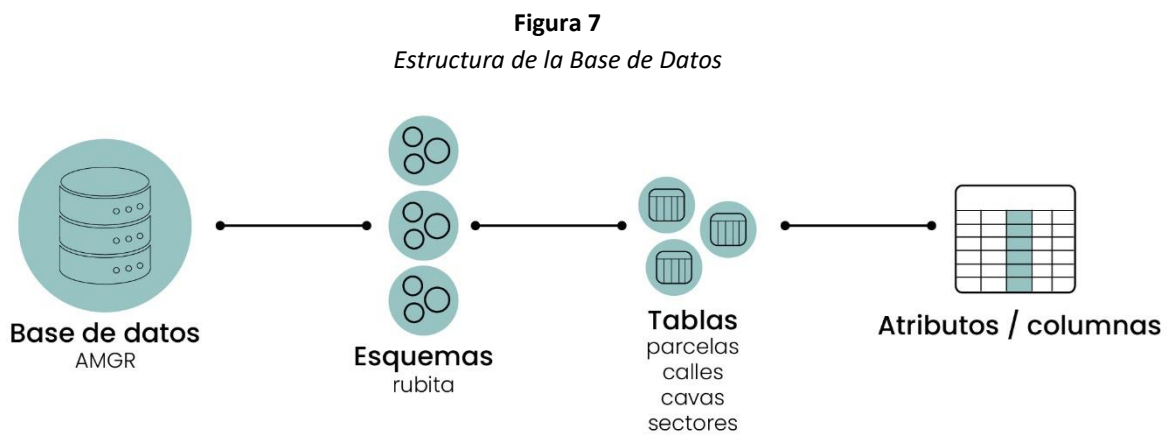
7.5. Base de Datos Espacial (PostgreSQL + PostGIS)

El almacenamiento y gestión de los datos geográficos se realiza mediante PostgreSQL con extensión PostGIS, esto funciona como el repositorio central del sistema del visualizador.

7.5.1. Estructura de la Base de Datos y Gestión de atributos

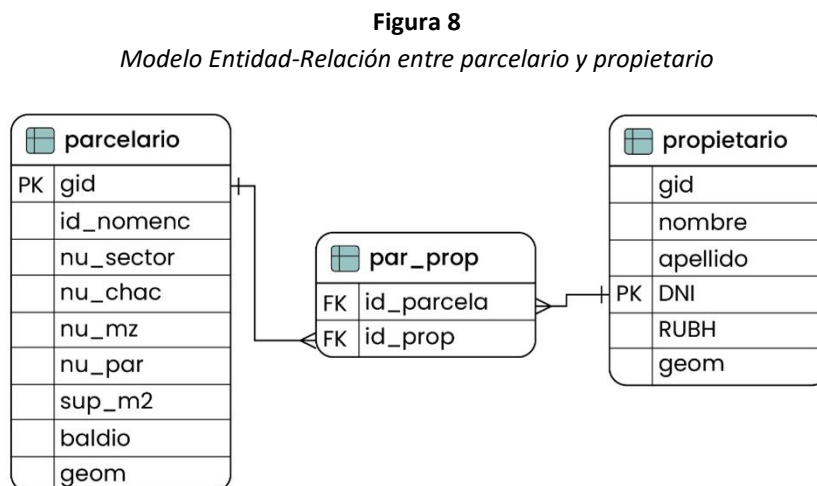
La base de datos se organiza mediante esquemas y tablas, el diseño de la misma se basa en la funcionalidad específica de cada capa y la naturaleza de las consultas requeridas. En este modelo, las capas se dividen en dos categorías principales: capas con relación de integridad mediante Claves Primarias (PK) y Claves Foráneas (FK) y capas de visualización y consulta de atributos independientes.

Tenemos, por ejemplo, el esquema Rubita con sus tablas cavas, calles, parcelas, espacios verdes, equipamientos y sectores. Además de las geometrías, cada tabla almacena sus atributos alfanuméricos con sus respectivos tipos de datos.



Nota. Elaboración propia.

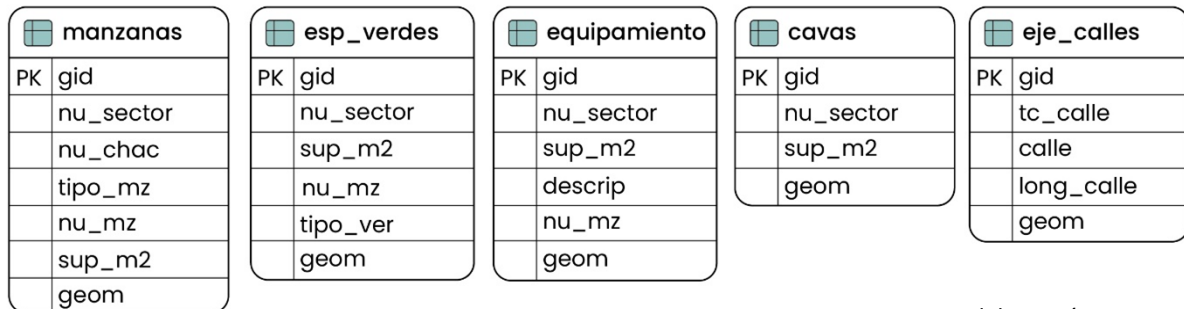
En este modelo, las relaciones de integridad referencial se implementaron entre las tablas “parcelario”, “par_prop” y “propietario” para gestionar la relación de muchos a muchos entre parcelas y sus propietarios, ya que un propietario puede tener varios terrenos, y viceversa, un terreno puede pertenecer a varios propietarios. Es decir, que se construye una tabla intermedia entre parcelario y propietarios para manejar los valores únicos de cada una y relacionarlos tipo N:N (muchos).



Nota. Elaboración propia.

Por otro lado, capas como manzanas, cavas, eje_calles, espacios verdes y equipamiento se diseñan como entidades independientes porque su propósito principal es la visualización espacial y la consulta de sus atributos. No se requiere que la base de datos aplique reglas de integridad entre ellas. Este enfoque optimiza la base de datos evitando la sobrecarga innecesaria.

Figura 9
Esquema de tablas independientes en la Base de Datos



Nota. Elaboración propia.

7.6. Frontend: Diseño, Leaflet y Plugins usados

El frontend del visualizador SIT representa el elemento de visualización e interacción directa con el usuario final. Su objetivo es ofrecer una interfaz intuitiva y eficiente para la exploración, consulta y análisis de la información geoespacial.

7.6.1. Diseño de la Interfaz del Usuario (UI)

El diseño de la interfaz de usuario se concibió para mantener el carácter institucional del Gobierno del Chaco de una forma clara y minimalista, priorizando los elementos claves sin sobrecargar la vista inicial del usuario. La composición de la plantilla base fue diseñada inicialmente en el software Figma para definir la estructura, la disposición de los elementos y los estilos visuales:

- Mapa Base: el elemento de fondo de la aplicación, donde se contextualiza la ubicación.
- Contenedor de título: ubicado en la parte superior, para identificar la temática del mapa.
- Contenedor de capas y referencias: un panel lateral que permite al usuario gestionar la visibilidad de las capas y consultar la leyenda del mapa.
- Contenedor de herramientas: panel a la derecha que agrupa las herramientas de edición, control y filtros.
- Pie de página: contiene información adicional, logos, autoría y medios de contacto.

7.6.2. Implementación de tecnologías y librerías

Como se mencionó, las funcionalidades y herramientas del mapa se gestionan con Leaflet.js y sus plugins, complementado con JavaScript puro para las lógicas más específicas. Esto permite una interacción fluida y dinámica con la interfaz. Para una mejor interpretación de su funcionamiento, las herramientas y acciones del usuario se dividieron en los siguientes grupos:

7.6.2.1 Manejo del panel de capas

El panel de capas es un componente clave del visualizador, diseñado para una gestión eficiente de los datos. A través de una petición asíncrona (fetch) al backend, el visualizador obtiene una lista de capas disponibles. Estas capas son almacenadas del lado del cliente y su estado (activo o inactivo) se maneja mediante una petición al servidor para añadirla al mapa únicamente si se encuentra inactiva y el usuario la requiere (cuando el usuario prende y/o apaga una capa). Además, la leyenda del mapa se construyen de forma dinámica, se ejecuta una iteración que verifica el estado de las capas en el mapa y, si están activas, genera la referencia pertinente. Por último, cada capa posee un control deslizante de opacidad, cuyo valor inicial se obtiene de la base de datos y puede ser modificado por el usuario directamente en el frontend, lo que permite un ajuste en tiempo real.

7.6.2.2. Herramienta de filtro

En este caso, para la capa parcelario se aplicó un filtro dinámico, que en vez de pedir los datos al backend itera sobre las entidades ya cargadas en el mapa y ajusta su estilo para resaltar los valores que coinciden con el criterio de búsqueda pudiendo filtrarse por uno o más campos (sectores, manzanas y parcelas), facilitando la consulta y localización rápida para el usuario.

7.6.2.3. Herramientas generales

Mediante plugins de Leaflet.js, se implementaron diversas herramientas que facilitan la navegación y el uso del visualizador:

- Navegación: controles de zoom, ubicación actual, pantalla completa y una vista inicial predefinida.
- Impresión: se habilitó la funcionalidad de impresión, permitiendo al usuario generar imágenes JPG o PDF del mapa en diversos tamaños.
- Galería de Mapas Base: se desarrolló una galería que incluye diferentes mapas base de OSM, IGN y Esri con distinta visualización (satelital, oscuro, topográfico, navegación, entre otros.) además, se destaca la incorporación de una serie de imágenes de vuelos de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT) procesadas y alojadas en el servidor, lo que proporciona una base cartográfica de alta resolución y actualizada a los años 2023, 2024 y 2025.

7.6.2.4. Herramientas de edición y consulta

El usuario puede dibujar puntos, líneas y polígonos, medir distancias y áreas, buscar por coordenadas geográficas y consultar los atributos de las capas a través de pop-ups que se activan al hacer clic sobre una entidad específica.

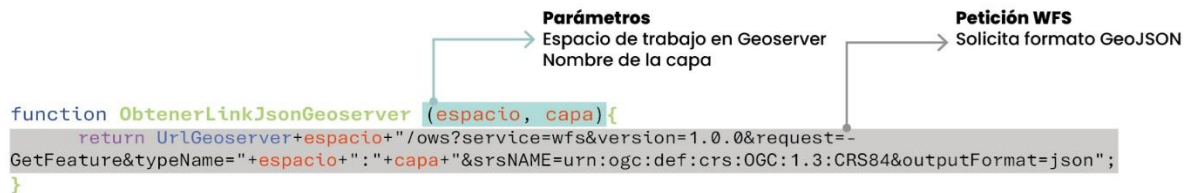
7.6.3. Carga de capas vía WFS como GeoJSON

La carga de capas geográficas desde el servidor al cliente se implementó utilizando el servicio estándar WFS del OGC. La elección del formato de salida fue GeoJSON que se integra de manera nativa con la librería Leaflet.js.

El proceso de carga de una capa es el siguiente:

Figura 10

Fragmento de código de la función de petición de URL

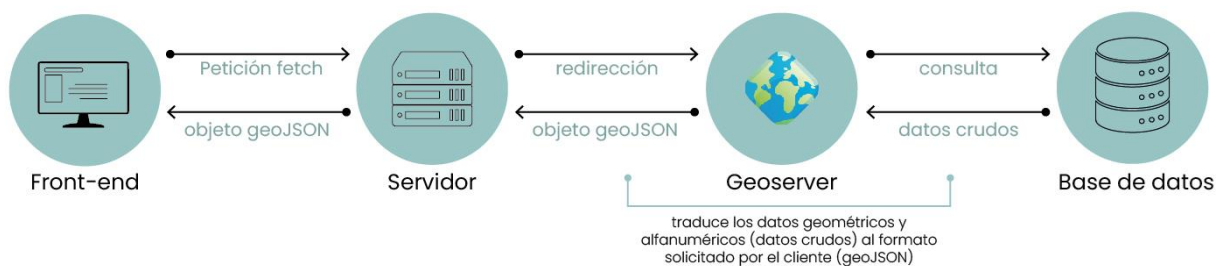


Nota. Captura de pantalla del código elaborado en Visual Studio Code.

1. El frontend utiliza la función *ObtenerLinkJsonGeoserver* para construir dinámicamente la URL de la petición. Esta función toma como parámetros el espacio de trabajo de GeoServer y el nombre de la capa. La URL resultante incluye una serie de parámetros necesarios para la petición.
2. Una vez que se genera la URL, el visualizador utiliza la API de JavaScript para realizar la petición al servidor. Esta petición es recibida por el servidor Go, que actúa como un proxy inverso y la redirige a GeoServer.
3. GeoServer procesa la petición WFS, consulta la base de datos PostGIS, y transforma los datos espaciales en un objeto GeoJSON. El servidor recibe esta respuesta y la reenvía al cliente.
4. El cliente recibe el objeto GeoJSON y lo procesa a través de un método que crea un objeto de capa de Leaflet, que luego se añade al mapa. Adicionalmente, durante este proceso se aplican los estilos de visualización y se vinculan los pop-ups y/o tooltips a cada entidad.

Figura 11

Procesamiento de la petición entre componentes del sistema



Nota. Elaboración propia.

7.6.4. Diseño responsive

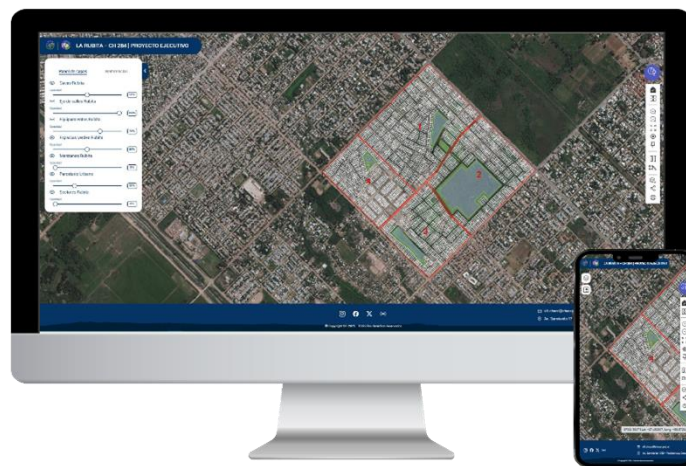
El diseño responsive se refiere, por un lado, a la adaptabilidad de la interfaz del visualizador a diversos tamaños de pantalla, teniendo en cuenta su uso por técnicos en salidas de campo y talleres, resulta fundamental para optimizar la utilidad del sistema en la labor cotidiana. Por otro lado, implica garantizar una experiencia de usuario fluida y eficiente, asegurando la correcta interacción con la información en cualquier contexto de uso.

Se trabajó con contenidos diferenciados, para el panel de capas, se utiliza una lógica en JavaScript que genera diferentes estructuras de HTML adaptadas para la visualización en computadoras de escritorio y dispositivos móviles. En pantallas pequeñas, el panel lateral se oculta por defecto y puede ser activado por un botón, optimizando el espacio disponible en la pantalla. Esta estrategia asegura que la interacción del usuario sea intuitiva y que los controles y herramientas sean accesibles sin importar el dispositivo.

Además, se implementó una funcionalidad que muestra un texto explicativo cuando el usuario pasa el cursor sobre las herramientas del mapa. Esta característica, conocida como *tooltip*, mejora la experiencia del usuario al proporcionar una guía instantánea y clara sobre la función de cada herramienta.

Figura 12

Mockup del Visualizador SIT en dispositivos de escritorio y móvil



Nota. Elaboración propia.

8. Resultados y aplicaciones

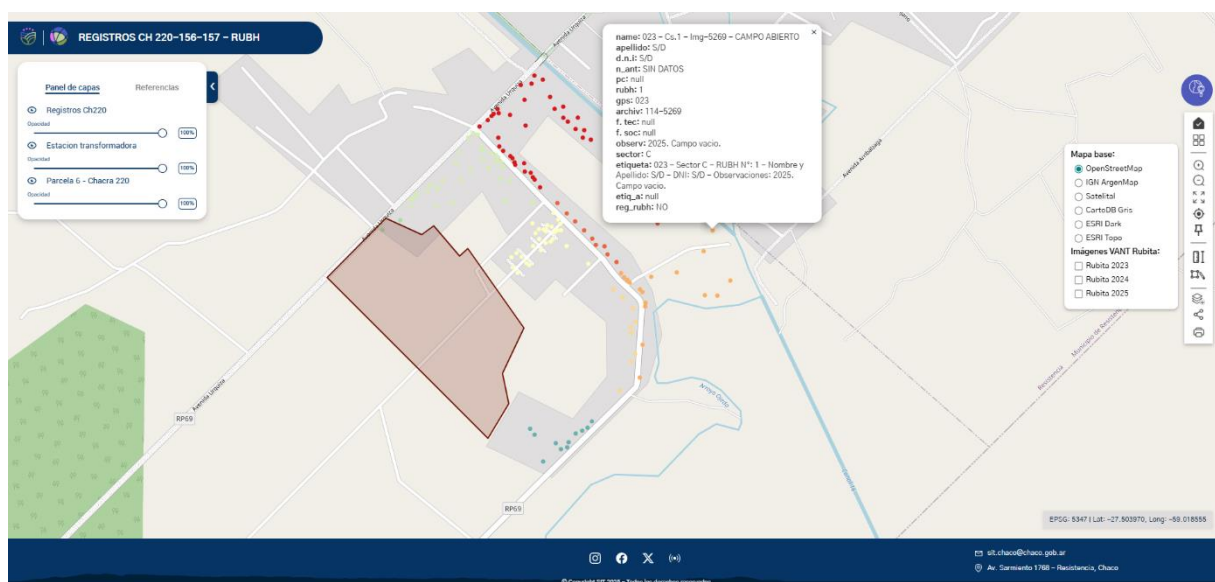
El producto final de este trabajo es un prototipo operativo alojado en el servidor, accesible a través de la página web oficial del departamento SIT. Este sistema utiliza una plantilla con el estilo institucional del gobierno, ofreciendo una interfaz amigable e interactiva que permite a los usuarios explorar la información geoespacial de manera intuitiva y eficiente.

Retomando los componentes esenciales señalados por ESRI, se observa que todos ellos fueron correctamente implementados: la aplicación web es accesible desde cualquier dispositivo y navegador, se incluyen mapas base digitales y una serie de imágenes VANT para contextualizar la información geoespacial, el panel lateral izquierdo de capas permite activarlas, desactivarlas y modificar su transparencia, además, se incorporaron herramientas interactivas orientadas a la navegación, consulta y análisis de datos geográficos. Toda la información se sustenta en una o más geodatabases, garantizando un almacenamiento estructurado y eficiente.

Actualmente, el sistema se encuentra en una fase activa de implementación, con el desarrollo de nuevos mapas adaptados a las necesidades específicas de las distintas áreas de la Subsecretaría. Este proceso se combina con capacitaciones y talleres para facilitar el uso de la herramienta y un proceso de retroalimentación constante de equipos técnicos y funcionarios, cuyos requerimientos y observaciones se integran en el sistema para optimizar cada mapa según las necesidades operativas reales. Esta dinámica garantiza resultados más precisos, un mayor aprovechamiento del visualizador y, por ende, una rápida adaptación al mismo.

Figura 13

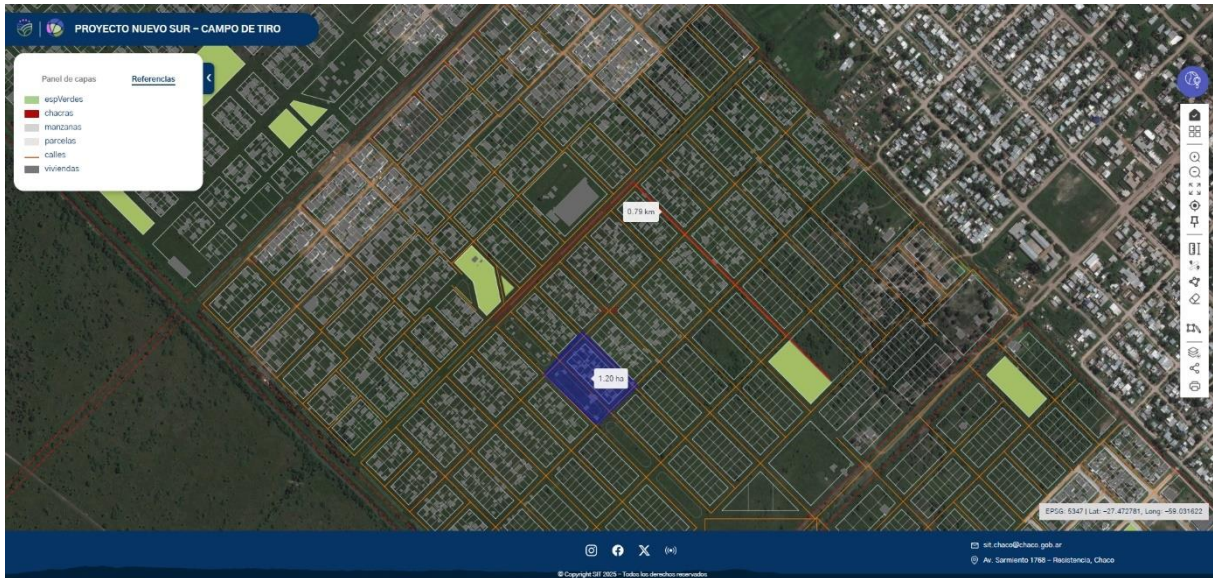
Mapa temático del Visualizador SIT (RUBH) y sus herramientas



Nota. Captura de pantalla de la página web del visualizador SIT
Tomada de <https://sit.chaco.gov.ar/>

Figura 14

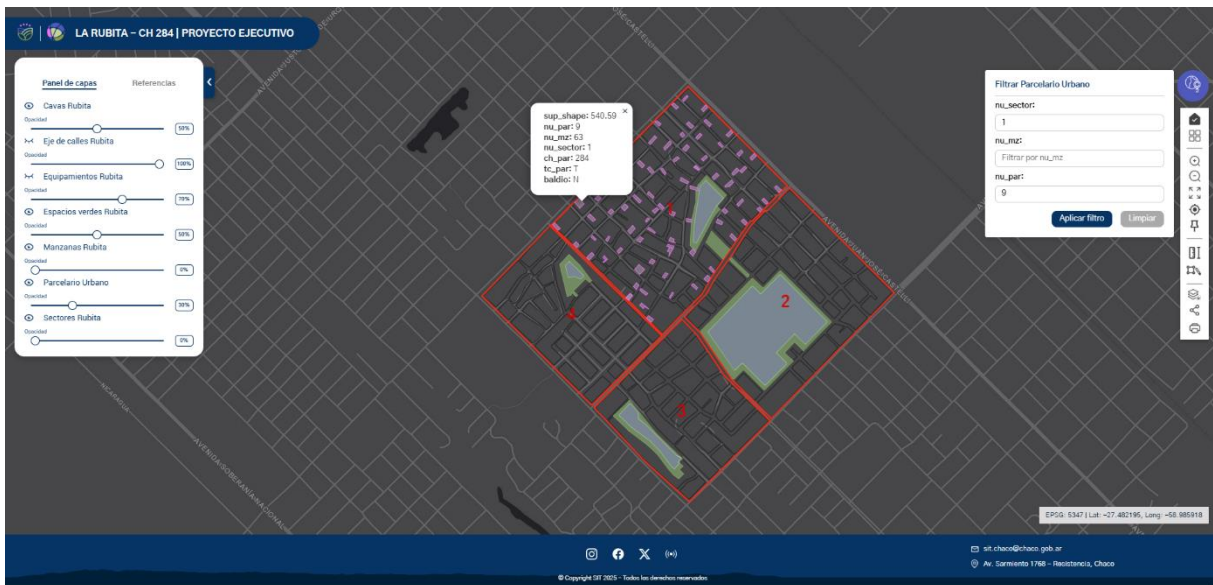
Mapa temático del Visualizador SIT (Campo de Tiro) y sus herramientas



Nota. Captura de pantalla de la página web del visualizador SIT
Tomada de <https://sit.chaco.gov.ar/>

Figura 15

Mapa temático del Visualizador SIT (Rubita) y sus herramientas



Nota. Captura de pantalla de la página web del visualizador SIT
Tomada de <https://sit.chaco.gov.ar/>

9. Conclusión

La integración de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en un entorno digital, a través de un visualizador, proporcionan una herramienta esencial para cualquier administración pública, organización o proyecto de desarrollo. La creación de esta plataforma no solo representa un avance tecnológico para la Subsecretaría, sino que se constituye como un pilar fundamental para la centralización y democratización de la información, garantizando transparencia y orden al transformar datos dispersos en fuentes de consulta geoespacial valiosas y accesibles.

La implementación del visualizador SIT reconoce la información geoespacial como un activo estratégico y potencia el trabajo colaborativo. Los desafíos superados durante su desarrollo, desde la normalización de la información hasta la adaptación e implementación de estas nuevas tecnologías para la visualización e interacción con la información geográfica, evidenciaron el valor de un enfoque de trabajo sistemático y de aprendizaje constante a través de la retroalimentación.

Gracias a esta herramienta, los sistemas de información geográfica trascienden el perfil técnico especializado, eliminando las barreras de acceso a la información geoespacial y las dificultades de consulta y análisis de la misma, permitiendo que técnicos, funcionarios y otros usuarios particulares interactúen de manera sencilla e intuitiva. Esto enriquece la comprensión del territorio, agiliza la toma de decisiones y optimiza los flujos de trabajo de los equipos, fortaleciendo la labor diaria con un enfoque territorial más preciso y fundamentado.

10. Bibliografía

Libros y artículos

- Batty, M., Hudson-Smith, A., Milton, R., & Crooks, A. (2010). Map mashups, Web 2.0 and the GIS revolution. *Annals of GIS*, 16(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/19475681003700831>
- Craglia, M., Goodchild, M. F., Annoni, A., Camara, G., Gould, M., Kuhn, W., Mark, D., Masser, I., Maguire, D., Liang, S., & Parsons, E. (2008). Next-Generation Digital Earth. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, 3, 146–167.
- Elmasri, R., & Navathe, S. B. (2007). *Fundamentos de Sistemas de Bases de Datos*. Pearson Educación S.A.
- Goodchild, M. F. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographical Information Systems*, 6(1), 31–45.
- Hernández M.Q. (2011). *Tecnologías de la Información Geográfica (TIG). Cartografía, Fotointerpretación, Teledetección y SIG*. Universidad de Salamanca.
- Krug, S. (2005). *No me hagas pensar. Una aproximación a la usabilidad en la Web*. PEARSON.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems*. John Wiley & Sons.
- Martínez Ruiz, V. A., & Yépez Gil, D. (2019). *Desarrollo de un visor geográfico web para la gestión de información geodésica nacional*.
- Olaya, V. (2020). *Sistemas de Información Geográfica*.
- Sui, D., & Goodchild, M. (2011). *The convergence of GIS and social media: New dynamics in geographic information*. *International Journal of Geographical Information Science*, 25: 11, 1737-1748

Sitios web

- Aeroterra. (s.f.). *ArcGIS Online*. <https://www.aeroterra.com/es-ar/productos/arcgis-online/introduccion>
- Departamento SIT, Chaco. (2024). *SIT Chaco – Sistema de información Territorial*. <https://sit.chaco.gob.ar/>
- Departamento SIT, Chaco. (2025). *Visualizador web La Rubita*. https://sit.chaco.gob.ar/visualizador_rubita
- Esri. (s.f.). *A framework for deploying web GIS applications*. ArcGIS Enterprise. <https://enterprise.arcgis.com/es/server/10.8/create-web-apps/windows/a-framework-for-deploying-web-gis-applications.htm>
- Geoinnova. (2021). *¿Qué es un visor cartográfico y cuáles son sus principales funcionalidades?* Geoinnova Blog. <https://geoinnova.org/blog-territorio/visor-cartografico-y-cuales-son-principales-funcionalidades>
- IDERA (Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina). (s.f.). *Introducción a las IDE*. <https://www.idera.gob.ar/index.php/implementacion-de-una-ide/introduccion-a-las-ide>

- Infraestructura de Datos Espaciales de la Provincia del Chaco. (s.f.). *SIGIDE. Sistema de Gestión de IDEs*. <http://idechaco.gob.ar/>
- Leaflet. (2023). *an open-source JavaScript library for mobile-friendly interactive maps*. <https://leafletjs.com/>
- PostGIS Development Group. (s.f.). *PostGIS*. <https://postgis.net/docs/manual-dev/postgis-es.html>
- U.S. Geological Survey. (s.f.). *Data Lifecycle*. <https://www.usgs.gov/data-management/data-lifecycle>