

# HERRAMIENTA TECNOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE PROCESOS TOPOGRÁFICOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE UNA OBRA CIVIL LINEAL.


***CRISTHIAN CAMILO SÁNCHEZ ARTEAGA***

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA
INGENIERÍA TOPOGRÁFICA
CALI, VALLE DEL CAUCA

2024

Universidad del Valle

**Trabajo de Grado presentado como requisito para obtener el título de:**
**Ingeniero Topográfico**

**Director**

**ROBIN ALEXIS OLAYA M.SC**
**Profesor Asociado de la Escuela de Ingeniería Civil Y Geomática**
**Universidad del Valle**

**PRESENTADO POR:**

**CRISTHIAN CAMILO SÁNCHEZ ARTEAGA**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE**
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GEOMÁTICA**
**INGENIERÍA TOPOGRÁFICA**
**CALI, VALLE DEL CAUCA**
**2024**

Dedico este proyecto a *mi señora madre la cual nunca ha dejado de creer en mí.*

**CRISTHIAN CAMILO SANCHEZ ARTEAGA**

Nota de Aceptación

_____

_____

_____

_____

**ING. ROBIN ALEXIS OLAYA M.SC**

_____

**Director**

_____

**Jurado**

_____

**Jurado**

## AGRADECIMIENTOS

Primero a mi núcleo familiar, luego a aquellas personas que siempre brindan una palabra de ánimo dentro de mi círculo social, y con bastante cariño a los profesores que me acompañaron durante la carrera, que después de tanto tiempo siguen brindando conocimiento en cualquier duda y ofrecen su tiempo para aconsejarme en los proyectos en que me embarco.

También agradezco a aquellas personas que confiaron en mí dándome oportunidades y paciencia que pocos brindan, a ellos muchas gracias.

**CONTENIDO**


RESUMEN..... 10
1. INTRODUCCIÓN..... 10
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 12
3. OBJETIVOS..... 14
3.1. OBJETIVO GENERAL..... 14
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... 14
4. JUSTIFICACIÓN..... 15
5. MARCO CONTEXTUAL..... 16
5.1. MARCO CONCEPTUAL..... 16
Aplicativo móvil..... 16
App Web..... 16
BaaS..... 16
Base de datos..... 17
Framework..... 18
Geojson..... 18
Geovisor..... 18
Github..... 19
Lenguajes usados..... 19
Npm..... 20
Página Web..... 20
Postgis..... 21
SAAS..... 21
Sistemas operativos para móviles..... 21
Vercel..... 22
Visual Studio Code..... 22
WKB..... 22
WKT..... 22
5.2. MARCO TEÓRICO..... 23
Cálculo de volumen..... 23
Cálculo de volumen por figuras geométricas..... 23
Volumen de un prisma trapezoidal..... 24
Distancia euclidiana..... 24
5.3. MARCO REFERENCIAL..... 25

6. METODOLOGÍA..... 26
Levantamiento de requerimientos:..... 26
Historias de usuario.....27
Análisis de requerimientos:..... 28
Cobertura:..... 28
Alcances:.....29
Limitaciones:..... 30
Observaciones:..... 30
Implementación de la aplicación y el geovisor..... 31
Descripción de los softwares a utilizar..... 31
Validación..... 32
7. RESULTADOS..... 32
7.1. Levantamiento de requerimientos..... 32
Requerimientos..... 32
Análisis de requerimientos:..... 35
Construcción del aplicativo y geovisor..... 40
7.2. Diseño..... 40
Diseño conceptual y lógico..... 40
Modelo Casos de Uso:.....43
Modelo relacional para captura de datos vías..... 46
Modelo relacional para captura de datos redes,acueducto, alcantarillado.. 47
Diseño de la arquitectura..... 48
Diseño de la interfaz de usuario:.....50
Flujo de uso.....50
Validación de la herramienta en el Geovisor:..... 53
8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS..... 58
Resultados y Logros..... 60
9. CONCLUSIONES..... 61
ANEXOS..... 63
Manual de usuario del Geovisor de Obras Lineales app-cr.....63
V 1.0.....63
Introducción al sistema..... 64
Pantalla de autenticación:..... 64
Pantalla de visualización y creación de proyectos:.....64
Funciones del sistema..... 65

Autenticación:.....65
Cerrar sesión:.....66
Crear proyecto:..... 67
Seleccionar proyecto:.....78
Anotaciones..... 81
Anotación 1:..... 81
Anotación 2:..... 81
Anotación 3:..... 82
10. BIBLIOGRAFÍA..... 83

## TABLA DE FIGURAS

Figura 1.Cálculo de volumen exacto, método perfiles. ..... 24
Figura 2.Volumen del cubo. .....25
Figura 3.Volumen trapezoidal .....25
Figura 4.Esquema metodológico del proyecto. .....25
Figura 5. logo del framework React.....30
Figura 6. Casos de uso autenticación.....43
Figura.7 Casos de uso, creación del proyecto.....43
Figura.8 Casos de uso, creación del reporte.....44
Figura 9 Modelo relacional para captura de datos vías..... 45
Figura 10 Modelo relacional para captura de datos de redes, alcantarillado y acueducto..... 46
Figura 11. Tipo de dato ENUM para la selección de proyectos de opciones cerradas.....47
Figura 12. Arquitectura cliente servidor.....47
Figura 13. Arquitectura en el frontend.....48
Figura 14. Registro e ingreso .....49
Figura 15. Escoger actividad ..... 50
Figura 16. Crear proyecto .....50
Figura 17. Ingreso de datos.....51
Figura 18. Abscisa guardada..... 51
Figura 19. Ingreso a detalle de abscisa guardada.....52

Figura 20. Plano de obra para pruebas de validación……..…53
Figura 21. Eliminación de altura (z) al archivo de geometría tipo punto……..54
Figura 22. Digitar las fechas proyectadas ……54
Figura 23. Cargue del json al geovisor……..55
Figura 24. Proyecto cargado en la app para captura……..56
Figura 26. Datos de abscisa tomada en campo vista en el geovisor……58
Figura 27. Interfaz de inicio de la aplicación de reporte. ……60
Figura 28. Interfaz inicio geovisor……..……61
Figura 29. Tablas almacenadas en supabase……..……62

## TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1.Volumen, método prismoide...……..23
Ecuación 2.Volumen de prisma trapezoidal...……..24
Ecuación 3.Área base……..24
Ecuación 4. Distancia Euclidiana……...25

## TABLA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de requerimientos. ……35
Tabla 2.Variables para usar en la app ……40

## RESUMEN

*La topografía en una obra civil es una proceso técnico en el que la planificación, ejecución y supervisión están estrechamente vinculadas con el éxito de la obra. La rápida entrega y revisión de los datos topográficos son esenciales para realizar los ajustes necesarios. Con el avance en el uso de dispositivos móviles, estos procesos pueden llevarse a cabo en tiempos mucho más cortos, facilitando la transferencia de información clave en la obra.*

*Este proyecto de grado presenta una estructura que empieza con una descripción del problema y propone una metodología para abordar los retrasos comunes en los proyectos de ingeniería civil lineal, específicamente en proyectos de vías, acueductos, alcantarillados y redes. La solución propuesta incluye la implementación de una herramienta geomática compuesta por una aplicación web y un geovisor, que brinda un reporte de datos, visualización de reportes junto con la comparación escueta de lo ejecutado con relación a lo proyectado.*

*La información captada es almacenada a través de la plataforma Supabase, que utiliza PostgreSQL como base de datos lo que brinda confiabilidad en la gestión y organización de lo capturado así como su correcta transferencia al geovisor para usarlos como insumo en los cálculos de volumen.*



**Palabras Clave:** Obras civil lineal, topografía, aplicaciones móviles, supabase, App web,geomática y geovisor.


## 1. INTRODUCCIÓN

Los proyectos de obras civiles lineales contribuyen a mejorar la calidad de vida de un territorio desarrollando alternativas que suplen las necesidades o requerimientos de sus habitantes. No obstante, la fase de ejecución suele ser inestable por los retrasos que se generan debido a imprevistos que ocasionan sobrecostos, disputas entre partes y finalmente el incumplimiento con los tiempos de entrega (Rudeli, et al., 2018). Por ello, en la industria de la construcción, contar con información precisa sobre la marcha es esencial para tomar decisiones críticas de manera oportuna (Sattineni y Schmidt, 2015).

En la actualidad la integración de las tecnologías móviles para el manejo y uso de la información de las obras civiles son consideradas como estrategia óptima de acceso a una gran variedad de datos para facilitar o apoyar las operaciones diarias de esta (Martínez, Marín, Vila, 2013, Sarmiento y Oliveros, 2012). Debido a que la construcción es un sector en el que intervienen diversos agentes que generan multitud de datos de distintos tipos, que a su vez son distribuidos a bases de datos operacionales heterogéneas, es necesario disponer de almacenes de

datos organizados in situ para mejorar significativamente el uso de estos entre los diferentes usuarios que intervienen en la ejecución de la obra (Contreras Troncoso, 2017).

La topografía como fundamento para la planeación, ejecución y control de proyectos de construcción, necesita ser entregada y revisada con prontitud para realizar las modificaciones pertinentes según las necesidades y cambios de la obra. Sin embargo, los datos topográficos se proporcionan días después, lo que impide demostrar o evidenciar los avances de la obra en ese aspecto, además, se prolonga el análisis y posterior ajuste basados en el comportamiento del terreno.

Las herramientas tecnológicas como el uso de aplicativos móviles son una metodología que ayuda para el almacenamiento, registro y reporte de los datos extraídos en topografía en la ejecución de la obra civil lineal además de las novedades que se generen para mantener y transferir la información organizada, estos datos pueden ser visualizados de manera geográfica por medio de un geovisor en el cual se complementa con consultas como estado de la obra, cálculos de volúmenes, entre otros.

El presente trabajo de grado muestra  la estructura del documento que contiene una solución en la gestión de datos topográficos captados durante la ejecución de la obra civil , comenzando con la descripción detallada del problema a resolver (sección 2), la descripción del propósito y alcance del proyecto (sección 3), la justificación e importancia de estudiar esta problemática (sección 4), un marco contextual que informa al lector sobre los conceptos, indicadores y marco referencial que apoyan la investigación (sección 5), una metodología que se aplica principalmente en el uso de apps web como herramienta geomática como solución técnica  (sección 6) y finalmente los resultados obtenidos y análisis de los mismos (sección 7), discusión de resultados con autores consultados (sección 8) y conclusiones de acuerdo a el desarrollo de todo el proyecto (sección 9). La estructura de la metodología aplicada se plantea para resolver los retrasos que puede presentar una obra civil con la implementación de herramientas geomáticas como el uso de un aplicativo móvil y su visualización de la información capturada en un geovisor para la realización de consultas de datos, reportes y balances de tiempos de ejecución con relación al  cronograma que se planeta para el desarrolla de una labor para una obra civil lineal.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la ejecución de las obras civiles lineales las cuales se caracterizan como aquellas obras complejas por su carácter lineal que vienen con la necesidad de atravesar una amplia y diversa geografía, hace de la topografía, fundamental para representar el terreno y definir la ubicación de los elementos (MConstructor, 2018). La transferencia e intercambio de esta información geoespacial se proporciona comúnmente a través de órdenes verbales, correos electrónicos, mensajes instantáneos, actas, libro de órdenes, planos modificados, fotos y catálogos (Nogués, 2015). No obstante, acceder a los datos de manera organizada y oportuna para tomar decisiones inmediatas en obra puede convertirse en un punto crítico debido a la pluralidad de medios de almacenamiento de estos.

Actualmente, durante la ejecución de una obra civil lineal se enfrentan presiones habituales para disminuir los costos, mejorar la productividad en el campo y tener una ventaja competitiva en términos de calidad de servicio y satisfacción del cliente (Gordo Barreiro, Potes Lopez, & Vargas Quimbaya, 2017). No obstante, la carencia del manejo y uso de los datos geoespaciales en tiempo real para realizar balances diarios del estado del proyecto ha ocasionado retrasos y, por ende, afectando, cronogramas de obra estipulados (Moreno, 2017).

La ejecución de proyectos de construcción de obras civiles se realiza en entornos donde el acceso a sistemas informáticos convencionales es limitado para el personal. Gerentes, ingenieros y otros miembros clave del equipo suelen desplazarse entre diferentes sitios, lo que dificulta el transporte de planos y documentos voluminosos. Además, gran parte de la información se transfiere en papel, lo que genera un flujo de datos extenso y variado en los sitios de construcción. Una comunicación ineficaz puede llevar a la omisión de asuntos críticos que requieren respuestas rápidas, lo que provoca retrasos en la implementación de órdenes de cambio. Asimismo, la falta de eficiencia y la limitada interacción para consultar datos entre los participantes del proyecto a menudo generan tiempos de inactividad, retrabajos, desperdicios y sobrecostos (Chen & Kamara b, 2011).

La mayoría de los proyectos de construcción que se ejecutan, no se entregan en los tiempos pactados, debido a que en los periodos de ejecución se encuentran situaciones que ocasionan retrasos en los proyectos. (Gordo Barreiro, Potes López, & Vargas Quimbaya, 2017). Ocasionando desfases en los costos presupuestados según Autodesk, 75% de los dólares invertidos en un proyecto están en el campo, y de cada dólar 25 centavos son desperdiciados de alguna manera (Sattineni & Schmidt, 2015).

El BIM (Building Information Modelling, por sus siglas en Inglés) es un proceso que integra la generación y gestión digital de modelos, sin embargo en el artículo “Challenges of BIM for Construction Site Operations” de la “International Scientific Conference Urban Civil Engineering and Municipal Facilities” indica que ha habido pocos estudios que examinen como puede ser operado el BIM in-situ durante la construcción, para Colombia y a pesar de toda la tecnología, herramientas, y software existentes, los procesos en la construcción siguen los mismos pasos que se llevaban en los 1990s, cuando los ingenieros y arquitectos comenzaron a usar los sistemas CAD para sus diseños (Moreno, 2017).

Los reportes de topografía durante las obras civiles requieren tiempos importantes para ser digitalizados, así como tiempos extras dependiendo de la dinámica de la obra. Se conoce que el 80% de las causas de retraso de los proyectos de construcción se deben a problemas durante la ejecución, problemas con la mano de obra, problemas en el diseño y aspectos administrativos. Lo más destacable de esta conclusión es que los problemas debido a materiales/suministros y maquinarias quedan por fuera de las causas principales de retraso en los proyectos de construcción. Es muy común atribuir los retrasos a la falta de suministro de materiales y/o maquinaria, pero del análisis estadístico de los datos mostrados en la literatura internacional surge otra realidad. (Rudeli , Viles, Gonzalez, & Santilli, 2018 ).

Estos retrasos que se originan por la trascripción y ordenamiento de la información de topografía recolectada en obra; además, de la demora en los reportes de novedades que surgen en las fases de construcción del proyecto, hace emerger la siguiente pregunta:

**¿Cómo optimizar la transferencia y visualización de datos topográficos tomados en campo durante la ejecución de una obra civil lineal para mejorar entrega de reportes y avances?**

# 3. OBJETIVOS

## 3.1. OBJETIVO GENERAL

Disponer de una herramienta tecnológica para el registro de datos topográficos durante la ejecución de una obra civil lineal.

## 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un análisis de requerimientos para trabajos de acueducto, alcantarillado, instalación de redes y vías.
- Desarrollar una aplicación móvil híbrida para la recolección de la información alfanumérica y geográfica en campo.
- Desarrollar un Geovisor para la representación de la información gráfica y alfanumérica obtenida en campo.
- Validar la herramienta tecnológica para la gestión de la información topográfica en una obra civil lineal.

## 4. JUSTIFICACIÓN

En el mundo y en Colombia se han creado y desarrollado varios geoportales y visores geográficos que han contribuido a la organización y optimización de las funciones dentro de las entidades y/o instituciones gubernamentales, empresas privadas y diferentes organizaciones alrededor del mundo, se ha convertido en una gran herramienta para planeación y ordenamiento territorial, que aporta a soluciones prácticas permitiendo hacer análisis espaciales de alto nivel.

Los dispositivos móviles y su participación en los métodos de construcción diarios en los sitios de trabajo tienen ventajas obvias para empresas de la industria de la construcción (Sattineni & Schmidt, 2015), porque mejorar los tiempos y procesos en el avance de una obra civil, se hace indispensable tener los reportes de novedades y carteras. Tener esta información a tiempo en orden y clasificada mejorará notablemente la logística Del constructor y/o ingeniero residente durante la ejecución de la obra civil lineal.

Se plantea el desarrollo de una herramienta tecnológica que involucra la creación de una app que servirá de insumo en la alimentación de información recogida en obra, la cual será visualizada en un geo visor, así la app será un insumo digital durante la ejecución de la obra permitiendo en su actualización al geovisor una constante carga y almacenamiento de los datos más sensibles en la obra civil lineal desde el enfoque de la topografía.

Con el propósito de alcanzar mayor efectividad e interoperabilidad y un mayor soporte en la toma de decisiones, se propone la realización de una herramienta tecnológica que permita gestionar el conocimiento, los datos, la información, que la obra va suministrando a medida que avanza, por lo que su visualización podrá ser de fundamental en ayudar en la mejora de la logística, en obra y en una importante fuente de retroalimentación en los interesados de cómo ella avanza.

# 5. MARCO CONTEXTUAL

## 5.1. MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se presentan conceptos de temas como aplicativos móviles, lenguajes de marcado, páginas web, geo visor, etc., todos conceptos indispensables para el desarrollo de la herramienta geomática.

### Aplicativo móvil

Para entender el significado de aplicativo móvil, se debe entender el significado de aplicación; las aplicaciones forman parte del software de los dispositivos, ya sea una tableta, una computadora o un dispositivo móvil (FUNDAMAR, 2012). Sin embargo, la del dispositivo móvil es más simple y orientada a una conectividad inalámbrica

Las aplicaciones son una serie de programas desarrollados para facilitarles a los usuarios la utilización de estos; actualmente se puede apreciar sus grandes funcionalidades en diversos tipos de labores, solucionar problemas, diversión mediante juegos, o simplemente la interacción con el dispositivo.

Una aplicación es diseñada y optimizada como una herramienta para un propósito específico, o en respuesta a una necesidad, la finalidad de estas varía según el contexto que serán usadas. De esta manera, es lógico encontrar software de aplicaciones de negocios, de utilería, personales o de entretenimiento. Algunos ejemplos de aplicaciones son los procesadores de texto, las planillas de cálculo, los editores de gráficos, los administradores de bases de datos, etc. Además, las aplicaciones son independientes del hardware de manera tal que puedan ser utilizadas por cualquier dispositivo.

### App Web

Una web app es una versión de la página web optimizada y adaptable a cualquier dispositivo móvil. Es decir, es una página que se puede abrir desde el navegador de cualquier terminal independientemente del sistema operativo que utilice es decir; permite acceder a funcionalidades complejas sin la necesidad de instalar o configurar un software. (*¿Qué Es Una Aplicación Web? - Explicación De Las Aplicaciones Web - AWS*, n.d.).

### BaaS

Barragán, (2024) lo define como un modelo de servicio en la nube llamado backend-as-a-service que proporciona a los desarrolladores las herramientas y servicios necesarios para construir y administrar el backend de sus aplicaciones sin la necesidad de desarrollar y mantener infraestructuras de servidores complejas.

“BaaS simplifica este proceso ofreciendo servicios listos para usar que cubren estas funciones comunes del Backend”(Barragán, 2024)

### Supabase

Es una plataforma en la nube que ofrece una amplia gama de herramientas para desarrolladores, conocida como Backend as a Service (BaaS), para crear y administrar servicios backend. Esta plataforma permite externalizar funciones y agilizar el desarrollo de aplicaciones sin preocuparse por las tareas relacionadas con el servidor. Supabase es una alternativa de código abierto a Firebase de Google, pero con una interfaz fácil de usar. Al estar alojado en la nube, no requiere instalaciones y solo se necesita activar una cuenta para comenzar a desarrollar un proyecto. La plataforma ofrece todos los servicios y herramientas necesarios para crear una aplicación escalable y segura, como gestión de base de datos, autenticación, almacenamiento de archivos, generación automática de APIs y actualizaciones en tiempo real, entre otros.(Aplyca Tecnología SAS, 2022).

## Base de datos

Una base de datos es una entidad en la que se pueden almacenar datos de forma estructurada sin redundancia en los datos. Diferentes programas y usuarios deben tener acceso a esta información. Por lo tanto, el concepto de base de datos está muy relacionado con el concepto de red, porque esta información debe poder interactuar. La base de datos brinda a los usuarios acceso a información que pueden visualizar, manejar, ingresar o actualizar de acuerdo con los derechos de acceso que les hubiesen otorgado. La principal ventaja de utilizar bases de datos es que pueden acceder a ellas varios usuarios al mismo tiempo.

El propósito de una base de datos es doble, porque debe responder preguntas sobre los datos que contiene y realizar transacciones sobre los datos. Además, debe permitir formular preguntas (consultas) como una expresión lógica de los datos y formar relaciones definidas en el esquema de la base de datos, dando como resultado la identificación de un subconjunto lógico de la base de datos, es decir, una selección de registros. que satisfacen la condición lógica.

### PostgresSQL

PostgreSQL es una base de datos de código abierto y a diferencia de otros sistemas de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS), PostgreSQL sobresale por su capacidad para manejar tanto tipos de datos relacionales como no relacionales. Esta capacidad la convierte en una de las bases de datos relacionales más completas, estables y maduras disponibles en la actualidad. (IBM, 2021)

### Framework

Es una estructura de soporte definida centrada en un conjunto de clases o bibliotecas a través de las cuales se pueden desarrollar aplicaciones (Mendoza Vázquez, 2020, p. 9) Los framework pueden variar entre sí por varios factores, como el lenguaje de programación y la compatibilidad con los sistemas (Singh & G, 2021)

Los framework no son ni softwares ni herramientas ejecutables para ofrecer una interfaz gráfica en la que trabajar, sino que son un compilado de archivos y directorios que generan facilidades en la creación de apps, al incorporar funcionalidades ya desarrolladas y testeadas, con determinado lenguaje de programación.

### React

Es una biblioteca de interfaz de usuario (UI) desarrollada en Facebook para facilitar la creación de componentes de interfaz de usuario interactivos, reutilizables,(Pandit, 2021) la base fundamental de React es el concepto de Virtual DOM. utilizándolo eficazmente logrando representar tanto en el lado del cliente como en el lado del servidor y comunicarse de ida y vuelta, React es más ligero que Angular , se llena con la menor cantidad de condiciones y elimina la necesidad de utilizar elementos extra como plugins(“Comparative Analysis of Angularjs and Reactjs,” 2016)

### Geojson

Se basa en el formato javaScript Object Notation, el cual se usa para dar codificación a una variedad de datos geográficos, sirviendo para el intercambio de datos geoespaciales y la capacidad de representar entidades geográficas con sus atributos de forma más sencilla, geojson se beneficia de la versatilidad y simplicidad de json. (*GeoJSON—Portal for ArcGIS | Documentación De ArcGIS Enterprise*, n.d.)

> “GeoJSON es un formato de codificación que utiliza varias estructuras de datos geográficos basadas en el formato JSON (Javascript Object Notation)”

### Geovisor

Es una herramienta de software que publica mapas a través de Internet en una intranet. (DOMINGUEZ PALACIOS y GÓMEZ JARAMILLO, 2016). El Geovisor es un servicio en línea que proporciona información de mapas, no es una herramienta especial para usuarios de SIG y puede ser utilizado por usuarios en diferentes roles (tomadores de decisiones, investigadores, autoridades ambientales, la comunidad en general, etc.) porque es fácil de usar.

Todos los visores avanzados aseguran una excelente comunicación con el usuario: la función principal es la transmisión (geo-imágenes) y el acceso

(descarga) de información georreferenciada de diversas formas. En todos los visores, el usuario encontrará herramientas básicas para mover el mapa y cambiar el nivel de zoom, así como dos botones alfanuméricos de información del punto y la variable actualmente visualizada. Además, el usuario puede controlar el nivel de transparencia de las capas y los servicios prestados. Sin embargo, tienen características diferentes pero complementarias. (Saavedra, 2021).

### Github

Los proyectos se muestran como código fuente abierto en GitHub. Eso es lo que permite que cualquiera use el código y haga sugerencias para mejorarlo. Esta es una gran ventaja porque los proyectos de código abierto suelen ser más adaptables. GitHub permite a toda una comunidad de programadores colaborar continuamente para encontrar soluciones a problemas específicos. Además, el público puede acceder directamente a estas soluciones.(Slama et al., 2021)

### Lenguajes usados

Un lenguaje de programación es un lenguaje artificial diseñado para expresar procesos realizados por máquinas. Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que determinan su estructura y el significado de sus elementos. (CHOQUE, 2019) El proceso de escribir, probar, depurar, compilar y mantener el código fuente de un programa de computadora se llama programación. (Saavedra, 2021)

Cada lenguaje de programación ofrece diversas ventajas a nivel de programación, ofreciendo utilidades según las necesidades del software a desarrollar. Por esta razón en el proceso de desarrollo de un proyecto es necesario escoger algún determinado lenguaje para de esta forma poder establecer una plataforma que permita combinar software y hardware, con el principal objetivo de aumentar la eficiencia, efectividad, calidad y capacidad tecnológica de un proyecto.

#### JavaScript

JavaScript es un lenguaje de secuencias de comandos que se utiliza en los navegadores web para tareas de programación del lado del cliente, los programas en este lenguaje pueden realizar todo tipo de tareas simples o complejas en las páginas web, desde manipular una función de interfaz de usuario simple hasta ejecutar un programa complejo de análisis de imágenes, el lenguaje *JavaScript* supera las limitaciones de HTML y CSS debido a su total flexibilidad en organizar cualquier cosa utilizando la programación en el modelo de objeto de documento (DOM).

(Google, 2021)

> “JavaScript es un lenguaje de secuencias de comandos del lado del cliente que se utiliza para proporcionar atributos dinámicos y características a las

páginas web HTML" ("Comparative Analysis of Angularjs and Reactjs," 2016)

### HTML

El lenguaje de marcado de hipertexto (HTML) es el código utilizado para estructurar y mostrar una página web y su contenido. El contenido puede ser, por ejemplo, párrafos, listas con viñetas o imágenes y tablas de datos. El lenguaje de marcado de hipertexto (HTML) es el código utilizado para estructurar y mostrar una página web y su contenido. El contenido puede ser, por ejemplo, párrafos, listas con viñetas o imágenes y tablas de datos. (MOZILLA, 2022)

### SQL

"SQL es un lenguaje de programación estándar ANSI utilizado para acceder y manipular bases de datos, su acrónimo significa lenguaje de consulta estructurado". (FUNDAMAR, 2012) Este idioma se utiliza para todas las consultas de bases de datos en Android.

### Npm

npm responde a las siglas de Node Package Manager o manejador de paquetes de node, es la herramienta por defecto de JavaScript para la tarea de compartir e instalar paquetes, es parte esencial de Node.js, el entorno de ejecución de javaScript en el lado del servidor basado en el motor V8 de Google. Es muy seguramente la principal razón del gran éxito de Node permitiendo que cientos de desarrolladores puedan compartir paquetes de software entre distintos proyectos(Goswami et al., 2020), ejecutándose en él. (webempresa, 2022)

### Página Web.

Una página web es información electrónica adaptada en la web a la que se puede acceder a través de un navegador Esta información suele estar en formato HTML o XHTML y puede facilitar la navegación entre otras páginas web usando enlaces de hipertexto. Las páginas web a menudo contienen una variedad de recursos, como hojas de estilo secuenciales, scripts e imágenes digitales. Las páginas web se pueden almacenar en una computadora local o en un servidor web remoto. Se accede a las páginas web enviándolas desde servidores que utilizan el protocolo HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto).

El sitio web se compone principalmente de información e hipervínculos; También puede contener o agregar información de estilo a una hoja de estilo para determinar cómo se muestra, así como aplicaciones incrustadas para hacerla interactiva. Las páginas web están escritas en un lenguaje de marcado que le permite administrar e insertar hipervínculos, generalmente HTML. El contenido de la página puede ser una página web estática o puede ser generado por un servidor web al visualizar o consultar una página web dinámica. Las páginas

dinámicas generadas durante la visualización se definen en algún lenguaje interpretado, generalmente JavaScript, y en realidad debe crearlas la aplicación responsable de visualizar el contenido. Las páginas dinámicas bajo demanda son creadas por la aplicación de servidor web que las aloja. Un sitio web es esencialmente una tarjeta de presentación digital, ya sea para empresas, organizaciones o personas, y una tarjeta de presentación para ideas e información. (FUNDAMAR, 2012).

### Postgis

Es una extensión de PostgreSQL, la cual enlaza los datos geoespaciales a una base de datos relacional permitiendo el uso de las funciones geográficas.(*16. Módulo: Conceptos De Bases De Datos Espaciales Con PostGIS — Documentación De QGIS Documentation -, n.d.)*

La extensión PostGIS ofrece facilidades técnicas para la indexación espacial y funciones para procesar y analizar objetos espaciales.“Las funciones espaciales admitidas por PostGIS incluyen operadores espaciales como operadores <, >; funciones de relación de objetos espaciales como operaciones de intersección, contiene y disjuntas; así como funciones de medición de objetos espaciales como área y distancia.” (Germinian & S.T., 2023b).

### SAAS

Es un modelo de entrega de software en el que proveedores externos entregan software a múltiples usuarios a través de Internet como un servicio en lugar de como un producto. Las ventajas de este enfoque incluyen la ejecución automatizada, la seguridad, la administración eficiente de recursos compartidos en tiempo de ejecución y la necesidad de desarrollar el software solo una vez. Esto permite a los proveedores llegar a una amplia base de usuarios en el mercado de pequeñas y medianas empresas.(Aleem et al., 2021).

### Sistemas operativos para móviles

Un sistema operativo móvil es una relación dinámica entre el hardware y el usuario, que se encarga de administrar procesos básicos del dispositivo, además de permitir el uso de diversos recursos y proporcionar al usuario o desarrollador las herramientas e interfaces adecuadas para realizar tareas informáticas. evitando los complejos procesos necesarios para implementarlos. (CHOQUE, 2019) Con la ayuda de los sistemas operativos, se explican las funciones multimedia de los dispositivos y su interacción con el usuario, lo que facilita la conexión inalámbrica y utiliza diferentes formas de trabajar e ingresar información en ellos. Algunos de estos sistemas operativos móviles más populares son:

Android, iOS, Windows Mobile, Symbian BlackBerry OS.

### Vercel

Vercel es una plataforma de nube unificada que permite a los desarrolladores implementar, administrar y escalar sus aplicaciones y sitios web. Vercel ofrece una amplia gama de funciones, como implementación automatizada, dominios personalizados asi como una amplia integración con servicios populares como GitHub, Slack y Zapier.

### Visual Studio Code

Visual Studio Code (también conocido como VS Code) es un editor de código fuente desarrollado por Microsoft. Se ha convertido en una de las herramientas más populares para desarrolladores de software y programadores debido a su enfoque en la productividad y la facilidad de uso.

A diferencia del entorno de desarrollo integrado (IDE) completo de Visual Studio, Visual Studio Code es un editor de texto liviano y altamente personalizable. Está diseñado para admitir una amplia gama de lenguajes de programación y proporciona características como resaltado de sintaxis, finalización de código, depuración integrada, control de versiones y una amplia gama de extensiones para ampliar su funcionalidad.(Fan et al., 2019)

Visual Studio Code es multiplataforma y está disponible para Windows, macOS y Linux. Es gratuito y de código abierto, lo que significa que cualquier persona puede descargarlo, usarlo y contribuir a su desarrollo a través de GitHub.

En resumen, Visual Studio Code es un editor de código fuente altamente popular y flexible que se utiliza para desarrollar aplicaciones y software en una amplia variedad de lenguajes de programación. (FLOREZ, 2022).

### WKB

Well Known Binary o binario conocido es una variante de WKT pero en forma binaria que permite una velocidad de proceso más elevada. (Vilches-Blázquez, 2011). WKB se puede describir como "un esquema para escribir una geometría de características simples en una matriz de bytes independiente de la plataforma, generalmente para el transporte entre sistemas o entre programas." (*Well-Known Binary*, 2023).

### WKT

Es una sintaxis o codificación estandarizada de ASCII que describe objetos espaciales en forma de vectorial, definido por el Open Geospatial Consortium (OGC) para representar sistemas de coordenadas e información geoespacial. Se utiliza ampliamente este formato para describir sistemas de referencia espacial así como objetos geométricos de manera textual y legible. Una amplia gama de objetos geoespaciales, incluidos puntos, líneas, polígonos y sistemas de coordenadas, se representan con WKT. (Jianzhi Tang et al., 2010).

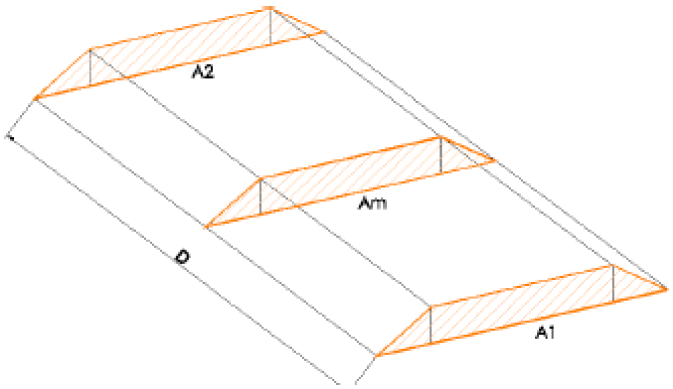
## 5.2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan las fórmulas usadas durante el desarrollo de los objetivos de este proyecto, cálculos fundamentales para la generación de los datos e interpretación de la herramienta creada.

### Cálculo de volumen

Para obtener un cálculo de volumen es necesario disponer de dos planos (terrenos) superpuestos, por ejemplo, un terreno inicial que se va considerar como terreno natural y otro modificado por la aportación de material (terraplén) o por la ausencia del mismo por efecto de una excavación (desmonte). (HUTOP TOPOGRAFIA DE ASTURIAS, 2020)

figura 1.Cálculo de volumen exacto, método perfiles




*Fuente:"topografia-asturias - Hutop."*

Se trata de calcular el volumen de terreno a extraer según el método de la fórmula exacta prismoide (figura. 1.CALCULO DE VOLUMEN EXACTO, METODO PERFILES), basado en un cálculo de una media del volumen entre áreas:

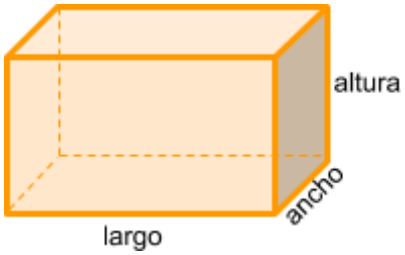
Ec.1 Volumen método prismoide

$$V = \frac{D}{6}(A1 + 4Am + A2)$$

### Cálculo de volumen por figuras geométricas

El volumen del cubo se calcula multiplicando sus tres lados como lo muestra la figura sería el largo ancho x altura.

Figura 2. Volumen del cubo




*fuente:(www.calcular volumen.com, 2020)*

## Volumen de un prisma trapezoidal

Se calcula el área de la base y se multiplica por su largo. En este caso la base del prisma trapezoidal es un trapecio por lo tanto se calcula el área del trapecio que lo forma. Es decir que finalmente se suma la base mayor y menor del trapecio y se divide en 2, lo siguiente es multiplicar el resultado por la altura del trapecio y finalmente se multiplica por el largo del prisma. (Calcular volumen, s.f.)

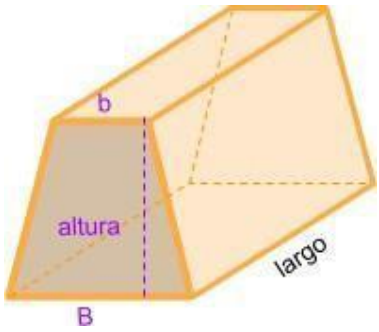
**Ec. 2. Volumen de prisma trapezoidal**

$$Volumen\ Trapezoidal\ =\ Área\ base\ *\ largo$$

**Ec. 3. Área base**

$$Área\ base: Aérea\ trapecio\ = \frac{B+b}{2} * Altura$$

Figura 3. Volumen trapezoidal




fuente: *(www.calcularvolumen.com, 2020)*

## Distancia euclidiana

Es un número real positivo que indica una separación entre dos puntos en el espacio donde se cumplen los axiomas y teoremas de la geometría de Euclides.

“Se define la distancia euclidiana d(A, B) entre los puntos A y B, ubicados sobre una recta, como la raíz cuadrada del cuadrado de las diferencias de sus coordenadas X” (Lifeder, 2022):

Ec. 4 Distancia euclidiana

$$d(A, B) = \sqrt{XB^2 - XA^2}$$

Esta definición asegura que: la distancia entre dos puntos (A y B) sea siempre una cantidad positiva.

## 5.3. MARCO REFERENCIAL

En el estudio de Senthil Kumar y Priya D. (2017), se utilizó una aplicación en tabletas que almacenaba y registraba información detallada sobre la mano de obra, como asistencia, salario, stock de materiales y gastos de construcción. Todos los detalles eran registrados mediante una firma electrónica, la cual también almacenaba información sobre quién y cuándo se firmaba. Este proceso asegura la integridad de los datos a lo largo de todo el proceso. La firma electrónica, propuesta como técnica de prueba segura, ofrecía un intercambio digital consistente, reduciendo el uso del papel y promoviendo la digitalización de los procesos.

En el trabajo de Wang, Ri, Liu y Zhao (2017), se empleó una cámara de iPhone junto con una aplicación personalizada para iOS, denominada D-Viewer, para la monitorización del desplazamiento estructural en 3D. Utilizando la técnica de correlación de imágenes digitales (DIC), la cámara del smartphone permitía rastrear un objetivo circular, determinando su desplazamiento en el plano, fuera del plano y en cualquier dirección dentro del campo visual. Este sistema se utilizó para verificar la verticalidad de los edificios y la calidad estructural dentro de las tolerancias establecidas. La viabilidad del método se verificó mediante experimentos estáticos y dinámicos, demostrando que los teléfonos inteligentes eran capaces de monitorizar desplazamientos con alta precisión en tiempo real, sin necesidad de un ordenador. Este enfoque proporciona ventajas en términos de bajo costo, conveniencia y eficiencia, haciendo posible su adopción en la práctica común.

En el estudio de Sosa Moreno (2017), el objetivo fue facilitar y estandarizar los procesos en la construcción mediante el uso de una aplicación móvil híbrida. Este enfoque buscaba reducir tiempos, minimizar errores humanos y acceder a información precisa que permitiera tomar decisiones oportunas y óptimas. El proyecto se centró en la implementación de un modelo de información denominado Building Information Modelling (BIM), el cual es un desarrollo avanzado de CAD (Computer Aided Design). El uso de BIM permite modelar

estructuras más complejas con mayor detalle y en dimensiones más grandes. A partir de los resultados, se concluyó que existen carencias en la adaptación de las nuevas tecnologías en la obra, pero se destacó la importancia de utilizar tecnologías móviles como un paso crucial para mejorar la comunicación durante la ejecución de proyectos de construcción. El seguimiento adecuado del flujo de trabajo y una ejecución eficiente contribuyen a minimizar fallas, cambios y la incertidumbre, lo que resulta en un mejor rendimiento en la gestión de la obra.

## 6. METODOLOGÍA

A continuación, se desarrollarán las fases metodológicas, procesos o procedimientos (*figura. 4.Esquema metodológico del proyecto.)* abordados en el proyecto para realizar la implementación de la aplicación móvil híbrida y geovisor para mejorar la entrega de reportes y avances de obras civiles lineales.

Figura 4. Esquema mitológico del proyecto




La metodología empleada para este proyecto busca la construcción de un aplicativo móvil que registre los datos de obras civiles lineales y visualizar la información capturada en campo por medio de un geovisor; además, realizar consultas de la información obtenida de la obra para cálculos de volúmenes, reportes y comparativos de los cronogramas iniciales estipulados y el avance de la obra civil lineal.

### Levantamiento de requerimientos:

Para el levantamiento de los requerimientos se hará uso de los procesos constructivos, el plan de obra, observación directa a partir de historia de usuario.

En esta fase de la metodología se busca dar respuesta al objetivo específico 1 planteado en el proyecto a través del proceso número 1 del flujograma (*figura. 4.Esquema metodológico del proyecto*).

En las obras lineales es necesario llevar un seguimiento de los avances diarios de obra, así como de novedades que puedan afectar los plazos proyectados.

Para estos seguimientos se hace uso de informes diarios, que indican las novedades durante la ejecución de la obra y se contrastan con la gestión de los tiempos pactados, estos informes se estandarizan para tener consistencia en la información (Harnisch, 2023).

En los planos de diseño de la obra se encuentra la siguiente información:

Abscisas: La Agencia Nacional de Infraestructura la define como: " una referencia de posicionamiento en un punto de la vía. Generalmente se menciona el Kilómetro (Km) de la vía donde se está ubicado."(Agencia Nacional de Infraestructura, n.d.), sin embargo es también usada como posición relevante en una línea de diseño en obras de alcantarillado, acueducto y/o instalación de redes para la localización de los elementos a instalar o la longitud de tramo a afectar en terreno así mismo como la cantidad de tubería a instalar. Al momento de empezar o durante la ejecución de una obra civil lineal esta es un elemento de posición clave para contrastar el avance de la obra vs lo indicado por los planos de diseño.

Diseño de la obra lineal: se encuentra de manera georreferenciada los tramos a ejecutar de acuerdo a los parámetros técnicos de la obra, según sea alcantarillado, acueducto, redes o vías, así como los elementos puntuales como cajas, cámaras, box culvert , y demás necesarios de acuerdo a las especificaciones técnicas convenidas contractualmente.

En los informes diarios se pueden evidenciar básicamente; las Novedades, las cuales se transmiten a interventoría y así mismo a la firma de diseños para avalar los cambios que se requieran siempre y cuando se vea comprometido drásticamente el tramo o exista afectaciones que redefinen el alcance de la misma, Avances y cantidades ejecutadas durante la fecha así como el registro fotográfico , todo ello con el fin de realizar los contrastes con los tiempos de planeación y evidenciar porcentaje de avance en la obra .

El almacenamiento y la construcción de esta información es digital CAD, se puede exportar a software SIG como qgis, Arcgis.

### Historias de usuario

- El director de proyecto de obras civiles lineales necesita una herramienta que le permita visualizar los datos topográficos más relevantes en tiempo real. Esta funcionalidad es esencial para esquematizar logísticamente el avance de la ejecución de la obra según lo planeado.
- El topógrafo en una obra civil lineal necesita una herramienta que le permita transmitir y guardar los datos y novedades que va ejecutando en los procesos de excavación, instalación y transporte de material. Esto es crucial para poder transmitir la información a los supervisores y jefes, así

como a cualquier persona que necesite saber cómo va el avance de la obra y tener evidencias del progreso.

Descripción:

La disponibilidad rápida y precisa de los datos topográficos es crucial para realizar los ajustes pertinentes y evaluar el avance de la obra. La falta de esta información de manera oportuna dificulta la evaluación del progreso, lo que afecta la toma de decisiones durante la fase constructiva.

**Análisis de requerimientos:**

En el levantamiento de requerimientos se realizó un análisis de lo identificado con las siguientes características:

### Cobertura:

#### Proyectos de Vías:

- Registro de información de cotas de terreno
- Registro de cotas de excavación
- Registro de anchos de excavación
- Registro de ancho del fondo
- Registro de abscisas

#### Proyectos de Redes, Acueductos y Alcantarillado:

- Registro de información de anchos
- Registro de profundidad
- Toma de fotografías
- Registro de abscisas
- Registro de novedades

#### Cobertura espacial

La recolección de datos, abarca toda obra civil lineal de tramos cortos o largos donde se desarrollen proyectos de vías, redes, acueductos y alcantarillado. Así como en zonas urbanas, rurales y áreas de difícil acceso donde se ejecuten estos proyectos.

#### Cobertura Temporal:

La recolección y actualización de los datos se realiza de forma continua durante toda la fase de ejecución de los proyectos. Esto garantiza que los datos sean actuales y precisos en todo momento.

### Cobertura de Datos:

Cobertura completa de los parámetros necesarios para los proyectos de vías, incluyendo cotas de terreno, cotas de excavación, anchos de excavación, ancho del fondo y abscisas.

Cobertura completa de los parámetros necesarios para los proyectos de redes, acueductos y alcantarillado, incluyendo anchos, profundidades, fotografías, abscisas y novedades.

### Cobertura de Usuarios:

La herramienta desarrollada será accesible para todos los involucrados en los proyectos, incluyendo topógrafos, ingenieros, supervisores y directores de proyecto. Esto asegura que todos los usuarios puedan acceder y utilizar la información recolectada para la toma de decisiones y supervisión.

### Cobertura de Proyectos:

La herramienta es aplicable específicamente a proyectos de vías, instalación de redes, instalación de acueductos y alcantarillado, asegurando su versatilidad al momento de ejecución de la obra civil lineal

## Alcances:

Desarrollo de Aplicación Web para captura de datos

Se realiza el modelo de casos de uso, entendiendo que es una representación entre una interacción típica de un usuario y un sistema informático y se utilizan para captar los requisitos funcionales del sistema.(Gutierrez, 2011). Para ello primero compilamos la información a la cual se debe trabajar y para ello se subdivide de acuerdo a su fin.

### Proyectos de Vías:

- Recolección de Datos Topográficos:
- Captura de cotas de terreno.
- Medición y registro de cotas de excavación.
- Determinación y almacenamiento de anchos de excavación.
- Medición y documentación del ancho del fondo de las excavaciones.
- Registro de abscisas a lo largo del tramo del proyecto.

### Proyectos de Redes, Acueductos y Alcantarillado:

- Recolección de Datos Específicos:
- Captura de anchos y profundidades de zanjas y excavaciones.
- Toma de fotografías en puntos críticos y de interés.

- Registro de abscisas relevantes a lo largo del tramo del proyecto o según requerimiento.
- Documentación de novedades y eventos relevantes durante la ejecución del proyecto.

Implementación de Herramientas geomática:

- Creación de una aplicación móvil y web para la recolección y transmisión de datos topográficos en tiempo real.
- Implementación de una base de datos para almacenamiento.
- Integración con un geovisor para la visualización de los datos recolectados.

Proceso de Validación y Actualización:

- Validación Continua de Datos
- Proceso de validación de los datos recolectados en campo.
- Actualización continua de la información en la base de datos y geovisor.
- Generación de reportes y comparativas de tiempos de ejecución respecto a los cronogramas planificados.

Limitaciones:

A partir de la versatilidad entra la app y el geovisor entender los datos que se pueden recolectar para así comprender que se va dar como evidencia por abscisa

Observaciones:

al momento que se requiera tener un procedimiento adicional, o al entender cómo se enlazara el almacenamiento de información y de cómo se debe hacer.

**Modelo de datos:**

Para la creación del geovisor y poder realizar la visualización de lo especificado según la obra y lo recolectado por la app web se necesita información geográfica en archivos de extensión Geojson el al ser una extensión del formato json,

Línea base del diseño de la obra (Tipo línea)

- Abscisa del diseño
- Coordenada de punto tomado en campo (tipo punto)
- Abscisa en la ejecución.

El geovisor adicionalmente enseñará una imagen base del territorio donde se observen los accidentes geográficos como vías, ríos, entre otros.

La información de la línea base del diseño de la obra será suministrada por la gerencia y/ o contratista de la obra realizando una transformación de un archivo .dwg a información espacial en formato geojson que pueda ser presentada en el

geovisor. Por otra parte, la información de la imagen base del territorio será proporcionada por default (la capa OSM).

A partir de una **Base de datos relacional** la cual es definida como “un tipo de base de datos que almacena y proporciona acceso a puntos de datos relacionados entre sí”(ORACLE, 2024) vamos a almacenar la información la cual será usada por la app web y el geovisor, en esta el geovisor tendrá los insumos brindados por la captura de la información en campo. Una base de datos relacional es un sistema que almacena y proporciona acceso a datos organizados en tablas. Cada fila es un registro único identificado por una clave principal y las columnas representan atributos de los datos. Este enfoque permite establecer relaciones entre diferentes conjuntos de datos, mejorando la integridad y coherencia de la información.

**La coordenada** de un punto tomada en campo corresponde a la información que suministrará el dispositivo según su posición geográfica dentro de la obra civil lineal, capturada por el usuario, esta información dará una correlación entre lo ejecutado y el diseño.

**Implementación de la aplicación y el geovisor.**

Explicar cómo se desarrolló, las tecnologías y el seguimiento en el desarrollo.

### Descripción de los softwares a utilizar

A continuación, se describe el software para la creación de la aplicación móvil híbrida y el software para la creación del geovisor.

#### Software aplicación móvil híbrida y geovisor

React.js es el framework escogido para el desarrollo de la aplicación móvil que da parte de la solución a este proyecto este usa Virtual DOM el cual “es un árbol de nodos que lista elementos y sus atributos y contenido como objetos y propiedades. El método render de React crea un árbol de nodos a partir de componentes React y actualiza este árbol en respuesta a mutaciones en el modelo de datos, causadas por acciones”(“Comparative Analysis of Angularjs and Reactjs,” 2016)

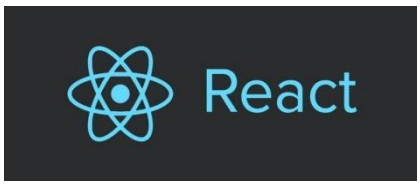



figura 4.logo de framework REACT

**Base de datos:**

Se usó como base de datos relacional en este proyecto la plataforma Supabase la cual es un servicio Backend-as-a-Service (BaaS) que permite crear y administrar aplicaciones utilizando bases de datos relacionales basadas en PostgreSQL y asi facilita herramientas para ejecutar consultas SQL además de autenticación de usuarios, gestión de almacenamiento, etc. Esta se integra fácilmente con las aplicaciones y maneja tareas backend comunes.

**Validación**

Asegurar que la herramienta cumple con los requerimientos cubiertos (ver tabla 1.1 análisis de requerimientos).

Se revisó la funcionalidad con un ejemplo el cual se implementará desde cero hasta la revisión de la información captada, este enfoque aseguró que la herramienta cumple con los requerimientos establecidos.

# 7. RESULTADOS

## 7.1. Levantamiento de requerimientos

El levantamiento de requerimientos está orientado hacia la identificación, análisis y documentación de las necesidades y expectativas de los usuarios o partes interesadas de un proyecto. Su objetivo es recopilar información clave para definir la funcionalidad de la app y el geovisor.

### Requerimientos

1. Almacenamiento y Registro en Campo.
   - 1.1. La app web es exclusiva para los usuarios de la obra.
   - 1.2. La app web permite el almacenamiento y registro de la información topográfica directamente en el campo.
   - 1.3. La app web discrimina el tipo de obra civil lineal que se está llevando a cabo (vías, acueducto, alcantarillado etc.).
   - 1.4. La app web documenta visualmente el avance por intervalos de abscisa y novedades
   - 1.5. La app web almacena en tiempo real los datos según el avance.
   - 1.6. La app web evidencia la posición geográfica al momento de estar capturando la información.
2. Gestión y Transferencia de Información

2.1. La información es gestionada de manera eficiente y transferida de forma organizada.

2.2. Almacenamiento eficiente de los datos captados.

2.3. Los datos son editables.

2.4. Se observa el avance mientras está en campo.

3. Visualización y Consulta de Datos

3.1. La app web se conecta al geovisor permitiendo la visualización de los datos geográficos insertados.

3.2. El geovisor evidencia el avance esperado vs el avance ejecutado

3.3. El geovisor ofrece la posibilidad de consulta de datos, generación de reportes y comparación de tiempos de ejecución con los cronogramas planificados.

3.4. El geovisor muestra el avance de obra espacialmente.

3.5. El geovisor indica fechas de avance ejecutado.

3.6. El geovisor imprime en pdf informes de la volumetría.

3.7. El geovisor imprime en pdf las cantidades instaladas.

4. Acceso y Usabilidad

4.1. La herramienta es accesible desde cualquier dispositivo con conexión a internet.

4.2. La interfaz es intuitiva y fácil de usar para los profesionales en campo y oficina.

5. Beneficios:

5.1. Toma de Decisiones Informadas.

5.2. Facilita la evaluación del avance de la obra y la comparación con los cronogramas planificados.

5.3. Optimiza la transferencia y visualización de información topográfica entre el campo y la oficina.

5.4. Aborda ciertos retrasos comunes en los proyectos de ingeniería civil lineal durante la labor topográfica mediante la implementación de una herramienta geomática personalizada

6. En el geovisor un usuario sube la información de diseño.

7. La herramienta geomática genera reportes de avance de obra.

8. El sistema permite conocer la ubicación del usuario durante la obra.

**Análisis de requerimientos:**

Tabla.1. Tabla análisis de requerimientos

| Requerimiento | Estado | Alcance | Limitación | Observación |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Cubierto | Se almacenarán datos en cada abscisas, observaciones y de la obra lineal. | Se almacenan datos puntuales como anchos en rasante,excavación, fotografía, coordenada, profundidad. | En redes, acueductos y alcantarillado , a diferencia de vías se toman datos para volumetría como anchos y profundidad. en vías se toman cotas de rasante y de excavación. |
| 1.1 | Cubierto | Almacena datos para cálculos de volumen distancia de instalación | sin limitación | |
| 1.2 | Proyectado | Las cotas de rasante y subrasante | Solo se toman en vías para las otras obras solo se toma datos esenciales para cálculos de volumetría e información de avance | Por el tiempo de desarrollo no es factible tomar en cuenta este requerimiento. Sin embargo, estará proyectado para la siguiente versión del aplicativo. |
| 1.3 | Cubierto | Discrimina 4 tipos de obras civiles: vías, instalación de redes acueducto y | Sin limitación | No es para las PETAR ni PETAP |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | alcantarillado | | |
| 1.4 | Cubierto | Almacena fotografías | Sin limitación | |
| 1.5 | Cubierto | transfiere a la plataforma supabase | conexión a internet en el dispositivo | |
| 1.6 | Cubierto | almacena el dato geográfico | Sin limitación | Entender las exactitudes y precisiones que un celular maneja son diferentes a equipos GNSS |
| 2 | Cubierto | Toda la información necesaria para la gestión topográfica en oficina | Se almacena datos puntuales como anchos en rasant,en excavación, fotografía, coordenada, profundidad, | En redes, acueductos y alcantarillado , a diferencia de vías se toman datos para volumetría como anchos y profundidad. en vías se toman cotas de rasante y de excavación. |
| 2.1 | cubierto | Datos tomados visibles en tablas | Sin limitación | |
| 2.2 | cubierto | Almacenamiento eficiente de todos los datos captados | Sin limitación | Todos los datos captados suben a la bd relacional de la plataforma supabase que previamente fue organizada. |
| 2.3 | cubierto | Editar datos | Solo en la plataforma supabase. | Entender que la información de quien capta es visible para quien opera en oficina, aunque se puede eliminar y volver a |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | tomar los datos |
| 3 | cubierto | Todo lo captado en la ejecución de la obra civil lineal sea visible en la oficina. | -Conexión a red de internet en el dispositivo.<br>-Solo en el geovisor. | Se almacenan datos puntuales como anchos en rasante, excavación, fotografía, coordenada, profundidad. |
| 3.1 | cubierto | Conexión entre la app en campo y el geovisor | Conexión a red de internet en el dispositivo | Juntas trabajan a partir de la misma base y la una se alimenta de lo captado en campo |
| 3.2 | cubierto | Comparar los tiempos proyectados con los tiempos ejecutados | Sin limitación | Se visualiza las fechas y se observa las diferencias en tiempo. |
| 3.3 | cubierto | Visualizar el día a día de la ejecución de la obra civil. | Solo en el geovisor. | |
| 3.4 | cubierto | Visualizar los avances de ejecución. | Solo en el geovisor. | |
| 3.5 | cubierto | Visualizar las fechas de ejecución | Solo en el geovisor. | |
| 3.6 | Proyectado | Imprimir pdf de las cantidades | No imprime sin embargo se visualiza en el geovisor por abscisa | Por el tiempo de desarrollo no es factible tomar en cuenta este requerimiento. Sin embargo, estará proyectado para la siguiente versión del aplicativo. |
| 3.7 | Proyectado | Imprimir pdf de las | No imprime sin embargo se | Por el tiempo de desarrollo no |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | cantidades. | visualiza en el geovisor por abscisa. | es factible tomar en cuenta este requerimiento. Sin embargo, estará proyectado para la siguiente versión del aplicativo. |
| 4 | cubierto | Interfaz amigable | Conexión a red de internet en el dispositivo | |
| 4.1 | cubierto | cualquier dispositivo puede ingresar a la herramienta | Conexión a red de internet en el dispositivo | |
| 4.2 | cubierto | App y geovisor diseñados de facil manejo. | El geovisor debe ser administrado o usado por personal con capacidades y conocimientos técnicos. | |
| 5 | cubierto | Los datos capturados en campo se logran visualizar en el geovisor | Conexión a red de internet en el dispositivo | Se almacena datos puntuales como anchos en rasant,en excavación, fotografía, coordenada, profundidad, |
| 6 | cubierta | Cargar archivos de diseño y programación de obra | El archivo de diseño debe ser archivo .json y la programación de obra es una lista que se ingresa antes de iniciar la obra | Todo debe estar de acuerdo a los diseños y tiempos aprobados en las reunión y/o comités de obra |
| 7 | proyectada | Generar reportes en pdf de cada abscisa o novedad capturada en campo. | Solo muestra los datos capturados como parte de un menú de abscisas capturadas. | Por el tiempo de desarrollo no es factible tomar en cuenta este requerimiento. Sin embargo, estará proyectado para la siguiente versión del aplicativo. |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8 | cubierto | En cualquier sitio de la obra civil lineal. | las exactitudes y precisiones que un celular maneja son diferentes a equipos GNSS de alta precisión | El usuario siempre está con la localización (gps) del dispositivo activada. |

***Fuente Propia***

**Construcción del aplicativo y geovisor**

La herramienta geomática solo permite el almacenamiento y registro de la información directamente en el campo sin embargo se debe cargar el archivo json al geovisor para empezar a alimentarse a medida que la app capta información.

1. Se registra en la app como usuario nuevo
2. Se ingresa al menú que corresponda según la obra civil lineal
   - *2.1. Reporte obra (acueducto, alcantarillado, red)*
   - *2.2. Reporte vías*
3. Se crea el nombre del proyecto en *new,*
4. *S*e ingresa los datos solicitados
5. Se ingresa al geovisor y se registra como usuario nuevo
6. Se ingresa los cronogramas de obra planeadas en el menú cronograma
7. Se importa los datos de la recogida por la *app*
8. Se ejecuta las consultas requeridas esta arrojará reportes de cronograma de obra planeada y cronograma ejecutada, según abscisa de avance dará reporte de volumetría (valores m3), porcentajes ejecutados, porcentajes faltantes, reporte de datos tomados en campo, datos de elementos en obra.
9. Los resultados arrojados por el aplicativo se mostrarán en la cartografía del geovisor con alertas tipo popups, acompañado de las fotografías.
10. Los usuarios tendrán acceso a la información del geovisor.

## 7.2. Diseño

En esta etapa se revisó un conjunto de aquellas demandas y exigencias que se esperan que ejecute la app, por ello se realizó el debido escrutinio de las variables idóneas que servirán de insumo al geovisor y los detalles e información que este mostrará y así estructurarlo posteriormente.

### Diseño conceptual y lógico

Las variables de la aplicación  correspondiente a los reportes en campo.

**Tabla 2. Variables para usar en la app.**

| Variables | tipo | Descripción |
|---|---|---|
| *tabla1: ingreso* | | |
| *usuario* | | cedula de un usuario ya registrado |
| contraseña | | Encriptación alfanumérica que el usuario da para ingresar a la app |
| creación de usuario | | Inicia el menú de *creación de usuario* |
| | | *creación de usuario* |

| | | |
|---|---|---|
| cedula | | Numero de cedula que identifica como único al usuario, funciona como id. |
| nombre | | Nombre y apellido del usuario |
| contraseña | | Encriptación alfanumérica que el usuario da para ingresar a la app |
| correo | | Correo del usuario para hacer llegar el link de activación |
| | *menú* | |
| 2.1 Reporte Obra | | Inicia el menú para los reportes de obra civil lineal tipo; alcantarillado, acueducto, red |
| 2.2 Reporte vía | | Inicia el menú para los reportes de obra civil lineal tipo Vía |
| cerrar sesión | | Cierra la aplicación |
| | *2.1.1 new: proyecto nuevo* | |
| id | entero | Número automático dado al momento de abrir el proyecto |
| nombre | enum | Se digita el nombre del proyecto en el que se está laborando |
| fecha y hora | date | Dato que se genera automático por el celular |
| tipo | texto | Específica si la obra es acueducto, alcantarillado, redes |
| diámetro tubo | entero | se indica el valor del diámetro de la tubería que se instala, valor en pulgadas |
| km dato *entero* | entero | Indica el valor en número natural del kilómetro en el que se está trabajando |
| distancia (m) | float | indica la distancia en metros a la que se encuentra entre 0-999 metros |
| abscisa | texto | Concatena "km+distancia" creando ***k(km)+(distancia)*** |
| ancho arriba | decimal | distancia medida en campo en metros de borde a borde en la parte superior de la excavación |
| ancho abajo | decimal | distancia medida en campo en metros de esquina de fondo a esquina de fondo en la parte superior de la excavación |
| profundidad | decimal | Distancia vertical del eje de la excavación entre bordes al fondo de la excavación |

| | | |
|---|---|---|
| fotografía | | fotografía tomada en campo sobre la abscisa de trabajo |
| observaciones | texto | Se indica las diferentes novedades que se pueden encontrar, retrasos por desperfecto en maquinaria, clima, instalación de válvulas o construcción de cámaras |
| coordenada | geográfica | Dato de ubicación dado por el móvil. |
| guardar reporte | | Guarda el reporte en el móvil |
| siguiente reporte | | continua con el reporte en la abscisa o novedad siguiente |
| | *2.2.1 new: proyecto nuevo* | |
| id | entero | Número automático dado al momento de abrir el proyecto |
| nombre | texto | Se digita el nombre del proyecto en el que se está laborando |
| abscisa | entero | Se indica la posición k*n+m* en la que se está trabajando |
| tipo | texto | Especifica si es relleno de material o excavación. |
| talud (LD) | decimal | Especifica el talud que se lleva en la obra, se indicará como relación ej.: 1:2 o 1:1 en el lado derecho de la obra en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |
| talud (LI) | decimal | Especifica el talud que se lleva en la obra, se indicará como relación ej.: 1:2 o 1:1 en el lado izquierdo de la obra en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |
| cota TN (lado derecho (LD) | decimal | Especifica la cota que se toma en campo antes de iniciar trabajos, en el lado derecho de la obra en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |
| cota excavada o fill (LD) | decimal | Especifica la cota a la cual se excavó o fill(rellenó) en el lado derecho de la obra en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |
| cota TN (lado izquierdo (LI) | decimal | Especifica la cota que se toma en campo antes de iniciar trabajos, en el lado izquierdo de la obra en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |

| | | |
|---|---|---|
| cota excavada o fill (LI) | decimal | Especifica la cota a la cual se excavó o fill(rellenó) en el lado izquierdo de la obra en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |
| cota TN (eje) | decimal | Especifica la cota tomada en campo en el eje de la obra antes de iniciar trabajos en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |
| cota excavada (eje) | decimal | Especifica la cota a la cual se excavó o fill(rellenó) en el eje de la obra en sentido de la abscisa menor hacia la abscisa mayor |
| fotos | decimal | las fotos de la ejecución según la abscisa de reporte, vital para las novedades |
| observación | texto | Se indica las diferentes novedades que se pueden encontrar, retrasos por desperfecto en maquinaria, clima, instalación de válvulas o construcción de cámaras |
| ancho arriba | decimal | distancia medida en campo en metros de borde a borde en la parte superior de la excavación |
| ancho abajo | decimal | distancia medida en campo en metros, de esquina de fondo a esquina de fondo en la parte superior de la excavación |
| siguiente reporte | | Continua con el reporte en la abscisa o novedad siguiente |

***Fuente: propia***

### Modelo Casos de Uso:

Empezamos entendiendo la interacción entre usuario y sistema al momento de: autenticación de usuario, creación del proyecto y la creación del reporte, para la app usada en campo y el geovisor

Autenticación de usuario

Para iniciar el uso de la aplicación así como el geovisor se realiza un proceso de confirmación de identidad el cual consta de el usuario ingresar datos , luego el sistema los valida y envía un correo a la dirección que este estableció para que el usuario ya pueda obtener el ingreso.

*Figura 6.Casos de uso, autenticación*

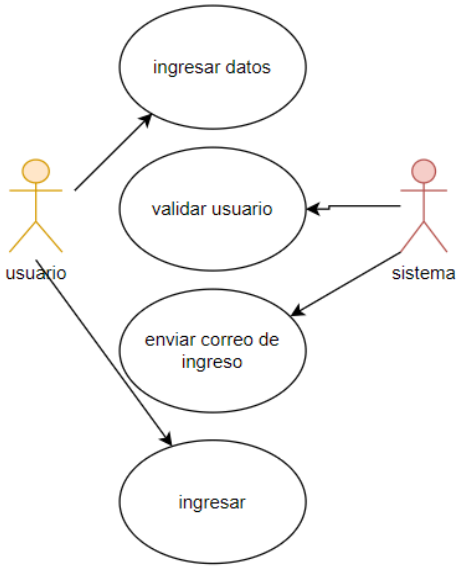


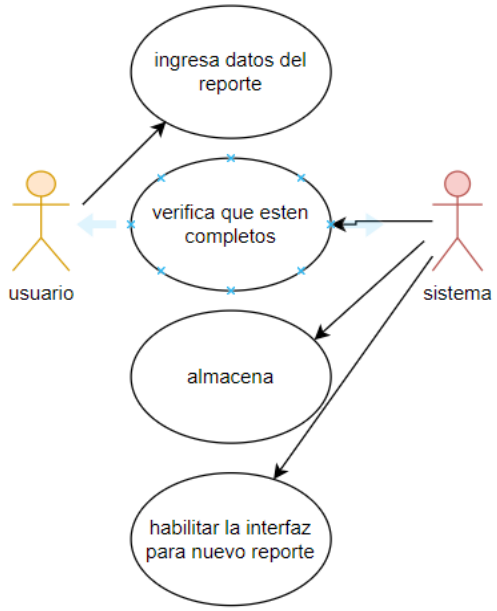

*Figura 7.Casos de uso, creación del proyecto*



En el geovisor, primero se ingresan los datos del diseño, como las fechas correspondientes. Luego, el usuario procede a introducir la geometría lineal. Inmediatamente, el geovisor valida la información para asegurarse de que sea una geometría lineal y que el archivo esté en formato JSON. Posteriormente, el usuario adjunta las abscisas, que deben ser de geometría tipo punto. El sistema valida esta geometría, confirma los datos proporcionados por el usuario y, finalmente, el geovisor almacena toda esta información.

Captura del reporte

*Figura 8.Casos de uso, creación del reporte*




Esta se opera en campo y se capta la información por parte de usuario, luego la aplicación verifica que los campos que se soliciten estén diligenciados, luego los almacena y habilita al usuario continúe con los reportes.

**Modelo relacional:**

Estructuramos los datos en una base de datos relacional. En este modelo, los datos los representamos en tablas en supabase, y las relaciones entre estos datos se gestionan mediante claves primarias y foráneas.

## Modelo relacional para captura de datos vías

*Figura 9.Modelo relacional para captura de datos vías*



## Modelo relacional para captura de datos redes,acueducto, alcantarillado

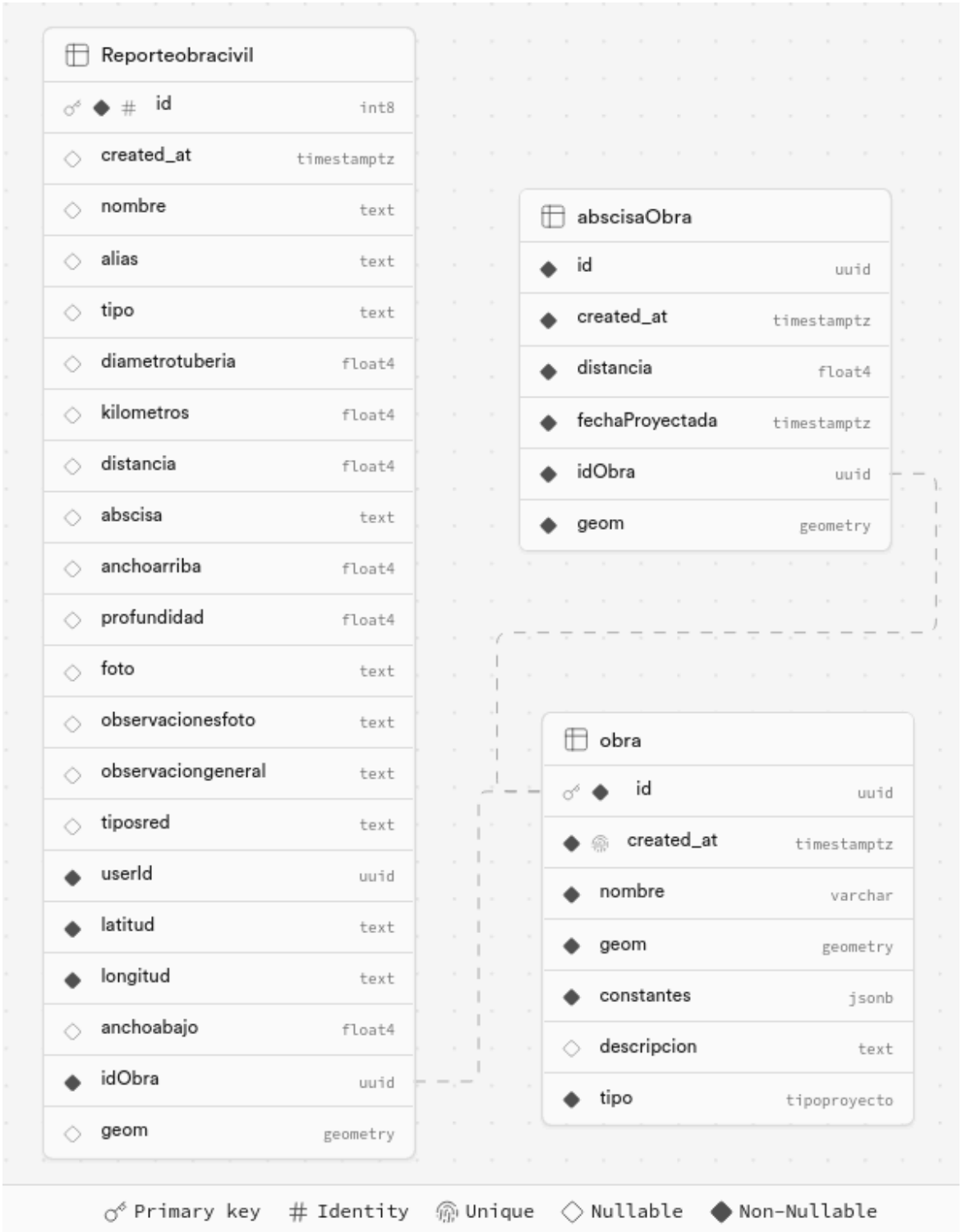



*Figura 10.Modelo relacional para captura redes alcantarillado, acueducto.*

*Figura 11.Modelo relacional para captura de datos, tipo de obra*

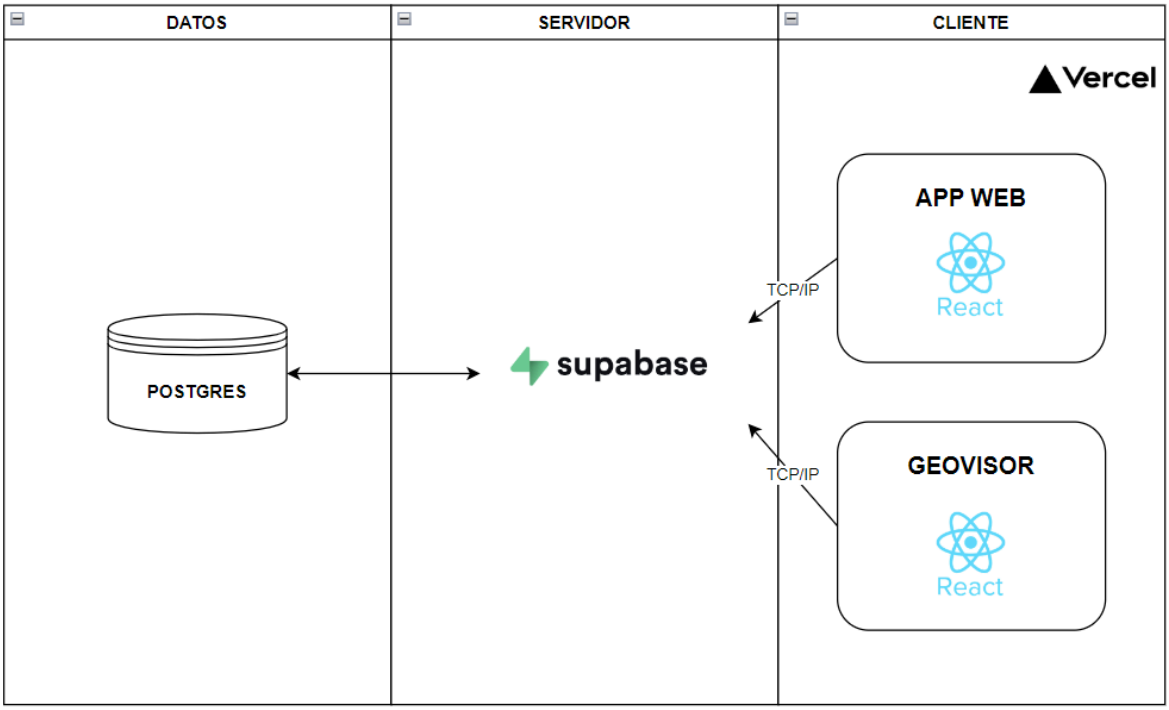
| Schema | Name | Values |
|---|---|---|
| public | tipoproyecto | Acueducto, Alcantarillado, Electricidad |

*Enum para tipos de proyectos con opciones cerradas*

**Implementación:**

## Diseño de la arquitectura

*Figura 12. Arquitectura cliente servidor*



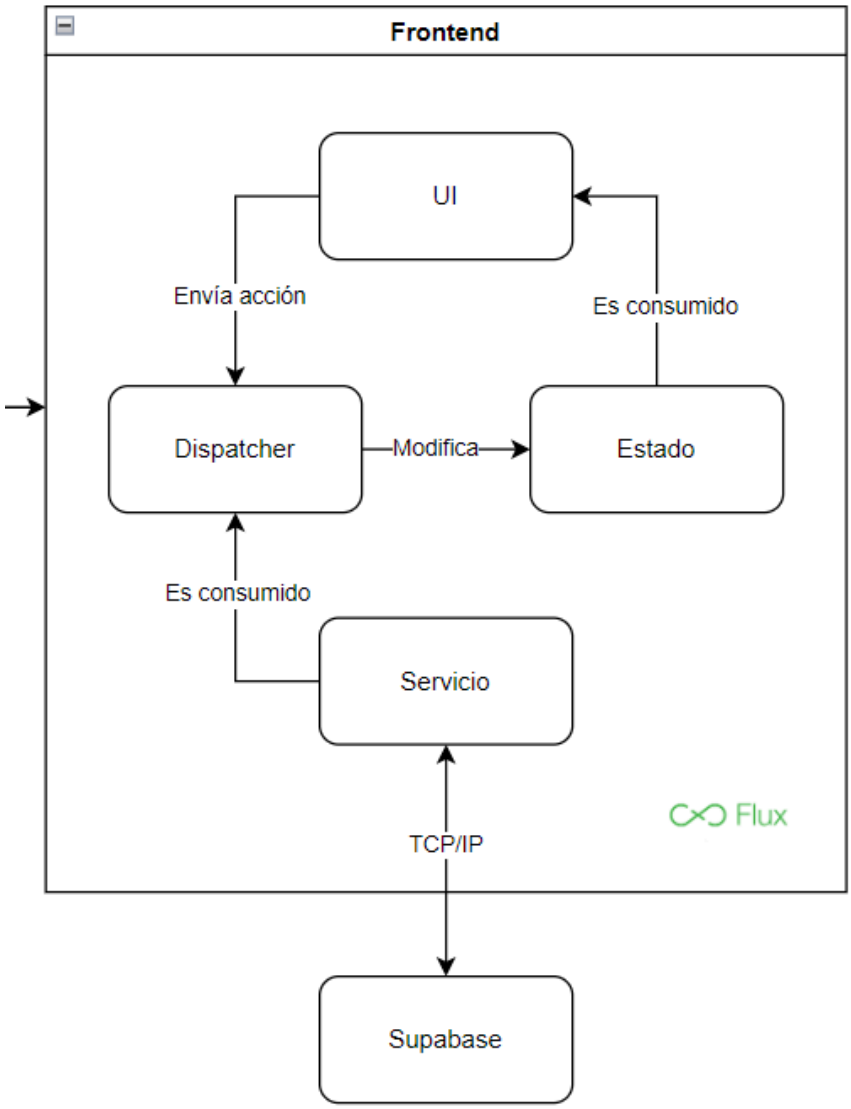

Fuente: propia

Tanto el aplicativo para captura de datos como el geovisor fueron creados con la plataforma React y estos a su vez usan la misma plataforma (supabase), que expone un servicio alrededor de una base de datos postgres.

supabase ofrece una librería de conexión que facilita la consulta de datos, la cual permite protocolos de comunicación TCP/IP y webSockets, esta última para

conexiones en tiempo real. Para esta app no se tuvieron en cuenta conexiones en tiempo real.

*Figura 13. Arquitectura en el frontend*




Fuente: propia

Las aplicaciones en el frontend implementan el patrón Flux, recomendado en las aplicaciones creadas con React. Consiste en manejar un flujo de datos unidireccional, que inicia desde el estado como la única fuente de la verdad hasta los elementos de la interfaz gráfica. Las modificaciones realizadas en el estado se

realizan mediante un dispatcher, el cual recibe una acción y los datos necesarios para actualizar el estado. Cuando el estado es actualizado los componentes de la interfaz gráfica que se encuentren suscritos a dichos cambios, modificarán su presentación.

Los componentes de servicio en la aplicación se encargan de la comunicación con la fuente de datos externas, en este caso con Supabase.

### Diseño de la interfaz de usuario:

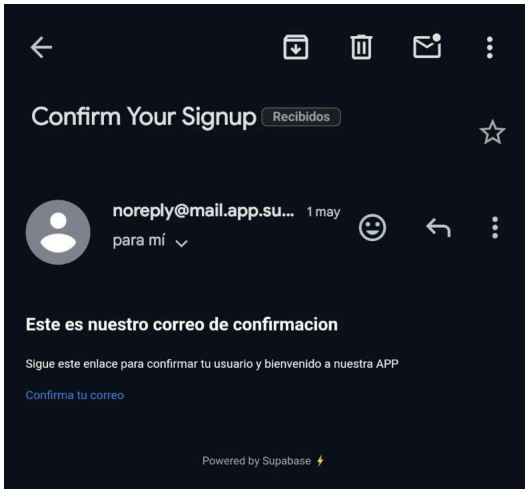
La app web fue desarrollada en *React* se conecta a *supabase* con las variables de entorno las cuales funcionan como firmas únicas de cada computador y esta mediante GitHub se conecta a *vercel* el cual nos pide las variables de entorno por aparte y nos permite al final dejar funcional nuestra app web, al iniciar nos pide la autenticación como lo muestra la figura 6 luego ella se remite al correo suministrado enviando un link el cual te permite ingresar.

### Flujo de uso

El usuario ingresa a la aplicación web, va a *crear cuenta nueva* se registra con su correo, el sistema envía el link de acceso a su bandeja de entrada, el usuario usa el link, el sistema valida el token de acceso del link y si es correcto redirecciona al usuario a la appweb, de lo contrario lo redirecciona a la página del login. App web usada en la recolección de datos en campo. (https://app-reportes-rho.vercel.app/)

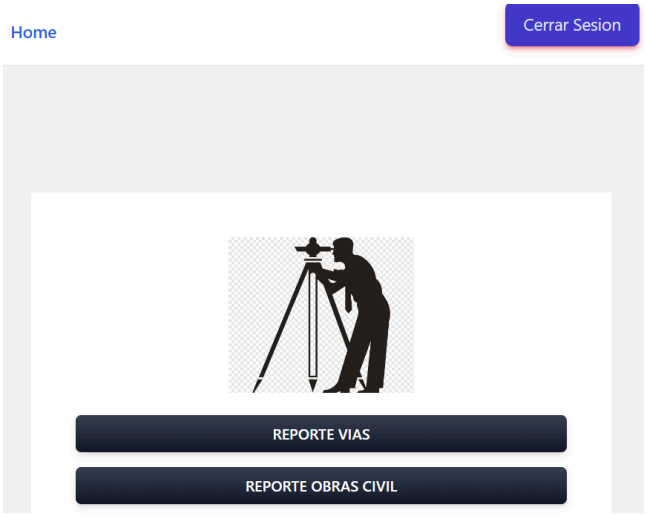
*Figura 14. registro e ingreso*



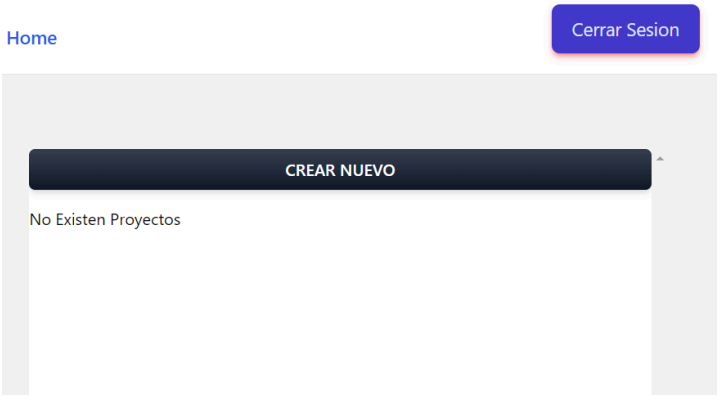
Luego escogemos la actividad a realizar la cual puede ser *reporte de vías* o *reporte de obras civiles* como lo indica la figura 7. Escoger actividad

*Figura 15. Escoger actividad*



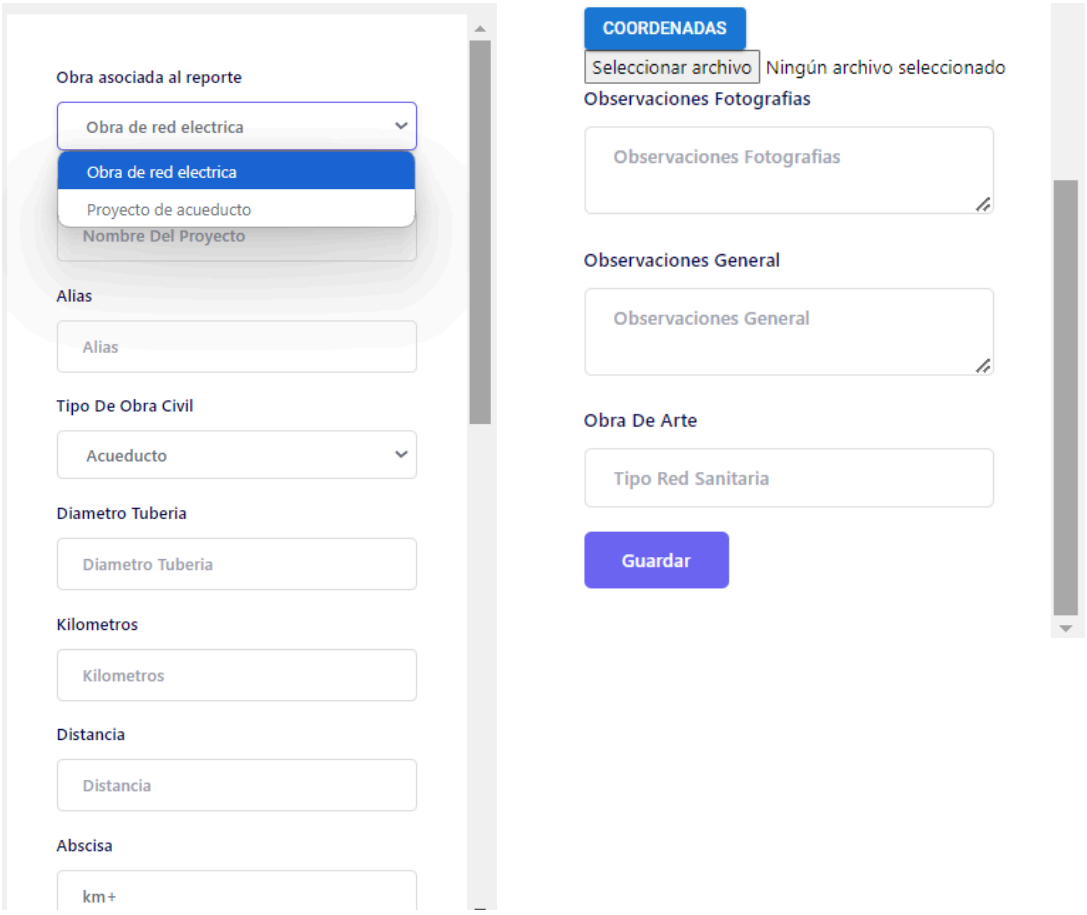

Ahora si escogemos reporte de vías aparecerá la siguiente pantalla:

*Figura 16. crear proyecto*




En la cual crearemos el registro de la abscisa trabajada, así ingresando la información empezamos a dar formato a nuestro trabajo. por cada abscisa o anotación por alguna novedad durante la ejecución de obra se debe crear un nuevo proyecto.

Figura 17.Ingreso de datos; El proyecto ya está cargado en el geovisor.




Y así sucesivamente con las abscisas trabajadas o eventos a ir guardando dentro de la obra, adicional se puede ver lo capturado en obra.

*Figura 18. Abscisa guardada:* se guarda como prueba cuando se da en detalle, esta muestra los datos ingresados en la abscisa. en el ejemplo lo llamamos prueba.

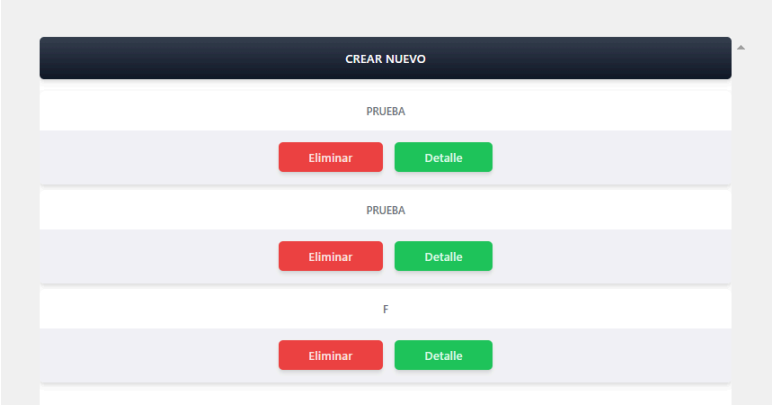
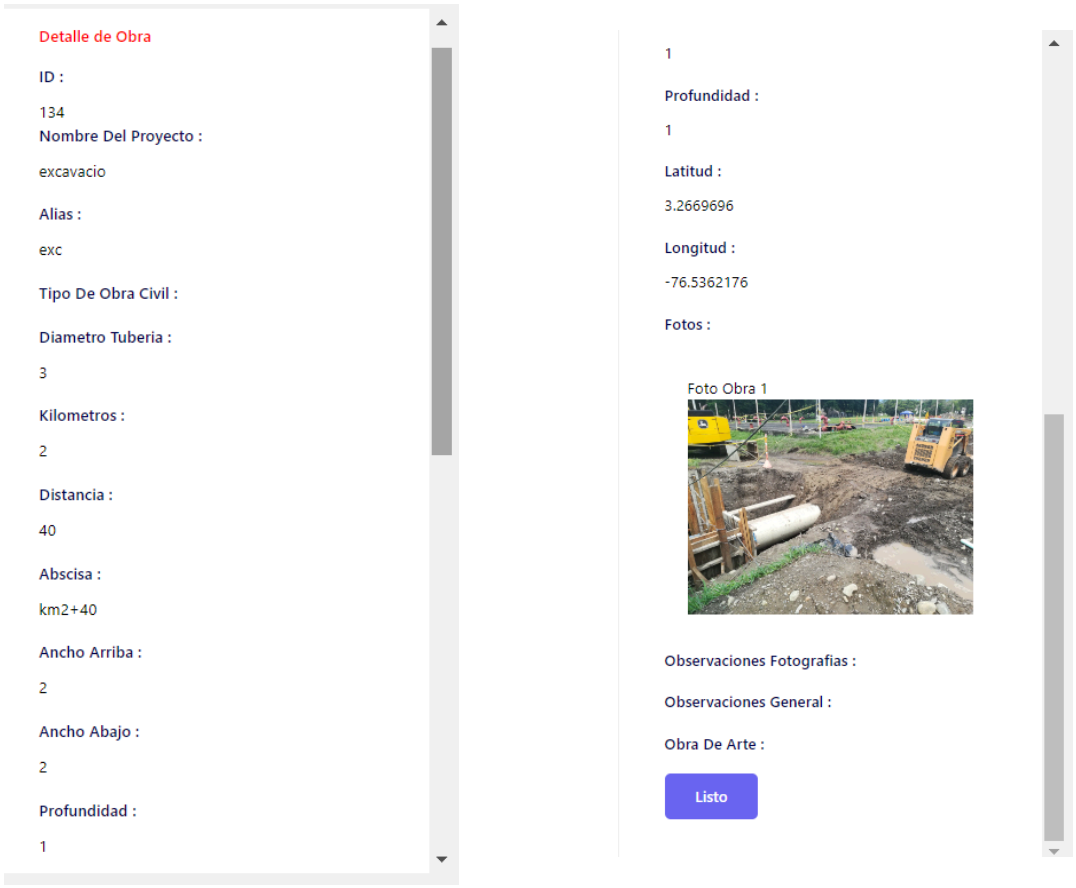


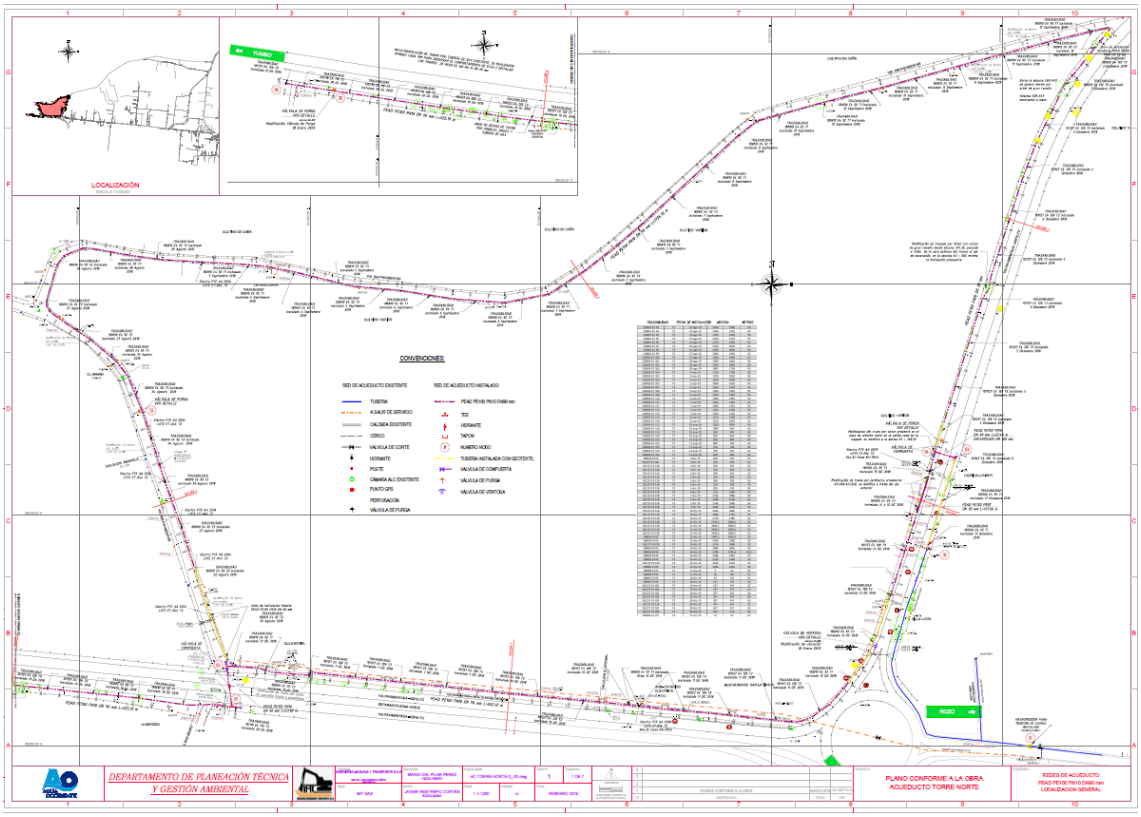
*Figura 19. Ingreso a detalle.; Se evidencia recolección de datos esenciales además el registro fotográfico*




**Validación de la herramienta en el Geovisor:**

Para iniciar la validación, se procede a un proyecto existente, para este caso es instalación y actualización de acueducto la tinaja, proyecto cuyo objetivo principal era la actualización de tubería existente. Ingresamos al geovisor para ello seguimos el siguiente flujo. (https://geovisor-chi.vercel.app/geovisor)

*Figura 20. Plano de obra para pruebas de validación.*



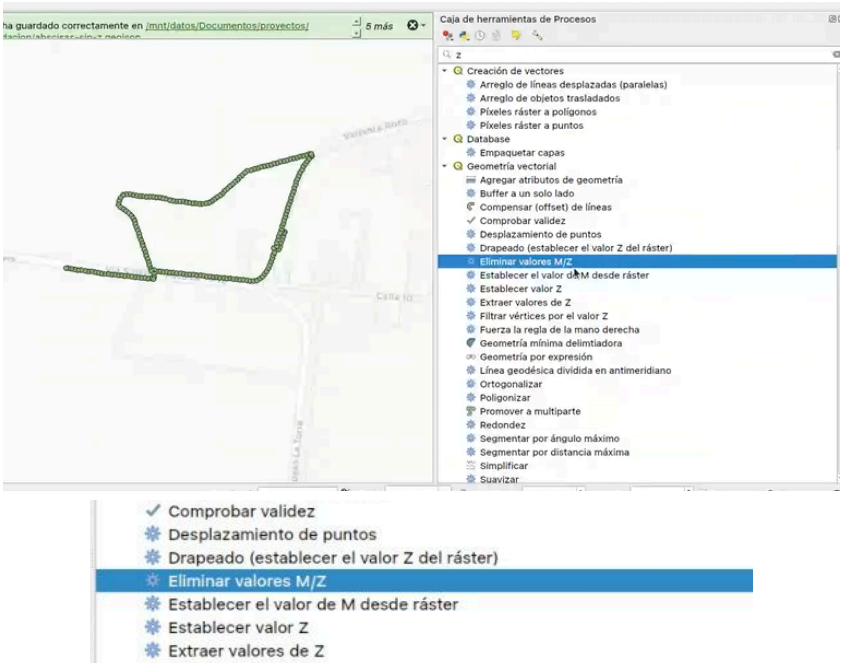

El archivo dwg suministrado debe ser exportado a tipo shp.

- línea de diseño por donde se hará el cambio de la tubería
- los puntos de las abscisa
- los textos que indiquen las abscisas y demás relevantes

Estos archivos se deben visualizar en un software de geoprocesamiento, se usa versión libre *qgis 3.28 firenze.* Al archivo con geometría de línea se le debe realizar procesos de topologías, debido a que esta debe ser continua y a no tener inconvenientes al momento de cargar en el geovisor al ser exportado en formato json.

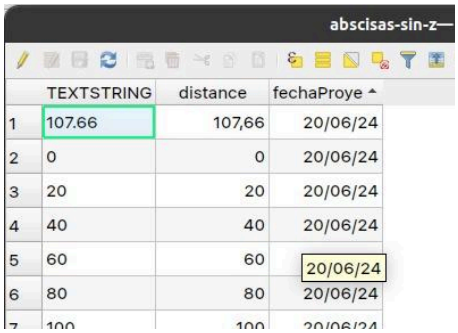
A la geometría tipo punto se le realizó la eliminación de alturas que en ocasiones el archivo dwg, lleva al exportar. se evidencio que la altura debe ser cero.

*Figura 21. eliminación de altura (z) al archivo de geometría tipo punto.*




En la tabla de atributos de la geometría tipo línea, se debe ingresar los tiempos de ejecución de para las abscisas, es decir ingresar las Fechas proyectadas con formato tipo fecha (ver figura 22), el uso de formato diferente solo causará que el proyecto no se pueda cargar al geovisor.

*Figura 22. digitar las fechas proyectadas*

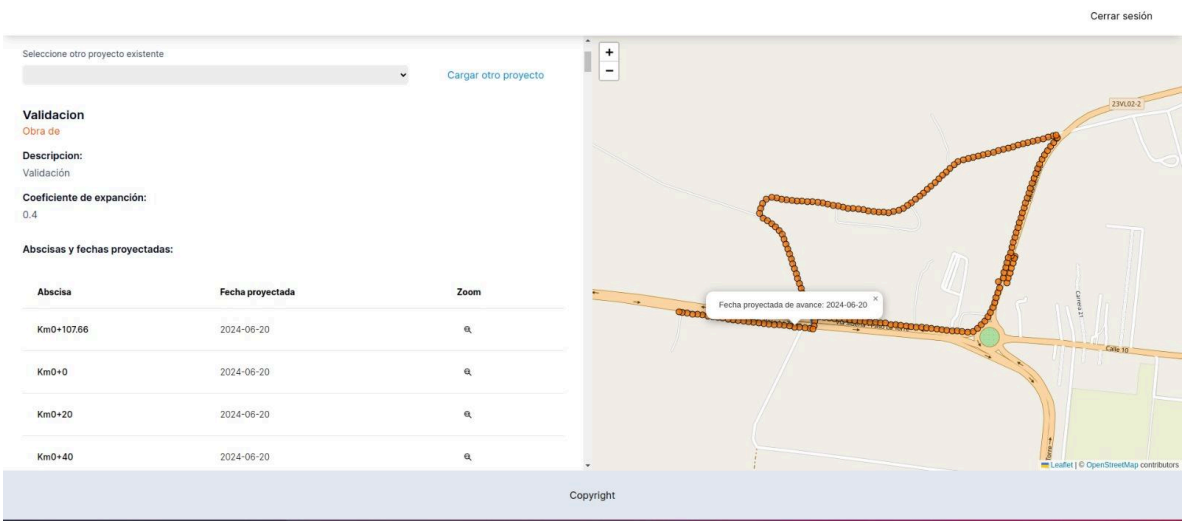



Al realizar las correcciones en autocad y las revisiones de topologías así como el ingreso y normalización de la tabla de atributos de las geometrías linea y punto, las guardamos en formato json y las cargamos al geovisor, no obstante el sistema de referencia para trabajarla en el geovisor tiene que ser EPSG 4326.

Al cargar estas capas al geovisor es revisamos la conexión a internet del dispositivo de captura y el sistema de referencia de las geometrías para no tener inconvenientes en cargar las capas en el geovisor.

*Figura 23. cargue del json al geovisor*




Inmediatamente cargue en el geovisor se ingresa a la app y revisar en proyectos que ya esté cargado y así ya empezar la captura de datos.

Esta es la parte más importante ya que sin el cargue del proyecto al geovisor la app no tiene como relacionar los datos por lo tanto no avanzara más allá de la autenticación.

*Figura 24. Proyecto cargado en la app para captura*

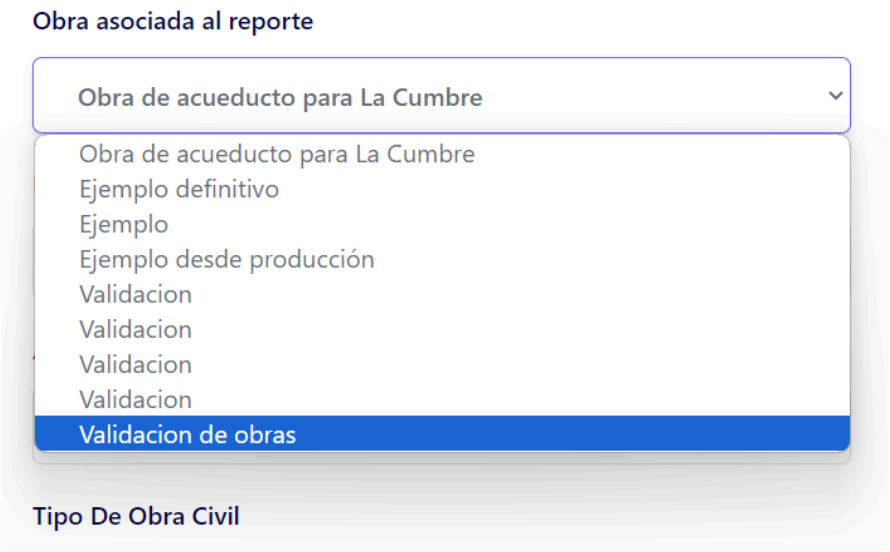



*Figura 25. Vista del geovisor con el proyecto cargado*

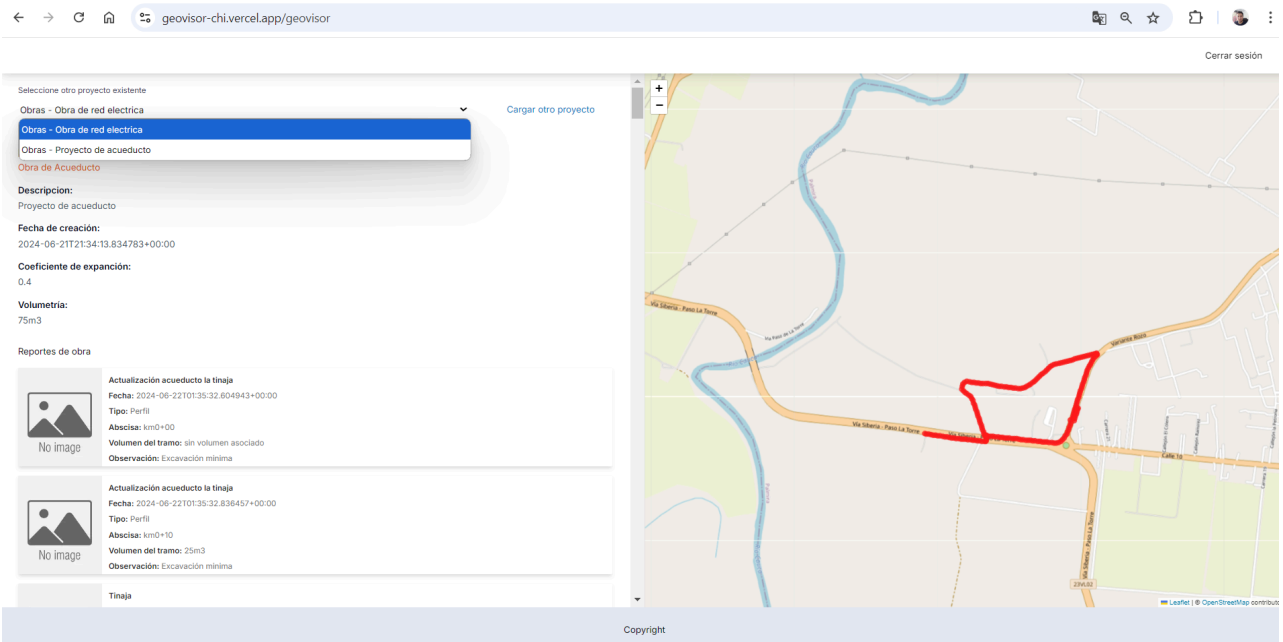
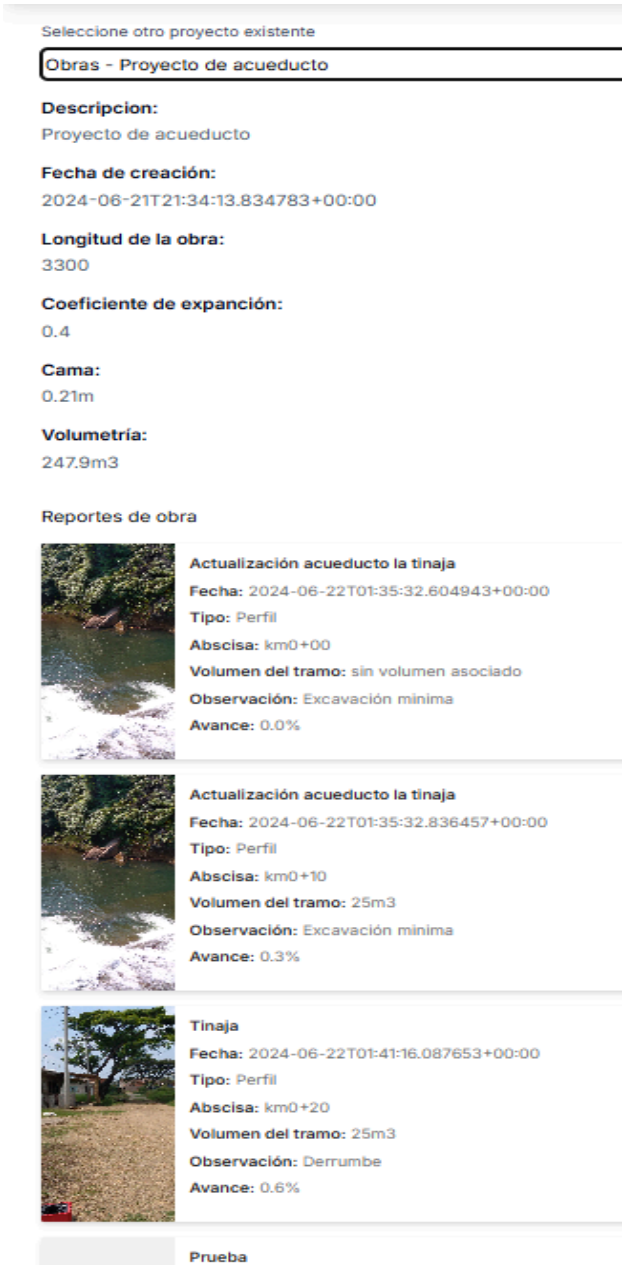


*Figura 26. Datos de abscisa tomada en campo vista en el geovisor:*
*el cálculo del volumen es automatico, esta toma el área de la abscisa y lo multiplica por la diferencia de distancia*



## 8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Senthil Kumar y Priya D (2017):
Senthil Kumar y Priya D (2017) presentan una aplicación para tabletas que captura detalles laborales, incluidos salarios, existencias de materiales y gastos de construcción, resaltando la importancia de la digitalización y la integridad de los datos mediante firmas electrónicas geoetiquetadas. De manera similar, esta herramienta enfatiza la digitalización y la fiabilidad de los datos, aunque enfocándose en la recopilación de información topográfica y de construcción, como el ancho, la profundidad, cota del terreno, que se está ejecutando entre abscisas. Basándose en este trabajo, se podría explorar la fusión de etiquetas geográficas para autenticar la precisión de los datos en el momento de su captura. No obstante, es importante considerar que su aplicación está más orientada a la visualización y correspondencia de datos que a la obtención de información con alta precisión y exactitud.

N. Wang, K. Ri, H. Liu and X. Zhao (2020):
Un ejemplo de cómo la tecnología móvil puede proporcionar alta precisión y productividad con una aplicación adaptada a iOS se ilustra en el caso de uso de monitoreo de desplazamientos estructurales 3D mediante correlación de imágenes digitales. Si bien no empleamos modalidades de imágenes sofisticadas, nuestra herramienta aprovecha las plataformas móviles para la adquisición y visualización de datos geoespaciales, una estrategia que ha demostrado ser exitosa. En una situación en la que se busca validación, respaldar los teléfonos inteligentes para tales tareas resalta la practicidad y eficiencia (particularmente en lo que respecta al costo y la facilidad) de nuestra innovación.

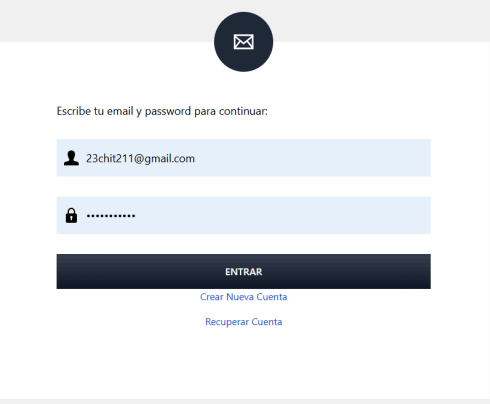
Sosa Moreno, D. (2017):
La implementación de una aplicación móvil híbrida para estandarizar procesos y reducir errores humanos son el enfoque de Sosa Moreno (2017); sin embargo, su aplicación varía según el propósito del proyecto. Mientras que nuestra herramienta busca optimizar la comunicación y gestión en la ejecución de obras, proporcionando datos en tiempos cercanos a la inmediatez, el trabajo de Sosa Moreno se centra en la integración con un modelo de información BIM. En comparación, BIM está orientado a proyectos con diseños complejos y construcciones puntuales, mientras que nuestra aplicación prioriza la transferencia eficiente de datos esenciales y evidencias en obra, adaptándose a las necesidades operativas del proyecto.

Resultados

El enfoque abordado en el proyecto de grado fue el desarrollo de una herramienta que mejora la transferencia de datos topográficos en obras civiles lineales. Esto implicó la creación de una aplicación móvil y un geovisor, que visualiza en tiempo real, la información captada en campo durante la ejecución de la obra civil lineal. El diseño y desarrollo de la herramienta buscó capturar y mostrar información clave durante los procesos de excavación e instalación, procesos necesarios para los proyectos en que se enfoca.

La herramienta desarrollada para la gestión de obras civiles lineales integra dos aplicaciones web complementarias diseñadas para mejorar la eficiencia en el monitoreo y seguimiento de proyectos de alcantarillado, acueductos, redes y vías. Estas aplicaciones son: la Aplicación de Reportes en Campo y el Geovisor ( ver figura 28 y 29 respectivamente) de Obras de Infraestructura Lineales. Ambas soluciones permiten la captura, validación y visualización de datos en tiempo real, facilitando el seguimiento preciso del avance de la obra.

*Figura 27. interfaz de inicio de la aplicación de reporte*

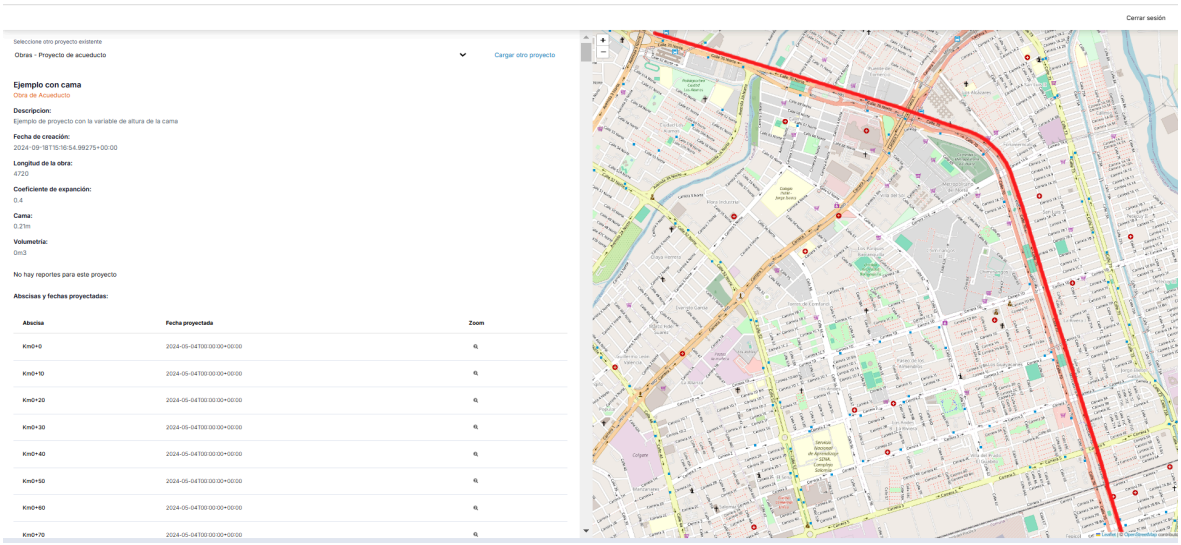



1. Aplicación de Reportes en Campo

Captura de Datos: La Aplicación de Reportes en Campo (app-reportes-rho), desarrollada en React y conectada a Supabase, tiene como objetivo facilitar la recolección de datos durante la ejecución de la obra. Con esta aplicación, los usuarios pueden registrar parámetros clave en cada abscisa, tales como el ancho, profundidad, cotas, fotografías y ubicación geográfica. Cada abscisa se ingresa

como un nuevo registro, con esto se prioriza el detalle del progreso y registro de novedades de la obra.

*Figura 28. interfaz de inicio del Geovisor*




Flujo de Uso y Autenticación: El proceso inicia con el registro y autenticación de los usuarios mediante un enlace enviado a su correo electrónico ( véase pág 50 *flujo de uso*). Una vez autenticado, el usuario selecciona la actividad correspondiente; *reporte de vías* o *reporte de obra civil* y registra la información del proyecto utilizando el formulario. Estos formularios contienen las variables explicadas en Modelo relacional para captura de datos redes,acueducto, alcantarillado pag 47.

2. Geovisor

La interfaz permite ver, por un lado, la información alfanumérica asociada al proyecto como el cronograma ingresado a partir del archivo geojson el cual indica el tiempo en para el que cada abscisa debe estar ejecutada, ya sea instalada la tubería o el avance de ejecución de la vía así como los cálculos de volumetría y su porcentaje de avance a la fecha, por otro, lado la representación espacial de la geometrías de la obra y los eventos. (líneas de base y las abscisas).Esta herramienta proporciona a los usuarios una visión del proyecto desde el punto de vista de la topografía, lo que facilita la toma de decisiones informadas sobre el avance de la obra.

La carga de archivos geográficos en formato GeoJSON y el cumplimiento de los requisitos del sistema de referencia EPSG:4326 son esenciales para el funcionamiento óptimo en la visualización geoespacial, después del tratamiento del archivo CAD. Además, se implementan procesos automáticos que calculan el volumen excavado o posibles relleno basados en las abscisas y teniendo encuentra la cama de protección de material y su porcentaje de expansión, lo que proporciona actualizaciones inmediatas sobre la volumetría y avance de la obra.

Impacto:

- El sistema implementado representa un avance en la gestión de proyectos de infraestructura lineal. La captura de datos y su transferencia resulta en una supervisión más eficiente, lo que contribuye a la organización y coordinación del proyecto y la logística para la toma de decisiones. Además, el geovisor facilita una comprensión clara del avance actual de la obra y compara el avance con el cronograma inicial , lo que ayuda a detectar posibles retrasos y/o cambios.

- El uso de la plataforma de almacenamiento Supabase (ver figura 29) Centralizó los datos tomados en campo y brindan soporte para los cálculos en el geovisor. La integración de imágenes y novedades directamente en el sistema también permite una documentación más completa y un análisis más detallado del avance de la obra, lo que es crucial para tomar decisiones rápidas y acertadas.

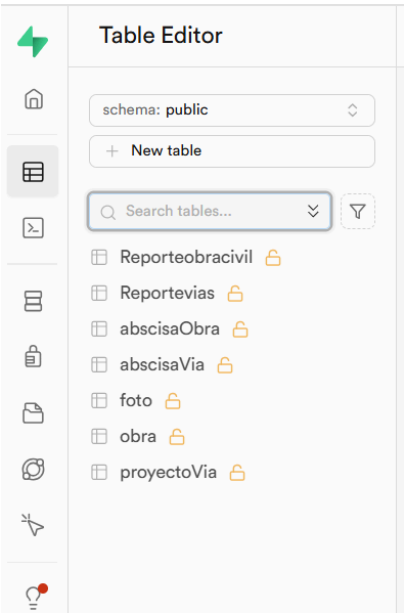



*figura 29. Tablas almacenadas en supabase*

Áreas a mejorar: La integración de salidas pdf como plantilla a partir de la información colectada ayudará para mejorar tiempos en redacción y ser insumos mas robustos para informes y/o reportes de obra.

# 9. CONCLUSIONES

El objetivo de la presente tesis era crear una herramienta capaz de optimizar la transferencia de datos durante la ejecución de una obra civil lineal, a partir de el desarrollo de una app y un geovisor los cuales logran captar y visualizar la información clave durante la excavación e instalación de 4 tipos de obras civiles (vías, instalación de redes, alcantarillados y acueductos), encontrando similitudes en la ejecución y así poder maximizar el uso de un objeto tan común como el celular, dinamizando las nuevas tecnologías al entorno constructivo.

El uso de esta herramienta consolida de manera más directa el almacenamiento de la información como ancho, profundidad, cotas terreno, cotas excavadas etc así como un registro fotográfico y de localización, en una base de datos organizada, teniendo muy en cuenta una necesidad de visualización y reporte del progreso de la obra civil.

Se comprende que faltan componentes a tener en cuenta como visualizaciones a otros formatos como también la disminución de pasos para la obtención de esta información con una entrega más robusta, sin embargo se logra vislumbrar requerimientos importantes en el paso a paso de la ejecución de las obras civiles para las que se implementó la herramienta, como lo son el comparativo de tiempos de obra vs ejecución por fecha, volumetría aproximada, datos que hacen la diferencia en la toma de decisiones al estar almacenados en menos tiempos y con detalle de localización.

Al validar la información, identificamos la necesidad de incluir la inserción de las cotas de subrasantes en la sección de la aplicación destinada al reporte de obras civiles. Esto es crucial porque, al instalar los agregados para proteger la tubería, se debe especificar la altura de relleno de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto. Basándonos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Internas de Acueducto y Alcantarillado (RAS 2000), que establece directrices para el relleno y protección de tuberías, esta funcionalidad nos permitiría calcular con mayor precisión el volumen de relleno por tramo.

La ejecución de una obra vial presenta diferencias significativas con respecto a proyectos de acueducto y alcantarillado. En el geovisor, es posible visualizar cálculos de volumen, % de avance de obra, sin embargo se entiende que este tipo de obra civil maneja una ejecución más técnica que se debe considerar agregar mejoras y sobre todo mostrar datos adicionales que den al usuario final una interpretación más clara y a detalle de la información relevante en el tramo de interés.

La posibilidad de visualizar de forma inmediata la información de volumetría por tramo ofrece un acceso expedito a un dato clave, lo cual impacta positivamente la

logística y el manejo de los recursos financieros de la obra. Esto contribuye a una planificación más eficiente y a la optimización de costos.

La adopción de las aplicaciones web permitió disminuir el tiempo de desarrollo de la app en el ambiente móvil, ya que se usaron las mismas herramientas y lenguajes de programación que en el geovisor así como una base de datos en línea cumpliendo de manera integral a un entorno menos complejo en la creación de la herramienta, lo cual beneficia a futuras modificaciones junto con las mejoras que claramente al pasar el tiempo pueden beneficiarla.

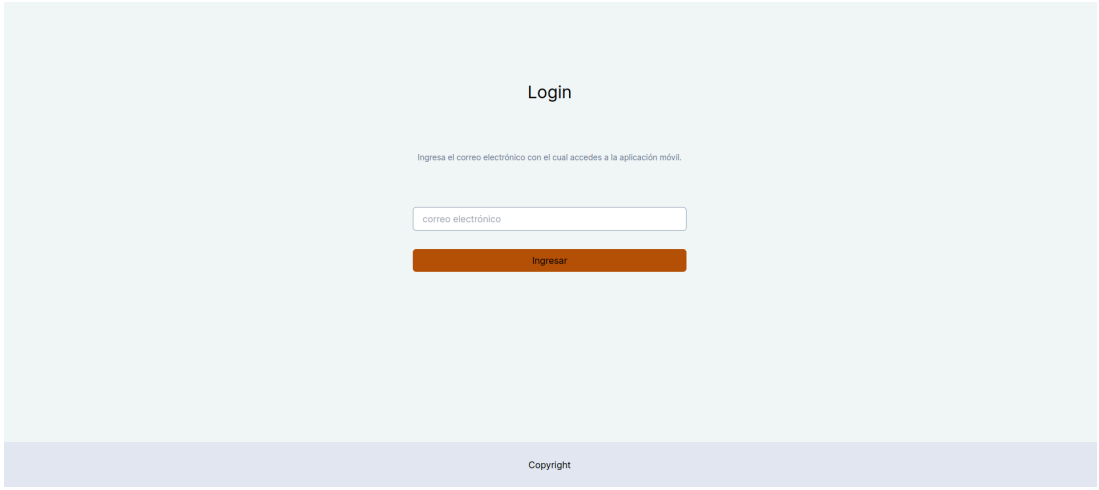
# Manual de usuario del Geovisor de Obras Lineales app-cr

V 1.0

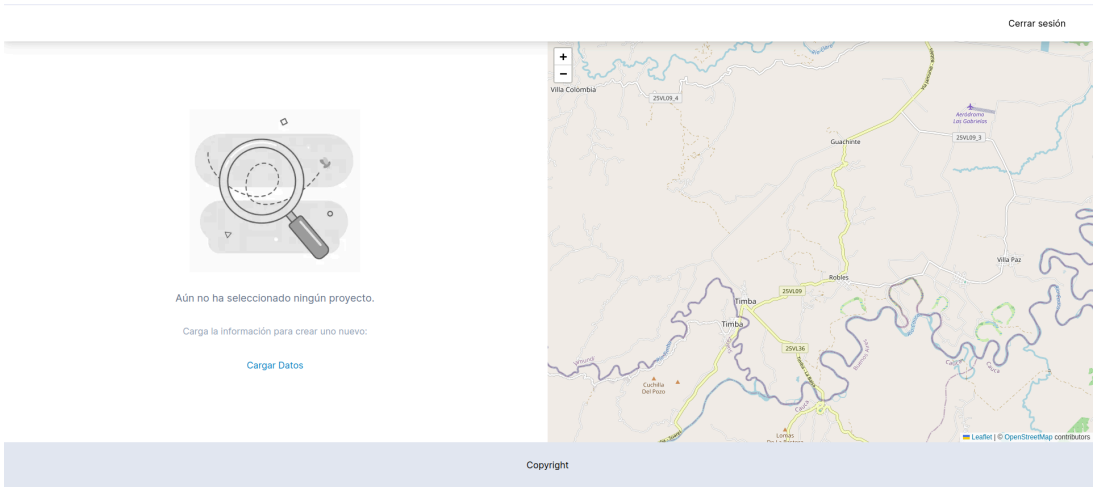
# Introducción al sistema

El **Geovisor de Obras de Infraestructura Lineales** es un portal web que permite la creación y visualización de proyectos de infraestructura lineal. Visualmente consta de dos pantallas:

## Pantalla de autenticación:




## Pantalla de visualización y creación de proyectos:



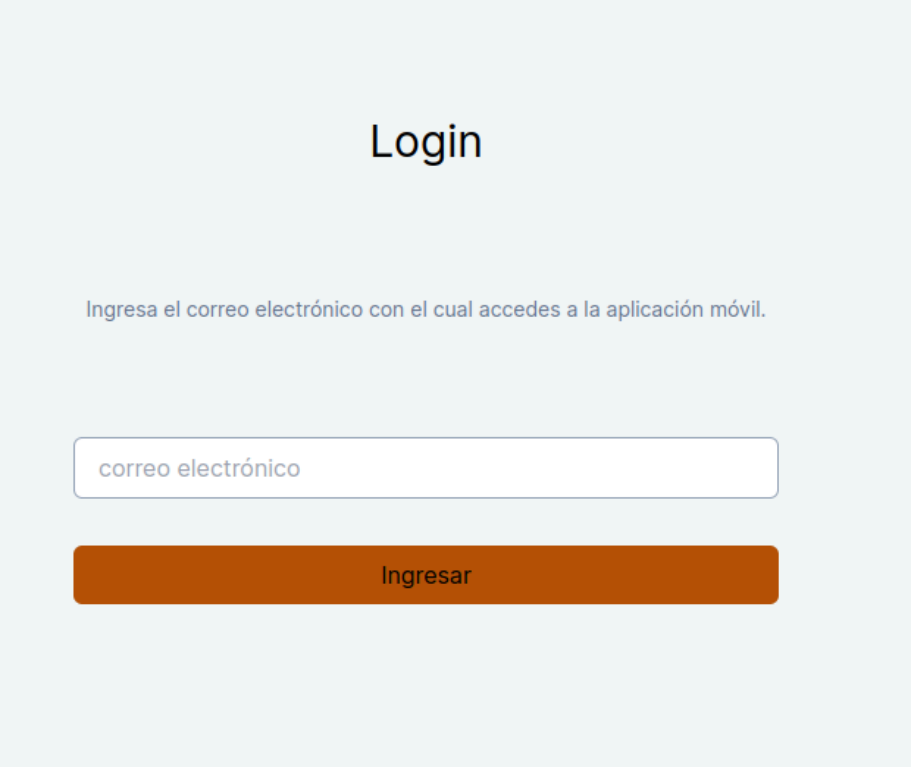
Esta aplicación hace parte de un sistema general que tiene como función principal el seguimiento de las obras de infraestructura lineales. Adicionalmente, también se encuentra la aplicación de generación de reportes en campo, que a su vez permite el registro de usuarios en el sistema.

## Funciones del sistema

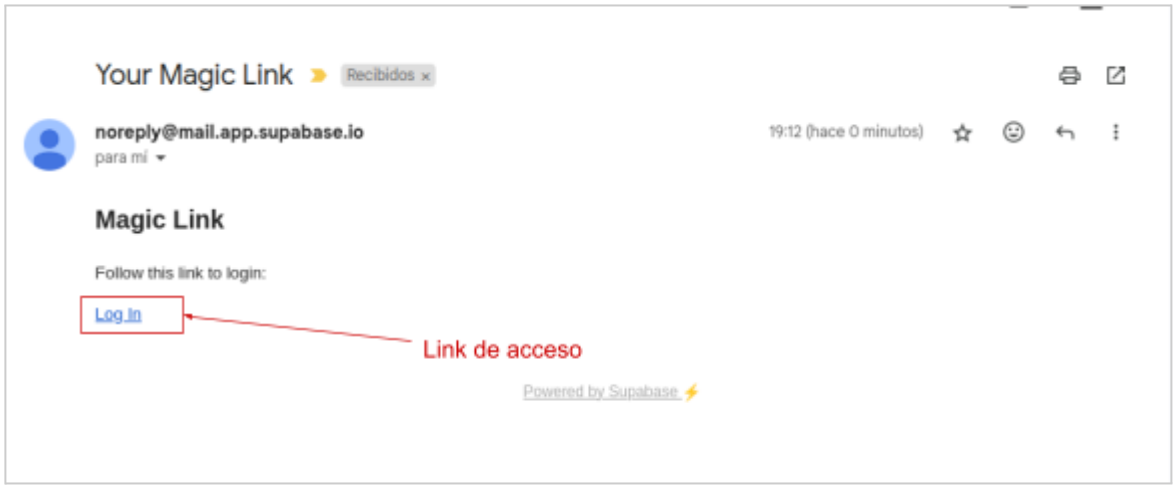
### Autenticación:

El usuario ingresa a la aplicación mediante el sigueinte enlace:
https://geovisor-chi.vercel.app/geovisor

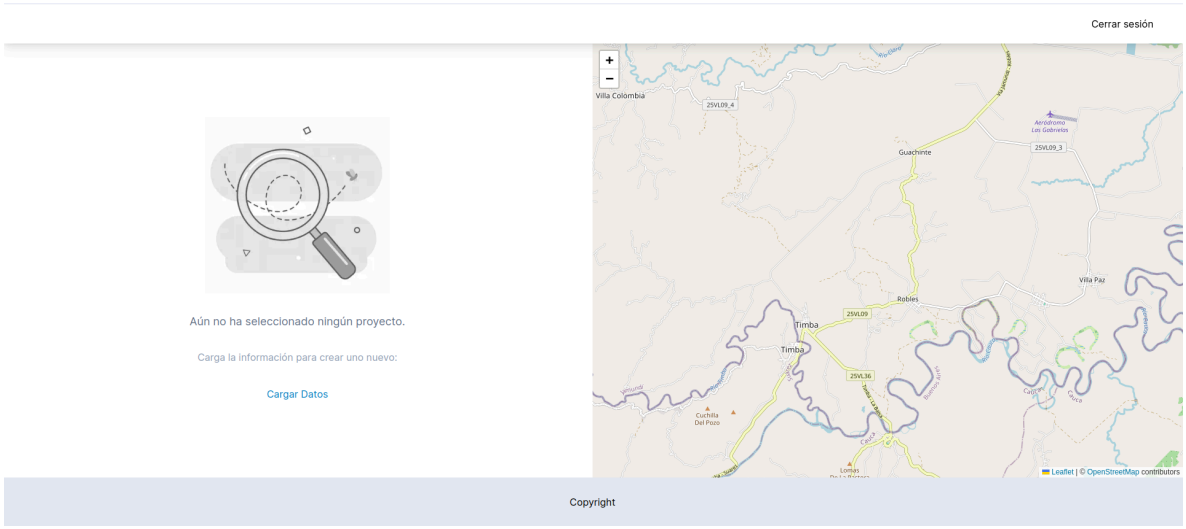
Al ingresar, el sistema lo redirige a la pantalla de autenticación, donde debe de proporcionar el correo con el cual se registró previamente mediante la aplicación de generación de reportes:



Una vez se ha proporcionado el correo, el sistema indica que se ha enviado un link a dicha dirección. Si el usuario se encuentra registrado, entonces encontrará el link de acceso a su sistema en su bandeja de entrada:

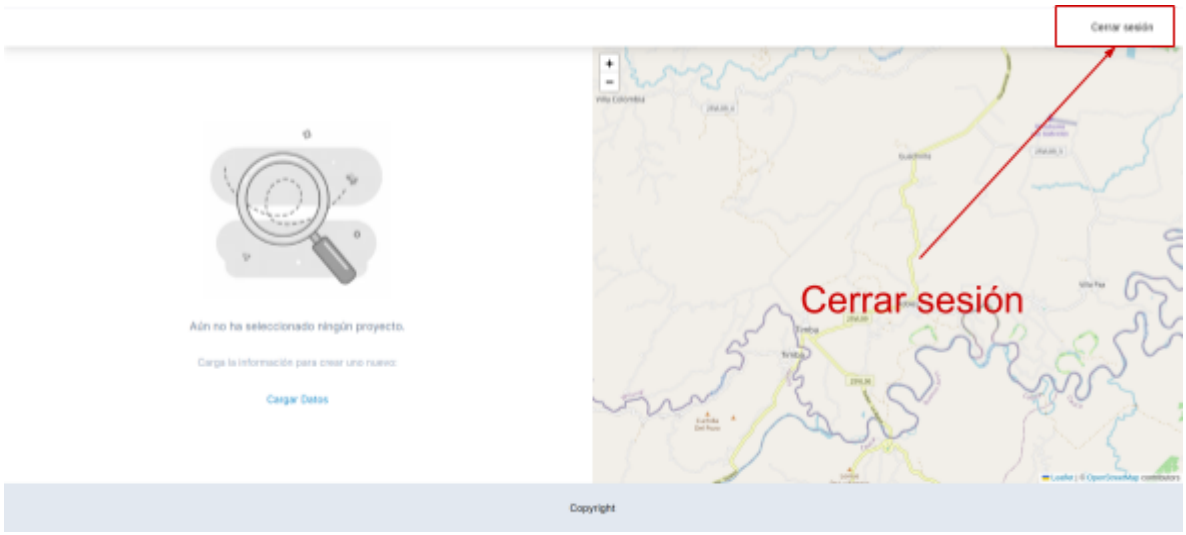



Este link dirige al usuario a la pantalla de visualización y creación de proyectos:



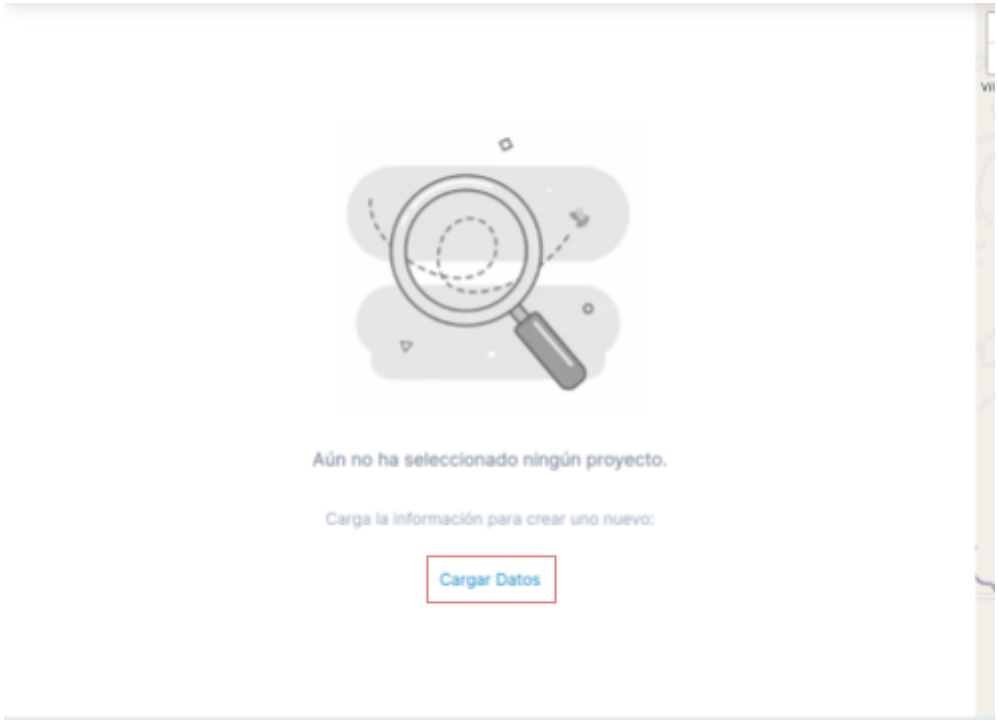

## Cerrar sesión:

La opción de cerrar sesión se encuentra en la esquina superior derecha de pantalla de visualización y creación de proyectos:

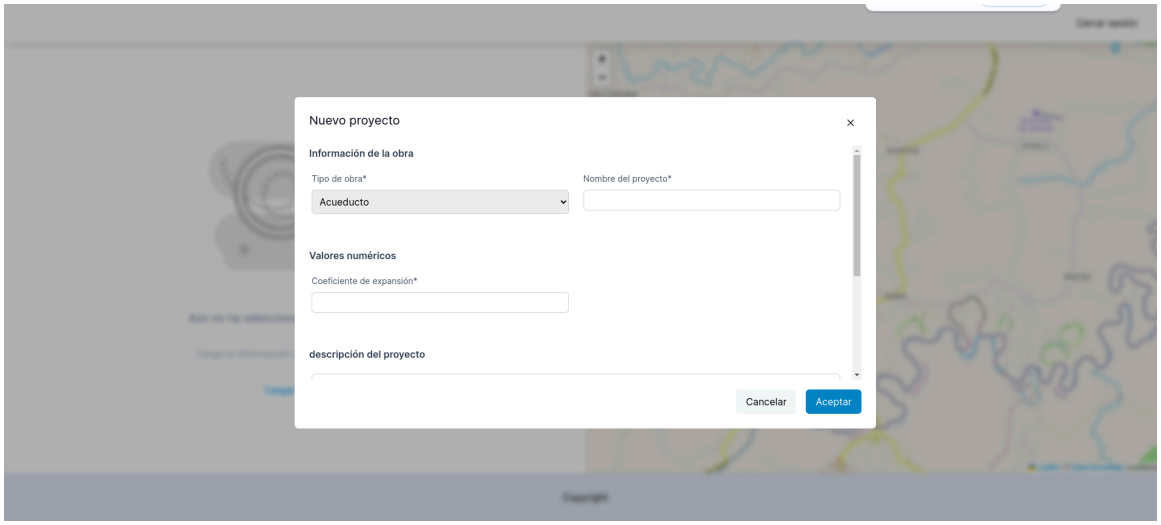



### Crear proyecto:

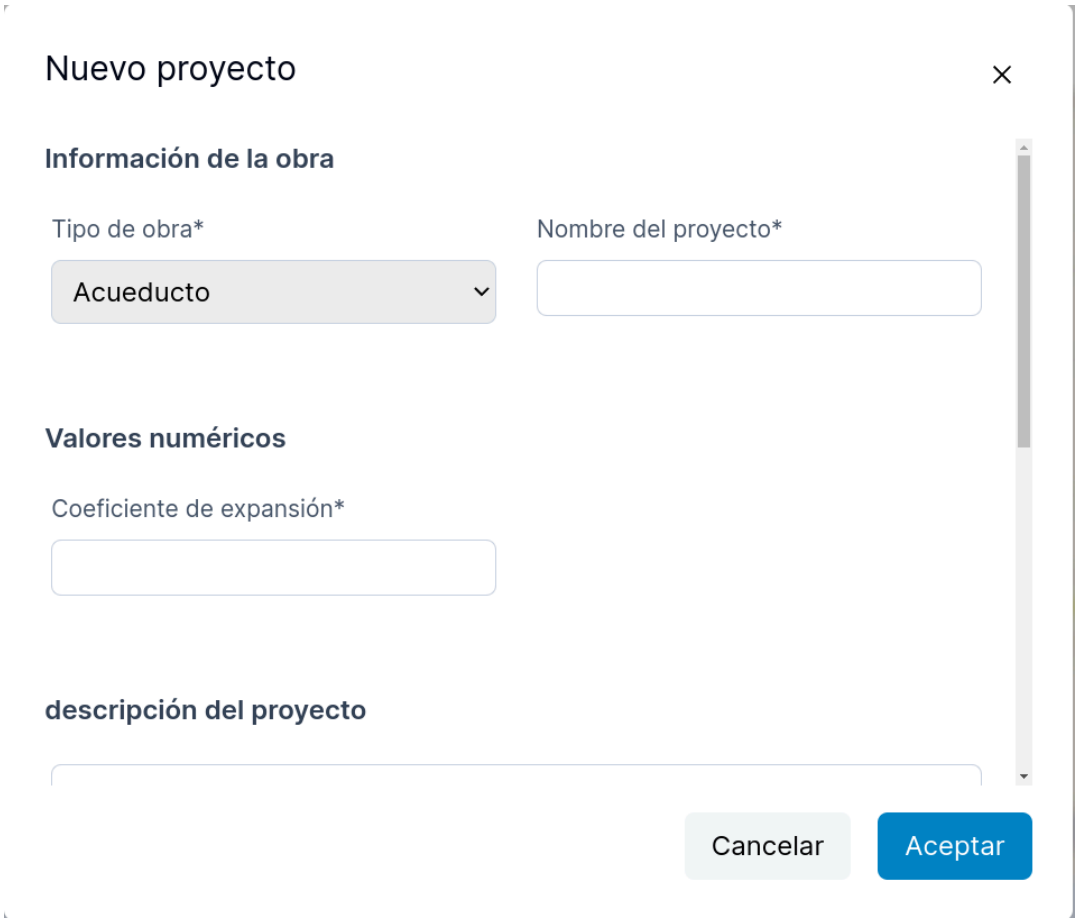
Para crear un proyecto nuevo el usuario debe dirigirse al panel lateral izquierdo, donde tendrá la opción de cargar datos:



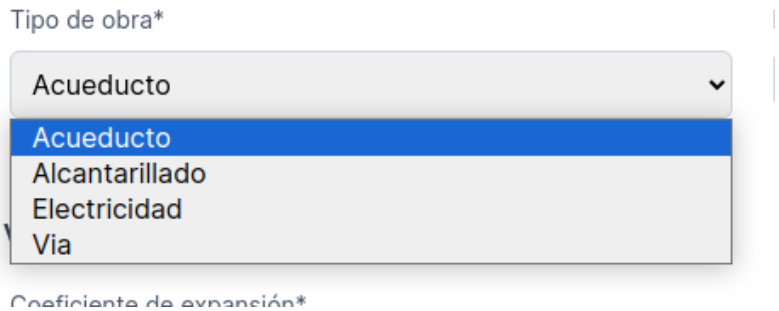
Al hacer click en esta opción, el sistema abre una ventana modal con el formulario que recibe la información alfanumérica del proyecto y las geometrías asociadas. Es importante tener en cuenta que los campos donde su indicador finalice con un asterisco indican que es un valor requerido y por lo tanto no debe de quedar en blanco.




1. Diligenciamiento de la información alfanumérica:




***Tipo de obra:*** Hace referencia al tipo de proyecto lineal que maneja el sistema. Es un campo estrictamente requerido, el cual despliega una lista de opciones para seleccionar una de ellas:



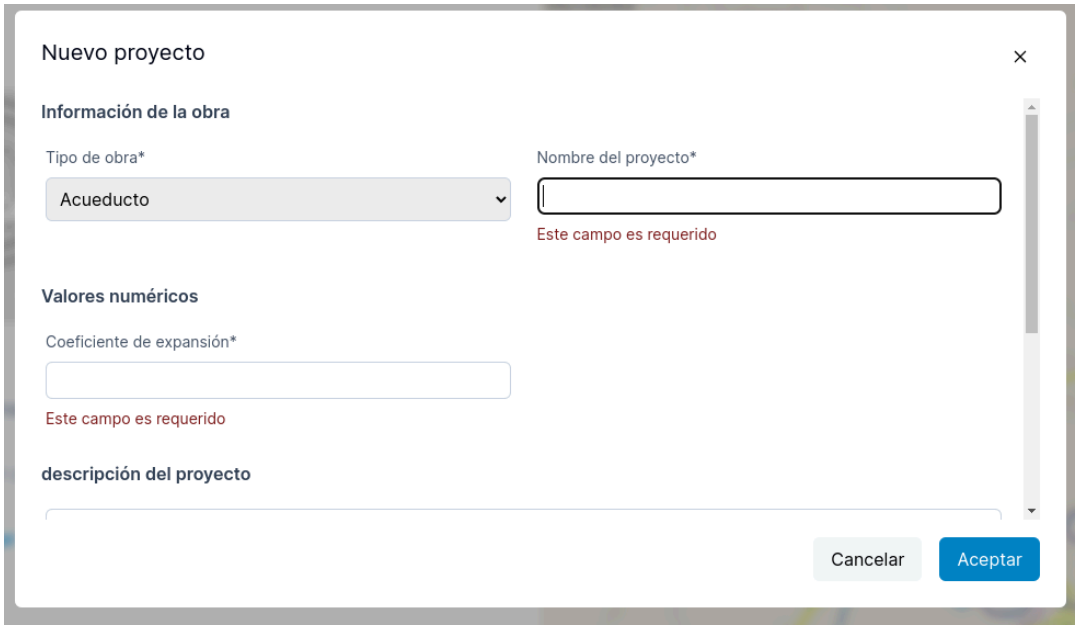
La elección entre los tipos de proyectos genera una variación en el cálculo de la volumetría, tema que se abordará más adelante en este mismo documento.

***Nombre del proyecto:*** Es un campo estrictamente requerido que hace referencia a la forma como se llamará el registro en el sistema.

***Coeficiente de expansión****:* Es un campo estrictamente requerido que representa el coeficiente de expansión del terreno asociado al proyecto. Al igual que el tipo de obra, este parámetro tiene influencia en el cálculo de la volumetría.

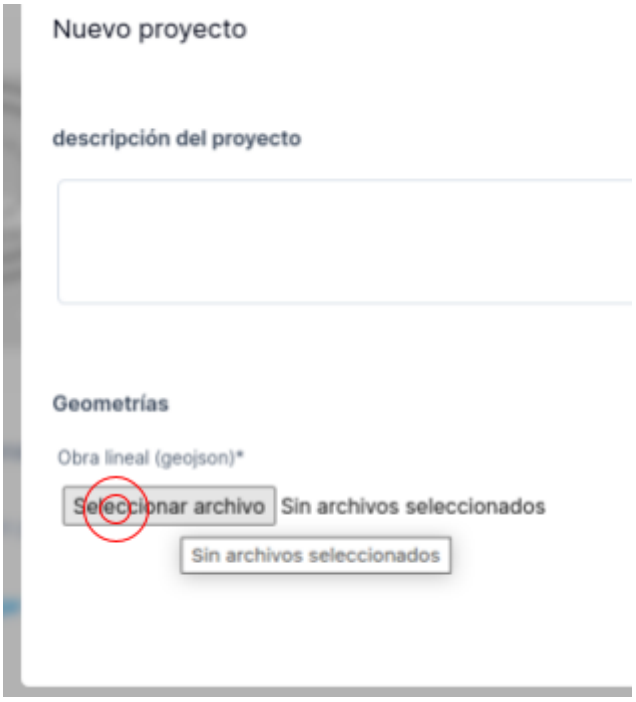
***Descripción del proyecto:*** Permite almacenar anotaciones e información relevante del proyecto. Su ingreso es mediante un elemento de tipo `textarea` que permite una longitud máxima de 500 caracteres. A diferencia de los demás campos alfanuméricos del formulario este es opcional.

Toda vez que se intente enviar los datos del formulario con la información incorrecta, el formulario marcará las casillas inconsistentes con un mensaje en color rojo bajo su respectivo campo:

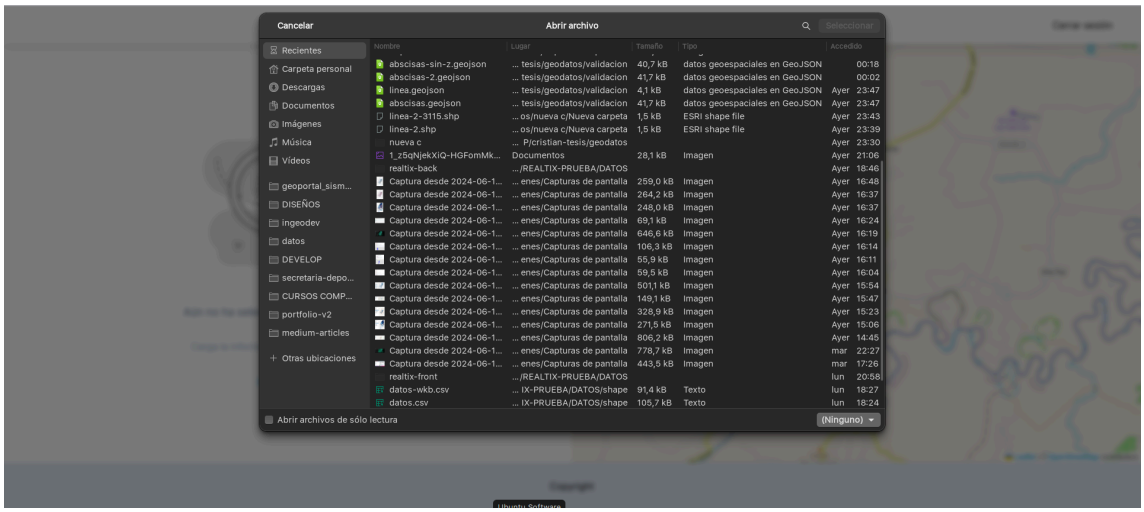



2. Carga de la línea de base del proyecto:

Debajo de los campos alfanuméricos se encuentra un botón que permite cargar un documento de extensión geojson, el cual debe de contener la geometría lineal del proyecto (*Ver anotación 1*)




Al presionar el botón el sistema abrirá una ventana para seleccionar el documento dentro del sistema de archivos del computador. Cabe destacar que esta ventana puede variar de acuerdo con el sistema operativo:




Al seleccionar el documento el sistema realiza una validación a profundidad de la geometría proporcionada por el usuario y mostrará en el formulario un mensaje de aprobación o error, donde este último indicará el motivo de rechazo del documento (*Ver anotación 1*):

Mensaje de error:



Mensaje de aprobación:



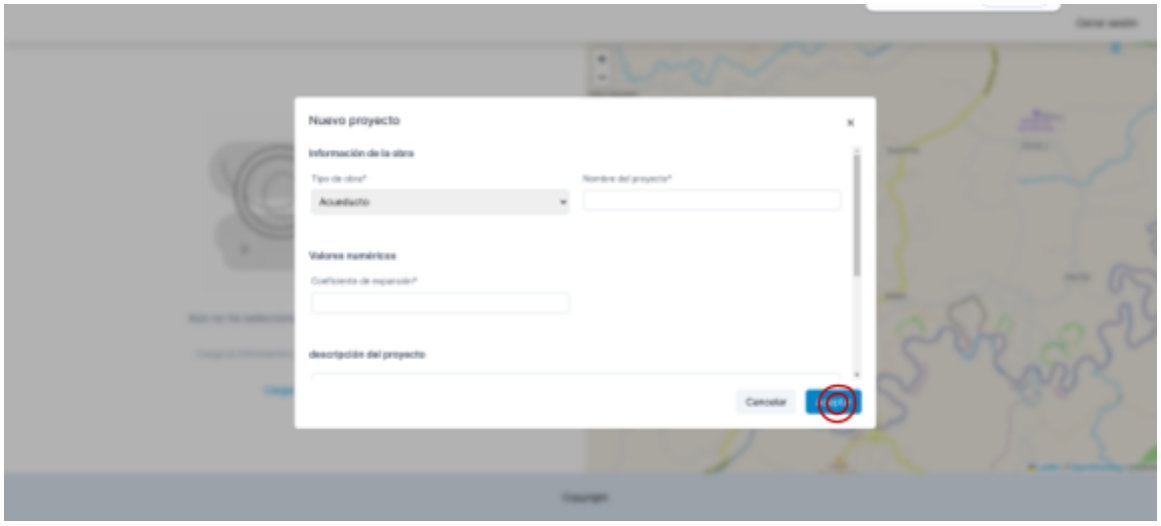

3. Carga de las abscisas del proyecto:

Una vez se ha proporcionado el archivo con la geometría lineal del proyecto, el usuario debe de proceder a seleccionar el archivo con las abscisas. El botón para acceder al sistema de archivos se encuentra al lado derecho o debajo del botón de la geometría lineal y su funcionamiento es equivalente:

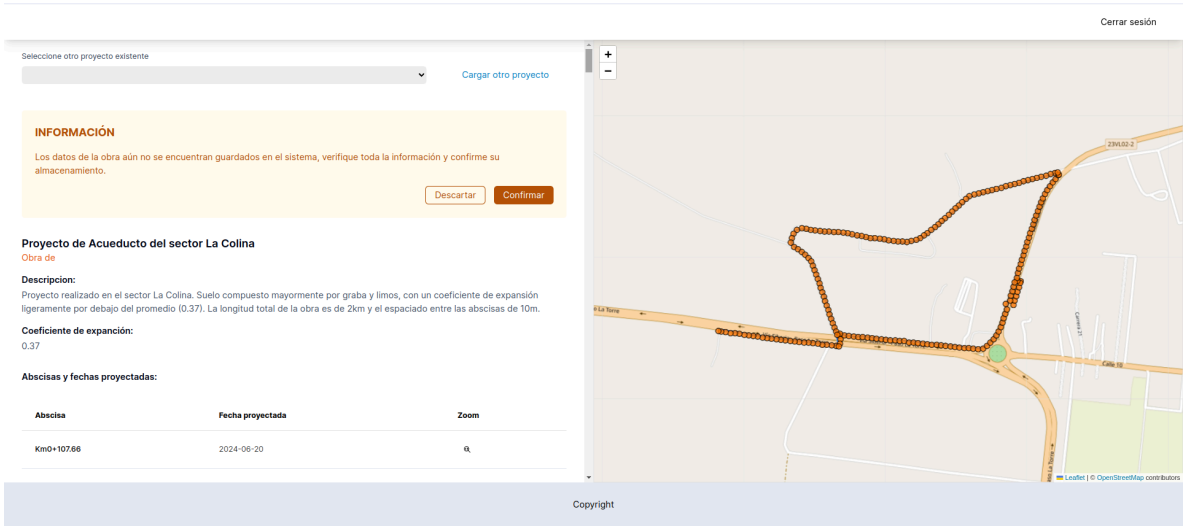



En este campo el sistema también realiza una validación exhaustiva de las geometrías proporcionadas y de ser el caso, muestra un error definiendo el motivo del rechazo del documento (*Ver anotación 2* y *anotación 3*).

Cuando todos los campos del formulario se han diligenciado, el usuario puede confirmarlos con el botón *“Aceptar”*:

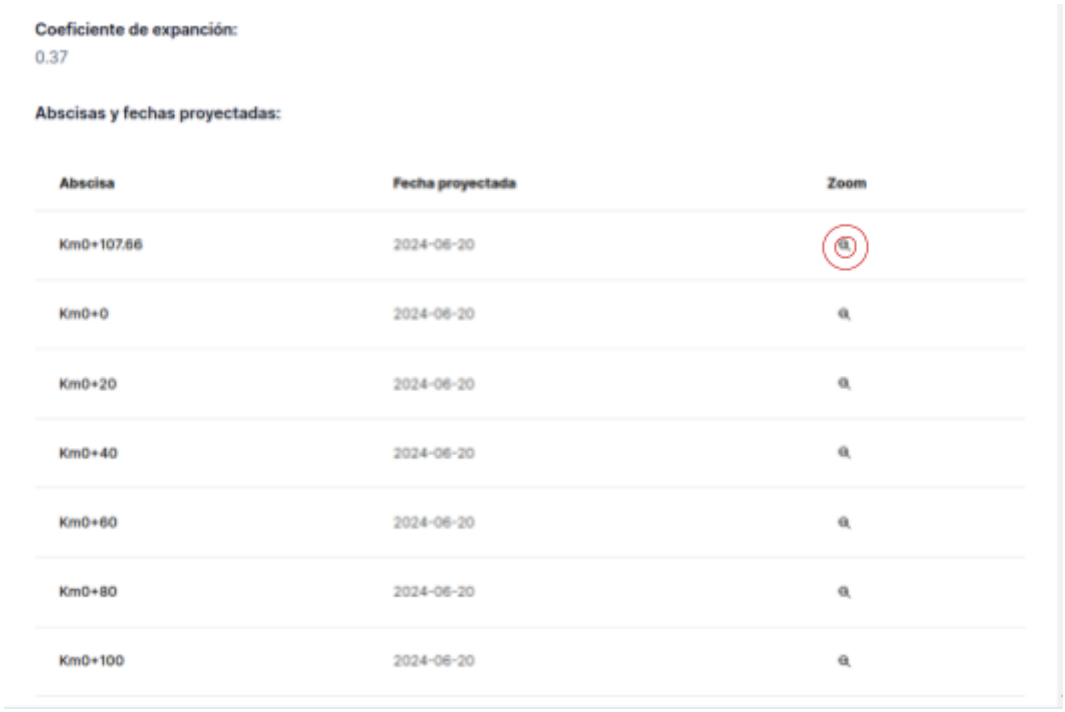



En este punto los datos del proyecto ya se encuentran cargados en la página y se visualizan en el geoportal de la siguiente manera:




Donde la información alfanumérica se encuentra al lado izquierdo y las geometrías se muestran en el mapa.

En el panel de la información alfanumérica se visualiza una tabla con todas las abscisas del proyecto. Dentro de esta tabla, en el extremo derecho de cada registro también se encuentra la opción de acercar la abscisa en el mapa:

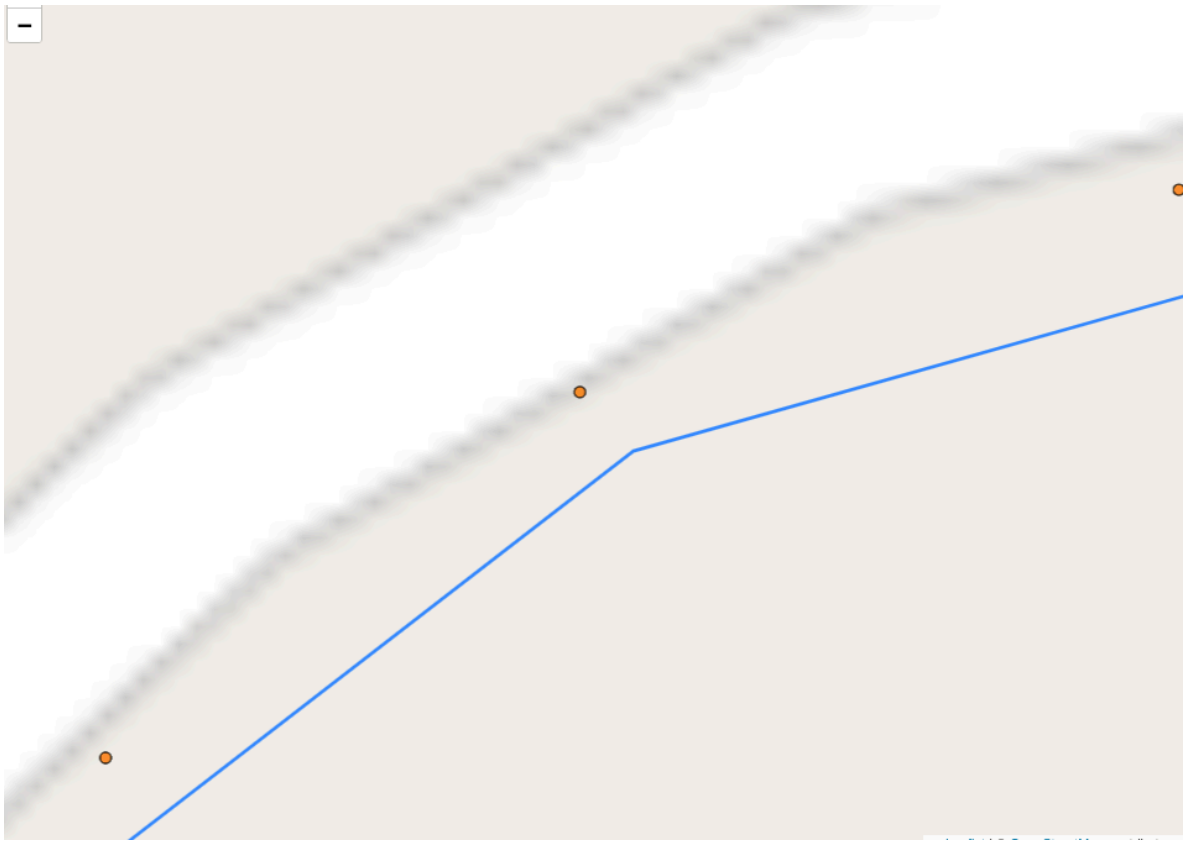


**Coeficiente de expanción:**
0.37

**Abscisas y fechas proyectadas:**

| Abscisa | Fecha proyectada | Zoom |
|---|---|---|
| Km0+107.66 | 2024-06-20 | |
| Km0+0 | 2024-06-20 | |
| Km0+20 | 2024-06-20 | |
| Km0+40 | 2024-06-20 | |
| Km0+60 | 2024-06-20 | |
| Km0+80 | 2024-06-20 | |
| Km0+100 | 2024-06-20 | |

Y en el mapa:



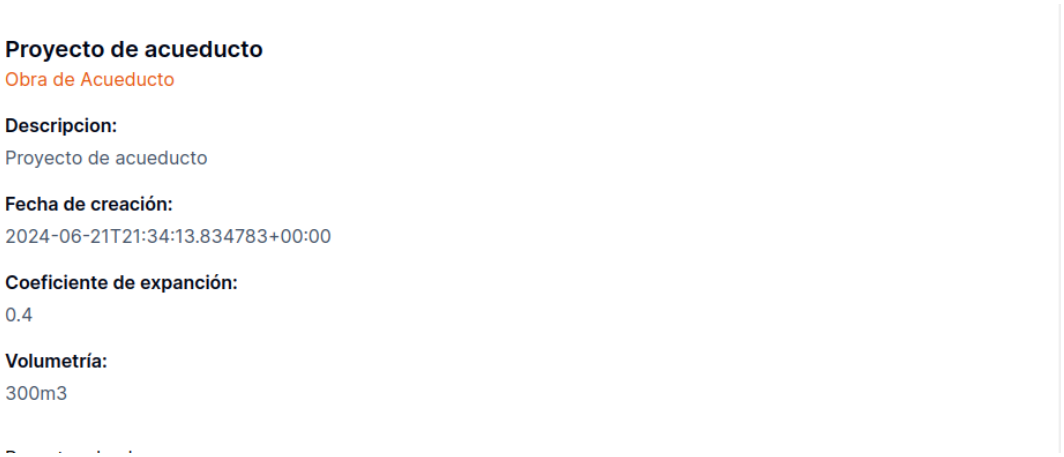
Donde la abscisa del centro es la seleccionada y la línea de color azul es la obra lineal del proyecto.

Hasta este momento el sistema sólo ha cargado la información en la interfaz gráfica para verificar su integridad, pero aún no se ha almacenado en el sistema. Para confirmar su almacenamiento, en el panel de la información alfanumérica se encuentra una tarjeta en color naranja con la opción de guardado:

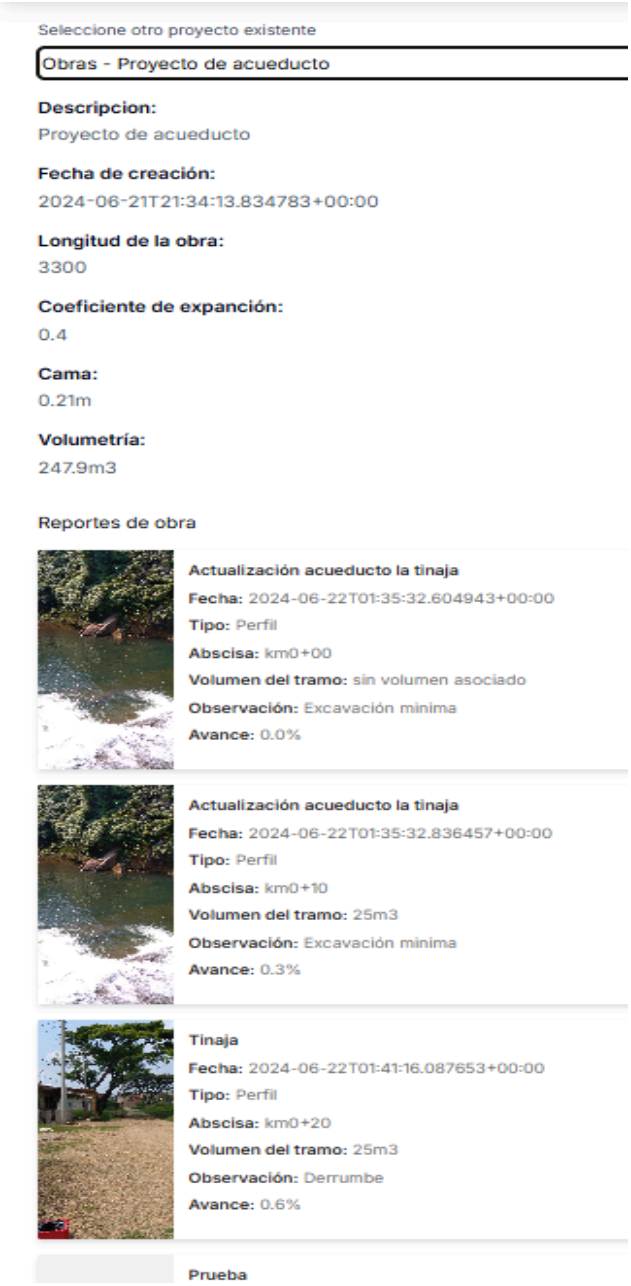



Cuando ya se ha confirmado el proyecto, el sistema elimina el mensaje de confirmación y sigue mostrando la información en la interfaz gráfica con algunas modificaciones:

1. Muestra el cálculo de la volumetría para la obra lineal en sus propiedades:



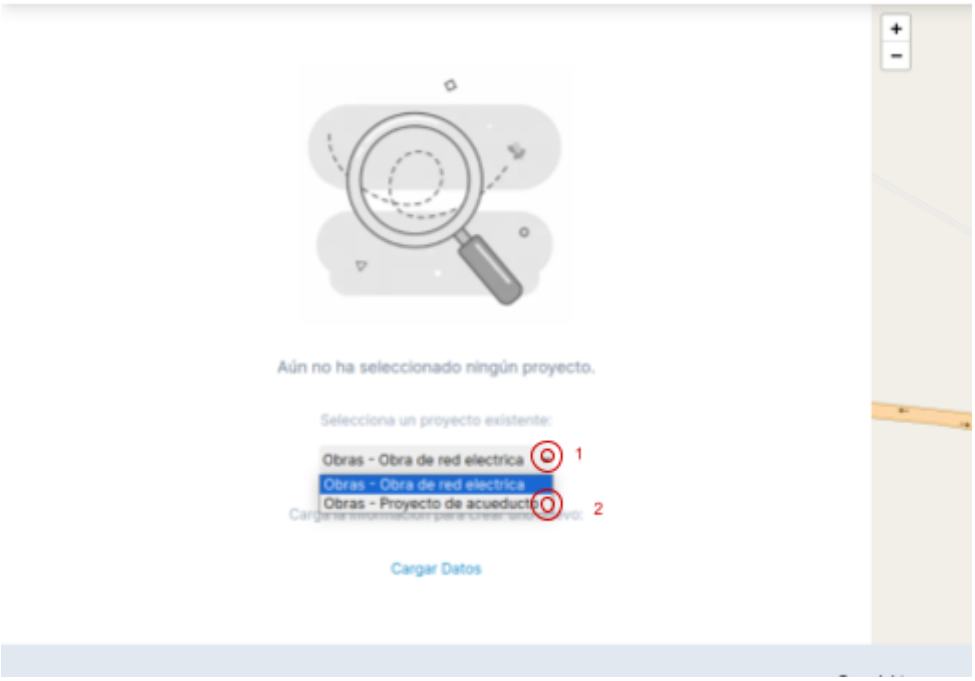
2. Añade un apartado para visualizar los reportes que se realizan con el dispositivo móvil  directamente en campo:



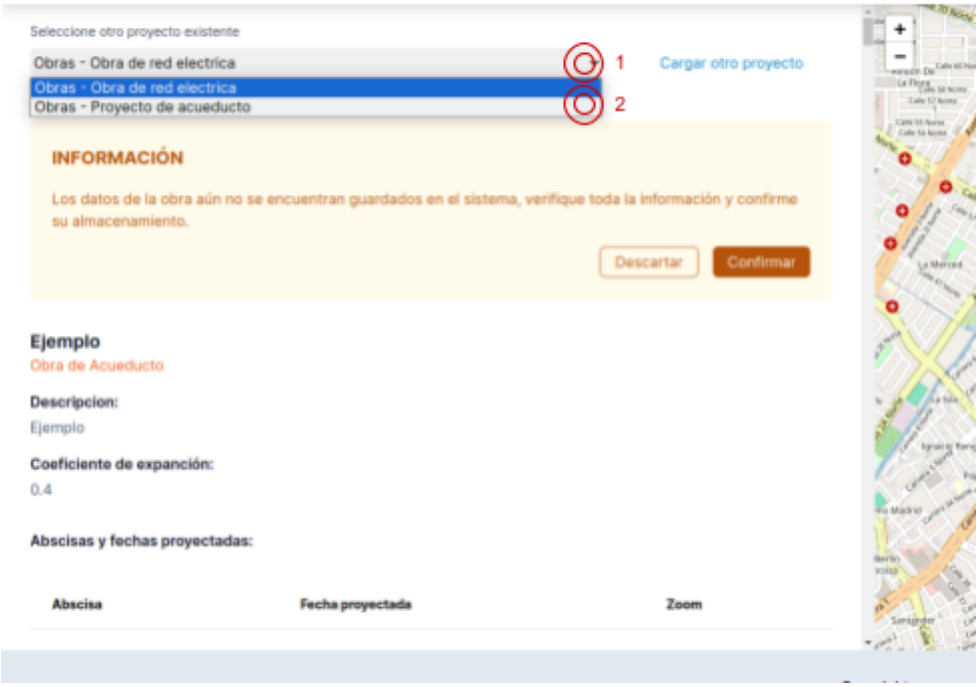
### Seleccionar proyecto:

La selección de proyectos tiene un efecto final similar al de crear un proyecto, es decir que permite la visualización de la información de este incluyendo el cálculo de su volumetría, la visualización de la información geográfica y el despliegue de la lista de reportes realizados en campo.

Siempre que existan proyectos almacenados en el sistema, el usuario podrá seleccionarlos desde la página del geoportal. Cuando se ingresa a esta página inicialmente se muestra un panel lateral vacío desde donde puede seleccionar el proyecto o crear uno nuevo:

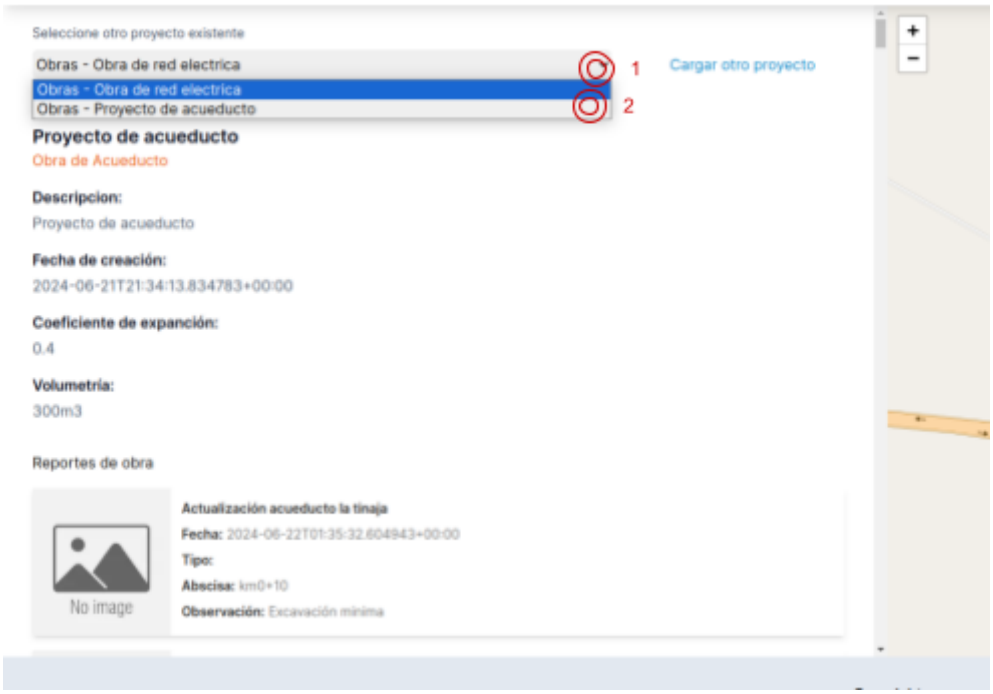



Durante la creación de un proyecto esta opción se visualiza en la parte superior del panel lateral:




Debe tener en cuenta que al seleccionar un proyecto existente durante la creación de uno nuevo los cambios realizados que no se han confirmado en el sistema se perderán.

Cuando el usuario se encuentra en un proyecto creado y confirmado en el sistema, o dentro de un proyecto seleccionado previamente también tendrá la opción de cambiar de proyecto de manera similar a la anterior:




## Anotaciones

### Anotación 1:

El archivo de la geometría lineal del proyecto debe de cumplir con las siguientes condiciones:

1. Debe ser en formato geojson.
2. Debe encontrarse en el sistema de referencia WGS84 (EPSG:4326).
3. Solo debe de contener un registro, es decir, una sola línea.

### Anotación 2:

El archivo de las abscisas del proyecto debe de cumplir con las siguientes condiciones:

4. Debe ser en formato geojson.
5. Debe encontrarse en el sistema de referencia WGS84 (EPSG:4326).

6. Debe tener un campo de distancia nombrado “distance”, el cual contenga el valor de distancia de la abscisa en el proyecto estrictamente en formato numérico.
7. Debe tener un campo de fecha proyectada nombrado “fechaProye”, el cual contiene la fecha estimada de realización del proyecto hasta dicha abscisa. Este campo debe encontrarse en formato de fecha estrictamente (no se admite formatos de texto como fecha).
8. Debe encontrarse a una distancia máxima de 30m a la geometría lineal del proyecto, de esta manera se valida que las abscisas si son del proyecto seleccionado y no de otro diferente.

### Anotación 3:

El orden de diligenciamiento de las geometrías en el formulario del proyecto es importante, pues primero se debe de cargar la geometría lineal y verificar que sea correcta para subir posteriormente las abscisas. Esto tiene una razón de ser, pues la validación de las abscisas usa la geometría lineal para validar si estas corresponden al proyecto en diligenciamiento.

## 10. BIBLIOGRAFÍA


Acevedo-Acosta, A., Gómez-Burgos, L. A., & Herreño-Español, M. (2018). *Análisis comparativo de las causas que más impactan los retrasos de obra en viviendas multifamiliares en Bogotá (estudio de caso)*. https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/33a8639f-81bf-4bea-b20c-1fb29275a4e5

Agencia Nacional de Infraestructura. (n.d.). *ABSCISA*. Portal ANI. Retrieved June 6, 2023, from https://www.ani.gov.co/glosario/abscisa

Aguilar, H. P. H., & Powell , H. (2017). *Sistema de información vía web para mejorar la gestión de los contratos de las obras civiles en la empresa Alfa&Omega* [Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/11729

Aleem, S., Ahmed, F., Batool, R., & Khattak, A. (2021a). Empirical investigation of key factors for saas architecture. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, *9*(3), 1037–1049. https://doi.org/10.1109/tcc.2019.2906299

Aleem, S., Ahmed, F., Batool, R., & Khattak, A. (2021b). Empirical investigation of key factors for saas architecture. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, *9*(3), 1037–1049. https://doi.org/10.1109/tcc.2019.2906299

Anurag, K., & Ravi, S. K. (2016). Comparative analysis of angularjs and reactjs. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, *7*(4). https://doi.org/10.21172/1.74.030

Barragán, A. (2024, February 8). Supabase vs Firebase: Análisis de soluciones de Backend. *OpenWebinars.Net*. https://openwebinars.net/blog/supabase-vs-firebase/

Barreiro, E. M. G., López, J. A. P., & Quimbaya, J. L. V. (2017, January 1).

*Factores que ocasionan retrasos en obras civiles en empresas publicas de Neiva*. https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10740

Barrios, I. (2016). La tecnología móvil en los programas académicos de ingeniería civil. *Gaceta Técnica*, *15*(1), 51–59.

Botero, G. J. G. (2013). *Desarrollo de aplicación movil de apoyo a la plataforma web del observatorio "Monitoreo de variables físicas y fisiológicas en niños y adolescentes en edad escolar de Risaralda."* https://repositorio.utp.edu.co/items/4dd499f7-560b-4f37-b0a5-fd27a51ee622

Cano, S., Luis Botero, & Rivera, L. (2017, April 15). Evaluación del desempeño de Lean Construction. *Revista Espacios* , 30–47. ISSN 0798 1015.

Chacon, N. (2010). *Elaboración de material didáctico para curso on-line: Topografía. Elemental y topografía aplicada.* (pp. 237–238). UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA.

Chen, Y., & Kamara, J. M. (2011). A framework for using mobile computing for information management on construction sites. *Automation in Construction*, *20*(7), 776–788. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.01.002

Choque, C. F. M. (2019, January 1). *Plataforma web para generar recursos de realidad aumentada en entornos interactivos de enseñanza y aprendizaje*. Http://Repositorio.Umsa.Bo/Xmlui/Handle/123456789/27800. http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/27800

de Villena, I. de C. M. (2009). *Topografía de obras*. Univ. Politèc. de Catalunya.

Fernández, J. R. de la R., Benlloch, P. I., Llovería, R. M., & Rodrigues, M. (2015, January 1). Análisis espacial y representación geográfica: Innovación y aplicación. *Dialnet*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=759370

Germinian, J. F., & S.T., T. E. W. (2023a, September 7). Utilizing postgis extension to process spatial data stored in neo4j database. *2023 IEEE International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE)*. http://dx.doi.org/10.1109/icodse59534.2023.10291400

Germinian, J. F., & S.T., T. E. W. (2023b, September 7). Utilizing postgis extension to process spatial data stored in neo4j database. *2023 IEEE International Conference on Data and Software Engineering (ICoDSE)*. http://dx.doi.org/10.1109/icodse59534.2023.10291400

GOOGLE. (2021). Descripción general. *Google for Developers*. https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/overview?hl=es-419

Harnisch, C. (2023, October 10). *¿Cómo hacer el seguimiento de obra y controlar el plazo?* Admin. https://focoenobra.com/blog/seguimiento-de-obra-y-control-avance/

Hernandez Cruz, H. R. (2011). *Topografía aplicada en el control de obra civil y en la colocación de maquinaria industrial* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://www.studocu.com/pe/document/universidad-peruana-de-ciencias-aplicadas/topografia/topografia-aplicada-en-el-control-de-obra-civil-y-en-la-colocacion-de-maquinaria-industrialpdf-tesis/28854502

HUTOP . (2019, April 30). *Cálculo de volúmenes*. Hutop. https://hutop.es/CALCULO-DE-VOLUMENES/

Jianzhi Tang, Yingchao Ren, & Chongjun Yang. (2010, December). An object-oriented method for adding coordinate system into Oracle Spatial. *The 2nd International Conference on Information Science and Engineering*. http://dx.doi.org/10.1109/icise.2010.5691858

*LENGUAJES DE PROGRAMACION*. (2007, May 5). El Mundo Informático. https://jorgesaavedra.wordpress.com/2007/05/05/LENGUAJES-DE-PROGRAMACION/

LIFEDER. (2019, December 3). *Distancia euclidiana: Concepto, fórmula, cálculo, ejemplo*. Lifeder. https://www.lifeder.com/DISTANCIA-EUCLIDIANA/

Martínez, G. (2020, August 10). *Qué es Apache y cómo funciona - Webempresa*. Webempresa. https://www.webempresa.com/HOSTING/QUE-ES-SERVIDOR-APACHE.HTML

Mendoza Vázquez, I. (2020). *Definición de un framework para aplicaciones web con navegación sensible a concerns* [Universidad Nacional de La Plata]. http://dx.doi.org/10.35537/10915/4192

Moreno, D. S. (2017). *Control de obra bajo metodología BIM mediante el uso de dispositivos móviles en el sitio de trabajo*. https://repository.eia.edu.co/entities/publication/8b838a2a-d905-4e39-b773-369bc86fab54

MOZILLA . (2022). *Conceptos básicos de HTML - Aprende desarrollo web*. MDN Web Docs. https://developer.mozilla.org/es/DOCS/LEARN/GETTING_STARTED_WITH_THE_WEB/HTML_BASICS

ORACLE. (2024). *¿Qué es una base de datos relacional?* Oracle Colombia. https://www.oracle.com/co/database/what-is-a-relational-database/

Rahmatulloh, A., Handoko, B. T., Shofa, R. N., & Darmawan, I. (2022, December 8). GeoJSON implementation for demographic and geographic data integration using restful web services. *2022 Seventh International*

*Conference on Informatics and Computing (ICIC)*. http://dx.doi.org/10.1109/icic56845.2022.10006893

Ramirez Vique, R. (2011). *Métodos para el desarrollo de aplicaciones móviles - Métodos para el desarrollo de aplicaciones*. Studocu. https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-nuevo-leon/tecnologia-de-la-informacion-i/metodos-para-el-desarrollo-de-aplicaciones-moviles/7099999

*Redirecting*. (n.d.). Retrieved June 12, 2024, from https://www.google.com/url?q=https://www.webempresa.com/HOSTING/QUE-ES-SERVIDOR-APACHE.HTML&sa=D&source=docs&ust=1718243103316322&usg=AOvVaw2vKvXDnqmGE1gxw0i07kw6

Rojas, M. M., Ruiz, N. M., & Miranda, M. A. V. (2013). Aplicación de las TICs en el ámbito de la construcción. *Iniciación a La Investigación*, *5*.

Sattineni, A., & Schmidt, T. (2015). Implementation of mobile devices on jobsites in the construction industry. *Procedia Engineering*, *123*, 488–495. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.100

Singh, M., & G, S. (2021). Comparative analysis of hybrid mobile app development frameworks. *International Journal of Soft Computing and Engineering*, *10*(6), 21–26. https://doi.org/10.35940/ijsce.f3518.0710621

Slama, F., Ismail, I., & Latrach, L. (2021, December). Classify project programming languages (PLP) in github: Clustering in machine learning. *2021 20th International Conference on Ubiquitous Computing and Communications (IUCC/CIT/DSCI/SmartCNS)*. http://dx.doi.org/10.1109/iucc-cit-dsci-smartcns55181.2021.00040

STATISTA, & Clement, J. (2020, January 15). *Biggest app stores in the world 2022*.

Statista. https://www.statista.com/statistics/276623/number-of-apps-available-in-leading-app-stores/

Sundararajan, S. K., & Priya, D. S. (2017, December). Mobile app: Instant record of construction site detail through electronic signature. *2017 International Conference on Technological Advancements in Power and Energy ( TAP Energy)*. http://dx.doi.org/10.1109/tapenergy.2017.8397237

Troncoso Contreras, A. P. (2017). *Desarrollo de una aplicación web para la gestión de empresas constructoras* [Tesis de pregrado]. http://repositorio.ucv.cl/handle/10.4151/93014

Vilches-Blázquez, Lm. (2011). *Metodología para la integración basada en ontologías de información de bases de datos heterogéneas en el dominio hidrográfico* [Universidad Politecnica de Madrid - University Library]. http://dx.doi.org/10.20868/upm.thesis.7625

Viles, E., Rudeli, N. C., & Santilli, A. (2019). Causes of delay in construction projects: A quantitative analysis. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *27*(4), 917–935. https://doi.org/10.1108/ecam-01-2019-0024

Wang, N., Ri, K., Liu, H., & Zhao, X. (2018). Notice of removal: Structural displacement monitoring using smartphone camera and digital image correlation. *IEEE Sensors Journal*, *18*(11), 4664–4672. https://doi.org/10.1109/jsen.2018.2828139

*Well-known binary*. (2023, January 13). Sustainability of Digital Formats: Planning for Library of Congress Collections. https://loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/fdd000549.shtml

www.calcularvolumen.com. (2020, June 23). Calcular Volumen Prisma Trapezoidal - Calculadora. *Www.Calcularvolumen.Com*. https://www.calcularvolumen.com/calcular-volumen-prisma-trapezoidal

Zújar, J. O., Cuevas, M. del P. D., Francoso, J. I. Á., Alcántara, J. P. P., & Campos, A. P. (2015). Geoportales y geovisores web: Un nuevo entorno colaborativo para la producción, acceso y difusión de la información geográfica. In Universidad de Zaragoza, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio (Ed.), *Análisis espacial y representación geográfica: innovación y aplicación*. https://idus.us.es/handle/11441/90298