

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
VALPARAÍSO - CHILE



“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE INTERFAZ DE
USUARIO PARA EL PROYECTO CHILE3D”

JUAN PABLO LANAS VICENCIO

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL EN INFORMÁTICA

Profesor Guía: Javier Cañas
Profesora Correferente: Alejandra Gubler

DEDICATORIA

A mis padres, quienes han brindado su amor y apoyo incondicional, se han sacrificado para que todo esto pudiese haberse concretado y siempre estuvieron ahí para motivarme y alentarme a seguir esforzándome cada día más.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron de alguna manera en la realización de esta memoria.

En primer lugar, agradezco al profesor Javier Cañas por habernos propuesto este proyecto, en el cual pudimos colaborar tres compañeros de carrera. Gracias a su paciencia y apoyo, esta memoria pudo salir adelante.

También quiero agradecer a los profesores que participaban en las reuniones que generábamos, en las cuales siempre estuvieron dispuestos a dar algún comentario o retroalimentación para mejorar algún aspecto de este proyecto.

Agradezco a mis compañeros con los cuales compartimos estos meses para poder lograr desarrollar Chile3D, quienes siempre estuvieron dispuestos a brindar cualquier ayuda y comentario que aportara.

Finalmente, agradecer a mis padres y familiares, quienes cada uno según su posibilidad me brindaron ayuda durante toda la carrera. Gracias por creer en mí y por brindarme todo el apoyo necesario para cumplir este objetivo. ¡Gracias!

RESUMEN

Resumen— En las últimas décadas, ha habido una creciente demanda de datos topográficos precisos y de alta resolución para diversas aplicaciones, incluida la gestión del riesgo de desastres, un problema que lamentablemente afecta a Chile. Para atender esta necesidad y otras aplicaciones, se recomienda el diseño e implementación de la plataforma Chile3D, ya que actualmente no existe en el país una plataforma que permita la descarga de datos topográficos de Chile en alta resolución.

El objetivo central de esta investigación reside en el diseño y desarrollo de una plataforma informática orientada a la gestión de datos de elevación de alta resolución. En particular, se ha prestado especial atención a la creación de una interfaz de usuario que provea una experiencia intuitiva y eficiente para los usuarios.

Los resultados de esta investigación se materializan en la creación de una plataforma con una interfaz de usuario atractiva, fácil de usar y efectiva. La plataforma permite a los usuarios acceder y descargar datos de terreno en alta resolución disponibles en Chile3D, y también se ha desarrollado una interfaz para que los administradores manejen estos datos. La relevancia de este trabajo radica en su aporte al campo de la topografía y la gestión del riesgo de desastres en Chile. Al brindar una herramienta que satisfaga las necesidades de los usuarios y facilite la toma de decisiones en base a datos geoespaciales, se brinda apoyo a los profesionales y expertos involucrados en la toma de decisiones relacionadas con la gestión de riesgos.

Además de su impacto en el campo de la topografía y la gestión del riesgo de desastres en Chile, el proyecto abre posibilidades para un trabajo futuro. Ofrece oportunidades para abordar aspectos cruciales, como la escalabilidad y la optimización del sistema, a la vez que promueve una colaboración más estrecha con otras entidades para establecer una base de datos más robusta y centralizada. Estas posibilidades, entre otras, permiten potenciar la plataforma, asegurando su capacidad para manejar un crecimiento sostenible y garantizando un acceso más amplio y eficiente a datos geoespaciales de alta resolución.

Palabras Clave— Altimetría, Lidar, Interfaz de usuario, Descarga de datos, Datos Geoespaciales

ABSTRACT

Abstract—

In the last decades, there has been a growing demand for accurate and high-resolution topographic data for various applications, including disaster risk management, an issue that unfortunately affects Chile. To address this need and other applications, the design and implementation of the Chile3D platform is recommended, as there is currently no platform in the country that allows the download of high-resolution topographic data for Chile.

The central objective of this research lies in the design and development of a computer platform focused on managing high-resolution elevation data. Special attention has been given to creating a user interface that provides an intuitive and efficient experience for users.

The results of this research materialize in the creation of a platform with an attractive, user-friendly, and effective interface. The platform enables users to access and download high-resolution terrain data available in Chile3D, and an interface has also been developed to empower administrators in managing this valuable data. The significance of this work lies in its contribution to the fields of topography and disaster risk management in Chile. By providing a tool that meets users' needs and facilitates decision-making based on geospatial data, support is offered to professionals and experts involved in risk management decision-making.

In addition to its impact on topography and disaster risk management in Chile, the project opens up possibilities for future work. It offers opportunities to address crucial aspects such as scalability and system optimization, while promoting closer collaboration with other entities to establish a more robust and centralized database. These possibilities, among others, allow for the enhancement of the platform, ensuring its capacity to handle sustainable growth and guaranteeing broader and more efficient access to high-resolution geospatial data.

Keywords— Altimetry, LiDAR, User Interface, Data download, Geospatial Data

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Contexto	1
1.2 Problema u oportunidad	2
1.3 Objetivos	4
CAPÍTULO 2: MARCO CONCEPTUAL	6
2.1 Interfaz de usuario	6
2.2 Diseño de interfaz	7
2.3 Métodos de búsqueda	8
2.4 Metodología de desarrollo de software	8
2.4.1 Cascada (Waterfall)	9
2.4.2 Metodologías Ágiles	10
2.5 Soluciones de otros países para disponibilizar datos altimétricos de alta resolución.	11
2.6 Alternativas chilenas que disponibilizan datos	16
2.7 Análisis de los sistemas existentes nacionales e internacionales	17
2.8 Análisis de las interfaces de usuario y su diseño de las distintas soluciones de otros países	20
2.8.1 Flujo de información	20
2.8.2 Disposición de los elementos de la interfaz	21
2.8.3 Opciones de búsqueda	24
2.8.4 Retroalimentación al usuario	25
CAPÍTULO 3: PROPUESTA DE SOLUCIÓN	28
3.1 Usuarios	28
3.2 Metodología	29
3.3 Análisis de Requerimientos	30
3.3.1 Usuario general	30
3.3.2 Usuario administrador	30
3.4 Diseño preliminar	30
3.4.1 Bosquejo	31
3.5 Diseño iterativo	33
3.6 Tecnologías	36
3.7 Infraestructura	37
3.7.1 Arquitectura	37
3.7.2 API	38

CAPÍTULO 4: RESULTADOS	40
4.1 Descripción exhaustiva de la plataforma	40
4.1.1 Página principal	40
4.1.2 Página de búsqueda	41
4.1.3 Panel de administrador	45
CAPÍTULO 5: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN	49
5.1 Pruebas de funcionalidad	49
5.1.1 Pruebas Unitarias	49
5.1.2 Pruebas de integración	51
5.2 Pruebas de usabilidad	52
5.2.1 Tareas de usuario para el testeo	52
5.3 Resultados de las pruebas de usabilidad	53
5.3.1 Procedimiento de las pruebas	53
5.3.2 Resultados de las pruebas y análisis	54
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	58
6.1 Trabajo futuro	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Ejemplo imagen tomada con sensores LidAR la cual distingue vegetacion y estructuras del suelo.	2
2	Laderas generadas por un DEM de 30m y un DEM de 10m.	3
3	Modelo de Cascada.	9
4	Modelo de Cascada Modificado	10
5	Metodologias Agiles.	11
6	Manejo de capas, plataforma Finlandesa.	22
7	Ejemplo de dibujo en mapa, plataforma Estadounidense.	23
8	Sección de descarga, plataforma Estadounidense.	24
9	Bosquejo preliminar del Homepage	31
10	Bosquejo preliminar del apartado para realizar la búsqueda.	32
11	Bosquejo preliminar del apartado para realizar la descarga.	32
12	Bosquejo preliminar de la vista del administrador.	33
13	Primer diseño en Figma, representación del HomePage y la pagina de búsqueda, con su opción de descarga de archivos.	34
14	Arquitectura cliente-servidor.	38
15	Ejemplo de interacción entre el usuario, la interfaz y la API.	39
16	Resultado de la página principal	41
17	Resultado de la página de búsqueda	42
18	Ejemplo de búsqueda	43
19	Ejemplo de búsqueda por polígono	43
20	Ejemplo de resultados de búsqueda	44
21	Resultado del apartado de resultados de la búsqueda	45

22	Resultado del panel administrador, subida de archivos	45
23	Resultado del panel administrador, búsqueda de archivos	46
24	Resultado del panel administrador, creación de instituciones	47
25	Resultado del panel administrador, búsqueda de instituciones	47

CAPÍTULO 1

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Contexto

La altimetría se define como la rama de la topografía que estudia el conjunto de métodos y técnicas para representar las alturas o cotas de un punto respecto a un plano de referencia. Con estos datos altimétricos, se consigue representar el relieve del terreno, tales como curvas de nivel, perfiles, etc. Estos datos son altamente utilizados y tienen usos variados, desde averiguar las características de drenaje y permeabilidad de superficies hasta determinar la presencia de obstáculos en la aproximación de ruta de vuelo de una aeronave.

Con el creciente desarrollo de modelos numéricos y herramientas computacionales utilizadas para el modelamiento de algunos fenómenos, el uso de los productos digitales derivados de datos altimétricos se ha masificado. Por ejemplo, los Modelos Digitales de Elevación (DEM, de su sigla en inglés), Modelos Digitales de Terreno (DTM, de su sigla en inglés), que corresponden a la elevación del terreno desnudo, y los Modelos Digitales de Superficie (DSM, de su sigla en inglés), que corresponden a la elevación de la superficie visible, es decir, que incluye la parte superior de la copa de los árboles, la parte superior de las estructuras (casas, edificios, otras estructuras), y donde no hay objetos corresponde a la elevación del suelo. Este tipo de datos son utilizados como recursos de alta importancia para el desarrollo de diversos análisis, entre ellos se destacan análisis para la identificación de áreas de peligrosidad por inundaciones y anegamientos [Meza, 2020], estudio de eventos de fuertes descargas [Fernández-Barba, 2020], etc. Además de lo mencionado, con estos datos y los DSM de alta resolución, es posible generar modelos 3D de ciudades, útiles, por ejemplo, para modelar la propagación del sonido de sirenas, para estudios urbanos de potencial solar [Klärle, 2011], entre otros.

La masificación de la investigación ha permitido el desarrollo de nuevas aplicaciones y herramientas, de las cuales una de las más llamativas son plataformas web que disponibilizan estos datos gratuitos de elevación de mayor resolución (p. ej. PNOA-LIDAR ¹), obtenidos mediante la tecnología de teledetección LiDAR (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging). LiDAR es un sistema activo que permite determinar la distancia desde un emisor láser a un objeto o superficie, la distancia al objeto se determina midiendo el tiempo de retraso entre la emisión del pulso y su detección a través de la señal reflejada. Este sistema tiene la gran ventaja de que es posible obtener la elevación de la tierra "desnuda" (Figura 1), es decir, sin contar la vegetación, a diferencia de la fotogrametría (con fotos tomadas desde un vehículo aéreo no tripulado, UAV, de su sigla en inglés, ya sea dron o ala fija), estereoscopía (con imágenes satelitales estereoscópicas) e interferometría radar de apertura sintética (InSAR o IfSAR), ya que con estas solo es posible reconstruir la superficie vi-

¹PNOA-LIDAR: <https://pnoa.ign.es/el-proyecto-pnoa-lidar>

sible directamente. La desventaja de la tecnología LiDAR es que es más cara en comparación con la fotogrametría con dron, cuando con ambas se pueden obtener resoluciones centimétricas. Sin embargo, los drones (que también poseen la capacidad de aerotransportar un sensor LiDAR de menores dimensiones) y los UAV de ala fija comerciales para fines topográficos tienen la desventaja de que, debido a la limitada autonomía y al alcance máximo en distancia (aprox. entre 500 m a 12 km), no son tan convenientes por el tiempo que requiere el levantamiento de grandes superficies. Además, para su vuelo, tienen limitaciones en la altura del vuelo según la normativa DAN-151 de la DGAC (Dirección General de Aeronáutica Civil). A pesar de lo anterior, la fotogrametría con dron o UAV de ala fija se ha masificado dentro de los servicios públicos.

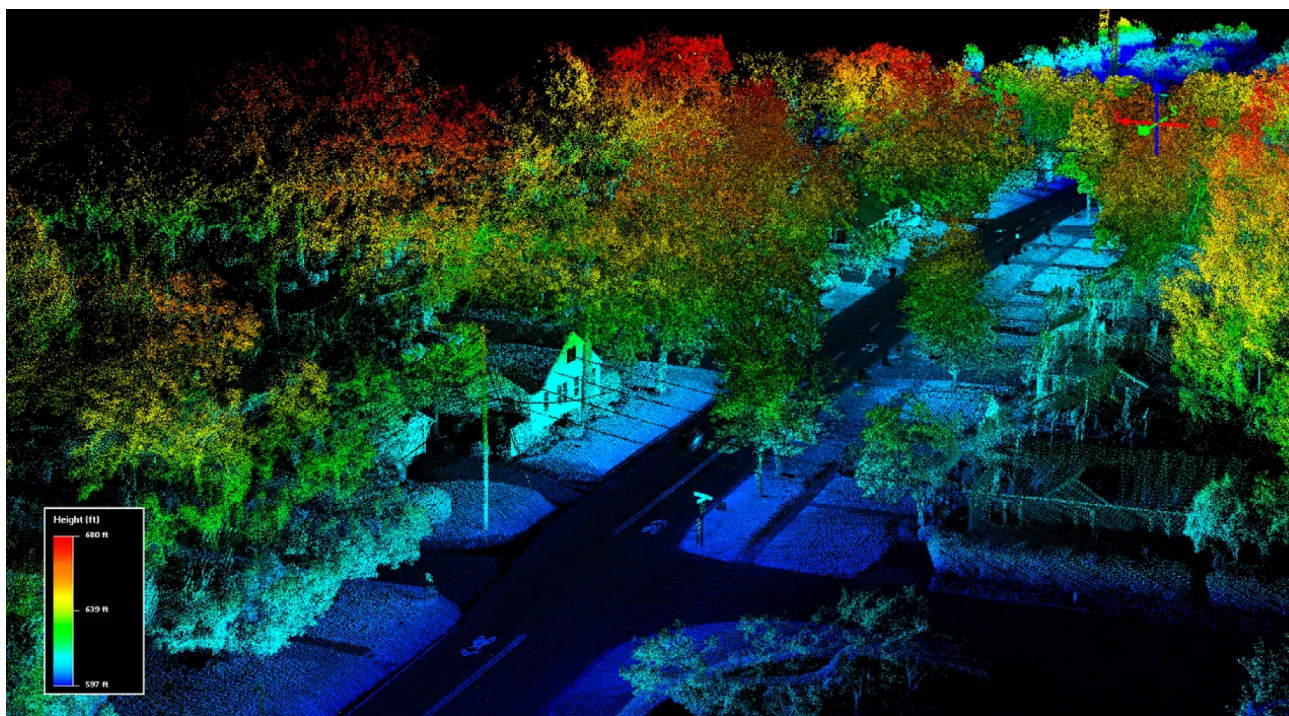


Figura 1: Ejemplo imagen tomada con sensores LidAR la cual distingue vegetacion y estructuras del suelo.

Fuente: <https://octopart.com/blog/archives/2020/01/lidar-laser-diode-selection-for-compact-imaging-systems>

1.2. Problema u oportunidad

Dos reportes del Consejo Nacional de Investigación (National Research Council, NRC) de Estados Unidos: el "Datos de elevación para el mapeo de inundaciones"[National Research Council, 2007] y el "Mapeando la zona: mejorando la precisión de los mapas de inundación"[National Research Council, 2009], destacan la importancia de los datos topográficos precisos en la determinación de la elevación de la superficie del agua, la elevación base y la extensión de las inundaciones. Estos informes resaltan la necesidad de contar con datos altimétricos de alta calidad para una toma de decisiones más precisa y efectiva.

Chile es un país que se caracteriza por su diversidad geográfica y está expuesto constante-

mente a eventos y fenómenos naturales que pueden tener un impacto considerable en la vida de sus habitantes. Diversas áreas de desarrollo, como la gestión de desastres naturales, la planificación urbana, los catastros ambientales, forestales y agrícolas, requieren el uso de datos altimétricos para el análisis, planificación y monitoreo de diversas variables. Sin embargo, las fuentes de libre acceso existentes actualmente no satisfacen completamente las necesidades y demandas de los usuarios en términos de resolución espacial, actualización y facilidad de uso de su plataforma.

La baja resolución espacial de los datos disponibles limita la capacidad de detectar detalles importantes en el análisis, ya que la escala mínima cartografiada de los píxeles utilizados es insuficiente. Esto se ilustra en la Figura 2, que muestra el mismo proceso utilizando dos Modelos Digitales de Elevación (DEM) de diferentes resoluciones espaciales (DEM Aster GDEM 30 m y EstereoDem proyecto CIREN 10 m). Por lo tanto, resulta indispensable contar con datos altimétricos de alta resolución que ofrezcan un mayor nivel de detalle, lo cual permitirá obtener productos y análisis más precisos y de mayor calidad.

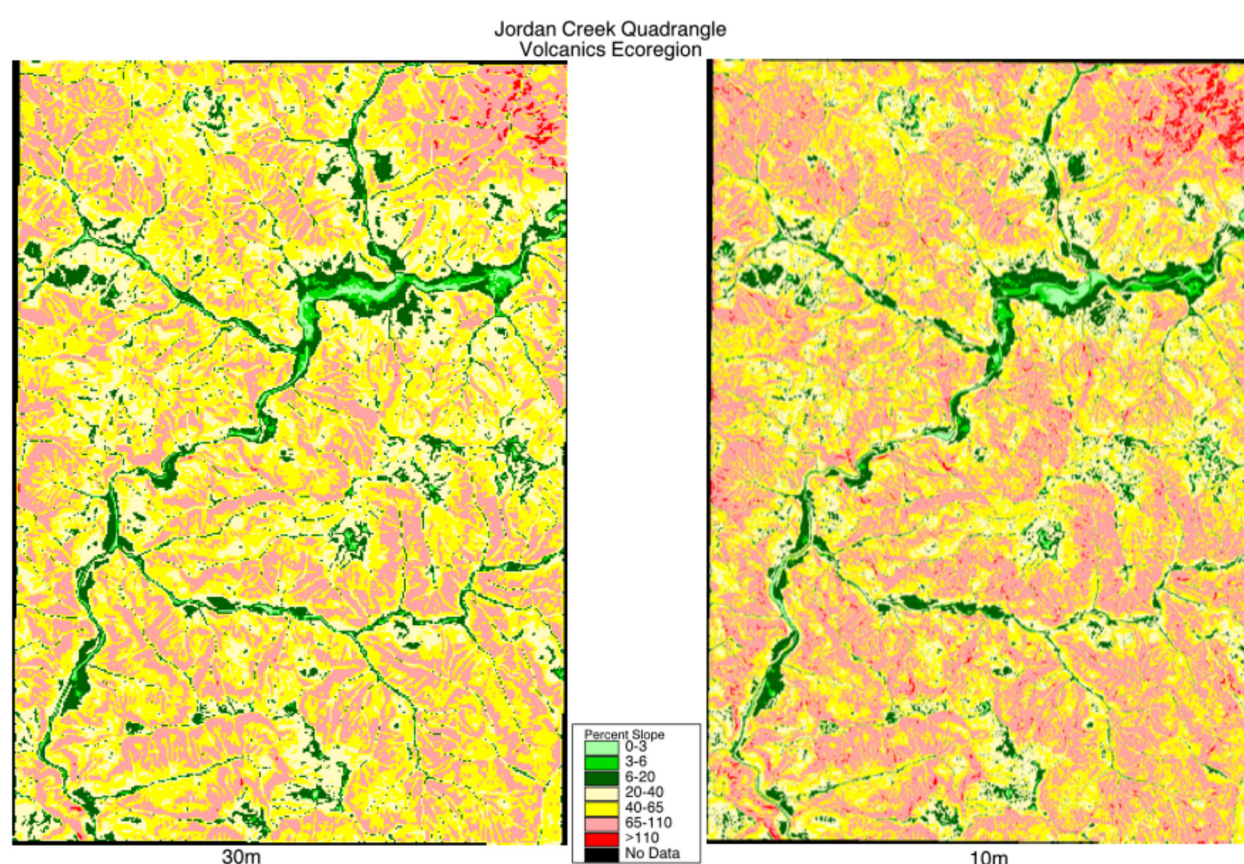


Figura 2: Laderas generadas por un DEM de 30m y un DEM de 10m.

Fuente:

https://www.fsl.orst.edu/clams/download/posters/sharon_dem_post.pdf

En diciembre de 2021, se realizó una encuesta dirigida a investigadores y la comunidad científica con el objetivo de identificar los requisitos necesarios para contar con datos altimétricos de alta resolución en Chile, así como los beneficios futuros que se obtendrían al disponer de estos datos ². Los resultados de la encuesta revelaron que los datos altimétricos de alta resolución aportarían beneficios significativos, como el ahorro de tiempo y costos, la mejo-

²Resultado encuesta investigadores y comunidad científica: <https://bit.ly/3tgkwBn>

ra en los resultados de investigación, el apoyo en la formulación de nuevos proyectos y los beneficios sociales en educación, divulgación y seguridad pública.

Con esto, se puede apreciar que existe una necesidad de contar con datos altimétricos de mejor resolución por parte del estado chileno para un sin fin de usos, que si bien existen diversas fuentes de información con datos, estas no tienen un estándar único. Además, no existe una coordinación e integración entre las instituciones para la obtención o generación de datos altimétricos.

Para abordar estas dificultades y aprovechar al máximo los datos topográficos de alta resolución, es necesario desarrollar una solución integral que ofrezca un acceso fácil y eficiente a través de una interfaz de usuario intuitiva y amigable. La interfaz desempeña un papel fundamental, ya que es el medio mediante el cual los usuarios interactúan con la plataforma [Stone *et al.*, 2005]. Por lo tanto, el diseño de la interfaz de usuario debe mostrar de manera clara las principales características y funcionalidades del sistema [Guntupalli, 2008].

Una interfaz intuitiva y fácil de usar reducirá la curva de aprendizaje, minimizando la necesidad de capacitación adicional. Esto permitirá a los usuarios aprovechar al máximo los datos topográficos de alta resolución, aumentando la eficiencia en el manejo de los datos, facilitando la toma de decisiones informadas, fomentando el avance en la investigación científica y promoviendo la incorporación de nuevos usuarios para maximizar el potencial de la plataforma.

1.3. Objetivos

Los objetivos de esta memoria se centran en el desarrollo e implementación de una interfaz de usuario para mejorar el acceso y la utilización de datos topográficos de alta resolución en Chile. A continuación, se detallan los alcances de la solución propuesta:

Objetivo General

Desarrollar e implementar una interfaz de usuario que permita el acceso y la disponibilización de datos topográficos de alta resolución en Chile.

Objetivos Específicos

- Diseñar e implementar una interfaz intuitiva y amigable para que los usuarios interactúen efectivamente con los datos topográficos de alta resolución, prestando especial atención a la claridad y presentación visual de las características y funcionalidades del sistema.
- Facilitar la descarga sencilla y eficiente de datos topográficos de alta resolución, permitiendo a los usuarios realizar búsquedas, seleccionar áreas de interés y obtener los datos en el formato adecuado.

- Desarrollar una interfaz para administradores que les permita manejar y gestionar los archivos de datos topográficos, brindando opciones eficientes para cargar, actualizar e indexar los datos.
- Priorizar la usabilidad de la interfaz, buscando que los usuarios puedan utilizarla sin necesidad de invertir mucho tiempo en aprender su funcionamiento o recibir capacitación adicional. Implementar elementos de diseño centrados en el usuario para asegurar una experiencia intuitiva y agradable.

CAPÍTULO 2

MARCO CONCEPTUAL

2.1. Interfaz de usuario

La interfaz de usuario (UI, por sus siglas en inglés) es un componente esencial en el diseño y desarrollo de sistemas de software, ya que actúa como el medio de interacción entre los usuarios y el sistema. Una interfaz de usuario bien diseñada y amigable mejora la usabilidad, la experiencia del usuario y la eficiencia en la realización de tareas. En el caso específico de un sistema de datos altimétricos, una interfaz de usuario efectiva es crucial para facilitar la búsqueda, visualización, descarga y análisis de estos datos.

La interfaz de usuario debe ser intuitiva, lo que significa que los usuarios puedan comprender y utilizarla sin esfuerzo adicional o necesidad de formación intensiva [Stone *et al.*, 2005]. Un diseño intuitivo se basa en la capacidad del sistema para presentar de manera clara y coherente las opciones, funcionalidades y resultados esperados. Un enfoque común para lograr una interfaz intuitiva es aplicar los principios de diseño centrados en el usuario y las heurísticas de usabilidad.

La usabilidad es un aspecto clave de la interfaz de usuario y se refiere a la facilidad con la que los usuarios pueden interactuar con el sistema para lograr sus objetivos. La usabilidad se puede evaluar mediante pruebas de usabilidad, observando cómo los usuarios interactúan con la interfaz y recopilando comentarios y retroalimentación para identificar áreas de mejora. Las heurísticas de usabilidad, como las establecidas por Jakob Nielsen [Nielsen, 1994], proporcionan pautas y principios para evaluar la calidad de una interfaz de usuario.

La experiencia de usuario (UX) es otro factor importante en el diseño de la interfaz. La UX se centra en comprender y abordar las necesidades, expectativas y emociones de los usuarios al interactuar con el sistema. Para lograr una buena experiencia de usuario, es necesario considerar aspectos como la estética visual, la respuesta y la retroalimentación del sistema, la consistencia en la navegación y la adaptabilidad a diferentes dispositivos y contextos de uso.

En cuanto a la implementación de la interfaz de usuario, existen diversas herramientas y tecnologías disponibles. Los lenguajes de programación web, como HTML, CSS y JavaScript, son ampliamente utilizados para desarrollar interfaces de usuario interactivas y responsivas. Frameworks y bibliotecas populares como React, Angular y Vue.js facilitan el desarrollo ágil y eficiente de interfaces de usuario modernas.

Es importante mencionar que la interfaz de usuario no se limita solo a la parte visual o gráfica de un sistema. También incluye elementos de interacción, como botones, formularios, menús desplegables, barras de navegación, entre otros. Estos elementos deben ser diseñados

y ubicados de manera estratégica para optimizar la experiencia del usuario y garantizar una interacción fluida.

La evaluación de la interfaz de usuario es una etapa importante en el proceso de diseño. Se pueden utilizar diferentes métodos de evaluación, como pruebas de usabilidad, revisiones heurísticas y registros de interacción, para identificar problemas y áreas de mejora en la interfaz [Stone *et al.*, 2005]. Estas evaluaciones permiten realizar ajustes y refinamientos en el diseño para optimizar la experiencia del usuario.

2.2. Diseño de interfaz

El diseño de la interfaz de usuario en sistemas de datos altimétricos se basa en principios y técnicas que tienen como objetivo proporcionar una experiencia óptima al usuario. Según D. Stone *et al.* [Stone *et al.*, 2005], se destacan varios aspectos fundamentales en este proceso.

En primer lugar, el enfoque principal del diseño debe ser el usuario. Es esencial comprender las necesidades, metas y capacidades de los usuarios para desarrollar una interfaz fácil de usar y satisfactoria. Las investigaciones de usuarios, como entrevistas y pruebas de usabilidad, son herramientas útiles para obtener información valiosa sobre las expectativas y preferencias de los usuarios.

La consistencia y coherencia son aspectos clave en el diseño de la interfaz. La consistencia se refiere a la uniformidad en términos de diseño visual, disposición de elementos, iconografía y terminología. Esto facilita la comprensión y el uso intuitivo de la plataforma, ya que los usuarios pueden aplicar su conocimiento previo sobre la interfaz en diferentes partes del sistema. Además, seguir las convenciones de diseño establecidas ayuda a garantizar la familiaridad y la predictibilidad en la interacción del usuario.

La organización y estructura de la interfaz también son fundamentales. Una interfaz bien organizada mejora la usabilidad y la eficiencia en la navegación y recuperación de datos. Para lograrlo, es necesario diseñar una arquitectura de información clara y jerarquizada que refleje la estructura de los datos altimétricos. Esto implica la categorización adecuada de los datos, la creación de menús y paneles de navegación intuitivos, y el uso de esquemas visuales que muestren la relación entre los diferentes elementos de la interfaz.

El feedback y la respuesta rápida son elementos esenciales en el diseño de la interfaz. Proporcionar un feedback claro y rápido informa a los usuarios sobre las acciones realizadas y el estado del sistema. Esto incluye confirmaciones visuales, mensajes de error comprensibles y tiempos de respuesta rápidos. El feedback adecuado ayuda a los usuarios a comprender el impacto de sus acciones y a realizar correcciones cuando sea necesario.

La facilidad de aprendizaje es otro aspecto clave. La interfaz debe ser fácil de aprender para los nuevos usuarios y no requerir una curva de aprendizaje prolongada. Esto se logra me-

dian­te el uso de elementos de diseño intuitivos, instrucciones claras, ayudas contextuales y una navegación sencilla. Una interfaz intuitiva permite a los usuarios explorar y utilizar rápidamente las funcionalidades disponibles, sin necesidad de una capacitación extensa.

2.3. Métodos de búsqueda

Los métodos de búsqueda desempeñan un papel fundamental en un sistema de datos altimétricos, ya que permiten a los usuarios encontrar rápidamente la información específica que están buscando. Existen diversas técnicas y estrategias que se pueden emplear para mejorar la eficiencia y precisión de la búsqueda.

Uno de los métodos ampliamente utilizados es la búsqueda basada en palabras clave o texto. Este enfoque permite a los usuarios ingresar términos de búsqueda relevantes y el sistema realiza una búsqueda en los metadatos o etiquetas asociadas a los datos altimétricos. Este método es rápido y flexible, pero su eficacia puede depender de la calidad de los metadatos y la correspondencia exacta de los términos de búsqueda [Manning, 2009].

Para mejorar la precisión de la búsqueda y superar las limitaciones de la búsqueda basada en texto, se pueden emplear técnicas de búsqueda geoespacial. Este método permite a los usuarios definir una región geográfica específica y buscar datos altimétricos que se encuentren dentro de esa área. La búsqueda geoespacial utiliza datos de coordenadas geográficas para filtrar los resultados y mostrar solo los datos relevantes para la región de interés. Este enfoque resulta especialmente útil cuando se trabaja con conjuntos de datos extensos y se desea reducir la cantidad de resultados a explorar.

Otra técnica importante es la búsqueda basada en filtros. Los usuarios pueden aplicar diferentes criterios de filtrado para refinar los resultados de búsqueda según sus necesidades específicas. Por ejemplo, se pueden utilizar filtros para seleccionar datos altimétricos con alguna extensión específica, período de adquisición o fuente de datos. Esto ayuda a los usuarios a encontrar rápidamente los datos relevantes y a eliminar aquellos que no cumplen con sus requisitos.

2.4. Metodología de desarrollo de software

La metodología de desarrollo de software es un enfoque estructurado y sistemático utilizado para gestionar el proceso de creación, implementación y mantenimiento de software. En el contexto del desarrollo e implementación de una interfaz de usuario para un sistema de datos altimétricos, es imperativo utilizar una metodología de desarrollo de software como guía para lograr un resultado exitoso.

2.4.1. Cascada (Waterfall)

Una de las primeras metodologías utilizadas en el desarrollo de software es el método de Cascada (Waterfall) [Royce, 1987]. En la Figura 3 se muestra el diagrama correspondiente. En este enfoque, las fases del proyecto se llevan a cabo de manera secuencial, comenzando por la definición de requisitos, seguida del diseño, implementación, pruebas y finalmente, la entrega del producto completo. Es un enfoque lineal y se asume que todos los requisitos pueden definirse al inicio del proyecto. Sin embargo, este modelo presenta limitaciones en términos de adaptabilidad a cambios y retroalimentación del cliente.

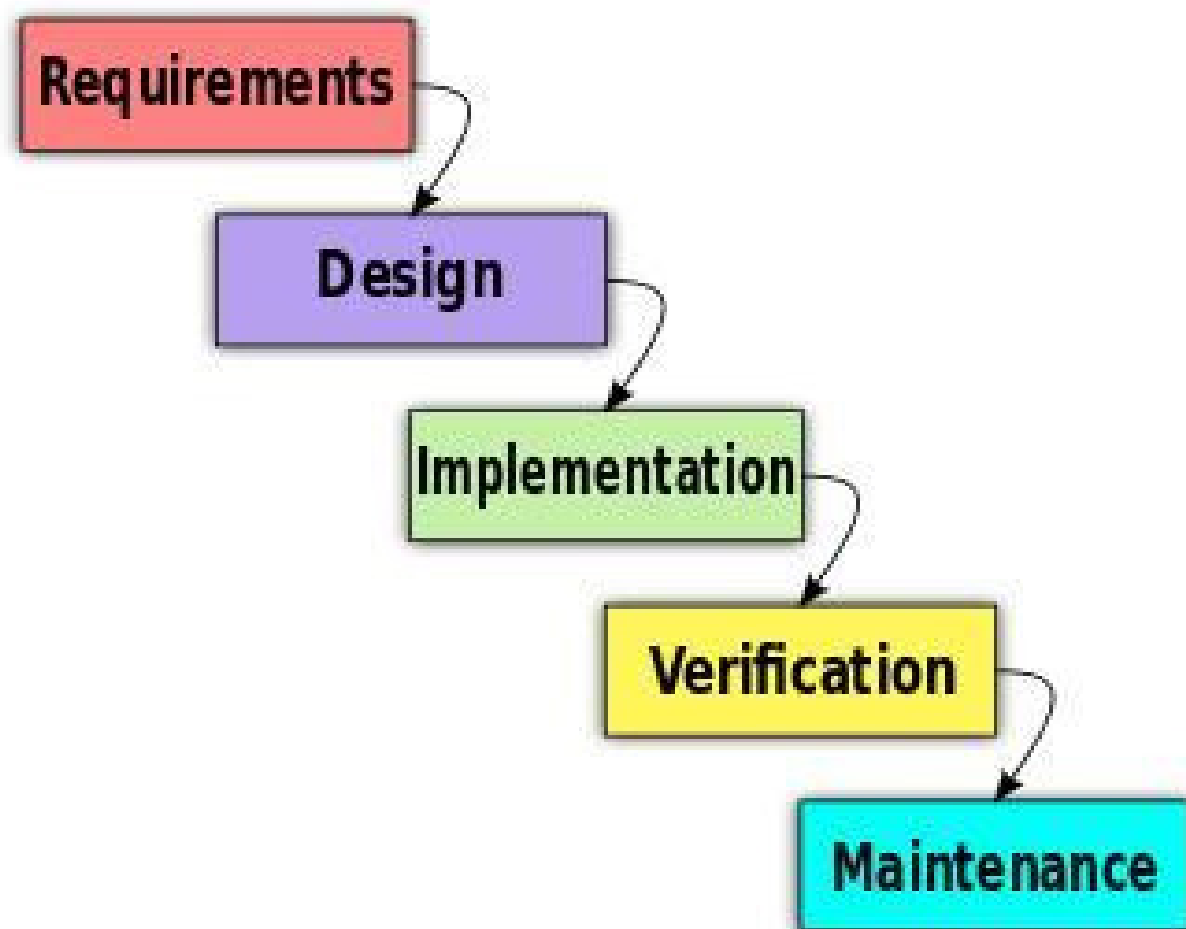


Figura 3: Modelo de Cascada.

Fuente: Wikipedia

URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Desarrollo_en_cascada

Una variante del modelo en cascada es el modelo en cascada modificado. Esta adaptación busca abordar algunas de las limitaciones del modelo en Cascada tradicional al introducir iteraciones y retroalimentación durante el proceso de desarrollo.

El modelo en cascada modificado, se basa en ciclos de desarrollo iterativos, donde se realizan diversas fases, como el análisis de requisitos, el diseño, la implementación y las pruebas, pero con la posibilidad de retroceder a etapas anteriores en caso de ser necesario. Esto permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad durante el proceso de desarrollo, ya que se pueden realizar ajustes y mejoras a medida que se obtiene mayor información y retroalimentación del cliente. En la Figura 4 se muestra el diagrama correspondiente al modelo en cascada

modificado.

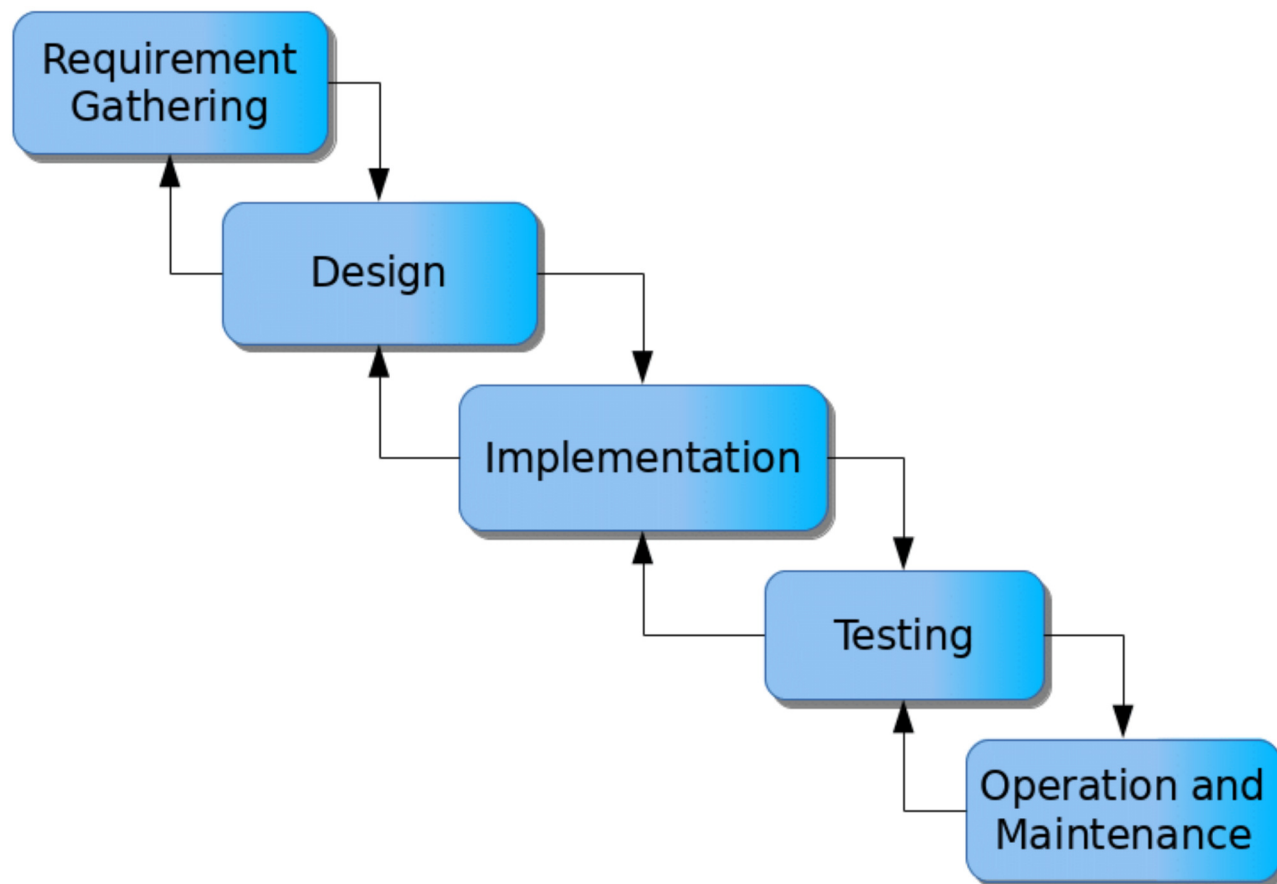


Figura 4: Modelo de Cascada Modificado

Fuente: Carlos Barrios et al.

URL: https://www.researchgate.net/publication/332095882_Methodology_for_Tailored_Linux_Distributions_Development_for_HPC_Embedded_Systems

Una de las ventajas del Waterfall modificado es la capacidad de mitigar y gestionar los riesgos de manera más efectiva a lo largo del proyecto. El enfoque iterativo y la retroalimentación temprana del cliente permiten identificar y abordar los riesgos de manera proactiva, evitando posibles problemas y retrasos en etapas posteriores.

La adopción del modelo Waterfall modificado puede proporcionar beneficios significativos, como una mayor flexibilidad en el desarrollo del software y la capacidad de adaptarse a los cambios y requisitos emergentes. Sin embargo, también es importante tener en cuenta que su implementación exitosa requiere una comunicación efectiva con el cliente y una gestión adecuada de las iteraciones y la retroalimentación.

2.4.2. Metodologías Ágiles

Los métodos ágiles de desarrollo de software han ganado popularidad en los últimos años debido a su enfoque iterativo, colaborativo y flexible. Estas metodologías se basan en el Manifiesto Ágil, un conjunto de principios y valores que promueven la adaptabilidad, la entrega temprana de valor y la colaboración con el cliente [Beck *et al.*, 2001]. Un ejemplo de cómo se aplican estos principios en la práctica se puede observar en la Figura 5.

En Scrum, una de las metodologías ágiles más conocidas, el trabajo se organiza en iteraciones llamadas "sprints". Estos sprints tienen una duración fija, como por ejemplo, dos semanas. Al comienzo de cada sprint, se planifican las tareas y se establecen los objetivos a alcanzar. Durante el sprint, el equipo se reúne diariamente en lo que se conoce como la reunión diaria de Scrum, donde comparten los avances y discuten posibles obstáculos. Al finalizar cada sprint, se presenta una versión funcional del producto al cliente, permitiendo obtener retroalimentación y realizar ajustes en el plan si es necesario [Schwaber y Sutherland, 2011].

Por otro lado, Kanban es otra metodología ágil que se enfoca en el flujo continuo de trabajo. En Kanban, las tareas se visualizan en un tablero, donde se mueven de una columna a otra a medida que avanzan en el proceso. Kanban, permite limitar el trabajo en progreso y enfocarse en optimizar el flujo de trabajo, identificar cuellos de botella y eliminar desperdicios. El objetivo principal de esta metodología es maximizar la eficiencia y lograr una entrega continua de valor [Anderson, 2010].

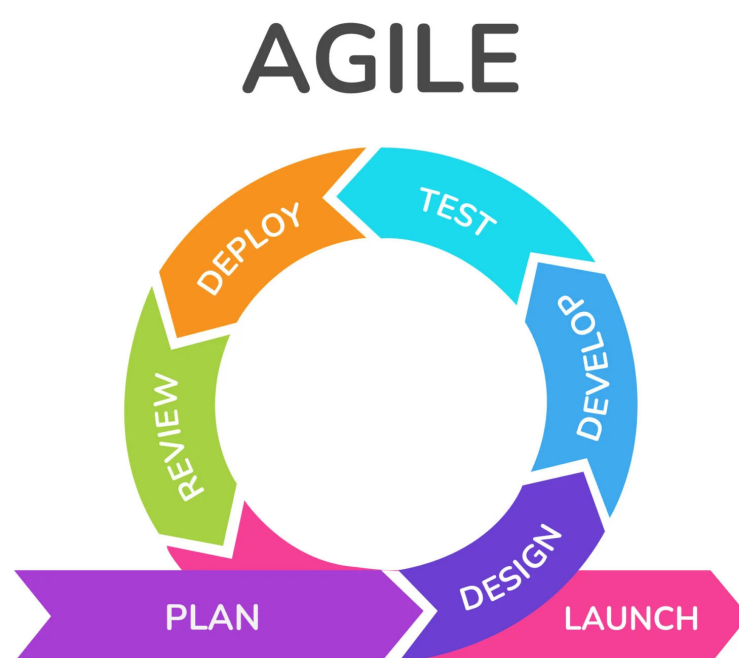


Figura 5: Metodologías Ágiles.

Fuente: <https://www.krasamo.com/agile-development-process/>

2.5. Soluciones de otros países para disponibilizar datos altimétricos de alta resolución.

La investigación y referencia de trabajos previos es un componente fundamental en el desarrollo de una interfaz de usuario para sistemas de datos altimétricos. Este proceso permite obtener conocimientos existentes, aprender de experiencias pasadas y aprovechar las mejores prácticas implementadas por otros investigadores y profesionales en el campo.

Una de las razones principales para analizar las interfaces de usuario y el diseño de soluciones implementadas en otros países es la posibilidad de identificar enfoques exitosos y evitar

repetir errores ya conocidos. Cada país o región puede tener necesidades y desafíos específicos en relación con los datos altimétricos, y analizar las soluciones implementadas en otros lugares brinda la oportunidad de obtener *insights* y adaptarlos a las necesidades locales.

Estas plataformas se han desarrollado en un contexto de creciente importancia de los datos geoespaciales en la investigación científica, la gestión del territorio y la toma de decisiones. El desarrollo de tecnologías de teledetección ha permitido una mayor disponibilidad y accesibilidad de los datos altimétricos, lo que ha generado un aumento en la demanda de plataformas que ofrezcan estos datos.

- En España, el proyecto PNOA-LiDAR³ ha cubierto todo el territorio español en dos ocasiones: la primera entre los años 2009 y 2015 con una densidad de 0,5 puntos/m², y la segunda entre 2015 y 2020 con una densidad de 0,5-4 puntos/m² y, en algunos lugares, incluso mayor. Ofrece una variedad de datos geoespaciales, como ortofotos, modelos digitales de elevación y datos catastrales. La plataforma tiene una interfaz de usuario fácil de usar que permite a los usuarios navegar y buscar datos fácilmente. También ofrece una herramienta de descarga que permite a los usuarios seleccionar el área geográfica y el tipo de datos que desean descargar. En cuanto a las tecnologías utilizadas para desarrollar la plataforma, esta cuenta con una aplicación JAVA encapsulada desarrollada con el framework Struts 2. Las búsquedas por mapa se realizan mediante la API de OpenLayers, mientras que la plataforma utiliza el sistema de gestión de bases de datos PostgreSQL y el software GeoServer para la visualización y descarga de datos geoespaciales.
- Por su parte, Estados Unidos cuenta con varias plataformas de datos altimétricos que pueden servir de referencia en el diseño y desarrollo de Chile3D. El programa “3D Elevation Program”⁴ del Servicio Geológico de Estados Unidos, por ejemplo, comenzó su primer año de producción en 2016 y, a términos de 2021, el 84 % de la superficie Norteamericana contaba con datos de elevación disponibles o en progreso que cumplen con las especificaciones del programa para alta precisión y resolución. El programa consta con seis niveles de calidad para los datos, donde se especifica, entre otros, la precisión vertical, la densidad de puntos y el tamaño de la celda de los DEM. Dentro de los productos de elevación que se pueden descargar se encuentran nube de puntos Lidar, DEM derivados de datos, nube de puntos Lidar con 1 m de resolución, DSM y DTM obtenidos con ifSAR con 5 m de resolución.

La plataforma del 3DEP consta con tecnologías más modernas, las cuales benefician la usabilidad y gestión del sitio, utilizando React principalmente para la interfaz, la API de ArcGIS para realizar las búsquedas por mapas, entre otras librerías y frameworks.

Por su parte, la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, de su sigla en inglés) también tiene DEMs topobatimétricos Lidar y otros datos de elevación en su portal “Digital Coast”, que fue desarrollado para necesidades en la gestión

³Centro de Descargas del CNIG: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp>

⁴Datos del programa 3DEP disponibles en: <https://apps.nationalmap.gov/downloader/#/>

costera . Su sitio consta de una estructura con HTML5, usando también la API de ArcGIS para las búsquedas por mapas.

Portales de estados también tienen datos Lidar, por ejemplo, el de Washington, que en su plataforma utiliza Leaflet para la búsqueda por mapas y Java como su lenguaje principal, teniendo como framework principal Java EE.

La plataforma de “The National Ecological Observatory Network” (NEON), por su parte, también tiene nube de puntos Lidar, pero está dedicada al estudio de ecosistemas, donde los datos Lidar son muy útiles para el análisis de vegetación. Su plataforma está diseñada principalmente con el framework de Javascript React y, para su búsqueda de datos por mapa, utilizan la librería Leaflet. La revisión y análisis de estas plataformas puede servir para identificar las mejores prácticas en cuanto a la interfaz de usuario y tecnologías utilizadas, lo que puede ser útil para el diseño y desarrollo de Chile3D.

- El Reino Unido, por su parte, ha llevado a cabo el programa nacional de LIDAR de la Agencia del Medio Ambiente (The Environment Agency National LIDAR Programme), con el objetivo de proporcionar datos de elevación precisos con una resolución espacial de 1 m para toda Inglaterra para fines de 2021. Los esfuerzos en la medición comenzaron en noviembre de 2016 y han permitido la disponibilidad de una gran cantidad de productos descargables en su portal ⁵, incluyendo nubes de puntos LiDAR, DSM, DTM, DSM del primer retorno, modelos de intensidad de la superficie (Int DSM), entre otros.

La plataforma de esta iniciativa fue desarrollada en HTML5 y Javascript, y se utiliza ASP.net como framework por el lado del servidor. Para las búsquedas realizadas por mapa, se emplea la API de ArcGIS, permitiendo una interacción y visualización de datos altamente eficaz. Esta iniciativa se encuentra en constante evolución, logrando recopilar una cantidad considerable de datos de elevación con altos niveles de precisión y resolución, lo que ha permitido la generación de información relevante y útil en diversos campos de aplicación.

- En el contexto de los sistemas de información geográfica, la plataforma del programa “Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)”⁶ es un recurso clave para la obtención de datos precisos de altura en Países Bajos. Utilizando tecnología LiDAR montada en helicópteros y aviones, se logra obtener datos de altura detallados y precisos, con una resolución de ocho medidas de altura por metro cuadrado y una precisión de 5 centímetros por metro cuadrado. La plataforma ofrece versiones actualizadas del programa, AHN3 y AHN4, con diferentes productos que se pueden descargar del portal, tales como nubes de puntos Lidar clasificadas, DTM y DSM, con grillas de resoluciones de 5 y 0,5 metros respectivamente.

La plataforma fue desarrollada principalmente con el framework React, lo que la hace más moderna y accesible para el usuario final. Además, para la búsqueda por mapa se utilizan la API de ArcGIS, lo que asegura un alto nivel de precisión en los datos y

⁵Portal del Reino Unido: <https://environment.data.gov.uk/DefraDataDownload/?Mode=survey>

⁶Plataforma de Países Bajos: <https://www.ahn.nl/>

una interfaz de usuario intuitiva. La disponibilidad de esta plataforma es crucial para diversas aplicaciones, incluyendo la gestión del territorio, el diseño de infraestructuras, la gestión de recursos naturales, la evaluación del impacto ambiental y el análisis de riesgos naturales, entre otra

- La agencia gubernamental finlandesa National Land Survey of Finland (NLS) ha puesto a disposición el servicio “MapSite”, el cual ofrece acceso a los mapas topográficos, imágenes aéreas y mapas de fondo producidos por el National Land Survey de Finlandia. Estos datos se encuentran disponibles para su descarga en su plataforma en línea ⁷. El desarrollo de la plataforma se ha llevado a cabo utilizando el framework React para la interfaz de usuario y la API de OpenLayers para la búsqueda de datos a través del mapa. Este servicio de descarga de datos del NLS es de gran importancia para la investigación y el desarrollo de aplicaciones en el campo de la geografía, topografía y planificación territorial. Además, la disponibilidad de datos de alta calidad de Finlandia es esencial para una gestión efectiva y sostenible del territorio.
- Estonia cuenta con el geoportal “Estonia Land Board”⁸, desarrollada por la entidad gubernamental encargada de la administración de la tierra en Estonia, el “Land Board”. El objetivo del geoportal es proveer acceso a la información geoespacial del país, incluyendo los datos de elevación obtenidos por tecnología LiDAR. Además de los productos mencionados, el portal ofrece la descarga de ortofotos y mapas temáticos, así como la posibilidad de realizar búsquedas y análisis espaciales en línea. El sitio principal del geoportal está desarrollado en HTML, Javascript y Bootstrap, y para algunas opciones y aplicaciones de la plataforma se utiliza el framework React. Es importante mencionar que los datos descargados del portal tienen restricciones de uso y licencias específicas que deben ser consideradas antes de su utilización.
- Eslovenia también cuenta con un geoportal del “Spatial Data Information Infrastructure”⁹, desde donde se puede acceder públicamente a la nube de puntos LiDAR y la altimetría en formato 3 columnas (xyz) con espaciamiento de 1 m. del país completo. El sitio esloveno está desarrollado por distintas tecnologías, el sitio principal está desarrollado por HTML5, Javascript y Bootstrap, pero en alguno de sus productos y aplicaciones utilizan Java EE, Angular, entre otros.
- La “Federal Office of Topography swisstopo” de Suiza cuenta con modelos de altura ¹⁰ con diferentes productos derivados de vuelos LiDAR: nube de puntos clasificada, DSM (resolución de 0,5 m.), DTM (resolución de 2 y 0,5 m.), entre otros. Cabe destacar que la plataforma suiza utiliza un enfoque basado en servicios, lo que permite a los usuarios acceder a los datos a través de una variedad de aplicaciones y servicios web que utilizan diferentes tecnologías, como OGC Web Services y WMS.

⁷Plataforma de Finlandia: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/?lang=en>

⁸Portal Estonia: <https://geoportaal.maaamet.ee/eng/Spatial-Data-p58.html>

⁹Portal de Eslovenia: <http://www.geoportal.gov.si/eng/>

¹⁰Portal de Suiza: <https://www.swisstopo.admin.ch/en/geodata/height.html>

La plataforma de swisstopo utiliza principalmente HTML5 y Javascript para su desarrollo, y en algunas de sus aplicaciones y productos también utilizan frameworks como Angular y Bootstrap. Además, cabe destacar que swisstopo ha trabajado en la optimización de su plataforma, implementando mejoras en la interfaz de usuario y la navegación por el sitio para una mejor experiencia del usuario. También han proporcionado herramientas adicionales para la visualización y análisis de los datos de altura, como la capacidad de superponer capas adicionales en los modelos de elevación.

- El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de México ¹¹ también ofrece una amplia gama de productos geoespaciales en su plataforma, que incluye la descarga de ortofotografías, mapas topográficos, cartografía temática y datos geoespaciales abiertos. Además de los productos derivados de LiDAR, como DTM y DSM, también se pueden descargar datos de nubes de puntos LiDAR sin procesar en formatos LAZ y LAS. La plataforma del INEGI se desarrolla principalmente utilizando HTML5, Javascript y Bootstrap para la interfaz, mientras que la búsqueda y el filtrado a través del mapa se realizan utilizando la API de Google Maps. También ofrecen herramientas adicionales para la visualización y análisis de datos geoespaciales, como su Sistema de Consulta de Información Geográfica (SCIG) y el Sistema de Información Geográfica de Mercados (SIGMER).

Además de los países mencionados anteriormente, existen otros países que también cuentan con datos LiDAR, aunque su cobertura puede ser menor. Uno de estos países es Australia, que ofrece datos LiDAR abiertos al público en su plataforma "Open Data Cube"¹². Otros países como Alemania y Suecia también tienen datos LiDAR, pero no están disponibles para todo el público, ya que se encuentran en manos de agencias gubernamentales o de investigación. Es importante mencionar que, aunque algunos países no tengan una cobertura completa de datos LiDAR, estos datos pueden ser muy valiosos para la investigación y el desarrollo de aplicaciones geoespaciales.

A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume las tecnologías utilizadas en distintos proyectos de mapeo y cartografía geoespacial. La tabla proporciona información sobre los lenguajes de programación, frameworks y herramientas empleados en cada proyecto. Esta comparativa puede ser útil para identificar tendencias y patrones en la selección de tecnologías en este campo. La siguiente tabla muestra un resumen de la comparación:

¹¹Plataforma de Mexico: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

¹²Open Data Cube: <https://www.opendatacube.org/>

Proyecto	Tecnologías
PNOA-LiDAR (España)	Java, Struts 2, OpenLayers, PostgreSQL, Geo-Server
3DEP (Estados Unidos)	React, JavaScript, ArcGIS, Leaflet
NOAA (Estados Unidos)	HTML5, ArcGIS
Washington (Estados Unidos)	Java EE, Leaflet, Java EE
NEON (Estados Unidos)	React, JavaScript, Leaflet
The Environment Agency National LIDAR Programme (Reino Unido)	HTML5, JavaScript, ASP.net, ArcGIS
AHN (Países Bajos)	React, OpenLayers
MapSite (Finlandia)	React, OpenLayers
Estonia Land Board (Estonia)	HTML, JavaScript, React, Bootstrap
Spatial Data Information Infrastructure (Eslovenia)	HTML5, JavaScript, Java EE, Angular
Federal Office of Topography swisstopo (Suiza)	HTML5, JavaScript, Angular, Bootstrap, OGC Web Services, WMS
INEGI (México)	HTML5, JavaScript, Google Maps

Tabla 1: Resumen de tecnologías utilizadas en los distintos proyectos

2.6. Alternativas chilenas que disponibilizan datos

En Chile, IDE Chile y Geonodo son las principales plataformas y aplicaciones que disponibilizan datos geoespaciales, sin embargo, no cuentan con un sistema que les permita catalogar e indexar automáticamente sus datos altimétricos.

IDE Chile

IDE Chile ¹³ es una plataforma que reúne información geoespacial de diversas temáticas, sin embargo, su cobertura altimétrica es limitada. La plataforma es mantenida por el Ministerio de Bienes Nacionales de Chile y tiene como objetivo proporcionar información actualizada y confiable a toda la comunidad. IDE Chile funciona como un sistema de capas e imágenes que pueden ser utilizadas por entidades públicas. Su plataforma principal está desarrollada en PHP y utiliza el framework Bootstrap para la interfaz. El “visor de mapas” de IDE Chile está desarrollado con HTML4 y Javascript, utilizando APIS como ArcGIS y OpenLayers para la

¹³IDE Chile: <https://www.ide.cl/>

visualización del mapa. A pesar de su alcance limitado en cuanto a datos altimétricos, IDE Chile es una herramienta importante para la gestión de información geoespacial en Chile.

Geonodo

Geonodo ¹⁴ es una aplicación web de código abierto desarrollada por la Secretaría Ejecutiva del SNIT (Sistema Nacional de Coordinación de Información Territorial) para crear, publicar, compartir, analizar y usar información territorial. Es una aplicación web que se distribuye gratuitamente a instituciones públicas con pocos recursos, y que deseen sumarse a la IDE Chile. Las funcionalidades que tiene Geonodo están diseñadas para apoyar el flujo de trabajo del Modelo de Gestión de Información Territorial, que se divide en cuatro etapas: 1) planificar y generar un modelo de datos que resuelva una problemática o necesidad de la institución, denominado “producto”, cuenta por ejemplo con una aplicación móvil llamada Geonodo Collect para capturar datos en terreno (ej. formulario, encuesta, votación), 2) Producción y Almacenamiento, para cargar archivos y la conexión a base de datos y servicios 3) Publicación, se pueden generar dashboards, visores de mapas, crear catálogos de metadatos, publicar servicios de mapas y 4) Utilización, los usuarios pueden utilizar las herramientas publicadas y analizar la información territorial para tomar decisiones. En la creación del “producto” tiene solamente dos opciones de representación espacial: capas vectoriales y ráster. Esta aplicación es desarrollada principalmente en PHP utilizando el framework Laravel.

A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume las tecnologías utilizadas por las plataformas chilenas.

Plataforma	Tecnologías
IDE Chile	PHP, Bootstrap, HTML4, Javascript, ArcGIS, OpenLayers
Geonodo	PHP (Laravel), HTML, CSS

Tabla 2: Resumen de tecnologías utilizadas en los proyectos chilenos

2.7. Análisis de los sistemas existentes nacionales e internacionales

Con base en la información recopilada, se destaca el protagonismo de HTML5, JavaScript y CSS en el desarrollo de plataformas web, especialmente en el ámbito de las interfaces de usuario. Estas tecnologías actuales y vigentes permiten un desarrollo óptimo y un funcionamiento efectivo de las plataformas. Además, existen numerosos frameworks y librerías que brindan ventajas adicionales, como un desarrollo más rápido, mejor rendimiento, confiabilidad y seguridad, lo cual representa una gran contribución para las plataformas y su desarrollo.

Entre los frameworks destacados se encuentra React, el cual se utiliza para desarrollar componentes de interfaz de usuario en diversas aplicaciones, especialmente aquellas que ma-

¹⁴Geonodo: <https://www.ide.cl/index.php/s-e-snit/area-de-tecnologia/geonodo>

nejan datos en constante cambio [Kumar y Singh, 2016]. Su enfoque en la modularización y la obtención rápida de datos lo convierte en una opción fundamental para proyectos que manejan grandes cantidades de información, como el caso de Chile3D.

Angular es otro framework destacado, utilizado principalmente en el desarrollo de aplicaciones empresariales complejas, como aplicaciones de una sola página y aplicaciones web progresivas. Ofrece un alto nivel de calidad en el desarrollo de interfaces de usuario.

En cuanto a Bootstrap, se enfoca principalmente en aspectos estéticos (CSS) y puede ser utilizado como complemento en el desarrollo de interfaces de usuario, brindando un aspecto visual atractivo.

En relación a los visores de mapas, las API más relevantes, como ArcGIS y OpenLayers, ofrecen características similares y son herramientas útiles para la visualización y manipulación de datos geoespaciales. ArcGIS destaca por su amplia gama de funcionalidades y capacidades avanzadas en análisis y visualización geoespacial, mientras que OpenLayers se destaca por su capacidad para trabajar con diferentes fuentes de datos y formatos. Ambas opciones son valiosas para proyectos que requieren un enfoque geoespacial.

Para sintetizar la información recopilada, se ha elaborado la siguiente tabla que compara las tecnologías y herramientas mencionadas anteriormente, mencionando sus distintas ventajas y desventajas:

Tabla 3: Comparación de tecnologías para el diseño de una interfaz de usuario en un proyecto de datos altimétricos (Parte 1)

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas
Java	Lenguaje de programación versátil y popular que permite construir aplicaciones empresariales y robustas.	Amplio conjunto de bibliotecas y frameworks disponibles para desarrollo. Ofrece soporte tanto para aplicaciones de escritorio como para dispositivos móviles.	Requiere un poco más de tiempo para aprender en comparación con tecnologías más modernas. No ofrece las mismas capacidades de renderizado y actualización en tiempo real que otras tecnologías.
Struts 2	Framework MVC para desarrollo web que promueve la separación de la lógica de presentación.	Enfoque ágil para el desarrollo de aplicaciones web.	La documentación disponible es limitada en comparación con otros frameworks populares. Requiere un esfuerzo moderado para aprender a utilizarlo.
React	Biblioteca de JavaScript para construir interfaces de usuario interactivas y eficientes.	Arquitectura basada en componentes para una reutilización eficiente del código. Proporciona actualización en tiempo real de la interfaz, lo que brinda una experiencia fluida y receptiva al usuario.	Al principio, puede tomar un poco más de tiempo para aprender a utilizarla. También requiere configuración adicional y el uso de algunas herramientas complementarias.
Angular	Framework completo para desarrollo web, especialmente diseñado para aplicaciones de una sola página (SPA).	Ofrece un amplio soporte y herramientas para desarrollar aplicaciones complejas y escalables. Se enfoca en la modularidad y la reutilización de código.	Requiere un poco más de tiempo para aprender en comparación con bibliotecas más livianas como React. Puede generar archivos de implementación finales más grandes.
Bootstrap	Framework CSS que facilita el diseño responsivo y la construcción rápida de interfaces atractivas.	Cuenta con una amplia variedad de plantillas y recursos disponibles. Es flexible y permite la personalización de las interfaces.	No es un framework de desarrollo completo, por lo que podría requerir la integración de otras herramientas o librerías para construir una aplicación completa.
HTML5	Estándar web con amplio soporte en navegadores modernos. Permite construir interfaces web básicas y dinámicas.	Es compatible con una amplia variedad de navegadores modernos y tiene soporte nativo.	Tiene ciertas limitaciones en cuanto a capacidad y complejidad en comparación con tecnologías más avanzadas.

Tabla 4: Comparación de tecnologías para el diseño de una interfaz de usuario (Parte 2)

Tecnología	Descripción	Ventajas	Desventajas
Leaflet	Biblioteca de JavaScript que permite incrustar mapas interactivos en aplicaciones web.	Ligera y fácil de usar. Amplia compatibilidad con diferentes proveedores de mapas.	No cuenta con funcionalidades geoespaciales avanzadas de forma nativa, requiere complementos adicionales para estas características.
Google Maps API	Conjunto de API proporcionado por Google para integrar mapas y servicios de ubicación en aplicaciones web.	Amplio conjunto de funciones y servicios disponibles.	Restricciones en el uso gratuito y posible dependencia de servicios de terceros.
OpenLayers	Biblioteca de JavaScript para visualizar mapas interactivos y trabajar con datos geoespaciales.	Soporte para una amplia variedad de fuentes de datos y formatos.	Requiere un esfuerzo moderado para aprender a utilizarla en comparación con soluciones más sencillas como Leaflet.
ArcGIS	Plataforma y conjunto de herramientas para trabajar con mapas y datos geoespaciales.	Proporciona una amplia gama de funcionalidades avanzadas en análisis y visualización geoespacial.	Requiere una licencia, y podría tener costos asociados para su uso comercial. También requiere un tiempo moderado para aprender a utilizarla. Además, puede implicar una dependencia de la infraestructura de Esri.

2.8. Análisis de las interfaces de usuario y su diseño de las distintas soluciones de otros países

Ahora bien, al tener las tecnologías definidas, es importante analizar las distintas interfaces de usuarios de las soluciones ya existentes, para así formar una idea inicial y luego, de manera posterior, realizar mejoras en el diseño ya realizado.

2.8.1. Flujo de información

En la mayoría de las plataformas analizadas, se observa una página de bienvenida (Home-Page) que proporciona una descripción general de la plataforma y presenta una variedad de productos o secciones para que los usuarios puedan seleccionar y utilizar. Entre estas sec-

ciones, se destaca aquella dedicada a la búsqueda y descarga de datos altimétricos, la cual es relevante para el presente estudio.

En esta sección, las plataformas ofrecen diversas opciones de búsqueda y funcionalidades adicionales para mejorar la precisión y especificidad de los resultados. Una vez que se realiza la búsqueda, los usuarios pueden proceder a la descarga de los datos requeridos. El proceso de búsqueda-descarga varía según las plataformas, algunas ofrecen una selección directa y descarga de archivos, mientras que otras utilizan un carrito de descargas para administrar el proceso.

Es importante destacar que durante el flujo de información, algunas plataformas implementan pasos adicionales de verificación o confirmación antes de la descarga, con el fin de asegurar la correcta selección y evitar errores. Además, en ciertos casos, se puede ofrecer información adicional sobre los datos descargados, como formatos disponibles, metadatos o instrucciones de uso.

2.8.2. Disposición de los elementos de la interfaz

En términos de la disposición de elementos en la interfaz, se analiza específicamente la sección de búsqueda y descarga, la cual reviste mayor importancia y contiene una mayor cantidad de información.

En una de las columnas principales, se encuentra el cuadro de búsqueda destacado, que está estratégicamente ubicado y resalta visualmente para captar la atención de los usuarios. Aquí, los usuarios pueden ingresar términos de búsqueda como ubicación, lugar o palabras clave relacionadas con los datos altimétricos que desean obtener.

Justo debajo del cuadro de búsqueda, algunas plataformas presentan opciones de filtrado para que los usuarios refinen y personalicen los resultados. Estos filtros abarcan categorías, tipos de productos, fechas, ubicaciones geográficas y otras opciones pertinentes. Algunas plataformas también incluyen una herramienta de gestión de capas en un mapa interactivo, brindando una búsqueda más precisa y una visualización clara de las ubicaciones geográficas relacionadas con los datos altimétricos (véase Figura 6).

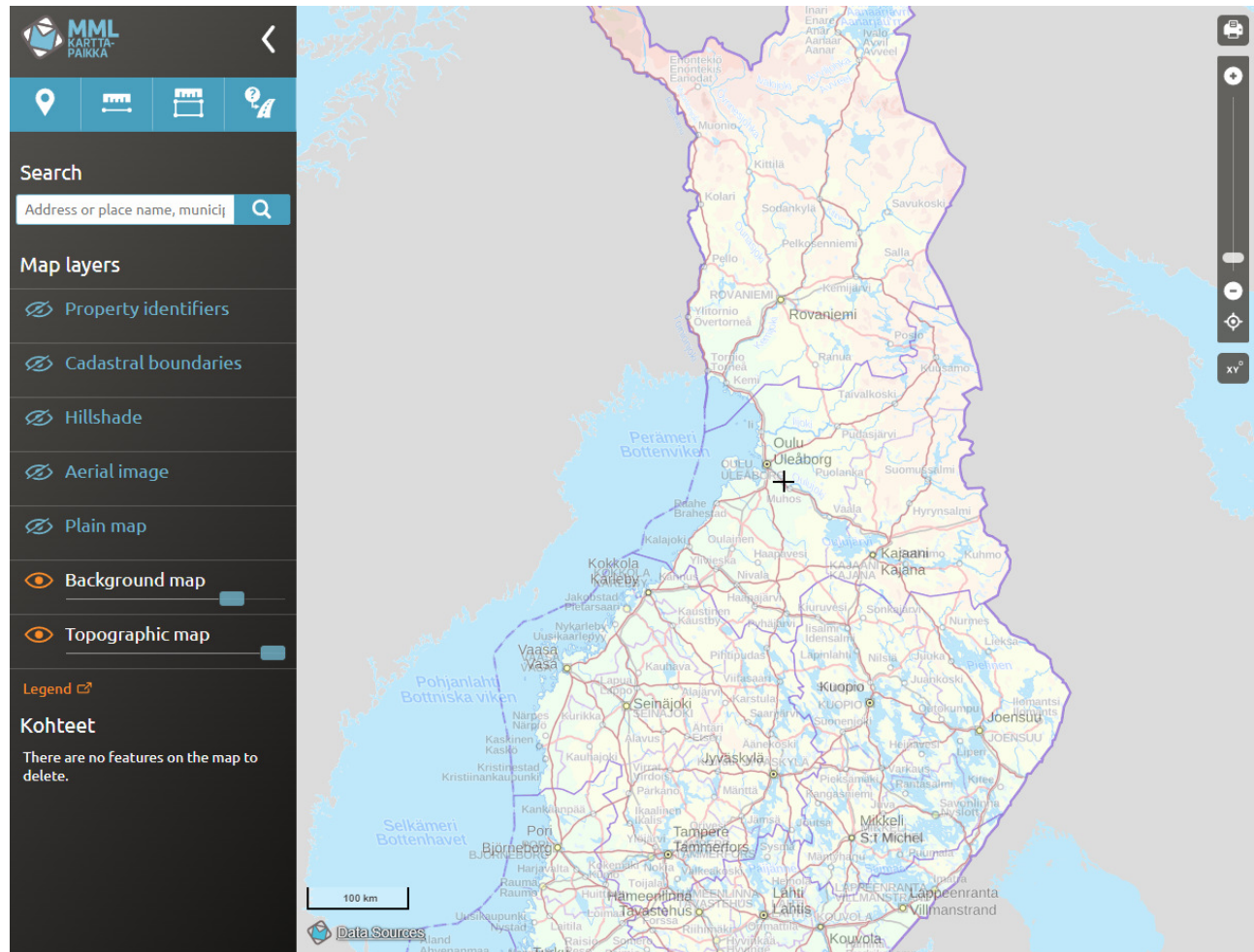


Figura 6: Manejo de capas, plataforma Finlandesa.

Fuente: <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/ostoskori>

En la otra columna de la interfaz se encuentra el mapa interactivo, el cual desempeña un papel fundamental en el proceso de búsqueda. Los usuarios pueden emplear la herramienta de dibujo de polígonos en el mapa para definir áreas de interés específicas. Esto permite refinar aún más los resultados y enfocarse en las ubicaciones geográficas deseadas para obtener datos altimétricos precisos (véase Figura 7).



Figura 7: Ejemplo de dibujo en mapa, plataforma Estadounidense.

Fuente: <https://apps.nationalmap.gov/downloader/#/>

Una vez realizada la búsqueda, los resultados se presentan en una pestaña separada o en una nueva sección dentro de la misma página. Cada resultado muestra información descriptiva como el nombre del conjunto de datos y detalles adicionales como formatos disponibles, fecha de publicación, etc. La mayoría de las plataformas ofrecen opciones de descarga para cada archivo de resultado, y algunas incluso permiten agregar los datos seleccionados a un carrito de descarga, lo que permite a los usuarios recopilar varios conjuntos de datos antes de finalizar la descarga (véase Figura 8).

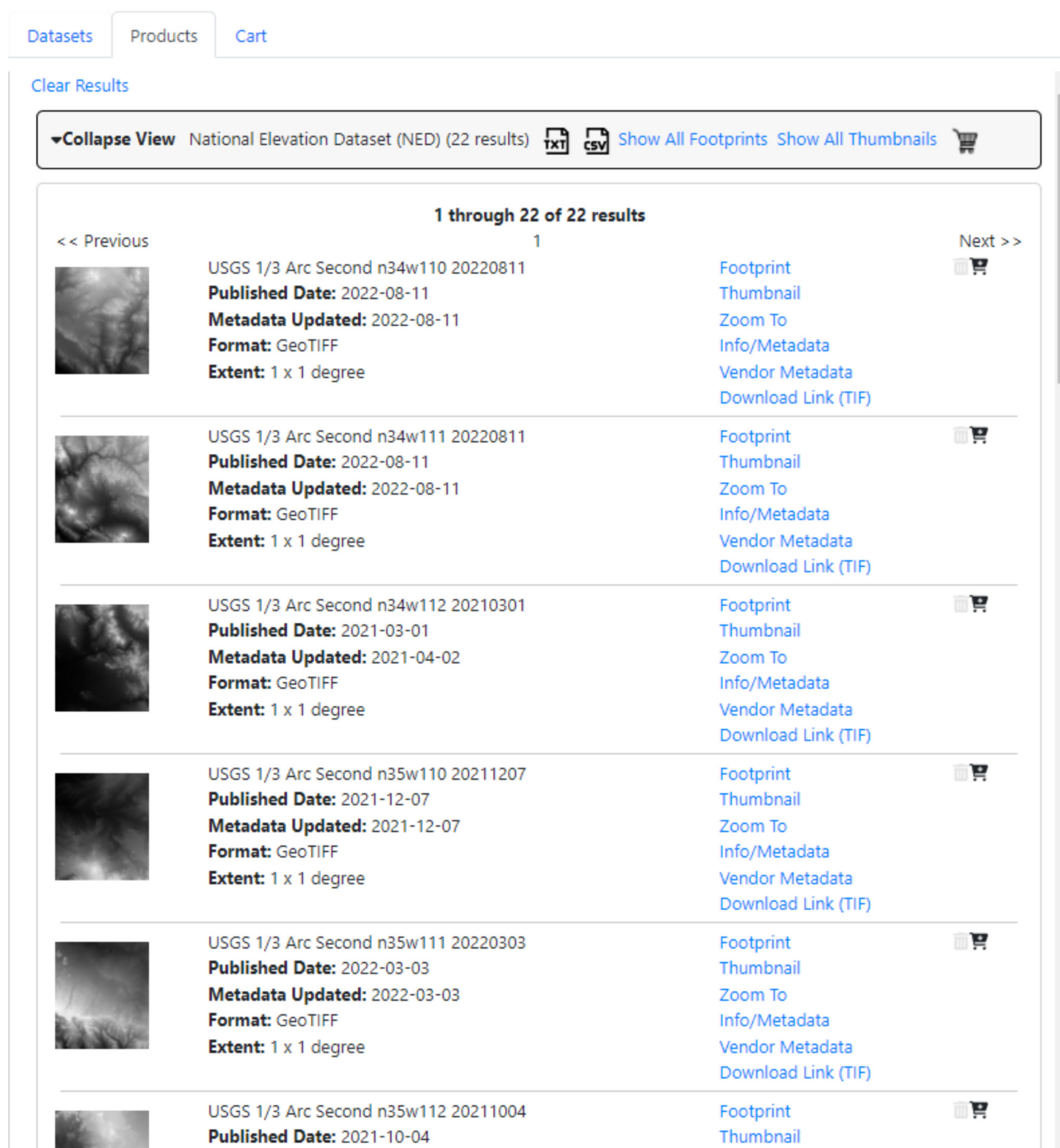


Figura 8: Sección de descarga, plataforma Estadounidense.
Fuente: <https://apps.nationalmap.gov/downloader/#/>

2.8.3. Opciones de búsqueda

Las plataformas que ofrecen datos altimétricos presentan diversas opciones de búsqueda, adaptadas a las necesidades y funcionalidades de cada país. A continuación, se destacan las opciones más relevantes:

- Cuadro de búsqueda: Existen dos variantes principales. La primera opción permite buscar archivos relacionados con una palabra clave o localidad específica. Al ingresar el término de búsqueda, se realiza una búsqueda en la base de datos y se obtienen los archivos relacionados. La segunda opción permite ingresar localidades o municipios en el cuadro de búsqueda, y la plataforma muestra la ubicación en el mapa. Luego, el

usuario puede realizar la búsqueda seleccionando un cuadrante o dibujando un polígono en el mapa.

- **Búsqueda avanzada:** Algunas plataformas ofrecen opciones de búsqueda avanzada que incluyen la posibilidad de filtrar por fechas. Esto permite refinar la búsqueda de archivos en función de la fecha de publicación, la última actualización, entre otros criterios. Además, se mantiene como una característica común la selección de distintos conjuntos de datos o productos ofrecidos por la plataforma, lo que facilita una búsqueda más específica y acotada.
- **Búsqueda por mapa:** Esta opción es especialmente relevante, incluso siendo la única opción en algunas plataformas. Permite realizar la búsqueda de datos altimétricos utilizando el mapa interactivo. En este caso, se pueden emplear dos enfoques. El primero consiste en dibujar un polígono en el mapa y los resultados mostrados corresponden a los archivos que se encuentran dentro de esa zona delimitada. El segundo enfoque implica la selección de cuadrantes, dividiendo el mapa del país en secciones y mostrando los archivos relacionados con el cuadrante seleccionado.

2.8.4. Retroalimentación al usuario

La retroalimentación al usuario desempeñan un papel crucial en el diseño de una interfaz de usuario efectiva. Estos elementos permiten establecer una comunicación fluida entre el usuario y la plataforma, brindando información relevante sobre las acciones realizadas y facilitando la comprensión del sistema.

A continuación, se detallan los distintos tipos de feedback que ofrecen las plataformas analizadas:

- **Confirmación de acciones:** Al realizar una acción, como iniciar una búsqueda o iniciar una descarga, las plataformas proporcionan notificaciones o mensajes claros que informan al usuario sobre la acción realizada. Por ejemplo, después de realizar una búsqueda exitosa, los resultados se muestran de inmediato para que el usuario pueda revisarlos. En caso de que la búsqueda no sea posible o falte algún campo obligatorio, se muestra un mensaje de error explicando la situación al usuario. En términos de descargas, algunas plataformas requieren confirmación o registro previo, y se informa al usuario sobre estos requisitos, mientras que otras permiten la descarga directa sin complicaciones adicionales.
- **Indicadores de progreso:** Cuando se llevan a cabo tareas que requieren cierto tiempo, como la descarga de archivos grandes o una búsqueda exhaustiva, las plataformas ofrecen indicadores de progreso para mantener al usuario informado sobre el avance de la tarea. Estos indicadores pueden ser barras de progreso, iconos animados o mensajes que muestran el porcentaje completado. De esta manera, el usuario tiene una

idea aproximada del tiempo restante y la plataforma le brinda una retroalimentación visual sobre el proceso en curso.

- Mensajes de error: En caso de que ocurra un error durante la interacción del usuario con la plataforma, se proporcionan mensajes de error claros y descriptivos. Por ejemplo, si se realiza una búsqueda y no se encuentran archivos relacionados, se informa al usuario sobre esta situación. Del mismo modo, si se requiere la selección de un conjunto de datos específico o la región seleccionada no contiene archivos disponibles, se notifica al usuario para que pueda tomar las acciones pertinentes y ajustar su búsqueda en consecuencia.
- Visualización de resultados: Después de realizar una búsqueda exitosa, los resultados se presentan de manera clara y organizada. Las plataformas muestran los nombres de los archivos junto con su información relevante, como metadatos adicionales. Además, se proporcionan acciones claras y visibles para que el usuario pueda interactuar con los resultados, como la descarga de archivos seleccionados o la adición a un carrito de descarga.

A continuación se presenta una tabla a modo de resumen para mostrar que elementos presenta cada plataforma analizada y así ver de mejor manera qué es lo que predomina en este tipo de plataformas.

Proyecto	Filtro Búsqueda	Selección Capas	Búsqueda Mapa	Carrito Descarga	Retroalimentación
PNOA-LiDAR (España)	X	X	X	X	X
3DEP (Estados Unidos)	X	X	X	X	X
NOAA (Estados Unidos)	X				X
Washington (EE. UU.)	X	X	X	X	X
NEON (EE. UU.)	X				X
The Environment Agency National LiDAR Programme (Reino Unido)	X	X	X		X
AHN (Países Bajos)	X	X	X	X	X
MapSite (Finlandia)	X	X	X		X
Estonia Land Board (Estonia)	X	X	X		X
Spatial Data Infrastructure (Eslovenia)	X	X	X		X
Federal Office of Topography swisstopo (Suiza)	X	X	X	X	X
INEGI (México)	X				X

Tabla 5: Comparativa a grandes rasgos de configuraciones y elementos de los distintos proyectos con respecto a su interfaz

Dentro de la comparativa presentada en la tabla 2.8.4, se ofrece una visión general de los elementos que caracterizan a cada plataforma. Es evidente que ciertas configuraciones en algunas plataformas presentan un nivel de complejidad más elevado (por ejemplo, complejidad en realizar un cambio de capas), lo que requiere un enfoque más detallado para la navegación y accesibilidad. No obstante, emerge una tendencia distinguible en estas plataformas, con características significativas que se resaltan de manera consistente.

De particular relevancia son los filtros complementarios aplicados a las funcionalidades de búsqueda, el proceso de selección de capas, la exploración basada en mapas y la retroalimentación proporcionada a los usuarios en función de acciones específicas. Si bien la implementación de un carrito de descargas no está uniformemente integrada en la mayoría de las plataformas, se hace evidente que esta característica es prevalente en plataformas más maduras, las cuales han atravesado períodos de desarrollo extensos y, por ende, ofrecen un volumen sustancial de datos.

CAPÍTULO 3

PROPUESTA DE SOLUCIÓN

3.1. Usuarios

Para diseñar una interfaz de usuario eficiente y adecuada para el proyecto Chile3D, es imprescindible conocer a profundidad quiénes utilizarán la plataforma y con qué propósito. Por lo tanto, se requiere llevar a cabo un análisis de los distintos tipos de usuarios involucrados en el proyecto. Al llevar a cabo este análisis, es importante tener en cuenta varios aspectos relevantes, como sus objetivos al utilizar la plataforma, el contexto en el que la utilizarán, las tareas que desean realizar, su nivel de experiencia en el uso de tecnología y los requisitos de accesibilidad necesarios para interactuar con la plataforma. Estos factores son cruciales para garantizar que la interfaz de usuario diseñada sea efectiva y satisfactoria para todos los usuarios implicados.

- **Profesionales de la topografía y la geodesia:** Este grupo de usuarios tiene objetivos específicos y concretos al utilizar la plataforma, como obtener datos precisos y actualizados de altimetría para su trabajo diario, así como la capacidad de exportarlos en diferentes formatos para su uso en otros programas y sistemas.

Los profesionales de esta área generalmente tienen conocimientos avanzados en el uso de software especializado para topografía y geodesia, así como en la manipulación de datos geoespaciales.

- **Ingenieros y arquitectos:** Este grupo de usuarios utiliza la plataforma para obtener datos de altimetría para el diseño y la construcción de proyectos de ingeniería y arquitectura y así, por ejemplo, tomar decisiones informadas sobre la ubicación y altura de las estructuras.

En cuanto al nivel de experiencia en el uso de tecnología, estos usuarios pueden tener diferentes niveles, por lo que la interfaz de usuario debe ser intuitiva y fácil de usar para usuarios con diferentes habilidades.

- **Estudiantes y académicos:** Este grupo de usuarios utiliza la plataforma para obtener datos de altimetría los cuales pueden ser de gran valor para la investigación y el estudio en diferentes disciplinas como la geografía, la geología, la cartografía y la planificación territorial.

Los estudiantes y académicos pueden tener diferentes niveles de habilidad informática, desde habilidades básicas hasta avanzadas, dependiendo de su área de estudio.

- **Personas vinculadas a instituciones de riesgo:** Este grupo de usuarios incluye a profesionales y expertos que trabajan en instituciones relacionadas con la gestión y prevención de riesgos naturales y desastres. Estos usuarios pueden utilizar la plataforma

para acceder a datos topográficos de alta resolución con el fin de realizar análisis y evaluaciones relacionadas con amenazas geológicas, hidrológicas o climáticas. La plataforma puede ayudarles a tomar decisiones informadas y desarrollar estrategias de mitigación ante situaciones de riesgo.

3.2. Metodología

Una vez teniendo definidos los posibles usuarios, en los procesos de diseño, es imprescindible basarse y utilizar diversos modelos para poder llegar a un producto final. Los más útiles y que pueden aportar al proyecto son los mencionados en la Sección 2.4.

Para el desarrollo de la plataforma a desarrollar, se propone utilizar una metodología que combine elementos de metodologías ágiles con una variante del enfoque Waterfall, adaptada a las características y restricciones del proyecto.

La elección de esta metodología se basa en consideraciones clave:

- **Comunicación con los usuarios:** Aunque la comunicación con los usuarios no es continua debido a limitaciones de recursos, se busca obtener retroalimentación y validación temprana por parte de los usuarios finales. Por lo tanto, se utilizarán principios ágiles que permitan la iteración y la adaptación según la retroalimentación recibida en cada etapa del desarrollo.
- **Requisitos bien definidos:** Aunque se espera cierta flexibilidad en la adaptación de los requisitos a medida que se avanza en el desarrollo, se cuenta con una base sólida de requisitos establecidos desde el inicio del proyecto. Esto hace que el enfoque Waterfall modificado sea adecuado, ya que permite una planificación y ejecución secuencial basada en los requisitos iniciales.

La metodología propuesta combinará elementos de las metodologías ágiles, como Scrum o Kanban, con una estructura secuencial modificada basada en el enfoque Waterfall. A lo largo del desarrollo, se seguirá un enfoque iterativo para construir incrementos funcionales de la plataforma, permitiendo la adaptación y validación de cada iteración con los usuarios finales.

Paralelamente al desarrollo, se realizarán pruebas exhaustivas para verificar la funcionalidad y calidad de la plataforma. Se llevarán a cabo pruebas unitarias, de integración y de aceptación, con el objetivo de detectar y corregir errores de manera temprana.

Esta metodología fusionada proporcionará un enfoque estructurado y ordenado para el desarrollo de la plataforma, garantizando la entrega de incrementos funcionales y permitiendo la adaptación según las necesidades y retroalimentación de los usuarios finales. Además, permitirá una gestión eficiente del trabajo para el equipo de desarrollo.

3.3. Análisis de Requerimientos

Basándose en el análisis de los usuarios y sus necesidades, como también de las plataformas que brindan el mismo servicio en otros países, se pueden definir las siguientes características y requerimientos:

3.3.1. Usuario general

De manera preliminar, existe un usuario general de la plataforma, el cual requiere los siguientes requerimientos:

- Debe de realizar una búsqueda de datos de manera rápida y eficaz, que no ofrezca dificultad para un usuario que no necesariamente tenga conocimientos en el área.
- Debe presentar un mapa de Chile para poder realizar búsqueda de datos y facilitar su descarga.

3.3.2. Usuario administrador

Ahora bien, en relación al usuario administrador, se presentan requerimientos específicos que difieren de los usuarios regulares de la plataforma. Aunque el administrador puede utilizar la plataforma y descargar datos, también tiene necesidades propias para su propio panel de control. Estos requerimientos preliminares son:

- Proporcionar una opción para ingresar al sistema con credenciales creadas por Chile3D.
- Permitir la carga de archivos en la plataforma.

3.4. Diseño preliminar

Una vez establecidos los requerimientos preliminares, es posible proceder con el diseño preliminar de la interfaz de usuario. El objetivo es crear un bosquejo que cumpla con los requisitos mencionados anteriormente, enfocándose en la simplicidad y la funcionalidad.

En este diseño preliminar, se propone una interfaz limpia y fácil de navegar. Se sugiere utilizar una disposición de elementos clara y jerarquizada, que permita a los usuarios acceder rápidamente a la información de altimetría que necesitan.

3.4.1. Bosquejo

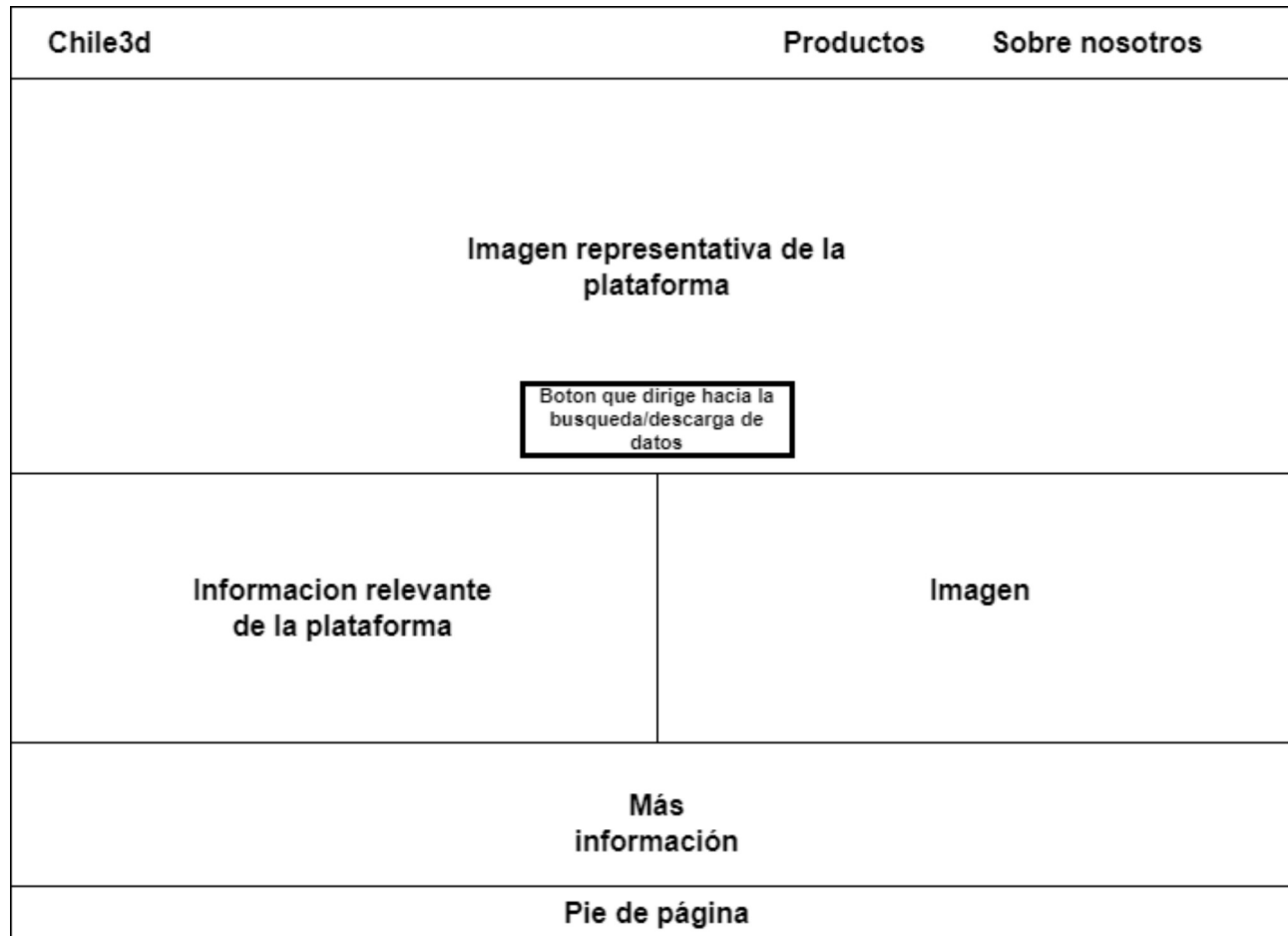


Figura 9: Bosquejo preliminar del Homepage .
Fuente: Elaboración propia

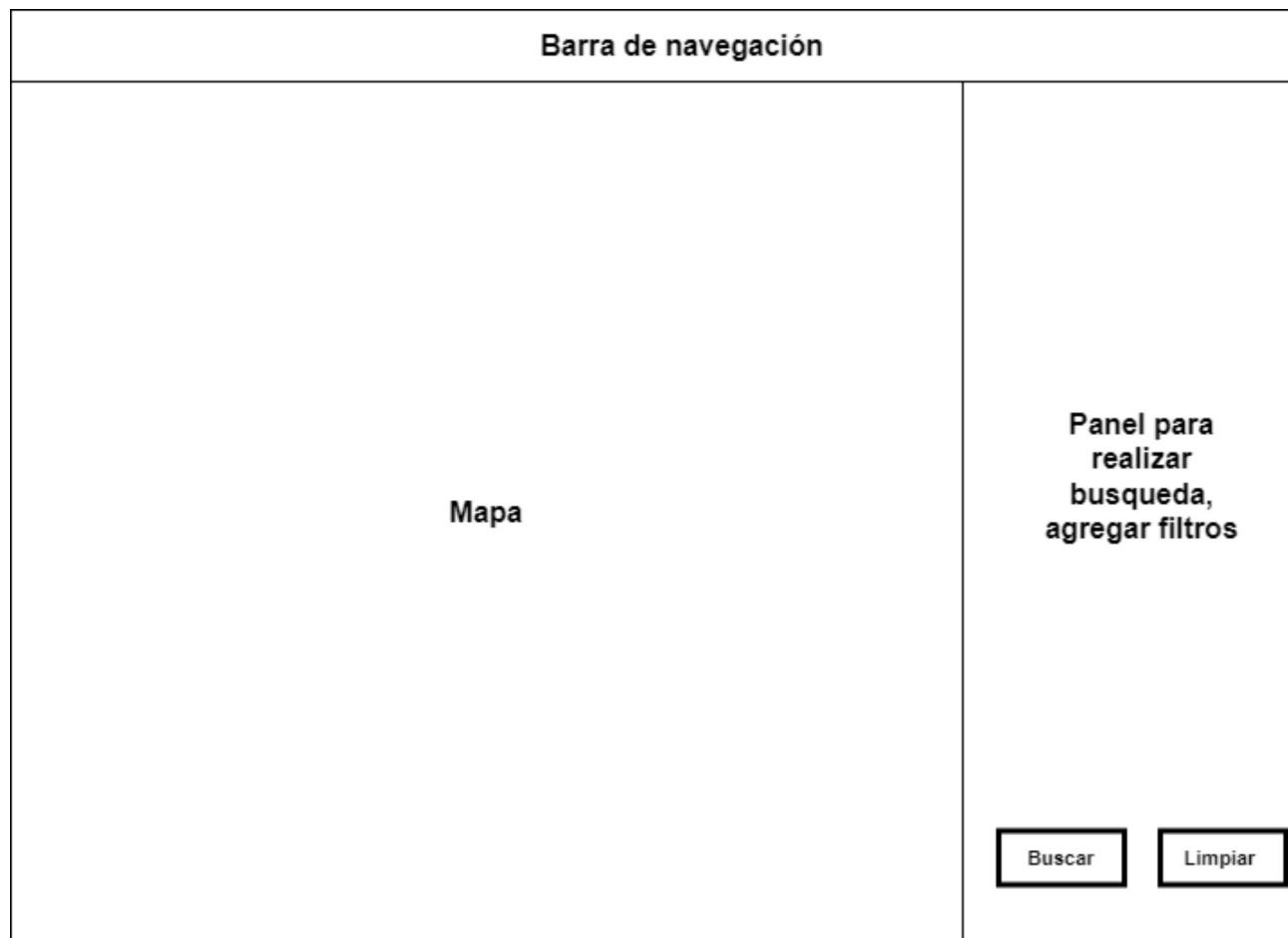


Figura 10: Bosquejo preliminar del apartado para realizar la búsqueda.
Fuente: Elaboración propia

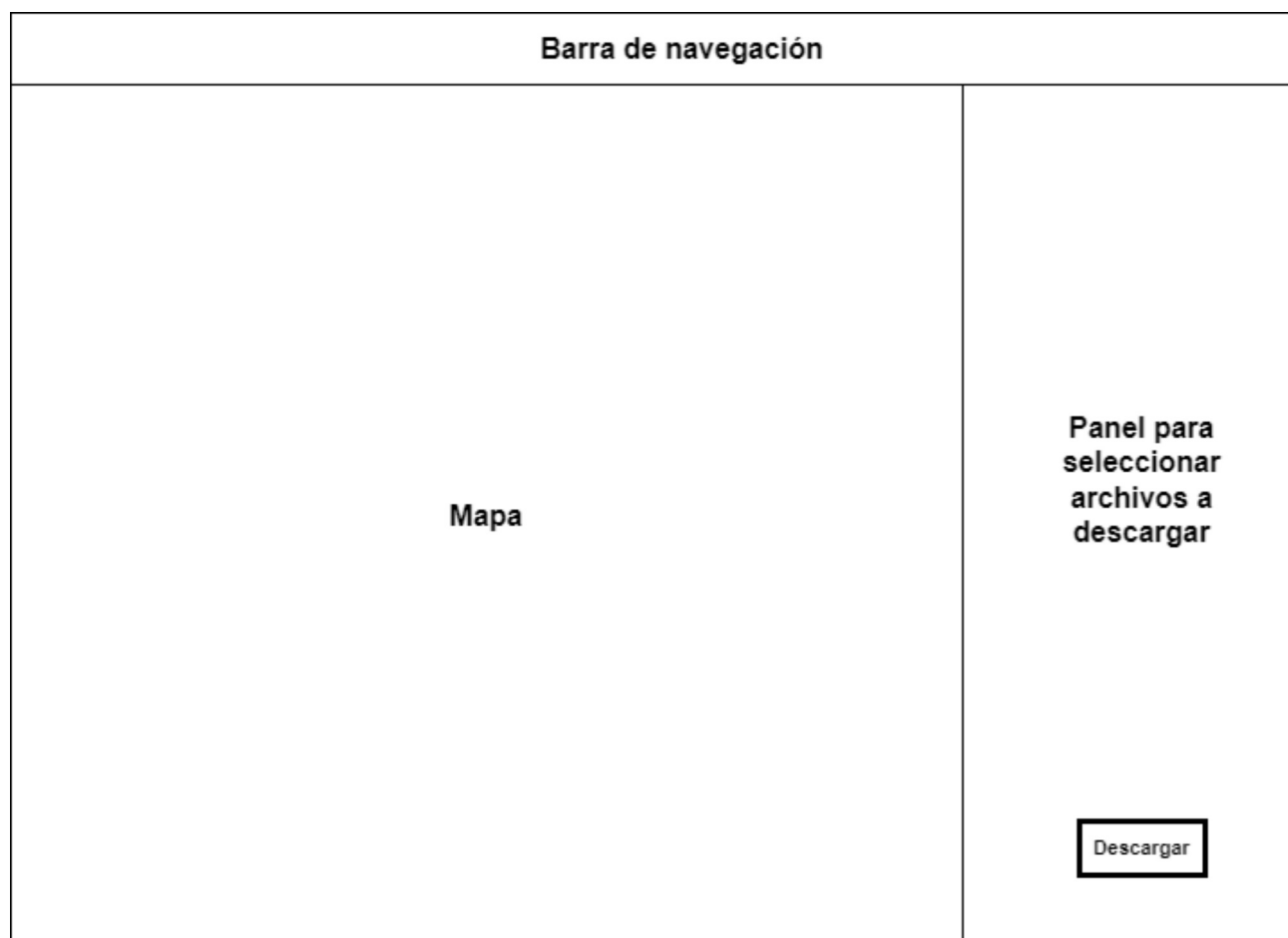


Figura 11: Bosquejo preliminar del apartado para realizar la descarga.
Fuente: Elaboración propia

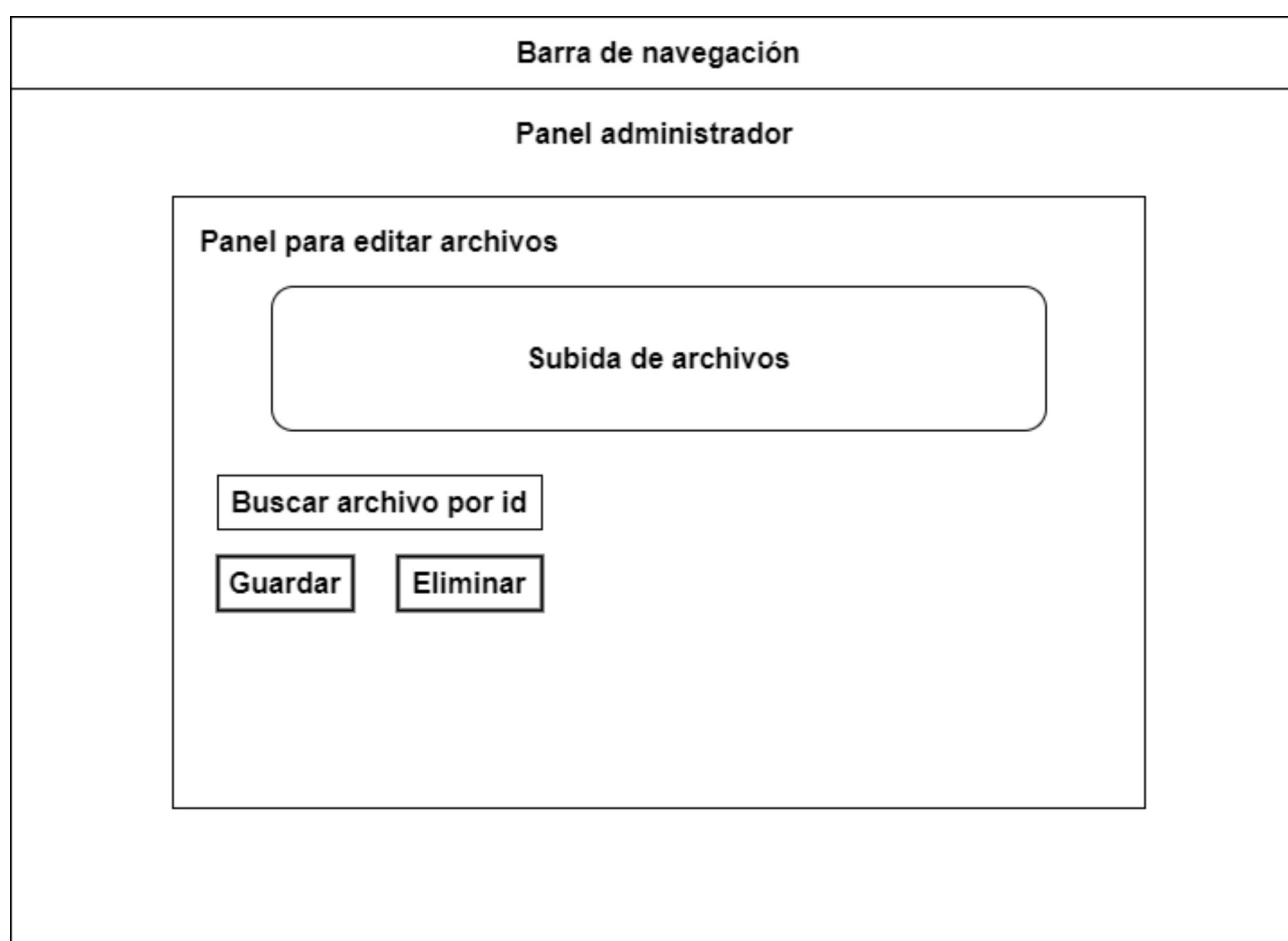


Figura 12: Bosquejo preliminar de la vista del administrador.
Fuente: Elaboración propia

Una vez realizado el bosquejo preliminar, es importante validar la propuesta con usuarios potenciales para asegurarnos de que cumpla con sus necesidades y expectativas. Para esto, mediante una reunión con los usuarios se realiza la validación y se obtiene una retroalimentación para mejorar la plataforma. Con base en la retroalimentación obtenida durante la reunión, se puede crear una versión más detallada y oficial en Figura ¹⁵ para continuar con el desarrollo de la plataforma.

3.5. Diseño iterativo

Manteniendo la línea del bosquejo y teniendo en cuenta las observaciones de los usuarios se realiza en Figma una página principal presenta una imagen representativa relacionada con el proyecto Chile3D y un botón que redirige a la página de búsqueda. Además, se incluyen imágenes e información relevante para captar el interés de los usuarios.

La página de búsqueda ha sido mejorada con la implementación de un mapa interactivo donde los usuarios tienen la opción de dibujar un polígono sobre el área de interés. Este enfoque permite una exploración más precisa de los datos de altimetría disponibles en esa zona específica. Una vez que se dibuja el polígono, se muestra una tabla con los archivos disponibles en el área seleccionada, proporcionando detalles como el nombre del archivo,

¹⁵Figma <https://www.figma.com/>

el tamaño y el formato. Junto a cada archivo, se agrega un botón de descarga para facilitar el acceso a los datos deseados. Esto se puede observar en la Figura 13 y con mayor detalle en el Figma ¹⁶.

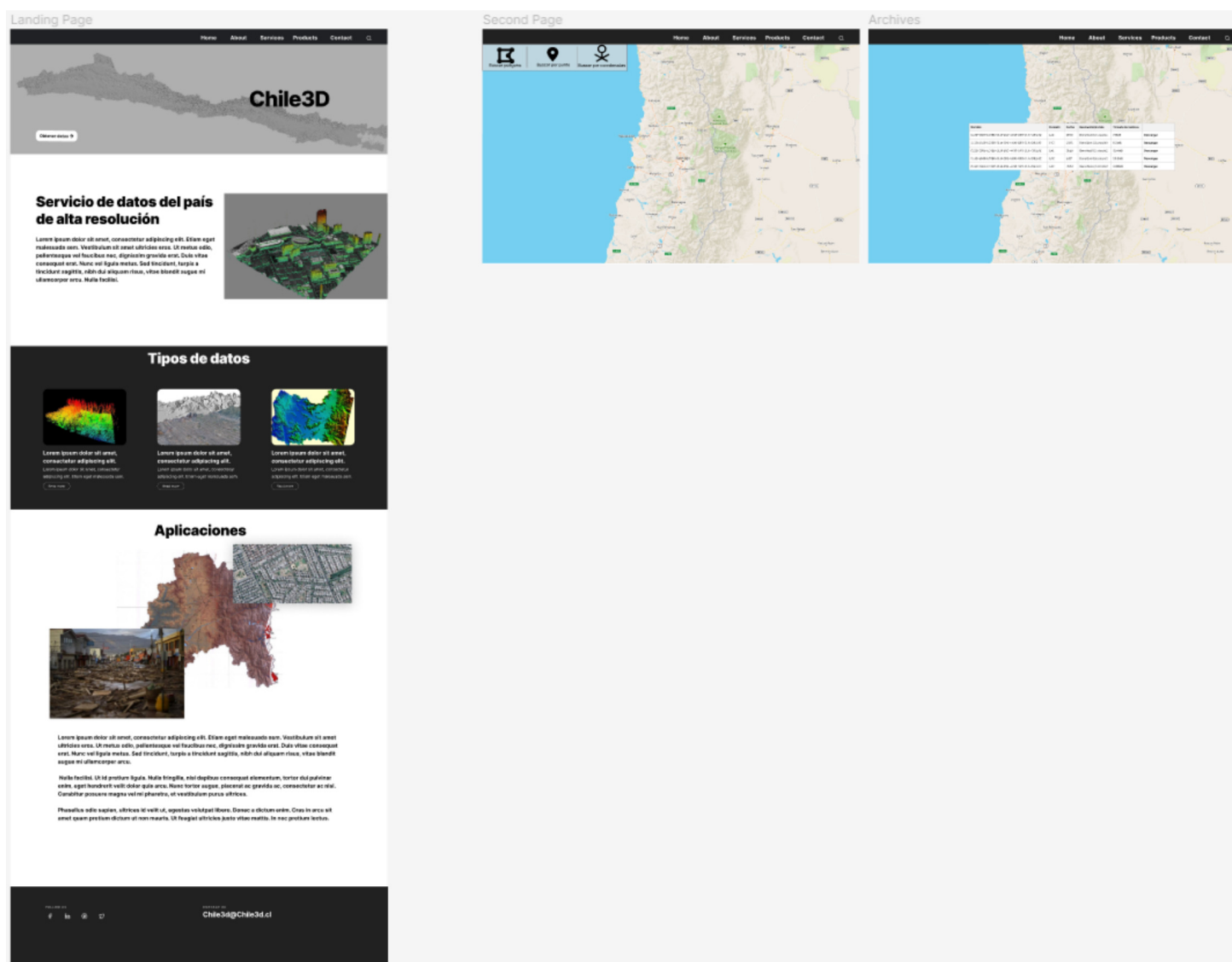


Figura 13: Primer diseño en Figma, representación del HomePage y la pagina de búsqueda, con su opción de descarga de archivos.

Fuente: Elaboración propia

Luego de varias reuniones con profesores, representantes del Servicio Nacional de Información Territorial (SNIT) y el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), se identificaron nuevos requisitos y mejoras para la interfaz de usuario. Estas modificaciones se realizaron con el objetivo de optimizar la experiencia de los usuarios en la plataforma Chile3D.

En la página principal, se realizaron cambios en la imagen de entrada, mostrando una representación visual de edificaciones, montañas y otros elementos distintivos de Chile. Junto a esta imagen, se destaca el nombre “Chile3D” y se incluye un botón prominente que redirige directamente a la página de búsqueda.

¹⁶Primer diseño en Figma: <https://www.figma.com/file/qBbA0DZ91F5WW4D1eh5uxl/Chile3D?type=design&node-id=0-1&t=dr2zS3vSuYfI5hvk-0>

En la página de búsqueda, se implementaron mejoras para hacerla más intuitiva y facilitar la navegación. El mapa interactivo ahora ocupa un espacio ligeramente reducido en comparación con el diseño inicial, lo que evita que cubra toda la página y permite una mejor distribución del contenido. Además, se dividió la página en pestañas, separando claramente las secciones de búsqueda y resultados. Esto brinda a los usuarios un acceso más simple y organizado a las funcionalidades correspondientes.

Dentro de la sección de resultados, se ha agregado la opción de seleccionar múltiples archivos para su descarga. Esta mejora permite a los usuarios elegir y descargar varios archivos de altimetría simultáneamente, agilizando el proceso y mejorando la eficiencia de la plataforma.

Ahora bien, por parte del administrador se han identificado nuevos requerimientos y funcionalidades adicionales para la plataforma. Estos requerimientos se centran en el manejo de archivos, la gestión de metadatos y la incorporación de la entidad de instituciones.

En primer lugar, se ha implementado la capacidad para que el administrador pueda editar la metadata de los archivos existentes en la base de datos. Dicha metadata abarca información adicional sobre el archivo, como la fecha de carga, la institución asociada, entre otros aspectos. La edición de metadata permite mantener actualizada y precisa la información de los archivos en la plataforma.

Se le permite al administrador la eliminación de archivos, lo cual brinda un control adicional sobre el contenido de la plataforma, permitiendo una gestión eficiente de los archivos almacenados.

Además, se ha introducido la entidad de instituciones en la plataforma. Cada archivo que es cargado por el administrador puede ser asignado a una institución específica. El administrador tiene la potestad de crear, eliminar y editar instituciones, lo que permite una organización más estructurada de los archivos y facilita su búsqueda y clasificación por institución.

Para reflejar estos cambios, se ha realizado un diseño en Figma ¹⁷. que abarca la interfaz para la edición y eliminación de archivos, así como la gestión de metadatos y la creación y modificación de instituciones. Este diseño proporciona una representación visual clara de cómo se llevarán a cabo estas acciones en la plataforma.

Además, se ha creado una interfaz de registro específica para el administrador. Una vez que el registro es exitoso, el administrador es redirigido a su panel de control, donde podrá acceder a todas las funcionalidades y herramientas necesarias para llevar a cabo sus tareas de gestión de archivos y administración de instituciones de manera eficiente.

¹⁷Diseño "final" con mejoras: <https://www.figma.com/file/QPBV5U3ciCRfIZIjUogCrP/Untitled?type=design&node-id=0%3A1&t=VNUMR6AgPeRmU1wi-1>

3.6. Tecnologías

Para el desarrollo de la interfaz diseñada, se han seleccionado varias tecnologías que se consideran adecuadas para cumplir con los requisitos y objetivos del proyecto. Estas tecnologías incluyen React, OpenLayers y Material-UI (Mui). Estas tecnologías han sido seleccionadas debido a sus características y capacidades que las hacen adecuadas para el desarrollo de la interfaz de usuario.

En primer lugar, React es una biblioteca de JavaScript ampliamente utilizada en el desarrollo de interfaces de usuario interactivas. Su enfoque basado en componentes permite crear una interfaz modular y escalable. React proporciona un flujo de desarrollo eficiente, facilitando la creación y el mantenimiento de la interfaz de usuario. Además, su capacidad para manejar actualizaciones dinámicas y renderizar cambios eficientemente lo convierte en una elección adecuada para una plataforma como Chile3D, donde la visualización de datos en tiempo real y la interacción fluida son importantes. La versión utilizada en el proyecto es la 18.2.0. Esta versión en particular se seleccionó por ser estable y compatible con las dependencias y paquetes adicionales utilizados en el proyecto.

En cuanto a OpenLayers, es una biblioteca JavaScript de código abierto diseñada para trabajar con mapas interactivos en la web. Con OpenLayers, es posible mostrar mapas interactivos, superponer capas de información geográfica y permitir interacciones como zoom, desplazamiento y selección de áreas geográficas. Además, OpenLayers proporciona capacidades avanzadas como el dibujo de polígonos, consulta de datos y etiquetado, lo cual es especialmente relevante para la funcionalidad de búsqueda y selección de áreas de interés en la plataforma. Se utilizó la versión 7.1.0 de OpenLayers en el proyecto, ya que ofrecía una amplia gama de funcionalidades y mejoras en comparación con versiones anteriores, y era compatible con las dependencias adicionales requeridas.

Material-UI (MUI) es una biblioteca de componentes para React que sigue las directrices de diseño de Material Design de Google. Aunque no forma parte de las plataformas previamente analizadas, Material-UI ofrece una amplia variedad de componentes predefinidos y estilizados que permiten una creación ágil y coherente de interfaces de usuario. Su implementación en Chile3D garantiza una apariencia moderna y profesional, con elementos visuales uniformes y una experiencia de usuario reconocible.

Adicionalmente, esta biblioteca brinda una amplia gama de opciones para personalización, lo que posibilita ajustar la apariencia de la interfaz de acuerdo a la imagen y requisitos específicos del proyecto. La elección de la versión 5.10.9 de Material-UI se basó en su diversidad de componentes predefinidos y estilizados, tales como botones, campos de texto, barras de navegación, formularios y casillas de verificación, entre otros. Asimismo, provee alternativas de personalización que permiten adaptarse a las necesidades específicas del proyecto, como búsqueda avanzada mediante filtros, selección múltiple de archivos para descarga, diseño responsivo, entre otros aspectos relevantes. Esta versión también es compatible con las otras tecnologías empleadas en el proyecto, lo cual facilita la integración.

La siguiente tabla presenta a modo de resumen las tecnologías utilizadas en el proyecto:

Tecnología	Descripción	Versión Utilizada
React	Biblioteca de JavaScript para interfaces interactivas	18.2.0
OpenLayers	Biblioteca JavaScript para mapas interactivos	7.1.0
Material-UI	Biblioteca de componentes para interfaces de usuario	5.10.9

Tabla 6: Tecnologías utilizadas en el proyecto

3.7. Infraestructura

La infraestructura adecuada es fundamental para el funcionamiento efectivo de cualquier plataforma. En el caso de una plataforma de gestión de archivos geoespaciales, se requiere una arquitectura sólida y una API bien diseñada para asegurar el almacenamiento, procesamiento y acceso eficiente a los datos geoespaciales.

3.7.1. Arquitectura

En términos de arquitectura, según [Otero, 2023], en su tesis titulada “Diseño e implementación de API para la gestión de datos asociados a información altimétrica de alta resolución”, se presenta una arquitectura Cliente-Servidor, la cual tiene como propósito distribuir la carga entre los recursos o servicios de un sistema (servidores) y los que solicitan acceso a dicho sistema (clientes). Los servidores son ejecutados en un Host, que puede tener uno o más programas corriendo en él, los cuales comparten dichos recursos con los clientes típicamente a través de servicios web los cuales son ejecutados por el navegador del usuario (véase Figura 14).

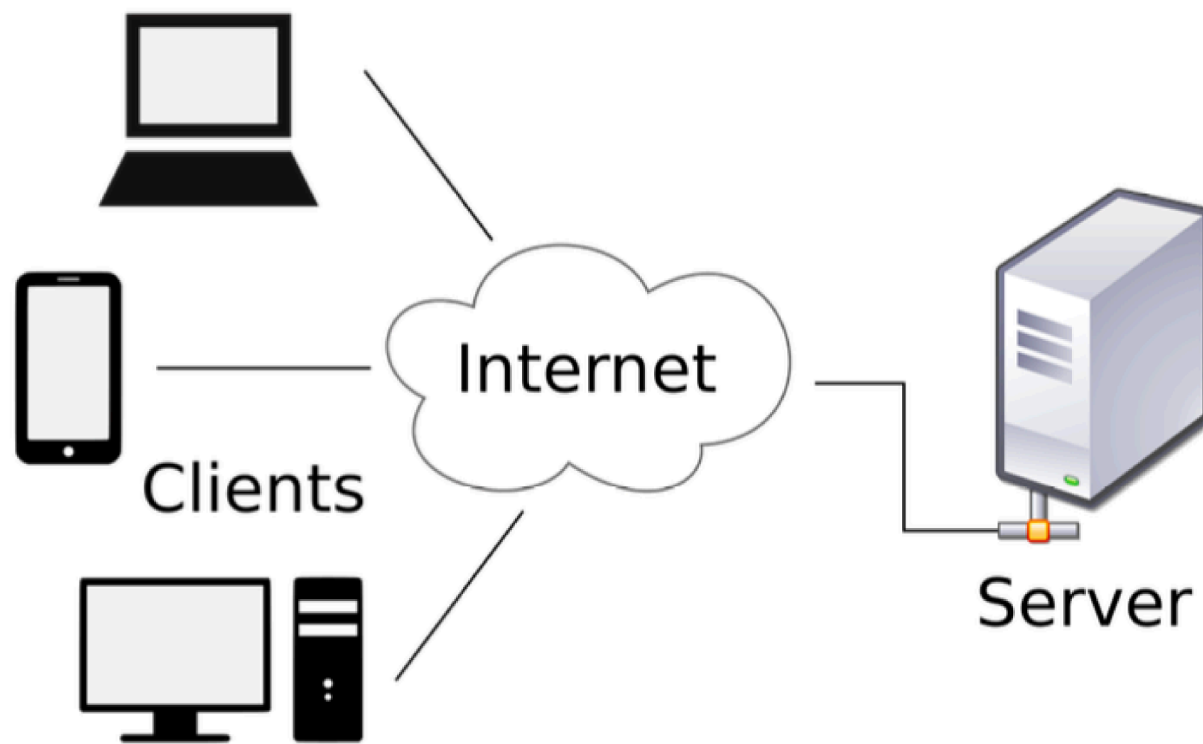


Figura 14: Arquitectura cliente-servidor.
Fuente: [Otero, 2023]

3.7.2. API

La API desempeña un papel fundamental como interfaz de comunicación entre la plataforma y los usuarios, permitiéndoles realizar operaciones como búsqueda, descarga y carga de archivos geoespaciales. Los usuarios interactúan con la plataforma a través de la API, que responde de manera adecuada a las acciones realizadas. Por ejemplo, al realizar una búsqueda, la plataforma se comunica con la API para obtener los archivos que cumplen con los criterios de búsqueda establecidos. La API también se encarga de gestionar la autenticación y autorización de los usuarios, garantizando que solo aquellos autorizados puedan acceder y realizar operaciones de gestión de archivos, como la edición de metadatos y la carga de archivos. Esto asegura la seguridad y privacidad de los datos almacenados en la plataforma.

En la Figura 15 se muestra un ejemplo de cómo interactúa el usuario con la interfaz y la API, ilustrando el flujo de información entre ellos.

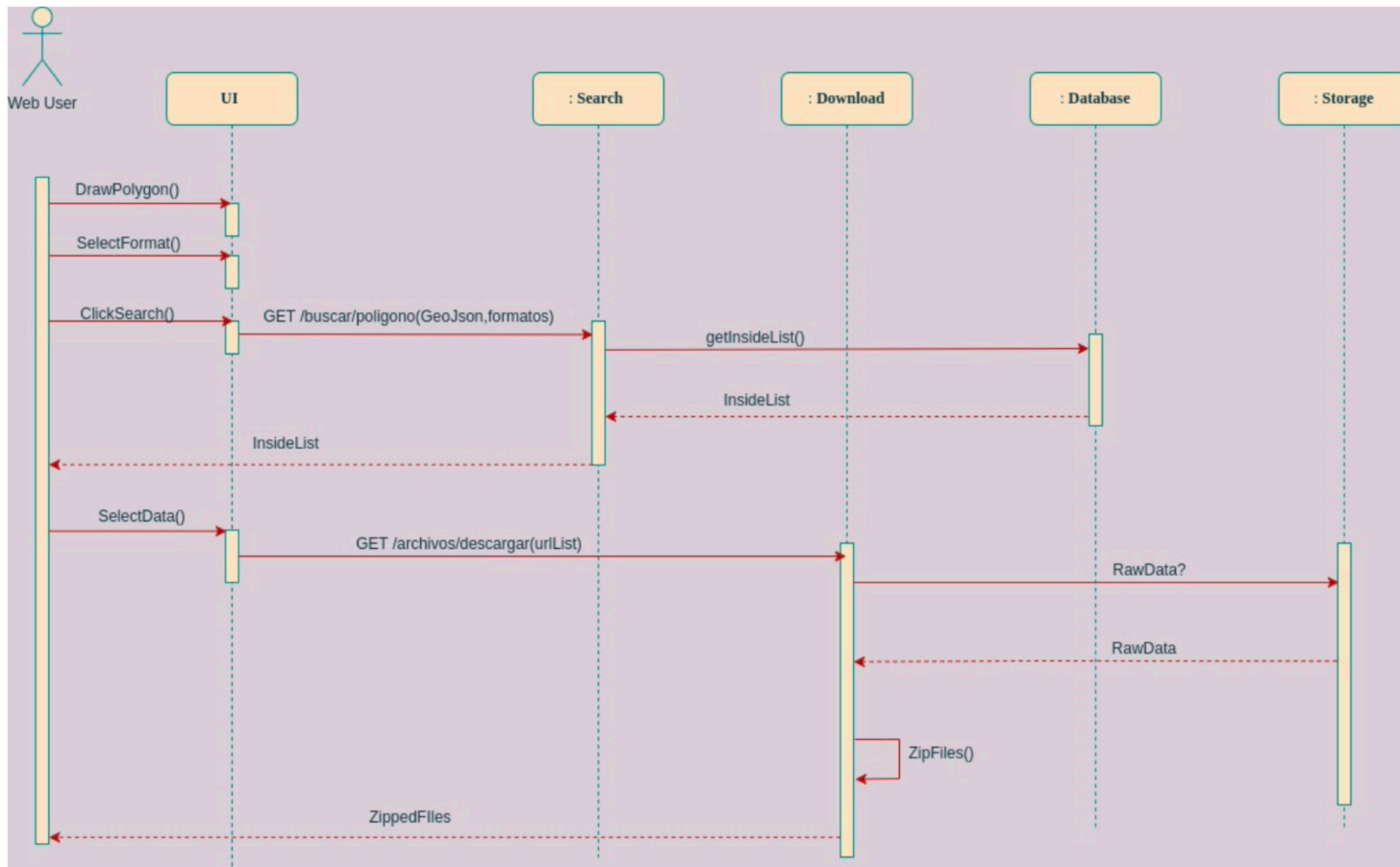


Figura 15: Ejemplo de interacción entre el usuario, la interfaz y la API.
Fuente: [Otero, 2023]

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

La implementación de la plataforma Chile3D utilizando tecnologías como React, OpenLayers y Material-UI (Mui) ha resultado en una interfaz de usuario sólida y altamente funcional que cumple con los requisitos establecidos. A través de un enfoque iterativo y colaborativo, se ha logrado desarrollar una plataforma que ofrece a los usuarios una experiencia intuitiva y eficiente al explorar y descargar datos de altimetría de Chile.

4.1. Descripción exhaustiva de la plataforma

4.1.1. Página principal

La página principal de la plataforma “Chile3D” ha sido cuidadosamente diseñada para captar la atención de los usuarios desde el primer momento. Al ingresar a la página, los usuarios son recibidos con una imagen representativa que destaca los distintos relieves y paisajes característicos de las regiones de Chile. Esta imagen busca transmitir la riqueza geográfica del país y despertar el interés de los usuarios en explorar los datos de altimetría disponibles.

En el centro de la página principal, se encuentra un botón de navegación prominente que dirige a los usuarios a la página de búsqueda, donde pueden acceder a la funcionalidad principal de la plataforma. Este botón está diseñado para ser llamativo y fácilmente identificable, lo que anima a los usuarios a dar el siguiente paso y explorar los datos de altimetría de Chile.

Además, la página principal incluye una barra de navegación en la parte superior, que proporciona acceso rápido a la sección “Se parte”, que invita a los usuarios a formar parte de Chile3D como administradores. En esta sección, los usuarios interesados en contribuir con la plataforma y subir archivos de altimetría pueden completar un formulario de solicitud. Esto permite que usuarios calificados y comprometidos puedan unirse al equipo de Chile3D y colaborar en la expansión de la base de datos de altimetría de Chile.

La figura 16 muestra el resultado final de la página principal de Chile3D, que incorpora los elementos mencionados anteriormente. En la imagen, se puede apreciar la imagen representativa de Chile, junto con el botón de navegación destacado que dirige a la página de búsqueda. Además, se pueden observar la barra de navegación superior y las secciones “Sobre nosotros”, “Contacto” y “Se parte”. Esta representación visual brinda una idea clara de cómo se estructura y presenta la página principal de la plataforma Chile3D.

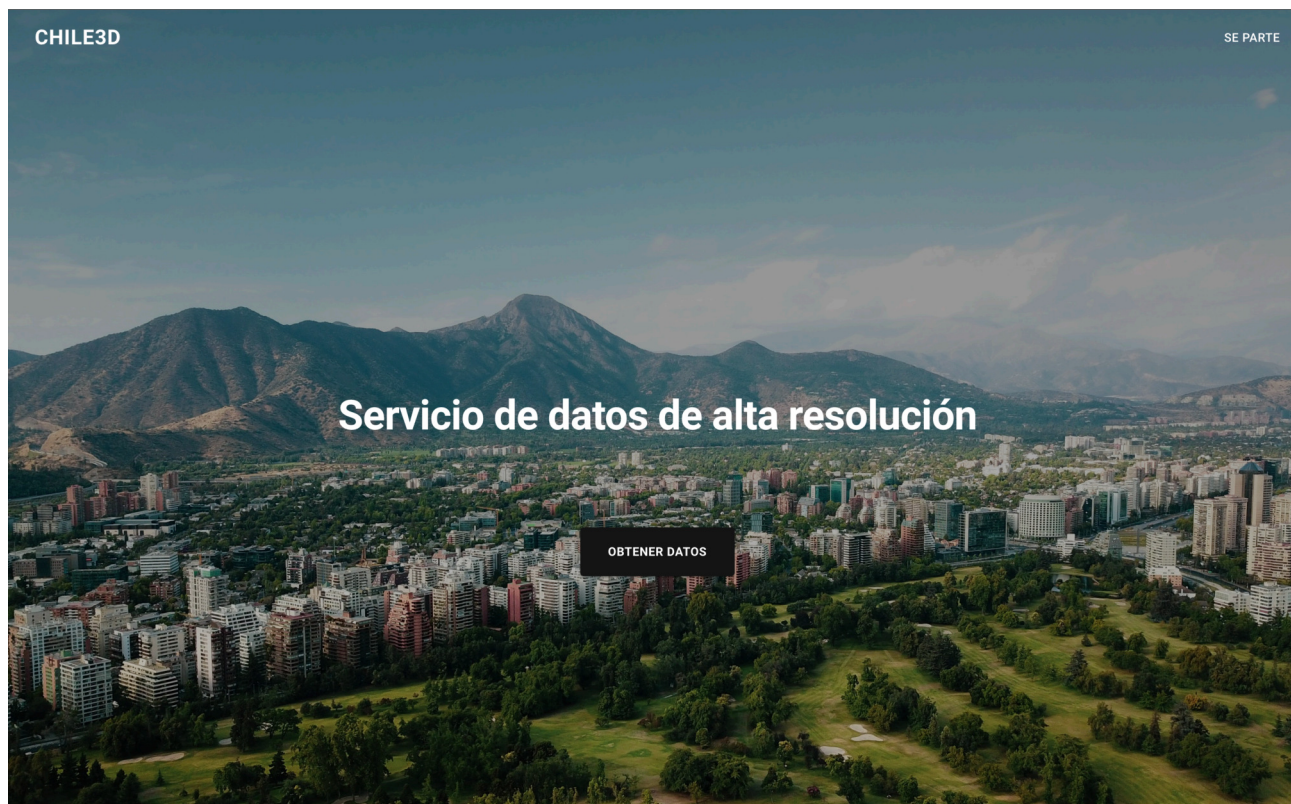


Figura 16: Resultado de la página principal
Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Página de búsqueda

En la página de búsqueda de la plataforma (Figura 17), se han realizado importantes mejoras en la interfaz para ofrecer a los usuarios una experiencia intuitiva y fácil de usar. Uno de los cambios más destacados es la reorganización del diseño, que ha sido optimizado para garantizar una mayor accesibilidad.

Una de las modificaciones clave se refiere al mapa interactivo, el cual ahora ocupa una posición estratégica en la página, abarcando un poco más de la mitad de la pantalla. Esta decisión ha permitido reducir el tamaño del mapa y obtener una vista más amplia de otros elementos de la interfaz, mejorando así la experiencia de navegación y facilitando el acceso a otras funcionalidades importantes.

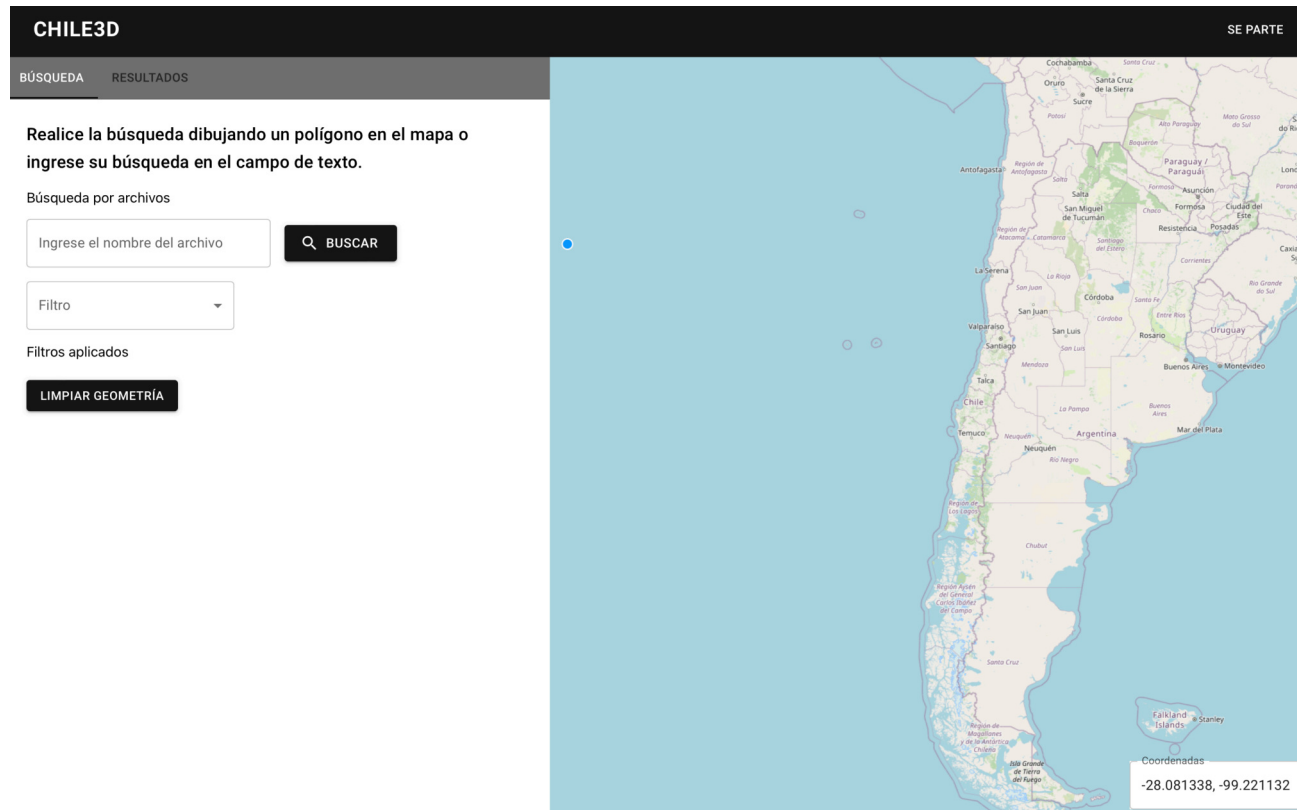


Figura 17: Resultado de la página de búsqueda
Fuente: Elaboración propia

En la sección de búsqueda (Figura 18), los usuarios encontrarán una barra de búsqueda que les permite buscar archivos de forma parcial en el nombre del archivo. Esto significa que pueden ingresar una parte del nombre del archivo y encontrarán coincidencias parciales. Además, se proporcionan filtros adicionales para refinar los resultados de búsqueda. Estos filtros incluyen la posibilidad de buscar archivos por fecha, institución o extensión. Con estos filtros, los usuarios pueden realizar búsquedas más específicas y personalizadas, adaptadas a sus necesidades individuales.



BÚSQUEDA RESULTADOS

Realice la búsqueda dibujando un polígono en el mapa o ingrese su búsqueda en el campo de texto.

Búsqueda por archivos

Ingrese el nombre del archivo

Dem

BUSCAR

Filtro

Por extensión de archivo

Extensión de archivo

tif

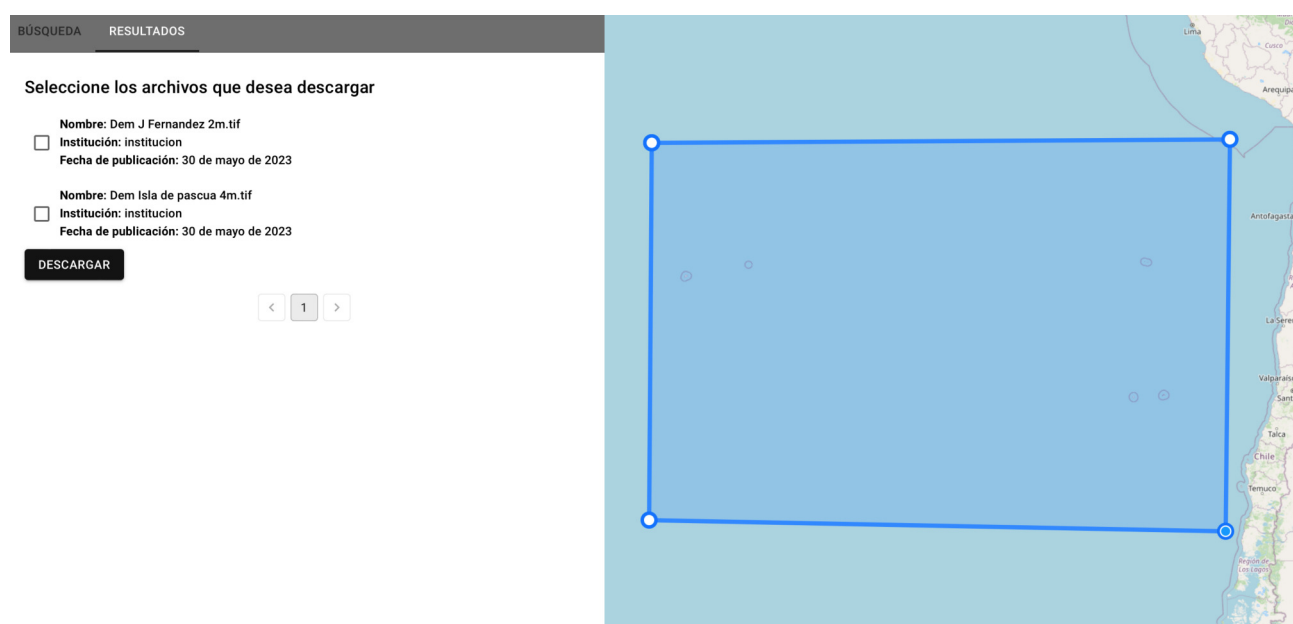
Filtros aplicados

Extensión: tif

LIMPIAR GEOMETRÍA

Figura 18: Ejemplo de búsqueda
Fuente: Elaboración propia

Además, se presenta un mapa interactivo que permite a los usuarios dibujar polígonos sobre el área de interés (Figura 19). Una vez que se dibuja el polígono, se dirige a los usuarios a la sección de resultados, donde se mostrarán los archivos que se encuentran dentro de la región seleccionada. Esta característica ofrece a los usuarios una forma precisa y eficiente de explorar los archivos de altimetría disponibles en una zona específica, proporcionando resultados relevantes y adaptados a su búsqueda.



BÚSQUEDA RESULTADOS

Seleccione los archivos que desea descargar

Nombre: Dem J Fernandez 2m.tif
Institución: institucion
Fecha de publicación: 30 de mayo de 2023

Nombre: Dem Isla de pascua 4m.tif
Institución: institucion
Fecha de publicación: 30 de mayo de 2023

DESCARGAR

< 1 >

Figura 19: Ejemplo de búsqueda por polígono
Fuente: Elaboración propia

En la sección de resultados (Figura 20), se ha incorporado una funcionalidad que permite a los usuarios seleccionar y descargar múltiples archivos simultáneamente. Esta mejora representa un avance significativo en términos de eficiencia y comodidad, ya que los usuarios ahora pueden descargar varios archivos en una sola operación, evitando la necesidad de realizar descargas individuales y repetitivas.



Figura 20: Ejemplo de resultados de búsqueda
Fuente: Elaboración propia

Al presentar una lista de archivos resultantes de la búsqueda, se ha añadido una casilla de selección junto a cada archivo. Los usuarios pueden marcar las casillas correspondientes a los archivos que deseen descargar y, al seleccionar la opción de descarga, se descargan todos los archivos elegidos al mismo tiempo.

Esta funcionalidad ahorra tiempo y esfuerzo a los usuarios, ya que les permite obtener rápidamente todos los archivos relevantes en una sola descarga, sin tener que realizar el proceso de descarga por separado para cada archivo. Esto resulta especialmente beneficioso cuando se trabaja con un gran número de archivos o cuando se requiere descargar conjuntos de datos completos para su posterior análisis o procesamiento.

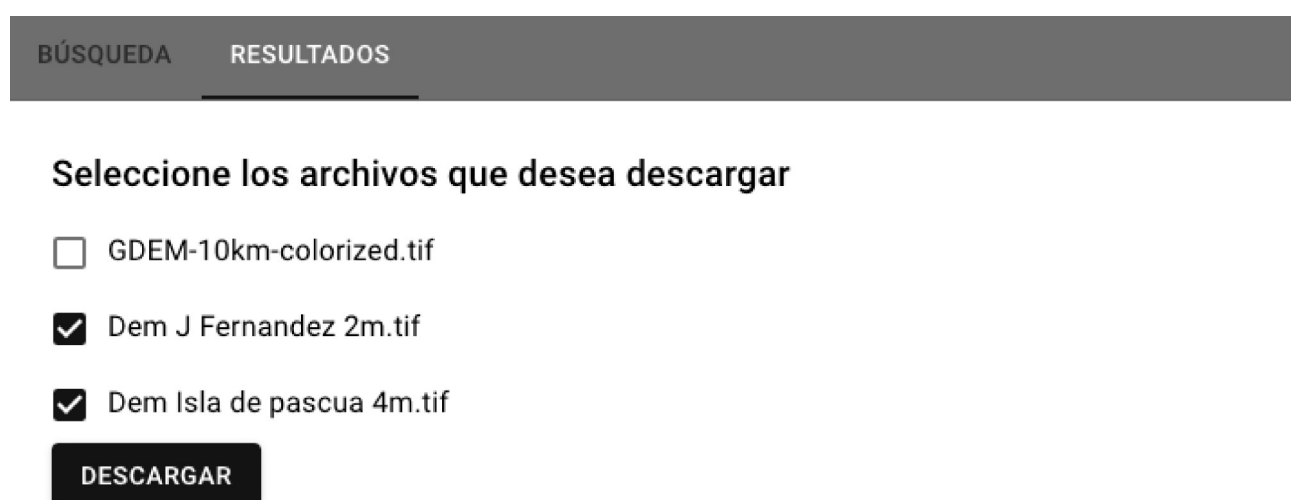


Figura 21: Resultado del apartado de resultados de la búsqueda
Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Panel de administrador

El rol del administrador en la plataforma juega un papel fundamental en la gestión de archivos y las instituciones asociadas. El administrador tiene privilegios especiales que le permiten llevar a cabo una serie de acciones clave, entre ellas, subir, buscar, editar y eliminar archivos, así como manejar las instituciones.

En primer lugar, el administrador tiene la capacidad de subir archivos a la base de datos de la plataforma. Esta funcionalidad es fundamental, ya que permite al administrador agregar nuevos conjuntos de datos de altimetría, enriqueciendo así la oferta de información disponible para los usuarios. Al subir archivos, el administrador garantiza la actualización constante de la plataforma, brindando acceso a los últimos datos y contribuyendo a la mejora continua de la experiencia de los usuarios.

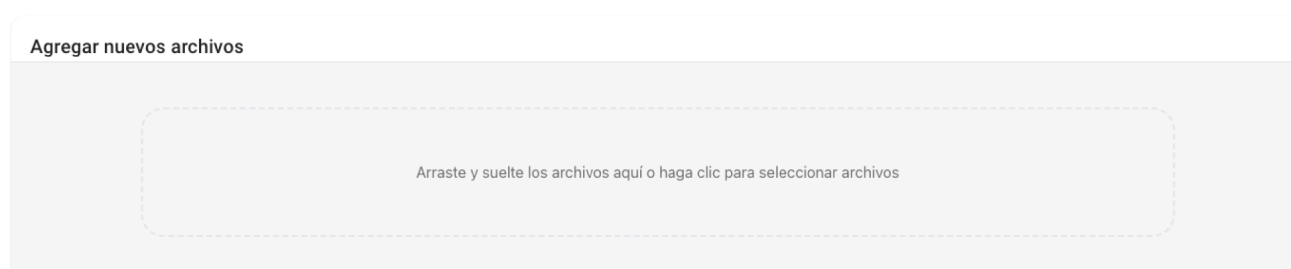


Figura 22: Resultado del panel administrador, subida de archivos
Fuente: Elaboración propia

Además de la capacidad de subir archivos, el administrador cuenta con la posibilidad de buscar archivos en la base de datos. Esta funcionalidad es especialmente útil cuando se requiere encontrar un archivo específico para llevar a cabo acciones de edición. Una vez que se encuentra el archivo deseado, el administrador tiene la capacidad de editar sus metadatos. La capacidad de edición garantiza que la información asociada a cada archivo esté actualizada y precisa. El administrador puede modificar información como el nombre del archivo, la

descripción, la institución la cual subió el archivo, entre otros metadatos relevantes. Esto contribuye a la calidad y confiabilidad de los datos proporcionados a los usuarios, ya que se asegura de que la información esté siempre actualizada y refleje con precisión el contenido de los archivos.

Editar archivos

Ingrese el nombre del archivo

Dem

Nombre	Descripción	Keyword	Topic Category	Institución	
Dem Isla de pascua 4m.tif	descripcion1	keyword	topic_category	institucion1	⋮
Dem J Fernandez 2m.tif	descripcion	keyword	topic_category	institucion2	⋮
GDEM-10km-colored.tif	descripcion	keyword	topic_category	institucion3	⋮

Figura 23: Resultado del panel administrador, búsqueda de archivos
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, el administrador tiene la capacidad de eliminar archivos de la plataforma. Esta funcionalidad es útil cuando existen casos de archivos obsoletos, duplicados o que ya no son relevantes. Al poder eliminar estos archivos innecesarios, el administrador garantiza una base de datos más limpia y organizada, lo que facilita la búsqueda y selección de archivos por parte de los usuarios.

Además de la gestión de archivos, el apartado del administrador también abarca la funcionalidad para administrar instituciones en la plataforma. El administrador tiene la capacidad de llevar a cabo diversas acciones relacionadas con las instituciones, lo que contribuye a una organización más efectiva de los archivos y una mejor clasificación de la información.

Una de las principales funciones del administrador es agregar nuevas instituciones a la plataforma. Esto permite establecer una asociación clara entre los archivos y sus respectivas instituciones, lo que facilita su búsqueda y ofrece a los usuarios una forma eficiente de acceder a la información relacionada con una institución específica. Al agregar una institución, el administrador puede proporcionar detalles como el nombre de la institución, una descripción breve y cualquier otra información relevante que ayude a identificarla correctamente.

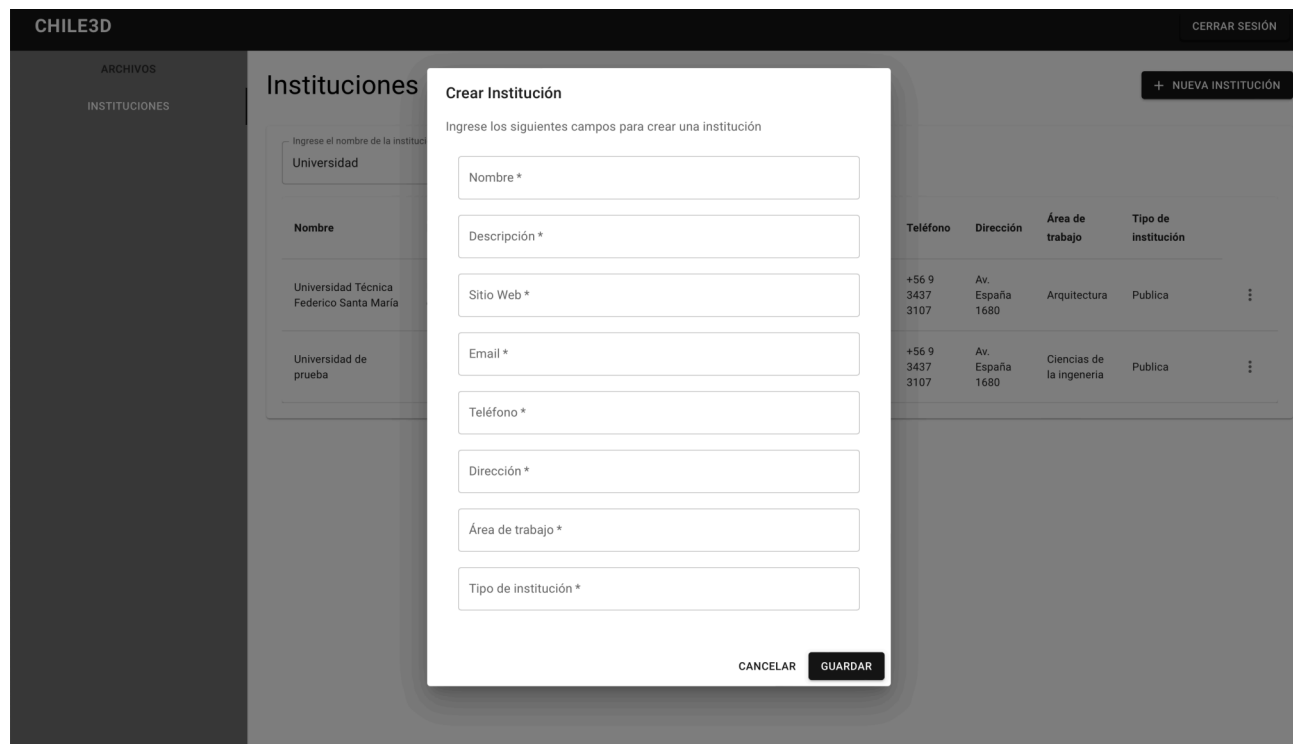


Figura 24: Resultado del panel administrador, creación de instituciones
Fuente: Elaboración propia

El administrador también tiene la capacidad de buscar instituciones existentes en la plataforma. Esta funcionalidad permite localizar rápidamente una institución específica y acceder a su información detallada. Además, el administrador puede editar la información de las instituciones. Esto incluye modificar detalles como el nombre, la descripción u otros atributos relevantes de una institución en particular. La capacidad de edición garantiza que la información asociada a cada institución esté actualizada y refleje con precisión los datos correspondientes.

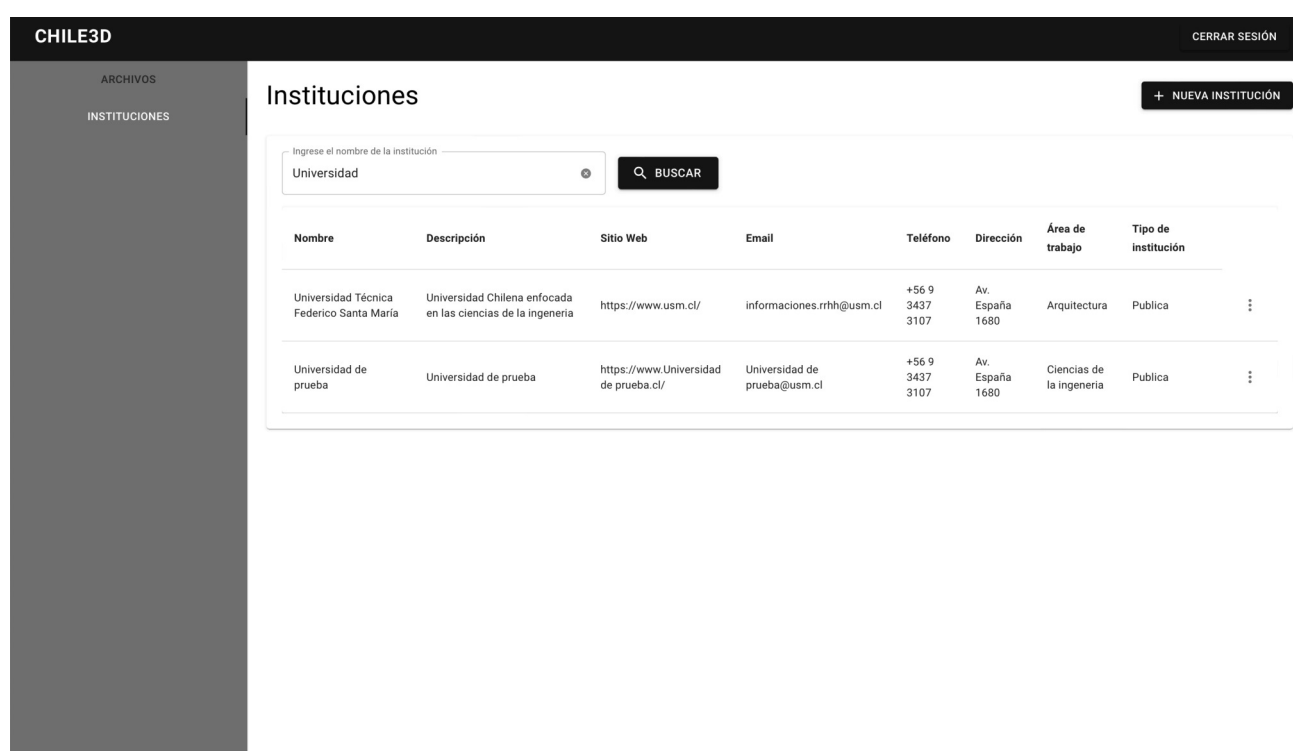


Figura 25: Resultado del panel administrador, búsqueda de instituciones
Fuente: Elaboración propia

En caso de que una institución ya no sea relevante o se haya identificado un error en su registro, el administrador puede eliminarla de la plataforma. La capacidad de eliminar instituciones brinda al administrador un mayor control sobre la base de datos y permite mantenerla actualizada y coherente.

CAPÍTULO 5

VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La validación de la solución propuesta es una etapa crítica en la que se busca comprobar que la solución planteada es válida y adecuada para el entorno en el que se ha propuesto su implementación, que consiste en proporcionar datos de altimetría de Chile.

Para realizar una validación correcta y que abarque distintas áreas, se deben aplicar diferentes enfoques. Como primer enfoque, se realizan las pruebas de funcionalidad, las cuales verifican que todas las funcionalidades de la plataforma, como la búsqueda de archivos, la visualización de resultados y la gestión de instituciones, funcionen correctamente. Esto implica probar diferentes escenarios y casos de uso para asegurarse de que la plataforma se comporte según lo esperado y cumpla con los requisitos establecidos.

Aparte de las pruebas de funcionalidad, son cruciales las pruebas de usabilidad, esto para verificar con usuarios, que tan fácil y cómodo es para ellos interactuar con la plataforma. Esto permitirá identificar posibles mejoras en la interfaz de usuario y en la experiencia general de uso.

5.1. Pruebas de funcionalidad

Las pruebas de funcionalidad desempeñan un papel crucial en la validación de una propuesta de desarrollo de software, ya que permiten verificar que las funcionalidades implementadas cumplen con los requisitos establecidos y se comportan de acuerdo con lo esperado. Estas pruebas garantizan la calidad y confiabilidad del software, y ayudan a identificar y corregir posibles errores o fallas antes de su implementación final [Regulwar y Gulhane, 2010].

Para llevar a cabo las pruebas de funcionalidad, se realizan pruebas unitarias para cada componente y luego pruebas de integración para verificar que interactúan correctamente entre los componentes.

5.1.1. Pruebas Unitarias

Las pruebas unitarias desempeñan un papel fundamental en el proceso de validación de proyectos de desarrollo de software, incluido aquellos que se basan en tecnologías como React. En el caso específico de un proyecto desarrollado principalmente en React, las pruebas unitarias permiten verificar el correcto funcionamiento de los componentes individuales de la interfaz de usuario y garantizar que se comporten según lo esperado.

Las pruebas unitarias se pueden implementar utilizando frameworks de pruebas unitarias,

como Jest y React Testing Library [Meszaros, 2007]. Estas herramientas brindan un conjunto de funciones y utilidades que facilitan la escritura y ejecución de pruebas unitarias.

Los componentes a realizar pruebas, son los revisados en 3.7.2, entonces para cada uno se tienen las distintas pruebas:

- Pruebas unitarias para el componente “HomePage”:
 - Verificar que la página de inicio se renderice correctamente sin errores.
 - Comprobar que los elementos visuales, como imágenes y texto, se muestren correctamente.
 - Validar que los botones y enlaces redirijan a las secciones correspondientes de la plataforma.
 - Asegurar que los eventos de interacción, como clics en los botones, generen las acciones esperadas.
- Pruebas unitarias para el componente “SearchTab” (pestaña de búsqueda):
 - Verificar que el contenido de la pestaña se renderice correctamente con los elementos adecuados.
 - Comprobar que los campos de búsqueda sean interactivos y permitan ingresar y validar datos.
 - Validar que la funcionalidad de búsqueda se active al hacer clic en el botón de búsqueda.
 - Validar que la funcionalidad de los filtros se aplique a la búsqueda.
- Pruebas unitarias para el componente “SearchMap” (búsqueda por el mapa):
 - Verificar que el mapa se renderice correctamente y esté correctamente inicializado con las coordenadas y el nivel de zoom adecuados.
 - Comprobar que la funcionalidad de dibujar un polígono en el mapa esté habilitada y permita al usuario trazar un polígono con interacción adecuada.
- Pruebas unitarias para el componente “ResultsTab” (pestaña de resultados):
 - Verificar que la pestaña de resultados se muestre correctamente con la información relevante.
 - Comprobar que la lista de resultados se renderice correctamente y muestre los datos correspondientes.
 - Validar que se puedan seleccionar múltiples archivos para su descarga.
 - Verificar que se realiza una correcta descarga de los archivos seleccionados.
- Pruebas unitarias para el componente “AdminPanel” (panel de administrador):

- Verificar que el panel de administrador se cargue correctamente y muestre las opciones de gestión.
- Comprobar que la funcionalidad de subir archivos funcione correctamente.
- Validar que la búsqueda y edición de archivos e instituciones funcione adecuadamente.
- Asegurar que las acciones de eliminación de archivos o instituciones se realicen de manera correcta.

5.1.2. Pruebas de integración

Estas pruebas se enfocan en verificar la interoperabilidad y el correcto funcionamiento de los componentes del sistema cuando se combinan. Se prueban las interacciones entre diferentes módulos, comprobando que los datos se transmitan correctamente y que los componentes se comuniquen de manera eficiente. En el caso del proyecto en cuestión, se pueden diseñar pruebas de integración que abarquen los siguientes aspectos:

- Prueba de integración entre el componente “HomePage” y el componente “SearchPage”:
 - Verificar que al hacer clic en el botón de navegación desde la página principal hacia la página de búsqueda, se redirija correctamente al componente “SearchPage”.
- Prueba de integración entre el componente “SearchPage” y el componente “SearchMap”:
 - Verificar que al dibujar un polígono en el mapa interactivo del componente “SearchMap”, se capture y almacene correctamente la forma del polígono.
 - Comprobar que la información del polígono dibujado se transmita adecuadamente al componente “ResultsTab” para mostrar los archivos correspondientes.
 - Comprobar que la acción del botón de limpiar geometría se vea reflejado en el mapa.
- Prueba de integración entre el componente “SearchPage” (más los componentes que lo conforman) y el componente “ResultsTab”:
 - Asegurar que se muestren los resultados esperados después de una búsqueda exitosa.
 - Verificar que al recibir los resultados de búsqueda del componente “SearchMap”, el componente “ResultsTab” muestre los archivos relevantes de acuerdo con el polígono dibujado.

5.2. Pruebas de usabilidad

Las pruebas de usabilidad desempeñan un papel fundamental en la validación de la propuesta. Estas pruebas tienen como objetivo evaluar la facilidad de uso, la eficiencia y la satisfacción del usuario al interactuar con la plataforma Chile3D. A través de ellas, se busca identificar posibles obstáculos, áreas de mejora y oportunidades para optimizar la experiencia del usuario.

Para llevar a cabo las pruebas de usabilidad, se seleccionará un grupo de usuarios representativos, que puedan estar interesados en utilizar la plataforma Chile3D. Estos usuarios serán invitados a realizar una serie de tareas específicas en la plataforma, mientras se observa y registra su comportamiento y sus comentarios. Estas pruebas pueden ser realizadas de manera presencial o de forma remota, utilizando herramientas de grabación de pantalla y videoconferencia.

Durante las pruebas, se recopila información relevante, como el tiempo empleado para completar las tareas, las dificultades encontradas, los comentarios y sugerencias de los usuarios. Esta retroalimentación es fundamental para identificar posibles problemas de usabilidad, como la falta de claridad en las instrucciones, la dificultad para encontrar determinadas funcionalidades o la confusión en la presentación de los resultados.

Además, se prestará atención a la experiencia general del usuario, evaluando aspectos como la estética visual, la coherencia de la interfaz, la accesibilidad y la respuesta del sistema. Estos aspectos influyen en la percepción y la satisfacción del usuario, y pueden ser determinantes para el éxito y la adopción de la plataforma.

Una vez recopilada la información de las pruebas de usabilidad, se realizará un análisis detallado de los resultados. Se identificarán patrones y tendencias en la retroalimentación de los usuarios, se categorizarán los problemas y se priorizarán las áreas de mejora. Esta información permitirá tomar decisiones informadas para optimizar la interfaz, mejorar la navegación y simplificar las interacciones con la plataforma.

5.2.1. Tareas de usuario para el testeo

Para evaluar la usabilidad de la plataforma, se definen las siguientes tareas que se asignarán a los usuarios en relación con la gestión de archivos:

- **Búsqueda de archivos:** Se pide a los usuarios que realicen una búsqueda de archivos utilizando diferentes criterios, como nombre de archivo, fecha, institución o extensión de archivo. Se observa cómo interactúan con la barra de búsqueda y se evalúa su capacidad para encontrar los archivos deseados.
- **Descarga de archivos:** Se solicita a los usuarios que descarguen uno o varios archivos

de su interés. Se registra el proceso que siguen para seleccionar los archivos, iniciar la descarga y verificar la finalización exitosa.

- **Dibujo de polígonos en el mapa interactivo:** Se pide a los usuarios que utilicen la herramienta de dibujo para trazar un polígono en el mapa interactivo, con el objetivo de obtener los archivos asociados a esa región geográfica. Se observa la facilidad con la que realizan esta acción y se verifica que los resultados mostrados sean coherentes.
- **Subida de archivos (administrador):** Si hay usuarios que actúen como administradores, se les puede solicitar que suban archivos a la plataforma. Se evalúa la facilidad de uso del proceso de carga de archivos, así como la comprensión de los campos y metadatos requeridos.
- **Edición de metadatos (administrador):** Para los administradores, se puede pedir que modifiquen los metadatos de un archivo específico, como el nombre, la descripción o la institución. Se evalúa la facilidad con la que realizan estas modificaciones y se verifica que los cambios se reflejen correctamente en la plataforma.
- **Eliminación de archivos (administrador):** En el caso de los administradores, se puede solicitar que eliminen un archivo de la plataforma. Se observa cómo identifican el archivo a eliminar y se evalúa la facilidad con la que completan esta acción.

Al evaluar la facilidad de uso en estas tareas, se pueden identificar posibles problemas de usabilidad, áreas de mejora y oportunidades de optimización en el diseño de la plataforma. Estos resultados permiten tomar acciones correctivas y realizar ajustes para mejorar la experiencia del usuario y garantizar la facilidad de uso en todas las interacciones con la plataforma.

5.3. Resultados de las pruebas de usabilidad

En esta sección, se presentan los resultados obtenidos durante las pruebas de usabilidad realizadas con usuarios seleccionados para evaluar la experiencia de usuario con la plataforma. El conjunto de participantes involucró a 4 usuarios considerados como “usuarios comunes” quienes llevaron a cabo evaluaciones de búsqueda y descarga de archivos, junto con 3 usuarios con experiencia en este tipo de datos, los cuales desempeñaron roles de administración. Estas pruebas se enfocan en la identificación de posibles problemas de usabilidad y en la evaluación del grado de facilidad con el que los usuarios puedan completar tareas específicas.

5.3.1. Procedimiento de las pruebas

Antes de llevar a cabo las pruebas con los usuarios, se definen parámetros y criterios, para así realizar un correcto análisis y medir el éxito de cada tarea.

Los parámetros definidos son los siguientes:

- **Tiempo de completación:** Medir el tiempo que los usuarios tardan en completar cada tarea. Registrar el tiempo desde que se les da la instrucción hasta que logran realizar la tarea correctamente. Un tiempo más corto indica una mayor facilidad de uso.
- **Tasa de error:** Registrar los errores cometidos por los usuarios durante la realización de cada tarea. Esto incluye errores como selección incorrecta de archivos, dificultades técnicas o confusión en la navegación. Una tasa de error baja indica una mayor facilidad de uso.
- **Compleitud de la tarea:** Evaluar si los usuarios pueden completar exitosamente cada tarea sin ayuda adicional. Observar si logran alcanzar el objetivo deseado y si se sienten satisfechos con los resultados obtenidos. Una alta tasa de finalización indica una mayor facilidad de uso.
- **Navegación y orientación:** Evaluar la claridad de las instrucciones y la navegación proporcionada durante la realización de cada tarea. Observar si los usuarios pueden comprender fácilmente las indicaciones, encontrar los elementos necesarios y seguir el flujo adecuado para completar la tarea. Una navegación intuitiva y una comprensión clara de las instrucciones indican una mayor facilidad de uso.
- **Retroalimentación del usuario:** Obtener comentarios y opiniones de los usuarios sobre su experiencia al realizar cada tarea. La retroalimentación negativa o la identificación de obstáculos sugieren una menor facilidad de uso.

5.3.2. Resultados de las pruebas y análisis

Después de las pruebas realizadas, se obtuvieron los siguientes resultados en las distintas pruebas:

- **Búsqueda de archivos:**
 - Los usuarios lograron realizar una búsqueda exitosa en un promedio de 15 segundos.
 - Se identificaron entre 3 y 4 errores, principalmente relacionados con la búsqueda utilizando filtros. Algunos filtros no se aplicaban correctamente, lo que dificultaba el proceso de búsqueda por filtro.
 - Los usuarios encontraron las instrucciones claras y comprensibles para esta tarea.
- **Descarga de archivos:**
 - Los usuarios lograron descargar archivos en un tiempo promedio de 12 segundos.

- Durante el proceso de descarga, no se encontraron errores significativos, solo pequeños problemas de responsividad en diferentes pantallas.
 - En términos de navegación, los usuarios realizaron la tarea de descarga de forma intuitiva, sin necesidad de instrucciones adicionales. Se destaca que el proceso es fácil y claro de realizar.
- Búsqueda de archivo por polígono:
 - El tiempo para realizar la búsqueda varió dependiendo del conocimiento del lugar solicitado para la búsqueda. En lugares conocidos, no tomó más de 15 segundos, mientras que en lugares desconocidos, aproximadamente 30 segundos.
 - Durante la búsqueda por polígono, no se encontraron errores, solo se realizaron observaciones que se mencionan más adelante [ver sección de observaciones].
 - En términos de navegación y orientación, se destaca el buen uso y la facilidad de utilización de la herramienta del mapa y su funcionalidad de dibujo.
 - Subida de archivos (administrador):
 - El tiempo para realizar la subida de archivos dependía del tamaño del archivo, generalmente fluctuaba entre 10 y 20 segundos.
 - Se identificó un error en el cual la plataforma no proporcionaba una confirmación clara de que el archivo se había subido correctamente.
 - En términos de navegación, los usuarios consideraron que el proceso es comprensible, pero necesitan más información o feedback por parte de la plataforma, como por ejemplo, indicar claramente qué tipos de archivos son permitidos y notificar de manera más evidente si el archivo se ha subido o no.
 - Edición de metadatos (administrador):
 - El tiempo para realizar la edición de metadatos varió según los elementos que el usuario modificara, pero en promedio tomó entre 15 y 20 segundos.
 - No se encontraron errores significativos en esta tarea.
 - En términos de navegación, los usuarios mencionaron que el botón “mostrar más” es intuitivo y que la edición es bastante simple y fácil de realizar.
 - Eliminación de archivos (administrador):
 - La eliminación de archivos resultó ser una tarea aún más sencilla, ya que al conocer la ubicación del botón “mostrar más”, los usuarios tuvieron claro dónde realizar la eliminación, lo que permitió que la tarea se completara en un promedio de 5 segundos.
 - No se encontraron errores en esta tarea.
 - En términos de navegación, los usuarios mencionaron que el proceso es simple una vez que se sabe qué archivo se desea eliminar.

En general, los resultados de las pruebas de usabilidad demuestran que la solución presenta una satisfactoria facilidad de uso en la mayoría de las tareas evaluadas. Los usuarios resaltaron que la plataforma cuenta con una navegación intuitiva y que las acciones que se pueden realizar son simples y fáciles de ejecutar. Sin embargo, también se identificaron áreas de mejora que podrían optimizarse para aumentar aún más la usabilidad y la satisfacción del usuario:

- Mejorar la función de búsqueda inicial para que se mantenga activa incluso después de cambiar entre pestañas de resultados y búsqueda. Esto mejorará la comodidad del usuario y evitará la necesidad de repetir la búsqueda.
- Revisar la funcionalidad del clic derecho en el mapa, ya que algunos usuarios consideran poco intuitivo que funcione de manera similar al clic izquierdo para dibujar un punto del polígono. Sería preferible que el clic derecho realice la función común que tiene en cualquier otra página, para evitar confusiones.
- Mejorar el botón "Limpiar geometría" para que elimine la geometría (polígono) incluso si hay puntos o líneas sin terminar en el mapa. De esta manera, los usuarios podrán eliminar trazos involuntarios de manera rápida y sencilla, lo que mejorará la experiencia de uso.
- Implementar un resaltado visual en el mapa al seleccionar un archivo para descargar. Esto proporcionará una representación gráfica más clara de la ubicación de los archivos, lo que facilitará la comprensión y usabilidad de la plataforma.
- Durante una descarga, evitar que los usuarios cambien de pestaña o realicen otra búsqueda hasta que se haya completado la descarga. Esto garantizará que el proceso de descarga se realice sin interrupciones y evitará posibles problemas de rendimiento.
- En un trabajo futuro más ambicioso, considerar la implementación de una búsqueda más avanzada, que permita buscar archivos asociados a regiones o cuadrantes específicos, incluso si no tienen una referencia directa en la búsqueda actual. Esto ampliará las capacidades de búsqueda y mejorará la eficiencia en la recuperación de archivos relevantes.
- Realizar mejoras en la paleta de colores y matices, especialmente en los botones. Utilizar colores distintivos para diferenciar claramente diferentes acciones en la plataforma. En el apartado del administrador para la subida de archivos, agregar más colores que proporcionen información sobre el estado de la subida.
- Mejorar las notificaciones o feedback proporcionados por la plataforma, haciéndolos más visibles o prolongados en el tiempo, para asegurar que el usuario reciba información adecuada y comprensible.
- Tomar en cuenta los errores señalados por los usuarios y realizar optimizaciones constantes para mejorar la detección y solución de problemas. La búsqueda de la mejor

manera posible y la corrección de errores son aspectos cruciales para mantener la funcionalidad y eficacia de la plataforma.

Estas recomendaciones y comentarios de los usuarios son valiosos para perfeccionar la solución, garantizando así una experiencia de usuario más satisfactoria y una mayor eficacia en su uso. Al implementar estas mejoras, se potenciará la usabilidad de la plataforma y se brindará una experiencia más intuitiva y agradable para los usuarios.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

En esta memoria, se ha desarrollado e implementado una plataforma de gestión de archivos geoespaciales con el objetivo de proporcionar a los usuarios una interfaz intuitiva y eficiente para realizar operaciones como búsqueda y descarga, y para los usuarios administradores, opciones para la gestión de archivos e instituciones. La implementación de la plataforma se basó en una arquitectura Cliente-Servidor, destacando la importancia de la interfaz de programación de aplicaciones (API) como medio de comunicación entre la plataforma y los usuarios, y se utilizó tecnologías como React, OpenLayers y Material-UI (MUI) para el desarrollo de la plataforma.

El diseño de la interfaz de usuario se ha realizado siguiendo las mejores prácticas de diseño de interfaces, con el objetivo de proporcionar una experiencia intuitiva y agradable para los usuarios. Tras las pruebas realizadas, la plataforma ha demostrado ser efectiva y fácil de usar, permitiendo a los usuarios realizar tareas de gestión de archivos geoespaciales de manera sencilla y eficiente. Sin embargo, se han identificado áreas de mejora, como mantener la búsqueda inicial, mejorar interacciones con el mapa o resaltar en el mapa los lugares a los que pertenecen los archivos seleccionados. Estas mejoras, en un trabajo futuro, podrían enriquecer la experiencia del usuario y aumentar la eficacia de la plataforma.

Las contribuciones principales de este trabajo se centran en la implementación exitosa de una plataforma de gestión de archivos geoespaciales y en la creación de una interfaz de usuario intuitiva y eficiente. Estas contribuciones tienen un impacto significativo en la organización y en los usuarios involucrados, ya que mejoran la productividad, facilitan el acceso a la información geoespacial y agilizan la toma de decisiones.

6.1. Trabajo futuro

En el ámbito del trabajo futuro, se recomienda considerar la integración de funcionalidades adicionales, como la visualización de datos en mapas interactivos y el desarrollo de capacidades avanzadas de análisis geoespacial. También es importante tener en cuenta las recomendaciones proporcionadas por los usuarios de prueba mencionadas en la sección 5.3.2, ya que son valiosas para mejorar continuamente la plataforma y satisfacer las necesidades de los usuarios.

De igual manera, para consolidar la robustez de la plataforma en un futuro, se hace indispensable mejorar la comprensión y ubicación de los archivos, lo cual simplificaría las búsquedas, especialmente a medida que la base de datos siga expandiéndose. Además, la incorporación de filtros basados en la tipología o clasificación de los datos, como por ejemplo DEM o DTM, añadiría un valioso componente de eficiencia al proceso de búsqueda.

Por otro lado, resulta fundamental enfocar esfuerzos en la optimización de la escalabilidad y el rendimiento de la plataforma, con el propósito de asegurar una adaptación fluida ante un incremento sustancial en la cantidad de usuarios y volúmenes de datos que la plataforma podría experimentar.

El presente trabajo sienta las bases para futuras ampliaciones y mejoras en la plataforma, permitiendo seguir avanzando en la gestión eficiente de archivos geoespaciales y su utilidad en distintos contextos. Aquellos interesados en profundizar en este tema podrán encontrar en este trabajo una valiosa guía para continuar explorando y desarrollando nuevas funcionalidades que potencien aún más la plataforma y su impacto en el campo de la geoinformación.

El repositorio “Chile3DFrontEnd” (<https://github.com/Wulss/Chile3DFrontEnd>) alberga el código fuente y detalles de la plataforma desarrollada en este proyecto. Este repositorio representa un valioso recurso para aquellos interesados en profundizar en el tema, ya que permite aportar en el proyecto y desarrollar nuevas funcionalidades que potencien aún más la plataforma y su impacto en el campo de la geoinformación. Con la continua mejora, la plataforma podrá seguir evolucionando y contribuyendo de manera significativa a la gestión eficiente de archivos geoespaciales en Chile.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [Anderson, 2010] Anderson, D. J. (2010). *Kanban: successful evolutionary change for your technology business*. Blue Hole Press.
- [Beck et al., 2001] Beck, Kent and Beedle, Mike and Van Bennekum, Arie and Cockburn, Alistair and Cunningham, Ward and Fowler, Martin and Grenning, James and Highsmith, Jim and Hunt, Andrew and Jeffries, Ron and others (2001). Manifesto for agile software development.
- [Fernández-Barba, 2020] Fernández-Barba, M. (2020). Estudio de eventos de fuertes descargas en los estuarios de los ríos Guadalquivir y Ebro, mediante el uso de datos altimétricos del satélite Cryosat-2.
- [Guntupalli, 2008] Guntupalli, R. C. C. (2008). User interface design: methods and qualities of a good user interface design.
- [Klärle, 2011] Klärle, P. D. M. (2011). Development of a solar potential map of the city of Calama, Chile.
- [Kumar y Singh, 2016] Kumar, A. y Singh, R. K. (2016). Comparative analysis of AngularJS and ReactJS. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, 7(4):225-227.
- [Manning, 2009] Manning, C. D. (2009). *An introduction to information retrieval*. Cambridge University Press.
- [Meszaros, 2007] Meszaros, G. (2007). *xUnit test patterns: Refactoring test code*. Pearson Education.
- [Meza, 2020] Meza, J. C. (2020). Análisis comparativo de los modelos digitales de elevaciones SRTM y MDE-AR 2.0 para la identificación de áreas de peligrosidad por inundaciones y anegamientos en un área urbana de llanura. *Geográfica Digital*, 17(33):44-60.
- [National Research Council, 2007] National Research Council (2007). *Elevation data for floodplain mapping*. National Academies Press.
- [National Research Council, 2009] National Research Council (2009). Mapping the zone: Improving flood map accuracy. *mapping the zone: Improving flood map accuracy*.
- [Nielsen, 1994] Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- [Otero, 2023] Otero, F. (2023). Diseño e implementación de API para la gestión de datos asociados a información altimétrica de alta resolución.
- [Regulwar y Gulhane, 2010] Regulwar, G. y Gulhane, V. (2010). Software testing practices. *International Journal of Computer Applications*, 1.

- [Royce, 1987] Royce, W. W. (1987). Managing the development of large software systems: concepts and techniques. En *Proceedings of the 9th international conference on Software Engineering*, pp. 328–338.
- [Schwaber y Sutherland, 2011] Schwaber, K. y Sutherland, J. (2011). The scrum guide. *Scrum Alliance*, 21(1):1–38.
- [Stone et al., 2005] Stone, D., Jarrett, C., Woodroffe, M., y Minocha, S. (2005). *User interface design and evaluation*. Elsevier.