



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas**  
**Carrera de Software**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**“DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB DE VISUALIZACIÓN DE DATOS  
EN TIEMPO REAL PARA EL OBSERVATORIO DE LOS LAGOS ANDINOS  
DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE”**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

**Ingeniero de Software**

**Línea de investigación:**

Desarrollo, aplicación de software y ciber security (seguridad cibernética)

**Autor:**

Anthony Alexander Andrango Macas

**Director:**

MSc. Cosme MacArthur Ortega Bustamante

**Ibarra – Ecuador**

**2025**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	0804321370		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	ANDRANGO MACAS ANTHONY ALEXANDER		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Quinindé – Esmeraldas		
<b>EMAIL:</b>	aaandrangon@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0978807783

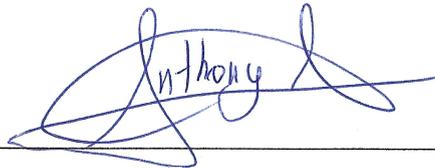
DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA WEB DE VISUALIZACIÓN DE DATOS EN TIEMPO REAL PARA EL OBSERVATORIO DE LOS LAGOS ANDINOS DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
<b>AUTOR (ES):</b>	ANDRANGO MACAS ANTHONY ALEXANDER
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b>	31/07/2025
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero en Software
<b>DIRECTOR/A:</b>	MSc. Cosme MacArthur Ortega Bustamante
<b>ASESOR/A:</b>	MSc. Delia Elizabeth Velarde Cruz

## 2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 31 días del mes de julio de 2025

**EL AUTOR:**



Nombre: Anthony Alexander Andrango Macas

0804321370

## **CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra, 31 de julio de 2025

MSc. Cosme MacArthur Ortega Bustamante

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

### **CERTIFICA:**

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte: en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

---

MSc. Cosme MacArthur Ortega Bustamante

Director de trabajo de titulación

## DEDICATORIA

*“El éxito es la suma de pequeños esfuerzos repetidos días tras días”*

***Robert Collier***

Dedico este trabajo a mi familia, que siempre estuvo ahí en los momentos más duros, apoyándome sin condiciones.

A las personas que creyeron en mí incluso cuando yo dudaba.

Y a mí, por no rendirme, por seguir adelante a pesar del cansancio, la frustración y las dudas.

Esto no fue fácil, pero valió pena.

**Anthony Alexander Andrango Macas**

## **AGRADECIMIENTO**

*“Sentir gratitud y no expresarla es como envolver un regalo y no darlo”.*

***William Arthur Ward***

Quiero empezar agradeciendo a Dios, por darme la fuerza, la salud y la claridad para no rendirme, incluso en los momentos más difíciles.

A mi familia, por su apoyo incondicional, por estar siempre ahí con palabras de ánimo, comprensión y paciencia. Este logro también es suyo.

A mis docentes y tutores, por su compromiso, por compartir sus conocimientos y por guiarme con responsabilidad a lo largo de este camino académico.

A mis amigos, por su compañía constante, por los buenos consejos y por estar presentes cuando más los necesitaba, incluso con solo una palabra de aliento.

Y a todas las personas que, directa o indirectamente, aportaron algo valioso en este proceso, muchas gracias por ser parte de este logro.

Sin ustedes, este esfuerzo no habría tenido el mismo significado.

**Anthony Alexander Andrango Macas**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....</b>	<b>I</b>
<b>CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.....</b>	<b>II</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>IV</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>1</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>2</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>3</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>4</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>7</b>
<b>1. Marco Teórico.....</b>	<b>7</b>
<b>1.1. Sistemas de Monitoreo Ambiental.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2. Arquitecturas de Software.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3. Visualización de datos.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4. Tecnologías de Visualización de Datos.....</b>	<b>12</b>
<b>1.5. Framework y herramientas para el desarrollo web.....</b>	<b>14</b>
<b>1.6. Procesamiento de Datos en Tiempo Real .....</b>	<b>18</b>
<b>1.7. Norma ISO/IEC 25010.....</b>	<b>20</b>
<b>1.8. Trabajos relacionados .....</b>	<b>23</b>
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>26</b>
<b>2. Desarrollo .....</b>	<b>26</b>

2.1	Fase 1. Pre-juego .....	26
2.1.1	Definición de roles de Scrum.....	26
2.1.2	Historias de usuario .....	27
2.1.3	Product Backlog .....	33
2.1.4	Sprint 0.....	34
2.1.5	Arquitectura del software.....	35
2.1.6	Diseño de la base de datos .....	36
2.2	Fase 2. Juego .....	38
2.2.1	Planificación de Sprint.....	38
2.2.2	Sprint 1.....	40
2.2.3	Sprint 2.....	46
2.2.4	Sprint 3.....	52
2.3	Fase 3. Post – juego .....	58
2.3.1	Pruebas de aceptación .....	58
2.3.2	Despliegue .....	61
<b>CAPÍTULO 3 .....</b>		<b>63</b>
3.	<b>Resultados.....</b>	<b>63</b>
3.1.	Metodología de evaluación .....	63
3.2.	Encuesta CSUQ.....	63
3.3.	Evaluación de la accesibilidad .....	86
Conclusiones .....		96
Recomendaciones .....		97
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>		<b>98</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>104</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Árbol de problemas</i> .....	2
<b>Figura 2.</b> <i>Arquitectura propuesta</i> .....	4
<b>Figura 3.</b> <i>Modelo de calidad del proyecto</i> .....	21
<b>Figura 4.</b> <i>Arquitectura del software.</i> .....	36
<b>Figura 5.</b> <i>Diagrama de base de datos</i> .....	37
<b>Figura 6.</b> <i>Pregunta 3: ¿Pude completar mi trabajo rápidamente usando esta aplicación web?</i> .....	76
<b>Figura 7.</b> <i>Pregunta 11: ¿La información provista por la aplicación fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo?</i> .....	76
<b>Figura 8.</b> <i>Pregunta 15: ¿La aplicación tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga?</i> .....	77
<b>Figura 9.</b> <i>Pregunta 5: ¿Fue fácil aprender a usar esta aplicación web?</i> .....	78
<b>Figura 10.</b> <i>Pregunta 9: ¿La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla y otra documentación) provista con esta aplicación era clara?</i> .....	78
<b>Figura 11.</b> <i>Pregunta 16: ¿En general, estoy satisfecho con esta aplicación web?</i> .....	79
<b>Figura 12.</b> <i>Pregunta 1: ¿En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar esta aplicación web?</i> .....	80
<b>Figura 13.</b> <i>Pregunta 2: ¿Fue sencillo usar esta aplicación web?</i> .....	80
<b>Figura 14.</b> <i>Pregunta 4: ¿Me sentí cómodo usando esta aplicación web?</i> .....	81
<b>Figura 15.</b> <i>Pregunta 6: ¿Creo que podría ser productivo usando rápidamente esta aplicación web?</i> .....	81
<b>Figura 16.</b> <i>Pregunta 10: ¿Fue fácil encontrar la información que necesitaba?</i> .....	82
<b>Figura 17.</b> <i>Pregunta 7: ¿La aplicación web dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas?</i> .....	83
<b>Figura 18.</b> <i>Pregunta 8: ¿Cada vez que cometía un error al utilizar la aplicación, podía recuperarme fácil y rápidamente?</i> .....	84
<b>Figura 19.</b> <i>Pregunta 12: ¿La organización de la información en las pantallas de la aplicación fue clara?</i> .....	84
<b>Figura 20.</b> <i>Pregunta 13: ¿La interfaz de esta aplicación web fue agradable?</i> .....	85
<b>Figura 21.</b> <i>Pregunta 14: ¿Me gustó usar la interfaz de esta aplicación web?</i> .....	85

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Definición de roles de Scrum .....	27
<b>Tabla 2.</b> Historia de usuario HU – 001 .....	27
<b>Tabla 3.</b> Historia de usuario HU – 002 .....	28
<b>Tabla 4.</b> Historia de usuario HU – 003 .....	28
<b>Tabla 5.</b> Historia de usuario HU – 004 .....	29
<b>Tabla 6.</b> Historia de usuario HU – 005 .....	29
<b>Tabla 7.</b> Historia de usuario HU – 006 .....	30
<b>Tabla 8.</b> Historia de usuario HU – 007 .....	30
<b>Tabla 9.</b> Historias de usuario HU – 008 .....	31
<b>Tabla 10.</b> Historias de usuario HU – 009 .....	31
<b>Tabla 11.</b> Historias de usuario HU – 010 .....	32
<b>Tabla 12.</b> Historia de usuario HU – 011 .....	32
<b>Tabla 13.</b> Estimación de esfuerzo .....	33
<b>Tabla 14.</b> Product Backlog .....	34
<b>Tabla 15.</b> Matriz de planificación – Sprint 0 .....	34
<b>Tabla 16.</b> Matriz de Planificación – Sprint 1 .....	38
<b>Tabla 17.</b> Matriz de Planificación – Sprint 2 .....	39
<b>Tabla 18.</b> Matriz de Planificación – Sprint 3 .....	40
<b>Tabla 19.</b> Sprint Backlog .....	41
<b>Tabla 20.</b> Revisión de Sprint 1 .....	42
<b>Tabla 21.</b> Revisión de Sprint 1 .....	43
<b>Tabla 22.</b> Revisión del Sprint 1 .....	44
<b>Tabla 23.</b> Revisión del Sprint 1 .....	44
<b>Tabla 24.</b> Retrospectiva Sprint 1 .....	45
<b>Tabla 25.</b> Sprint Backlog .....	46
<b>Tabla 26.</b> Revisión de Sprint 2 .....	48

<b>Tabla 27. Revisión de Sprint 2</b> .....	49
<b>Tabla 28. Revisión de Sprint 2</b> .....	50
<b>Tabla 29. Revisión de Sprint 2</b> .....	51
<b>Tabla 30. Retrospectiva Sprint 2</b> .....	52
<b>Tabla 31. Sprint Backlog</b> .....	53
<b>Tabla 32. Revisión de Sprint 3</b> .....	54
<b>Tabla 33. Revisión de Sprint 3</b> .....	55
<b>Tabla 34. Revisión de Sprint 3</b> .....	55
<b>Tabla 35. Retrospectiva Sprint 3</b> .....	57
<b>Tabla 36. Pruebas de aceptación</b> .....	58
<b>Tabla 37. Despliegue Backend</b> .....	61
<b>Tabla 38. Despliegue Frontend</b> .....	62
<b>Tabla 39. Encuesta CSUQ</b> .....	63
<b>Tabla 40. Escala de Likert</b> .....	65
<b>Tabla 41. Resultados de las encuestas</b> .....	66
<b>Tabla 42. Cálculo de media – P1</b> .....	68
<b>Tabla 43. Cálculo de medias generales</b> .....	69
<b>Tabla 44. Cálculo de la Desviación Estándar – Pregunta 1</b> .....	71
<b>Tabla 45. Resumen de desviaciones estándar</b> .....	72
<b>Tabla 46. Criterios de evaluación WCAG 2.1 AA</b> .....	88
<b>Tabla 47. Resumen de cumplimiento por principio WCAG 2.1</b> .....	93

## RESUMEN

El presente trabajo de grado tiene como propósito desarrollar una plataforma web de visualización de datos en tiempo real para el Observatorio de los Lagos Andinos de la Universidad Técnica del Norte. Esta herramienta busca facilitar el acceso, interpretación y análisis de datos científicos obtenidos de las investigaciones por parte del GIAN. Para alcanzar este objetivo, se elaboró un marco teórico enfocado en tecnologías de visualización de datos, procesamiento en tiempo real y diseño de interfaces intuitivas.

Posteriormente, se construyó una aplicación web interactiva que permite visualizar de forma clara y dinámica información relevante de los lagos andinos. Finalmente, se llevó a cabo una validación del sistema considerando los estándares de calidad de software definidos en la norma ISO/IEC 25010, evaluando aspectos como la usabilidad y accesibilidad de la plataforma. Como resultado, se obtuvo una solución tecnológica funcional que contribuye a la difusión y comprensión de datos ambientales en contextos académicos y científicos.

**Palabras clave:** visualización de datos, tiempo real, lagos andinos, usabilidad, accesibilidad, ISO/IEC 25010.

## ABSTRACT

The present Degree Project aims to develop a real-time web-based data visualization platform for the Andean Lakes Observatory at the Technical University of the North. The platform is designed to facilitate the access, interpretation, and analysis of scientific data collected through research conducted by GIAN. To achieve this, a theoretical framework was developed focusing on data visualization technologies, real-time data processing, and the design of intuitive user interfaces.

Subsequently, an interactive web application was built to display relevant information about the Andean lakes in a clear and dynamic manner. Finally, the system was validated using the ISO/IEC 25010 software quality standard, evaluating aspects such as usability and accessibility. As a result, a functional technological solution was obtained that contributes to the dissemination and understanding of environmental data in academic and scientific contexts.

**Keywords:** data visualization, real-time, Andean lakes, usability, accessibility, ISO/IEC 25010.

## INTRODUCCIÓN

### Planteamiento del problema

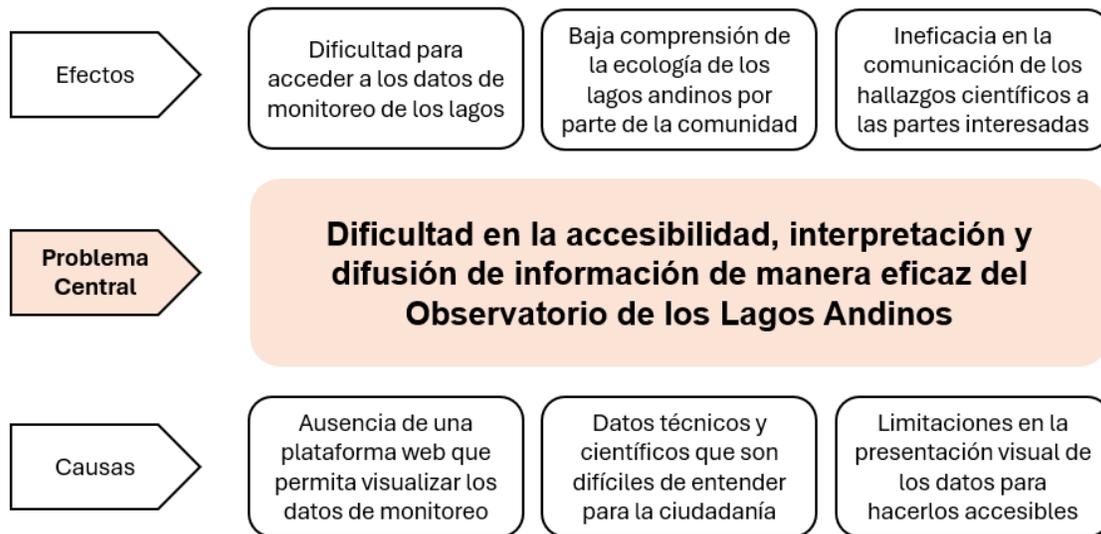
La Red del Observatorio Ecológico Global de Lagos se fundó con la finalidad de observar, comprender y predecir los sistemas de agua dulce a escala mundial, sin embargo, su alcance se centró en varios países occidentales y no consideraron para este proyecto a países tropicales como los de Latinoamérica (Weathers et al., 2013).

En el presente escenario, la Universidad Técnica del Norte, en el marco de un proyecto de investigación, ha recopilado información batimétrica general y parámetros fisicoquímicos de los lagos del norte de Ecuador en el período comprendido entre 2015 y 2019. Esto ha permitido establecer parámetros morfométricos y construir una base de datos limnológicas. Sin embargo, se enfrenta a la difícil tarea de hacer que esta información sea accesible, comprensible y difundida de manera efectiva entre la comunidad científica y la población en general (véase Figura 1).

La dificultad de acceso a los datos de los lagos en tiempo real, la baja comprensión de la ecología de los lagos andinos por parte de la comunidad y la ineficacia en la comunicación de los hallazgos científicos son los vértices de este árbol de problemas. Por ello, es importante abordar estos desafíos mediante el desarrollo de una plataforma de visualización de datos.

Por lo tanto, la plataforma web sería un medio para la divulgación de información científica y concientización de la población local a través de la educación ambiental lacustre. Además, brindaría herramientas para monitorización y gestión más efectiva de los lagos, permitiendo la adopción de políticas ambientales adecuadas. Esto, a su vez, puede conducir a la conservación y preservación de los lagos andinos, ayudando a mitigar impactos ambientales negativos y promoviendo la sostenibilidad.

**Figura 1.** Árbol de problemas



## Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar una plataforma de visualización de datos en tiempo real para el Observatorio de los Lagos Andinos de la Universidad Técnica del Norte.

### Objetivos específicos

- Elaborar un marco teórico con respecto a las tecnologías para la visualización de datos científicos de los lagos andinos en tiempo real.
- Construir una aplicación web interactiva e intuitiva para visualizar datos científicos en tiempo real de los lagos andinos.
- Validar que la plataforma web cumpla con los requisitos de usabilidad y accesibilidad utilizando la norma ISO/IEC 25010.

## **Alcance**

La finalidad de este proyecto es desarrollar una aplicación web que simplificará el acceso, visualización y entendimiento de la información relacionada con la investigación de los lagos andinos. Esta plataforma será una herramienta web interactiva e intuitiva que facilitará la integración de datos científicos de manera rápida. Esta información abarca parámetros tales como fecha, temperatura, pH, oxígeno disuelto, conductividad, disco secchi, clorofila, fósforo y nitrógeno total, los cuales se obtienen de sensores situados en los ecosistemas acuáticos.

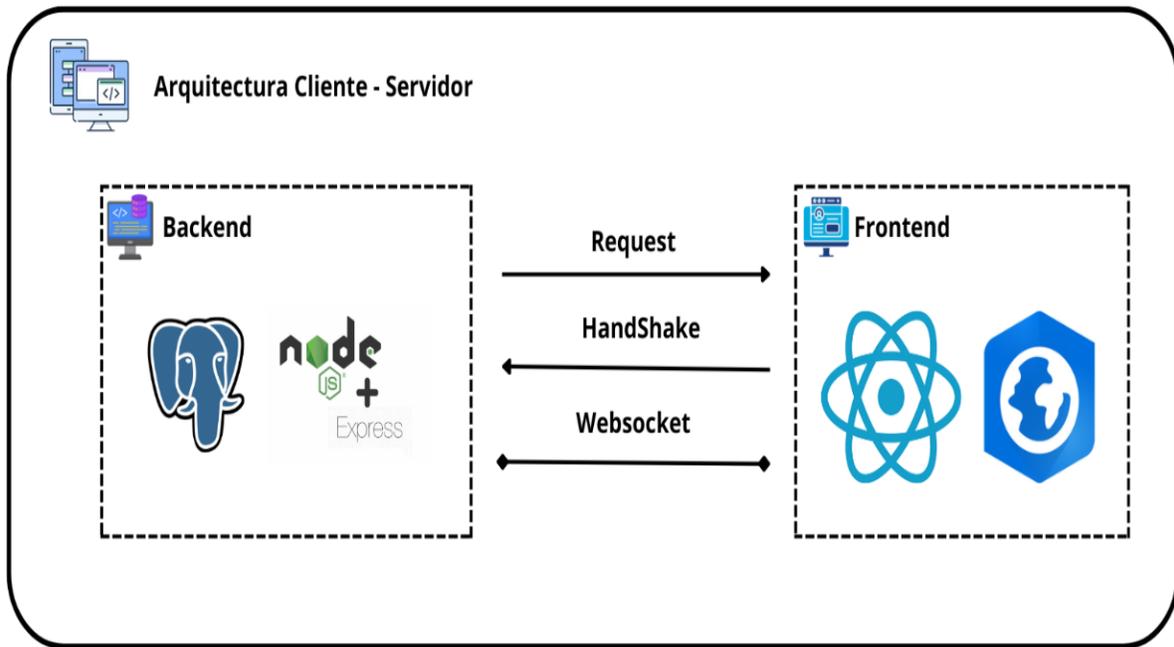
Se llevará a cabo el desarrollo de la aplicación web conforme a la metodología ágil Scrum, lo cual facilitará una organización eficaz de las tareas con base en su prioridad. Para la construcción de la aplicación, se empleará el lenguaje de programación Node.js en el servidor y el marco de trabajo React en el cliente. Además, se implementará una arquitectura MVC (Modelo, Vista, Controlador). Asimismo, se usará PostgreSQL para el almacenamiento de datos.

La aplicación web tendrá los siguientes módulos y funcionalidades: módulo de gestión de usuarios, permitirá a los usuarios registrar e iniciar sesión en la plataforma considerando los respectivos roles y permisos; módulo de visualización de datos, permitirá representar la información en tiempo real. Por último, el módulo de notificaciones tiene la funcionalidad de enviar notificaciones a los usuarios sobre eventos importantes relacionados con la plataforma.

Además, se llevarán a cabo pruebas de usabilidad y la sub característica de accesibilidad, mediante la Norma ISO/IEC 25010, para garantizar que la plataforma cumpla con las necesidades y expectativas del usuario final. Se identificarán y abordarán cualquier problema de usabilidad o accesibilidad que surja durante las pruebas.

Por último, la plataforma se diseñará y desarrollará como un prototipo funcional, y no como una implementación completa a gran escala para todos los lagos andinos de Ecuador, por lo que, primero se trabajará con dos lagos andinos: Yahuarcocha y San Pablo. El enfoque se mantendrá en la fase inicial de desarrollo y evaluación, con la consideración de posibles expansiones y mejoras en etapas posteriores.

**Figura 2.** Arquitectura propuesta



### Metodología

Para llevar a cabo el desarrollo de la plataforma web se hará una investigación aplicada, la cual permitirá poner en práctica todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, para generar una solución eficiente y aplicable en la comunidad científica.

Con el propósito de cumplir el primer objetivo, se desarrollará una investigación descriptiva con un enfoque bibliográfico sobre las tecnologías para la visualización de datos científicos en tiempo real. Se realizará una revisión sistemática de la literatura científica utilizando bases de datos bibliográficas, artículos de revistas, artículos científicos y documentación técnica, lo que permitirá identificar, caracterizar y analizar las tecnologías más adecuadas y robustas para la representación de información. Al utilizar esta metodología, facilitará la evaluación de las principales herramientas, proporcionando un marco teórico para comprender el estado actual de las tecnologías de visualización de datos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018)

Para alcanzar con el segundo objetivo, se utilizará la metodología ágil Scrum, caracterizada por su enfoque iterativo que permite presentar de manera continua los avances del proyecto al cliente y efectuar ajustes oportunos durante el desarrollo. El proceso se iniciará mediante la identificación y clasificación de los requerimientos entre funcionales y no funcionales para su realización de acuerdo con su prioridad. Posteriormente, se procederá al desarrollo de la plataforma web utilizando las herramientas tecnológicas previamente analizadas en el marco teórico, sobre el cual se realizarán modificaciones y se agregarán nuevas funcionalidades. Cada implementación será validada por las partes interesadas.

Por último, para cumplir con el tercer objetivo, se evaluará la plataforma web según la característica de usabilidad de la norma ISO/IEC 25010, bajo la sub característica de accesibilidad, mediante el uso del software aplicado a los usuarios finales. Los resultados se obtendrán a través del cuestionario de usabilidad de sistemas informáticos (CSUQ), lo que permitirá determinar la calidad del software.

### **Justificación**

El presente proyecto está orientado por el Objetivo de Desarrollo Sostenibles N11 “Ciudades y comunidades sostenibles”, puesto que, la plataforma web de visualización de datos puede ser una herramienta importante para las comunidades locales y las instituciones interesadas para comprender y gestionar de manera eficiente los recursos acuáticos de los lagos andinos (Nation Untad, 2017).

En cuanto al Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025, este proyecto cumplirá con el objetivo 7 dentro del eje social, el cual enuncia lo siguiente: “Potencias las capacidades de la ciudadanía y promover una educación innovadora, inclusiva y de calidad en todos los niveles” (Gobierno Nacional del Ecuador, 2021).

### **Justificación tecnológica**

Se enfoca en la necesidad de construir una plataforma web de visualización de datos para el Observatorio de los Lagos Andinos de la Universidad Técnica del Norte. Esto permitirá mejorar

el acceso y comprensión de la información sobre los lagos, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas, la concienciación y la preservación de los ecosistemas lacustres.

### **Justificación científica**

Es importante contribuir con el avance del conocimiento en el campo de la ecología de los lagos andinos. El desarrollo de la aplicación web, no solo mejorará la accesibilidad y comprensión de la información, sino que también permitirá una recopilación de datos más eficiente organizada en repositorios que serían útiles en el futuro para investigaciones científicas relacionadas con los lagos andinos.

Por otro lado, cabe mencionar los beneficiarios directos que serían; la Universidad Técnica del Norte, los investigadores de la FICAYA, y la comunidad científica en general, mientras que, los beneficiarios indirectos serían el Municipio de Ibarra y las personas externas interesadas en la ecología y divulgación científica.

## Capítulo 1

### 1. Marco Teórico

#### 1.1. Sistemas de Monitoreo Ambiental

El monitoreo ambiental es una herramienta clave para controlar y disminuir los efectos negativos de las actividades humanas en la naturaleza, especialmente en la conservación de ecosistemas acuáticos. Esto se debe a que el equilibrio de estos ecosistemas depende mucho de la calidad del agua, sin necesidad de intervenir directamente en ellos. De acuerdo con SGS Corp. (2022), la observación sistemática del agua requiere un análisis exhaustivo de sus propiedades fisicoquímicas, así como un control constante de los parámetros. Esto facilita la identificación precisa del nivel de calidad del recurso hídrico.

Además, Ivette (2021) subraya que el monitoreo ambiental se ha establecido como un instrumento indispensable para la evaluación de las condiciones de los recursos naturales, especialmente en el campo científico. En este se conceptualiza como un proceso constante de observación que abarca la medición de variables físicas, químicas y biológicas a lo largo de intervalos de tiempo preestablecidos. Este método posee una importancia particular en el análisis de sistemas acuáticos como los lagos, dado que en estos entornos las relaciones ambientales presentan una complejidad y cambios constantes, lo que demanda una vigilancia constante que permita interpretar de manera adecuada las transformaciones y efectos que se producen en el mencionado ecosistema.

Por lo tanto, Hernández, López y Moya (2019) indican que, para lograr una adecuada implementación del monitoreo ambiental, se requiere efectuar una elección cuidadosa de los indicadores que reflejan la condición y el progreso de los recursos naturales, teniendo en cuenta aspectos como los objetivos concretos del monitoreo, el tipo de ambiente que se está analizando y el tipo de datos que se pretende adquirir a través de la evaluación. Este método basado en la recolección y observación continua de información no solo simplifica la identificación y valoración del estado de los ecosistemas acuáticos, sino que también posibilita identificar la existencia de 7

impactos ambientales y calcular su magnitud, lo que es crucial para garantizar una administración responsable y sostenible de los lagos.

## **1.2. Arquitecturas de Software**

La arquitectura de software establece las estructuras fundamentales sobre las cuales se construye una aplicación, ya que se define el diseño y los elementos principal del sistema permitiendo comprende cómo se relacionan y comunican entre sí sus distintas partes tal como lo indica el sitio web Digiteum (2023) en el contexto de sistemas complejos como los destinados al monitoreo y visualización de datos esta definición cobra relevancia debido a que exige una interacción precisa y eficaz entre los componentes que lo conforman.

El avance en las arquitecturas web ha representado un punto de inflexión en el desarrollo de software porque dejó atrás los enfoques monolíticos tradicionales y dio paso a soluciones más flexibles, según expone Aplyca (2022) este cambio permitió superar las restricciones de los sistemas antiguos posibilitando la creación de plataformas con mayor dinamismo y capacidad de adaptación que responden de una forma más efectiva a los requerimientos específicos de cada empresa.

Resulta indispensable incorporar un análisis enfocado en los patrones de software debido a que estos funcionan como una guía estructurada que orienta el desarrollo de aplicaciones informáticas y contribuyen a la creación de sistemas sólidos y con capacidad de crecimiento (Solano, 2020). En términos generales, un patrón de software está conformado por cuatro componentes que son el nombre del patrón, la solución propuesta y los efectos de su implementación, además estos patrones se organizarán en tres grupos principales que corresponden a los patrones arquitectónicos, los patrones de diseño y los patrones de programación.

### **1.2.1. Patrón de arquitectura**

Un patrón arquitectónico es una solución general que pueda reutilizarse para enfrentar problemas frecuentes en el diseño estructural de sistemas de software dentro de un entorno 8 determinado y aunque guarda similitudes con los patrones de diseño se diferencia de estos por abarcar un nivel más amplio y centrarse en la organización completa del sistema (Ccori, W. 2018).

Existen diversos tipos de patrones arquitectónicos, entre los cuales se incluyen los de capas cliente – servidor, maestro – esclavo, pipe y filtro, intermediario, punto a punto, modelo – visto – controlador, pizarra, intérprete y bus de eventos. De acuerdo con lo mencionado por Solano (2020), los más utilizados en el desarrollo web corresponden al modelo – vista – controlador y al cliente – servidor, ya que ofrecen flexibilidad y eficacia al momento de resolver problemas.

#### **Modelo-Vista-Controlador**

Este patrón organiza una aplicación en tres componentes esenciales donde el modelo se encarga del manejo de los datos y de la lógica del negocio, las vistas se ocupan de presentar la información al usuario de forma comprensible y el controlador actúa como intermediario al gestionar la interacción entre el modelo y las vistas (Pantoja, 2004). Gracias a esta división estructural se facilita el crecimiento del sistema, a la actualización de sus partes y la reutilización del código, lo cual convierte al patrón en una herramienta eficaz para el desarrollo de software que requiere adaptabilidad y claridad en su arquitectura.

#### **Cliente-Servidor**

Este patrón asigna funciones a dos componentes fundamentales, donde el cliente es quien inicia la comunicación al enviar solicitudes, mientras que el servidor es el encargado de ofrecer los recursos y servicios solicitados, procesando cada petición de forma centralizada (IONOS, 2023). Este modelo facilita el control de los permisos de acceso y admite la conexión simultánea de múltiples clientes mediante una red, sin embargo, también enfrenta limitaciones como la dependencia de un único servidor y la necesidad de contar con infraestructura sólida que evite interrupciones que puedan afectar a todos los usuarios conectados.

### **1.2.2. Patrón de diseño**

Los patrones de diseño constituyen soluciones validadas que permiten resolver problemas que se presentan con frecuencia en el desarrollo de aplicaciones, facilitando así la construcción de sistemas con mayor flexibilidad, capacidad de crecimiento y facilidad de mantenimiento (Toapanta, 2024). Estos patrones se agrupan en tres clases principales siendo los creacionales lo que optimizan la forma en la que se crean los objetos, los estructurales lo que definen cómo se organizan las clases y objetos en un sistema y los de comportamiento, regulan la manera en la que los objetos interactúan y cumplen con sus responsabilidades siendo ejemplos relevantes el patrón Singleton, Factory Method y Observer, cada uno útil para enfrentar retos específicos en la programación.

La relevancia de los patrones de diseño se encuentra en su capacidad de promover la reutilización del código, elevar la calidad del software y facilitar la comunicación entre los desarrolladores mediante un lenguaje técnico común también lo destaca Toapanta (2024), ya que por ejemplo el patrón Factory Method resulta eficaz para manejar la creación de productos en sistemas que requieren expansión mientras que el patrón Observer permite mantener sincronizados los cambios entre distintos componentes lo cual no solo mejora el proceso de desarrollo, sino que también proporciona una estructura sólida para proyectos a largo plazo.

### **1.2.3. API y servicios web RESTful**

La API REST se destaca por su estructura simple y personalizable, que ha contribuido a su amplia adopción en el desarrollo de software y, según Red Hat (2023), no se considera un protocolo, sino un conjunto de principios que incluyen la separación del cliente y servidor, la comunicación sin estado y la capacidad de guardar respuestas en el caché; estos elementos proporcionan eficiencia y velocidad, lo que lo convierte en una alternativa adecuada a las aplicaciones móviles y soluciones web, además de emplear JSON como un formato habitual para representar recursos.

Por otro lado, Ravoof (2023) señala que las API Web permiten la interacción entre sistemas mediante el uso de HTTP sin que necesariamente cumplan con las restricciones impuestas por el modelo REST, ya que estas API ofrecen mayor versatilidad, permiten trabajar con distintos formatos como JSON y XML y son aptas para servicios más completos como la transmisión de contenido multimedia en tiempo real, mientras que REST, resulta apropiado para operaciones básicas CRUD.

### **1.3. Visualización de datos**

La visualización de datos es un recurso muy usado en la investigación moderna; permite explorar, analizar y presentar información de manera intuitiva, una característica significativa en la actualidad, donde el incremento de datos ha sido exponencialmente. Como señalan Kehrer y Hauser (2013), combinar técnicas computacionales con diseños interactivos ha revolucionado cómo manejamos la información multidimensional. En otras palabras, no se trata solo de simplificar datos, sino de revelar patrones ocultos que de otra forma pasarían desapercibidos.

Shoresh y Wong (2011) tratan la visualización de datos desde dos enfoques diferentes: como herramienta para transmitir descubrimientos de una investigación y, además, como orientación en el proceso de análisis de datos mientras se construye la narrativa científica. Esta dualidad en el papel de la visualización de datos resalta su relevancia no solo en la exposición final de los resultados, sino también como un instrumento esencial en la etapa de exploración y hallazgo de patrones en la investigación (Shoresh & Wong, 2011).

Además, se deben tomar en cuenta los elementos socioculturales que influyen en cómo las personas se relacionan con las visualizaciones de datos, elementos como creencias, puntos de vista y competencias, que inciden en el grado de interés de los usuarios con estas representaciones. La eficacia de una representación de datos depende del contexto y el objetivo para el que se utilice, esto quiere decir que la relevancia del diseño y la exposición no debe verse desde un punto de vista técnico, sino también desde un punto de vista humano y contextual (Kennedy, Hill & Kirk, 2016).

Las plataformas web han revolucionado la visualización de datos en tiempo real, abriendo el camino hacia un análisis más sólido e interactivo. Según Cottan, Lumsdaine y Weaver (2012), estas plataformas digitales ofrecen capacidades avanzadas para representar datos dinámicos, enriqueciendo las visualizaciones mediante interactividad y múltiples vistas coordinadas. Los autores destacan que, gracias a los avances tecnológicos en el ámbito web, ahora es posible abordar características como la multidimensionalidad, la interactividad y la transmisión en tiempo real.

Por otro lado, el triunfo de una plataforma web para visualizar datos no solo se basa en sus habilidades técnicas, sino también en su orientación hacia la experiencia y las demandas analíticas del usuario. Un diseño fácil de entender, una interfaz cómoda y alternativas de interactividad a medida son factores esenciales para promover su adopción y uso constante. Es crucial fusionar las mejores prácticas en la visualización de datos con técnicas de diseño participativo, incorporando de manera activa a los usuarios finales durante todo el procedimiento. De esta forma, se maximiza el potencial de los datos para proporcionar una comprensión profunda y un valor agregado, facilitando la transformación de la información en decisiones informadas y oportunas que conduzcan a mejores resultados (Mckenna et al., 2014).

#### **1.4. Tecnologías de Visualización de Datos**

##### **Tableau**

Es un programa de visualización de datos que se distingue por su habilidad para vincular con prácticamente cualquier tipo de información, facilitando a los usuarios la creación rápida de visualizaciones y su compartir en múltiples plataformas. Se aplica en diversas áreas para examinar y exponer datos de forma intuitiva, lo que simplifica la toma de decisiones y la interpretación de grandes cantidades de información. Tableau se distingue por su interfaz visual y sencillez de manejo, facilitando a los usuarios, incluso aquellos que no poseen experiencia en programación o bases de datos, extraer datos útiles de sus datos mediante operaciones sencillas de arrastrar y soltar (Villa, 2019).

## **Power BI**

Es una herramienta líder en visualización de datos, ofreciendo capacidades de análisis de datos en tiempo real. Un estudio destacado es el monitoreo en tiempo real de una campaña de inmunización de un brote en polio virus derivado de la vacuna en Sudán del Sur, utilizando tecnologías de salud digital. Este estudio desarrolló una herramienta que utiliza kits de datos abiertos para recopilar datos y visualizarlos mediante un tablero interactivo en Power BI. El uso de esta tecnología mejoró significativamente la puntualidad y la integridad de la presentación de informes, proporcionando información de calidad en tiempo real a los interesados y mejorando la supervisión y transparencia de las actividades de la campaña (Bello et al., 2021).

## **D3.js**

Es una biblioteca de JavaScript diseñada para la visualización de datos interactiva en la web, permitiendo la manipulación de documentos basados en datos (Documentos Data-Driven). Utiliza tecnologías estándar como HTML, CSS y SVG para crear representaciones gráficas dinámicas y personalizadas. A diferencia de otras herramientas que ofrecen soluciones predefinidas, D3.js proporciona un control total sobre el diseño de la visualización, permitiendo a los desarrolladores manipular directamente el DOM y crear gráficos como líneas, barras, círculos y otros elementos visuales. Es especialmente útil cuando se requieren visualizaciones complejas y altamente personalizadas, ya que permite integrar transiciones y animaciones, mejorando la interactividad y la experiencia del usuario (Murray, 2017).

## **Plotly**

Es una poderosa librería de visualización de datos interactiva y flexible que permite crear gráficos complejos en Python, así como en otros lenguajes como JavaScript y R. A diferencia de otras librerías como Matplotlib, Plotly ofrece gráficos interactivos y colaborativos, lo que facilita la exploración y el análisis visual de grandes conjuntos de datos. Con más de 40 tipos de gráficos, incluidos gráficos en 3D, mapas y animaciones, Plotly permite una personalización avanzada y una interacción directa con los datos, lo que la convierte en una herramienta ideal para proyectos

de análisis de datos, creación de aplicaciones web con Dash y compartir visualizaciones en línea a través de su plataforma Chart Studio (DataScientest, 2022).

### **ArcGIS Pro**

Es un software de Sistema de Información Geográfica (SIG) desarrollado por Esri, que permite la creación, edición y análisis de datos geoespaciales avanzados. Este programa de escritorio ofrece herramientas para la creación de mapas interactivos de alta calidad, análisis espacial complejo y modelado 3D, convirtiéndolo en una opción más potente en comparación con su predecesor ArcMap. ArcGIS Pro se utiliza en diversas industrias, como la ingeniería, la planificación urbana y la gestión de recursos naturales. Además, permite compartir y colaborar en proyectos mediante plataforma en línea como ArcGIS Online y ArcGIS Enterprise, integrándose perfectamente con otras soluciones de Esri (Esri, s.f.).

### **1.5. Framework y herramientas para el desarrollo web**

Los frameworks se han establecido como instrumentos fundamentales en el desarrollo web, debido a su habilidad para maximizar tiempos, costos y funciones. Además, no solo posibilitan que los programadores se concentren en solucionar problemas concretos sin reinventar soluciones habituales, sino que también fomentan la estructuración del código, la protección y el trabajo en equipo. Adicionalmente, proporcionan ventajas como la puesta en marcha de arquitecturas sólidas como el modelo MVC, la verificación de datos y el soporte de extensas comunidades de usuarios. Pese a sus desafíos, los marcos de referencia resultan beneficiosos para aquellos que aspiran a desarrollar aplicaciones eficaces y sostenibles en un contexto competitivo (de Dios, 2023).

En el desarrollo web, es importante entender la diferencia entre backend y frontend para saber cómo se organizan y funcionan las aplicaciones modernas. El frontend se centra en cómo se siente y se ve el usuario, mientras que el backend se ocupa de la lógica, el manejo de datos, y de conectar con servidores y bases de datos. Analizar estas tecnologías ayuda a entender

cómo funcionan juntas para proporcionar aplicaciones que son eficaces, escalables y que cumplan con las expectativas de los usuarios y las necesidades del mercado.

### **1.5.1. Frontend**

#### **React**

Es una biblioteca líder en JavaScript para la construcción de interfaces de usuario, sobresale por su eficiencia y versatilidad, convirtiéndose en una herramienta esencial para el desarrollo de interfaces dinámicas y de alto rendimiento (Mendes, 2023). En contexto como los sitios webs especializados en la visualización de datos, React facilita la creación de componentes modulares para cada gráfico o tabla, promoviendo una estructura organizada y reutilizable que optimiza tanto el desarrollo como el mantenimiento escalable del código.

Entre sus características principales, React utiliza JSX para mezclar JavaScript con HTML de manera eficiente, el Virtual Dom para optimizar la renderización de componentes, y una arquitectura basada en componentes y propiedades que fomenta la reutilización del código. Además, su manejo del estado mediante librerías como Redux o Recoil permite gestionar interacciones complejas sin afectar el rendimiento (Deyimar, 2025). Estas cualidades hacen de React una elección ideal para proyectos modernos que requieren alta capacidad de respuesta, fácil mantenimiento, como en el caso de sitios especializados en visualización de datos.

#### **Angular**

Es un framework avanzado basado en TypeScript para la creación de aplicaciones web, se caracteriza por proporcionar características como el enlace de datos bidireccional, la inyección de dependencias y una estructura modular (Mendes, 2023). Estas características son importantes en sitios web que se enfocan en mostrar datos. Por ejemplo, el enlace de datos bidireccional permite una interacción más sencilla con las visualizaciones, dejando que los usuarios filtren y ajusten información en tiempo real.

Además, la habilidad de Angular para crear dependencias y su organización modular ofrecen una base fuerte para un desarrollo de componentes que sea efectivo, sostenible y escalable.

Esto contribuye a la creación de interfaces de usuario que ofrecen experiencias dinámicas e interactivas al presentar datos.

## **Vue**

Es un marco de trabajo progresivo caracterizado por su ligereza y sencillez de aprendizaje, se destaca en la construcción de interfaces de usuario dinámicas y sofisticadas (Mendes, 2023). Dentro del marco de aplicaciones web enfocadas en la visualización de datos, Vue.js resulta una alternativa atractiva por su sencillez y adaptabilidad. Adicionalmente, su habilidad para crear elementos de visualización reutilizables aporta a un código más estructurado.

Entonces se tiene claro que Vue.js se ha consolidado como una herramienta popular gracias a su flexibilidad y alto rendimiento. A pesar de no estar respaldado por grandes corporaciones, ha logrado destacarse por su capacidad de adaptarse a proyectos de diferentes escalas. Su comunidad activa y documentación accesible permiten a los desarrolladores integrar rápidamente Vue en sus proyectos, mejoran la eficiencia y la calidad del código. Esto lo convierte en una excelente opción para la creación de interfaces web, especialmente cuando se busca simplicidad y rapidez en el desarrollo.

### **1.5.2. Backend**

#### **Django**

Es un marco de trabajo de código abierto para el desarrollo web, fundamentado en Python, reconocido por su sencillez y eficacia. Se distingue por su concentración en el modelo de diseño Model-Template-View y la distinción de los modelos de datos, las normas empresariales y la interfaz de usuario. Su estructura fomenta el crecimiento ágil y versátil, favoreciendo la construcción de aplicaciones web sólidas y escalables. Este marco de trabajo también incluye una serie de funciones para mejorar la protección y gestión de datos, lo que lo convierte en una herramienta eficaz para programadores web (Thoutam, 2021).

## **Express.js**

Express.js es un marco de trabajo web para Node.js, destacado por su minimalismo y flexibilidad. Se caracteriza por su enfoque de no imponer ninguna tecnología específica, permitiendo a los desarrolladores la libertad de adoptar las herramientas y tecnologías que mejor se adapten a sus proyectos. Esta versatilidad lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones, desde aplicaciones de una sola página y móviles hasta APIs RESTful, renderización de servidor, aplicaciones en tiempo y microservicios (Zanini, 2015).

## **Laravel**

Es un marco de trabajo popular que usa PHP y es conocido por ser fácil de usar y seguir el patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador. El autor Subecz (2021) señala que Laravel tiene un sistema de paquetes modulares, lo que facilita la expansión de aplicaciones con nuevos módulos. También utiliza elementos ya existentes de otros marcos de trabajo, lo que hace más fácil y rápido desarrollar aplicaciones seguras y funcionales.

Entre sus características y ventajas, se incluye el soporte para acceder a diferentes bases de datos, herramientas útiles para el desarrollo de aplicaciones web, un motor de enrutamiento simple y rápido, y una mayor escalabilidad. Estas características hacen que Laravel sea una excelente opción para el desarrollo de aplicaciones web en el backend, ahorrando mucho tiempo en el diseño y proporcionando una arquitectura sólida y eficiente (Subecz, 2021).

### **1.5.3. Bases de datos**

#### **PostgreSQL**

Es un sistema de gestión de bases de datos relacionales de código abierto y gratuito, destacándose por su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos y su compatibilidad con diversas plataformas y servidores web. Ofrece facilidad de uso y soporte total de ACID (atomicidad, consistencias, aislamiento, durabilidad), lo que garantiza la integridad de transacciones. Es ampliamente utilizado por su robustez y soporte de consultas complejas (Borges, 2019).

Además de sus capacidades relacionales, PostgreSQL ha incorporado gradualmente características no relacionales, ampliando su funcionalidad y versatilidad. Destaca la implementación de los tipos de datos JSON y JSONB, que permiten el almacenamiento y la manipulación de datos semiestructurados, una característica comúnmente asociada a sistemas No SQL. En particular, JSONB, introducido en la versión 9.4, ha demostrado un rendimiento superior al JSON tradicional, especialmente en operaciones de consulta, siendo hasta 4.3 veces más eficiente en la selección de registros. Estas mejoras posicionan a PostgreSQL como una solución híbrida viable que integra lo mejor de los mundos relacional y no relacional, optimizando la gestión de datos en diversas aplicaciones (Vazquez Ortiz, Mier Pierre, & Sotolongo León, 2016).

## **MongoDB**

Es una base de datos de documentos, reconocida por su gran escalabilidad y flexibilidad. Su modelo de consultas e indexación avanzada es un punto destacado. Los datos se almacenan en documentos similares a JSON, lo que permite una estructura de datos dinámica. Ofrece funciones como consultas ad hoc, indexación y agregación en tiempo real, todo dentro de una arquitectura distribuida que asegura alta disponibilidad y escalabilidad horizontal, además de ser reconocida por su facilidad de uso y su compatibilidad con varios lenguajes de programación (MongoDB, Inc., 2023).

Además de lo mencionado, MongoDB es un sistema de base de datos No SQL que permite guardar datos en estructuras BSON. Esto ayuda a unir registros con diferentes estructuras en una misma colección. Su diseño tiene características avanzadas como balanceo de carga y replicación primaria-secundaria, que aseguran que el servicio continúe funcionando, incluso si hay fallos.

### **1.6. Procesamiento de Datos en Tiempo Real**

La gestión de información en tiempo real es crucial para una extensa variedad de aplicaciones en plataformas digitales, desde la administración de identidades hasta la personalización en páginas de comercio electrónico. Este tipo de procesamiento conlleva la recolección y estudio

de datos de manera casi inmediata, lo que posibilita a las entidades responder con rapidez ante situaciones en constante cambio, como en situaciones de operaciones financieras o en la prevención de fraudes.

Con el aumento masivo de datos y la creciente digitalización, las empresas enfrentan el desafío de escalar sus recursos de manera eficiente, manteniendo costos controlados mientras maximizan los ingresos. La infraestructura adecuada, como la distribución inteligente de datos y la capacidad de escalar vertical y horizontalmente, es crucial para garantizar que los datos se procesen rápidamente sin comprometer la fiabilidad ni la resiliencia del sistema (Data Center Market, 2024).

### **Websockets y la comunicación bidireccional**

Los Websockets son una tecnología empleada para el manejo de datos en tiempo real en plataformas web, pues facilitan la comunicación en ambas direcciones entre el cliente y el servidor, evitando la necesidad de peticiones repetitivas. En contraposición a HTTP, que opera bajo un esquema de petición-respuesta, los Websockets establecen una conexión duradera que facilita una comunicación ininterrumpida y con baja latencia, lo que resulta una elección magnífica para aplicaciones como chats en tiempo real, feeds en directo o juegos de múltiples participantes.

Como una solución basada en HTTP, los Websockets también son compatibles con cortafuegos y tienen la capacidad de operar en diversos ambientes. No obstante, los retos vinculados al escalamiento horizontal deben ser administrados para asegurar una experiencia de usuario sin contratiempos y un desempeño mejorado (Rasheed, 2023).

### **Optimización y Caching**

El caching es un método que optimiza el rendimiento de los sistemas al guardar copias de datos en un lugar temporal conocido como caché. Este sistema disminuye la latencia y agiliza los tiempos de respuesta al prevenir el acceso al almacenamiento primario en peticiones reiteradas. El procedimiento de caching sigue un ciclo que abarca la recuperación inicial de datos, su

almacenaje en caché y la reacción a peticiones futuras desde esta memoria rápida si los datos se encuentran accesibles.

En caso contrario, los datos se obtienen del almacenamiento primario y se añaden a la caché para futuros usos. Al optimizar recursos y disminuir la carga en sistemas principales, el caching se convierte en un componente crítico no solo para la escalabilidad de aplicaciones, sino también para cumplir con las expectativas de los usuarios en cuanto a velocidad y desempeño (Azion Technologies, 2024).

### **1.7. Norma ISO/IEC 25010**

Es un modelo integral utilizado para evaluar la calidad del software, proporcionando un enfoque detallado a través de sus 12 características y 40 sub características. Estas cubren aspectos clave como usabilidad, fiabilidad y seguridad, entre otros. La norma es aplicable a una variedad de servicios digitales y productos de software, con énfasis en la eficacia y eficiencia del sistema para satisfacer las necesidades del usuario final (Estdale, J., & Georgiadou, E., 2018).

#### **Características de Calidad del Software**

La norma ISO/IEC 25010 se centra en características divididas en dos modelos. Calidad en Uso y Calidad del Producto. Estas características abordan aspectos como la funcionalidad, eficiencia, compatibilidad, usabilidad, fiabilidad, seguridad, mantenibilidad y portabilidad. Cada una se desglosa en sub características, ofreciendo un marco detallado para la evaluación del software. Este estándar es importante para establecer el desempeño de los procesos de desarrollo de software y sus mejores propuestas (Estdale, J., & Georgiadou, E., 2018).

**Figura 3.** Modelo de calidad del proyecto

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

Fuente: (Iso25000.com, 2024)

### Usabilidad

Se define como la capacidad del producto de software para ser entendido, aprendido, utilizado y resultar atractivo para el usuario. Esta característica resalta la importancia de la experiencia del usuario, ya que es él quien, a través de su interacción con el software, determina si el producto es fácil de usar o no. La usabilidad no solo se refiere a la facilidad de uso, sino también a la satisfacción general que el usuario obtiene el producto.

Esta norma desglosa la usabilidad en varias sub características que permiten una medición más precisa. Estas incluyen la inteligibilidad, que se refiere a la capacidad del producto para que el usuario entienda si satisface sus necesidades; el aprendizaje, que mide cuán fácil es para el usuario aprender a utilizar el software, y la operabilidad, que se centra en la facilidad con que el usuario puede controlar el producto.

Además, se toman en cuenta la protección contra errores de usuario, que mide la habilidad del sistema para prevenir o atenuar los fallos del usuario, y la estética de la interfaz de

usuario, que intenta evaluar cuán atractiva y agradable resulta la interacción visual con el software. Finalmente, la accesibilidad garantiza que el software sea utilizable por personas con discapacidad o características específicas (Baquero, L. 2023).

Estas sub características permiten hacer una evaluación detallada de la usabilidad de un software, lo cual es importante para asegurar que sea eficiente y agradable para los usuarios. La importancia de la usabilidad en el modelo ISO 25010 se muestra a través de varias métricas que permiten medir estos aspectos de forma clara y numérica.

### **Medición de la Usabilidad Percibida**

La usabilidad percibida es subjetiva y, por tanto, difícil de cuantificar directamente. Para abordarlo, los expertos en usabilidad recurren a cuestionarios estandarizados que permiten medir esta dimensión. Entre los instrumentos más utilizados se encuentran el CSUQ (Computer System Usability Questionnaire), el SUS (System Usability Scale) y el UMUX (Usability Metric for User Experience), cada uno con características específicas que los hacen adecuados para diferentes contextos (Chun Fei, 2019.)

El CSUQ, desarrollado para medir la usabilidad percibida por sistemas informáticos, consta de 16 preguntas que se responden en una escala Likert de 7 puntos. Este cuestionario permite calcular una puntuación general, así como puntajes específicos para tres sub dimensiones: utilidad del sistema, calidad de la información y calidad de la interfaz. Las puntuaciones oscilan entre 1 y 7, siendo una herramienta ideal para quienes necesitan un instrumento multidimensional que desglosa los aspectos clave de la usabilidad (Chun Fei, 2019).

En contraposición, el SUS es visto como el cuestionario más utilizado por su sencillez y su extensa aceptación en el entorno laboral. Se compone de 10 cuestiones que se resuelven en una escala Likert de 5 puntos, produciendo un puntaje total que oscila entre 0 y 100. Su gran uso permite comparar cómo se percibe la usabilidad entre distintos sistemas, ya sea de manera directa o a través de su clasificación en niveles que van desde F hasta A+ (Chun Fei, 2019).

El UMUX, en contraste, es un cuestionario mucho más breve, con solo cuatro preguntas en su formato original. Estas se responden utilizando la escala Likert de 7 puntos, y el resultado final también se pide en una escala de 0 a 100. Además, existe una versión simplificada llamada UMUX-LITE, que reduce aún más la evaluación a solo dos preguntas. Aunque UMUX-LITE ofrece simplicidad extrema, su puntuación puede estar sesgada dependiendo de la variante utilizada, mientras que la variante UMUX-LITEr genera resultados más consistentes con los obtenidos mediante el SUS (Chun Fei, 2019).

En cuanto a la confiabilidad de estas herramientas, los valores de  $\alpha$  de Cronbach se elevan en los tres cuestionarios: 0.97 para el CSUQ, 0.93 para el SUS y 0.88 para el UMUX, indicando altos niveles de consistencia interna. Las correlaciones entre estas escalas también son significativas, lo que sugiere que los cuestionarios miden constructos similares de la usabilidad percibida. Por ejemplo, las correlaciones del CSUQ, UMUX Y UMUX-LITE con el SUS son de 0.76, 0.79 y 0.74 respectivamente, evidenciando su alineación conceptual (Chun Fei, 2019).

### **1.8. Trabajos relacionados**

Montiel (2020) propuso el desarrollo de una “Plataforma de Visualización y Alerta de Datos en Tiempo Real”. Este proyecto busca crear una plataforma para recolectar y exhibir datos de múltiples fuentes en un portal web unificado, permitiendo la configuración de alertas basadas en dichos datos. Lo notable de la metodología es su énfasis en la flexibilidad en la visualización de datos. El logro más destacado es la habilidad de integrar y mostrar datos de diversas índoles en una interfaz reactiva. No obstante, una desventaja notable del sistema es su capacidad limitada para adaptarse a tipos de datos específicos o complejos.

Ollora (2021) se enfocó en la "Implementación de una Plataforma de Análisis y Visualización de datos IoT Multiprotocolo en Tiempo Real sobre Node-Red". El proyecto enfrentó el reto de desarrollar una solución web basada en la integración y visualización de información de sensores y varias plataformas de IoT, empleando Node-Red, InfluxDB, MongoDB y Grafana. El hallazgo más significativo fue la habilidad de la plataforma para administrar y visualizar datos en

varios protocolos IoT en tiempo real, lo que simplifica la supervisión y el análisis. Una posible restricción de este estudio reside en su necesidad de tecnología y herramientas particulares, lo que podría restringir su utilidad en diversos contextos IoT.

Prado y Bianchi (2018) crearon visualizaciones interactivas y dinámicas utilizando la herramienta D3.js, con el objetivo de ilustrar datos de un caso de estudio escogido, proporcionando una introducción teórica a las fases del proceso de visualización de datos al comparar d3.js con otras herramientas. Se seleccionó el caso de estudio pertinente para investigar la capacidad de d3.js, poniendo especial atención en la Encuesta Metropolitana de Movilidad de Montevideo. Se creó y lanzó la aplicación web, ayudando a entender y manejar mejor la información. Sin embargo, se identificó como una limitación la complejidad de d3.js, que puede hacer que el aprendizaje sea lento y que haya problemas para adaptarlo a usos específicos.

Gómez (2019) propuso la idea de crear un sistema web para la visualización en tiempo real de datos relacionados con la calidad del aire en la región metropolitana de Santiago de Chile. Este sistema, creado para proporcionar una representación interactiva de la información, se fundamenta en middleware integrado que recolecta información en tiempo real de varias estaciones de seguimiento. Esta información se guarda en una base de datos No SQL y se muestra mediante paneles web a medida, empleando para ello la librería d3.js. Para valorar la utilidad de la aplicación web, se realizó una encuesta diseñada por el escritor. Como consecuencia del proyecto, se crearon paneles de control interactivos que facilitan el monitoreo en tiempo real y el estudio visual de información histórica relacionada con partículas, dióxido de azufre, ozono y otros contaminantes del aire. Cabe destacar que este estudio no se realizó siguiendo una normativa, como la Norma ISO 25010, y que los métodos de evaluación empleados no se corroboraron ni estadísticamente ni por expertos en la materia.

Naranjo (2019) propuso la creación de una plataforma web para monitorear en tiempo real los datos ambientales del río Granobles, situado en la parroquia San Isidro, al sur de Quito. La solución técnica implementada involucra el uso de una Raspberry Pi para recoger datos de

temperatura, humedad y flujo del río. Estas mediciones son luego enviadas a un servidor Node-Red para su procesamiento y finalmente se muestran en gráficos interactivos a través de la plataforma ThingSpeak. El resultado fue la creación de paneles web que se actualizan en vivo y permiten el seguimiento de los indicadores ambientales del río. Uno de los principales desafíos fue garantizar la estabilidad continua del prototipo, especialmente para la adquisición y transmisión constante de datos desde la Raspberry Pi al servidor, teniendo en cuenta las condiciones adversas en el lugar de instalación cerca del río.

## Capítulo 2

### 2. Desarrollo

Para dar inicio al desarrollo de la plataforma se ha planificado trabajar de forma paralela en el backend y frontend, implementando el marco de trabajo SCRUM para presentar avances significativos a las partes interesadas gracias a la organización de las tareas en iteraciones cortas y garantizando la mejora continua del proyecto.

Es importante destacar que el backend se construirá para administrar y manejar los datos recolectados de los estudios científicos de los Lagos Andinos llevados a cabo por los investigadores de la FICAYA. La tarea principal consistirá en guardar, organizar y manejar la información de forma eficaz y segura. En contraposición, el frontend desarrollará una interfaz de usuario intuitiva que facilite a los usuarios la visualización, exploración e interacción con los datos de manera dinámica. El objetivo es desarrollar una experiencia de usuario que simplifique el entendimiento y estudio de la información.

Además, se definió el nombre oficial de la plataforma: OLANEC que representa las siglas de Observatorio de los Lagos Andinos del Norte del Ecuador.

#### 2.1 Fase 1. Pre-juego

En la fase de pre-juego, también conocida como Sprint 0, se estructuró el plan de desarrollo de la plataforma web, tomando en cuenta las fases de planificación y diseño del ciclo de vida del software. Durante esta etapa, se definieron los roles del equipo, se levantaron los requerimientos funcionales, se diseñó la arquitectura tecnológica del software y se estableció un modelo preliminar de la base de datos para configurar posteriormente el entorno de desarrollo.

##### 2.1.1 Definición de roles de Scrum

En esta sección se asignaron los roles Scrum a los integrantes del proyecto “Desarrollo de una plataforma web de visualización de datos en tiempo real para el Observatorio de los Lagos Andinos de la Universidad Técnica del Norte”. A continuación, en la Tabla 1, se detalla los roles y una descripción corta del cargo e institución del equipo de trabajo.

**Tabla 1.** Definición de roles de Scrum

Nombre	Rol	Cargo
Msc. MacArthur Cosme Ortega Bustamante	Product Owner	Director de Trabajo de Integración Curricular (Docente UTN)
Anthony Alexander Andrango Macas	Scrum Master	Estudiante de la carrera de software UTN
Anthony Alexander Andrango Macas	Team Development	Estudiante de la carrera de software UTN
Msc. Delia Elizabeth Velarde Cruz	Stakeholders	Asesor del TRIC (Docente UTN)

Fuente: Elaboración propia

### 2.1.2 Historias de usuario

Para el levantamiento de los requerimientos se empleó la técnica de historias de usuario, la cual facilitó el registro claro y estructurado de las necesidades y procesos del sistema, gracias al uso de lenguaje natural. Este artefacto permitió abordar los requerimientos desde la perspectiva de los distintos actores que interactuarán en la plataforma web.

Con base a esta recopilación, a continuación, se detallan los requerimientos definidos para el desarrollo de la plataforma web “OLANEC”.

**Tabla 2.** Historia de usuario HU – 001

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 001	<b>Usuario:</b> Usuario no registrado	
<b>Nombre:</b> Registro de nuevos usuarios		
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Dependencia:</b> NO	<b>Estimación:</b> 8
<b>Descripción</b>	Como usuario no registrado Quiero registrarme en el sistema Con la finalidad de acceder a las funcionalidades del sistema	

**Criterios de Aceptación:**

- Solicitar como mínimo: nombres completos, correo electrónico, nacionalidad, contraseña.
- Validar los campos de correo electrónico sea único, y la contraseña cumplir con mínimo 8 caracteres, al menos mayúsculas, una minúscula y un número.
- Mostrar mensajes de éxito o errores amigables para el usuario.
- Activar usuario mediante la verificación de correo electrónico.

**Tabla 3.** Historia de usuario HU – 002

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 002	<b>Usuario:</b> Usuario registrado	
<b>Nombre:</b> Inicio de sesión		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	HU – 001	5
<b>Descripción</b>	Como usuario registrado Quiero iniciar sesión en el sistema con mis credenciales Con la finalidad de acceder a las funcionalidades del sistema según mi rol	
<b>Criterios de Aceptación:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitir el acceso si el correo y la contraseña son correctos.</li> <li>• Dirigir al usuario a la vista correspondiente según el rol.</li> <li>• Mostrar mensajes de errores amigables para el usuario.</li> <li>• Bloquear temporalmente el inicio de sesión tras tres intentos fallidos.</li> </ul>		

**Tabla 4.** Historia de usuario HU – 003

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 003	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Gestión de usuarios		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	HU – 002	8

**Descripción**

Como administrador  
 Quiero gestionar los usuarios del sistema  
 Con la finalidad de controlar el acceso y los roles

**Criterios de Aceptación:**

- Listar todos los usuarios registrados en el sistema con su respectiva información.
- Editar el rol a los usuarios
- Activar o desactivar cuentas afectando el acceso al usuario

**Tabla 5.** Historia de usuario HU – 004

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 004	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Gestión de datos		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	HU – 002	8
<b>Descripción</b>	Como administrador Quiero gestionar datos de lagos, parámetros y mediciones Con la finalidad de asegurar que la información sea precisa, actualizada y disponible a los usuarios finales.	
<b>Criterios de Aceptación:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear, editar y eliminar información de lagos y parámetros.</li> <li>• Visualizar las mediciones con paginación y búsqueda.</li> </ul>	

**Tabla 6.** Historia de usuario HU – 005

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 005	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Importar datos		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	HU – 004	8
<b>Descripción</b>	Como administrador	

Quiero importar datos de las mediciones  
 Con la finalidad agilizar la carga masiva de información

**Criterios de Aceptación:**

- Validar que los datos estén en el formato correcto
- Evitar duplicación de datos
- Definir una plantilla Excel

**Tabla 7.** Historia de usuario HU – 006

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 006	<b>Usuario:</b> Usuario normal	
<b>Nombre:</b> Visualización de datos de Lagos Andinos		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	HU – 005	13
<b>Descripción</b>	Como usuario normal Quiero visualizar datos de los Lagos Andinos Con la finalidad de obtener información actualizada	
<b>Criterios de Aceptación:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permitir selección de lagos específicos</li> <li>• Visualizar datos históricos y en tiempo real</li> <li>• Aplicar filtros por fecha</li> </ul>		

**Tabla 8.** Historia de usuario HU – 007

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 007	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Alertas del sistema		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	HU – 006	8
<b>Descripción</b>	Como administrador Quiero recibir las alertas de valores irregulares Con la finalidad de tomar decisiones al respecto	
<b>Criterios de Aceptación:</b>		

- Configurar alertas para valores irregulares de los parámetros
- Recibir alertas por correo electrónico
- Mostrar las alertas en la interfaz del sistema

**Tabla 9.** Historias de usuario HU – 008

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 008	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Panel principal		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	NO	8
<b>Descripción</b>	Como administrador Quiero visualizar información resumida de la plataforma Con la finalidad de monitorear la información	
<b>Criterios de Aceptación:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mostrar indicadores clave como última alerta, información general de usuarios, e información general de los lagos.</li> <li>• Adaptar a distintos tamaños de pantalla</li> </ul>		

**Tabla 10.** Historias de usuario HU – 009

Historia de usuario		
<b>ID:</b> HU – 009	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Configuración de dominios institucionales		
<b>Prioridad:</b>	<b>Dependencia:</b>	<b>Estimación:</b>
Alta	HU – 001	5
<b>Descripción</b>	Como administrador Quiero configurar los dominios de correos permitidos Con la finalidad de controlar el acceso al sistema	
<b>Criterios de Aceptación:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visualizar la lista de correos institucionales con paginación y búsqueda.</li> <li>• Editar y desactivar correos institucionales de la lista.</li> <li>• Crear o aceptar dominios de correo institucionales.</li> </ul>		

**Tabla 11.** Historias de usuario HU – 010

<b>Historia de usuario</b>		
<b>ID:</b> HU – 010	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Reportes de sistema		
<b>Prioridad:</b> Media	<b>Dependencia:</b> HU – 003	<b>Estimación:</b> 8
<b>Descripción</b>	Como administrador Quiero general reportes de los datos Con la finalidad de obtener información estadística	
<b>Criterios de Aceptación:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Exportar reportes de valores de los parámetros en formato Excel</li><li>• Agregar al reporte su respectivo gráfico estadístico.</li></ul>	

**Tabla 12.** Historia de usuario HU – 011

<b>Historia de usuario</b>		
<b>ID:</b> HU – 011	<b>Usuario:</b> Administrador	
<b>Nombre:</b> Bitácora de auditoría		
<b>Prioridad:</b> Alta	<b>Dependencia:</b> Todas	<b>Estimación:</b> 8
<b>Descripción</b>	Como administrador Quiero mantener un registro de todas las actividades del sistema Con la finalidad de garantizar la seguridad y trazabilidad	
<b>Criterios de Aceptación:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Registrar acciones o solicitudes al servidor.</li><li>• Almacenar IP y hora de cada actividad</li><li>• Filtrar registros por usuario, fecha, tipo de acción</li></ul>	

### 2.1.3 Product Backlog

Durante esta etapa, se realizó el Product Backlog como un artefacto para la planificación y organización del desarrollo de la plataforma. Se elaboró una lista priorizada de las funcionalidades necesarias, basada en los requerimientos recopilados previamente, utilizando el enfoque de historias de usuario para describir de forma clara y comprensible las necesidades del sistema.

Para la estimación de cada tarea, se empleó la técnica de T-Shirt Sizing (tallas de camisetas), la cual permitió clasificar las actividades según su complejidad y tiempo estimado para su respectivo desarrollo. Se ha considerado las tallas más relevantes para la estimación de este proyecto, las cuales se detalla en la Tabla 13. Esta estimación facilitó la planificación inicial de los Sprints, priorizando funcionalidades más importantes, obteniendo un resultado proporcional significativo.

**Tabla 13.** Estimación de esfuerzo

Estimación (días)	Talla de camiseta
1 – 2	XS
3 – 7	S
8 – 10	M
11 – 15	L

El resultado de esta etapa fue un Product Backlog inicial, que recoge las historias de usuario, junto con su respectiva descripción y estimación de esfuerzo, como se muestra en la Tabla 13. Este backlog está sujeto a cambios a lo largo del ciclo de vida del proyecto, permitiendo incorporar nuevas necesidades, correcciones conforme avance el proceso de desarrollo ágil.

**Tabla 14.** Product Backlog

<b>Id Historia de usuario</b>	<b>Descripción</b>	<b>Estimación</b>
HU - 001	Registrar usuarios	S
HU - 002	Inicio de sesión	XS
HU - 003	Gestión de usuarios	S
HU - 004	Gestión de datos	S
HU - 005	Importar datos	S
HU - 006	Visualización de datos	M
HU - 007	Alertas del sistema	S
HU - 008	Panel principal	S
HU - 009	Configuración de dominios	S
HU - 010	Reportes del sistema	S
HU - 011	Bitácora de auditoría	S

#### 2.1.4 Sprint 0

Durante la fase inicial, conocida como Sprint 0, se realizó la planificación del proyecto de desarrollo de software. En este sprint, se detalla la definición de requerimientos y la elaboración de documentos Scrum, se definió la arquitectura tecnológica y se estableció un esquema inicial para la base de datos, incluyendo la configuración del entorno de desarrollo.

**Tabla 15.** Matriz de planificación – Sprint 0

<b>Asistentes</b>		Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Objetivo</b>		Definir la arquitectura tecnológica
<b>Duración</b>	<b>Fase de desarrollo</b>	<b>Tarea</b>
1	Planificación	Definir roles y responsabilidades del equipo.

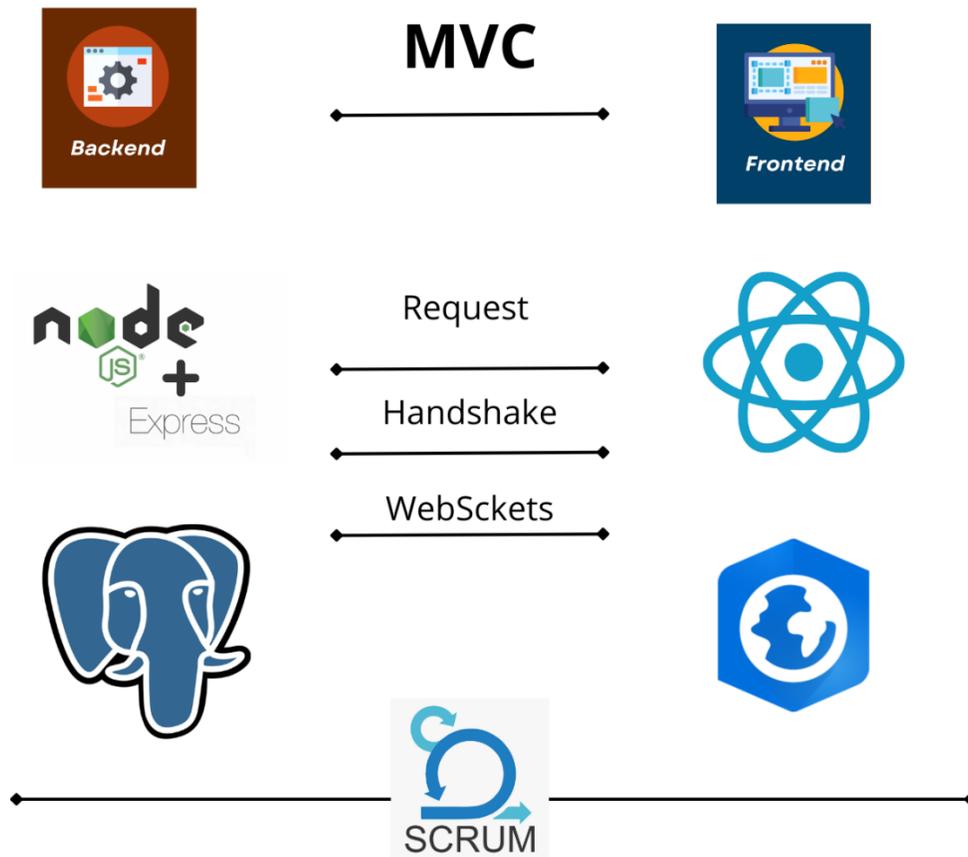
2	Planificación	Reunión inicial con el equipo Scrum.
4	Análisis	Identificar y detallar los requisitos del usuario.
3	Planificación	Crear el Product Backlog con las funcionalidades prioritarias.
4	Planificación	Elaborar el Sprint Backlog detallando actividades de cada historia de usuario en su respectivo Sprint
3	Diseño	Definir las tecnologías a utilizar en el desarrollo.
3	Diseño	Configurar el entorno de desarrollo local.
3	Diseño	Diseñar la estructura inicial de la base de datos.
2	Diseño	Diagramar el esquema de la base de datos.
<b>Total 25</b>		

### 2.1.5 Arquitectura del software

La plataforma OLANEC integra cuatro módulos principales: un módulo de autenticación y seguridad que gestiona el registro, inicio de sesión y control de acceso de usuarios con diferentes roles; un módulo de visualización de datos que permite la presentación interactiva de información de los lagos mediante gráficos, filtros y exportación; un módulo de administración para importar y gestionar datos, gestionar usuarios, ver el historial de actividades y configurar parámetros generales; un módulo de alertas para que el administrador se encuentre informado de las irregularidades en los parámetros que reflejan la salud de los lagos.

Para el desarrollo de la aplicación, se planifica utilizar Node.js con Express.js para la capa del servidor y el framework React para el frontend. Además, para la comunicación bidireccional y tener una apreciación en tiempo real de los datos se usará Websockets. Para la gestión de datos, se utilizará la base de datos PostgreSQL. La aplicación seguirá la arquitectura Modelo-Vista-Controlador (MVC) y se implementará bajo la metodología ágil Scrum. Al finalizar, se verificará la usabilidad de la aplicación conforme a la norma ISO/IEC 25010, utilizando el cuestionario de usabilidad de sistemas informáticos (CSUQ). En la Figura 1 se puede observar la arquitectura del proyecto.

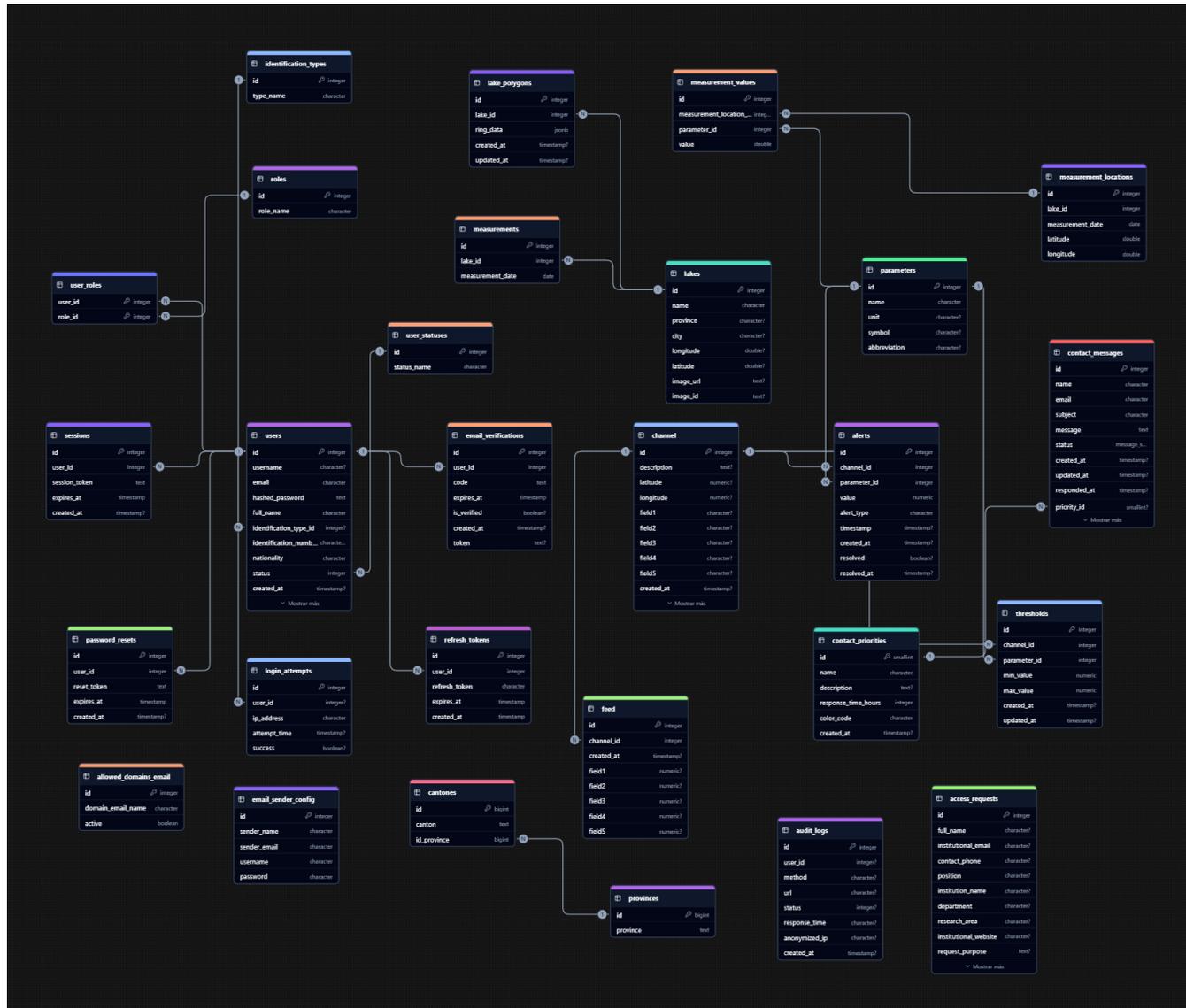
**Figura 4.** Arquitectura del software.



### 2.1.6 Diseño de la base de datos

En esta sección se elaboró el diagrama entidad – relación basada en los requerimientos establecidos en la fase inicial, lo que ha permitido crear entidades, atributos, relacionados con sus respectivas cardinalidades. Por otro lado, se utilizó como gestor de base de datos PostgreSQL, gracias a su robustez, flexibilidad y capacidad para manejar grandes volúmenes de información, garantizando así un sistema eficiente y escalable.

Figura 5. Diagrama de base de datos



## 2.2 Fase 2. Juego

### 2.2.1 Planificación de Sprint

Sprint	Fecha de inicio	Fecha de fin	Duración (horas)
Sprint 0	07/10/2024	11/10/2024	25
Sprint 1	14/10/2024	08/11/2024	100
Sprint 2	11/11/2024	06/12/2024	100
Sprint 3	09/12/2024	03/01/2025	100

A continuación, se presentarán los diferentes sprints junto con las tareas correspondientes y el tiempo estimado en horas para su realización.

**Tabla 16** Matriz de Planificación – Sprint 1

Sprint 1		
ID	Tarea	Horas
<b>HU – 001: Registro de usuarios</b>		
TA – 01	Crear endpoint de registro de usuarios	7
TA – 02	Crear formulario de registro de usuarios	8
TA – 03	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 04	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 002: Inicio de sesión</b>		
TA – 05	Crear endpoint de inicio de sesión	2
TA – 06	Crear formulario de inicio de sesión	3
TA – 07	Pruebas, ajustes y correcciones	3
TA – 08	Documentar endpoints de la API	2
<b>HU – 003: Gestión de usuarios</b>		
TA – 09	Crear endpoints para gestión de usuarios	7
TA – 10	Crear pantalla de administración de usuarios	8
TA – 11	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA-12	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 009: Configuración de dominios</b>		
TA – 13	Crear endpoints para configuración de dominios	7

TA – 14	Crear formulario de configuración de dominios	8
TA – 15	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 16	Documentar endpoints de la API	5
<b>Tareas independientes</b>		
TA – 17	Imprevistos y correcciones después de la revisión del sprint	15
		<b>Total 100 horas</b>

**Tabla 17** Matriz de Planificación – Sprint 2

<b>Sprint 2</b>		
ID	Tarea	Horas
<b>HU – 004: Gestión de datos</b>		
TA – 01	Crear endpoints para gestión de datos	6
TA – 02	Crear formulario de gestión de datos	9
TA – 03	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 04	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 005: Importar datos</b>		
TA – 05	Crear endpoint para importar datos	9
TA – 06	Crear formulario de importación de datos	6
TA – 07	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 08	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 007: Alertas del sistema</b>		
TA – 09	Crear endpoint para alertas del sistema	10
TA – 10	Crear vista de alertas	8
TA – 11	Pruebas, ajustes y correcciones	4
TA – 12	Documentar endpoints de la API	3
<b>HU – 008: Panel principal</b>		
TA – 13	Crear endpoint para el panel principal	7
TA – 14	Crear vista del panel principal	8
TA – 15	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 16	Documentar endpoints de la API	5
		<b>Total 100 horas</b>

**Tabla 18** Matriz de Planificación – Sprint 3

<b>Sprint 3</b>		
<b>ID</b>	<b>Tarea</b>	<b>Horas</b>
<b>HU – 010: Reportes del sistema</b>		
<b>TA – 01</b>	Crear endpoint para reportes del sistema	8
<b>TA – 02</b>	Crear vistas de reportes del sistema	7
<b>TA – 03</b>	Pruebas, ajustes y correcciones	5
<b>TA – 04</b>	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 011: Bitácora de auditoría</b>		
<b>TA – 05</b>	Crear middleware para guardar las solicitudes	9
<b>TA – 06</b>	Crear vista de bitácora de auditoría	6
<b>TA – 07</b>	Pruebas, ajustes y correcciones	5
<b>TA – 08</b>	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 011: Visualización de datos</b>		
<b>TA – 09</b>	Crear endpoints para visualización de datos	20
<b>TA – 10</b>	Crear vistas de visualización de datos	15
<b>TA – 11</b>	Pruebas, ajustes y correcciones	5
<b>TA – 12</b>	Documentar endpoints de la API	3
<b>Tareas independientes</b>		
<b>TA – 13</b>	Imprevistos y correcciones después de la revisión del sprint	7
		<b>Total 100 horas</b>

## 2.2.2 Sprint 1

### Planificación del Sprint 1

Durante este Sprint, se implementaron los servicios de autenticación y registros de usuarios, así como la lógica y endpoints necesarios para la gestión de usuarios y la configuración de dominios. Posteriormente, se construyeron las respectivas interfaces de usuarios, incluyendo formularios de registro, inicio de sesión, gestión de usuarios y configuración de dominios. Además, se hicieron las adecuadas pruebas y correcciones para documentar finalmente la API.

## Objetivo del Sprint

Desarrollar la base funcional del sistema de autenticación y administración de usuarios.

## Duración del Sprint

El Sprint se planificó con una duración total de 100 horas distribuidas en 4 semanas. Para cumplir con esta planificación, el programador trabajó 25 horas por semana, organizando su jornada en bloques de 5 horas diarias de lunes a viernes.

Tabla 19. Sprint Backlog

Sprint 1		
Fecha	14 de octubre, 2024	
Asistentes	Product Owner, Scrum Master, Scrum Team	
ID	Tarea	Horas
<b>HU – 001: Registro de usuarios</b>		
TA – 01	Crear endpoint de registro de usuarios	7
TA – 02	Crear formulario de registro de usuarios	8
TA – 03	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 04	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 002: Inicio de sesión</b>		
TA – 05	Crear endpoint de inicio de sesión	2
TA – 06	Crear formulario de inicio de sesión	3
TA – 07	Pruebas, ajustes y correcciones	3
TA – 08	Documentar endpoints de la API	2
<b>HU – 003: Gestión de usuarios</b>		
TA – 09	Crear endpoints para gestión de usuarios	7
TA – 10	Crear pantalla de administración de usuarios	8
TA – 11	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA-12	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 009: Configuración de dominios</b>		
TA – 13	Crear endpoints para configuración de dominios	7
TA – 14	Crear formulario de configuración de dominios	8
TA – 15	Pruebas, ajustes y correcciones	5

TA – 16	Documentar endpoints de la API	5
<b>Tareas independientes</b>		
TA – 17	Imprevistos y correcciones después de la revisión del sprint	15
		<b>Total 100 horas</b>

## Revisión del Sprint 1

En la revisión del Sprint 1, el equipo evaluó positivamente la implementación del sistema de autenticación, las acciones administrativas iniciales y, sobre todo, las interfaces de usuario diseñadas. El sprint cumplió con las expectativas, completando todas las tareas planificadas, en las siguientes tablas se puede evidenciar el incremento en el avance del desarrollo.

**Tabla 20.** Revisión de Sprint 1

<b>Fecha:</b>	8 de noviembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se completaron las tareas relacionadas con la HU – 001: Registro de usuarios. En el backend, se desarrollaron los endpoints para el registro de nuevos usuarios, incluyendo la validación de datos y la verificación del dominio del correo electrónico. En el frontend, se implementó el formulario de registro con sus respectivas validaciones de entrada, asegurando una experiencia de usuario adecuada y segura.

The image shows a web registration form titled "Regístrate" (Register) overlaid on a background image of a river and trees. The form is contained within a white rounded rectangle with a red header bar. The header bar contains the logos for "UNIBARRA - ECUADOR" and "OLANEC" on the left, and navigation links "Inicio", "Conócenos", "Publicaciones", and "Contáctanos" in the center. On the right of the header bar, there is a user profile icon and a language dropdown menu set to "Español".

The registration form itself has the following fields:

- Nombres Completos:** A text input field with the placeholder "Ingresa tu nombre completo".
- Correo Electrónico:** A text input field with the placeholder "Ingresa tu dirección de correo electrónico".
- Nacionalidad:** A dropdown menu with the placeholder "Selecciona tu nacionalidad".
- Contraseña:** A text input field with the placeholder "Ingresa tu contraseña" and a visibility toggle icon.
- Confirmar contraseña:** A text input field with the placeholder "Confirmar contraseña" and a visibility toggle icon.

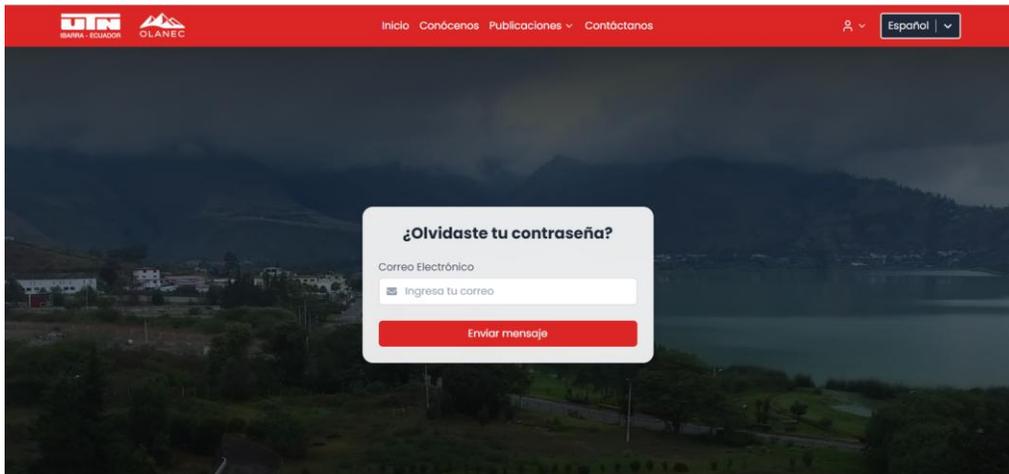
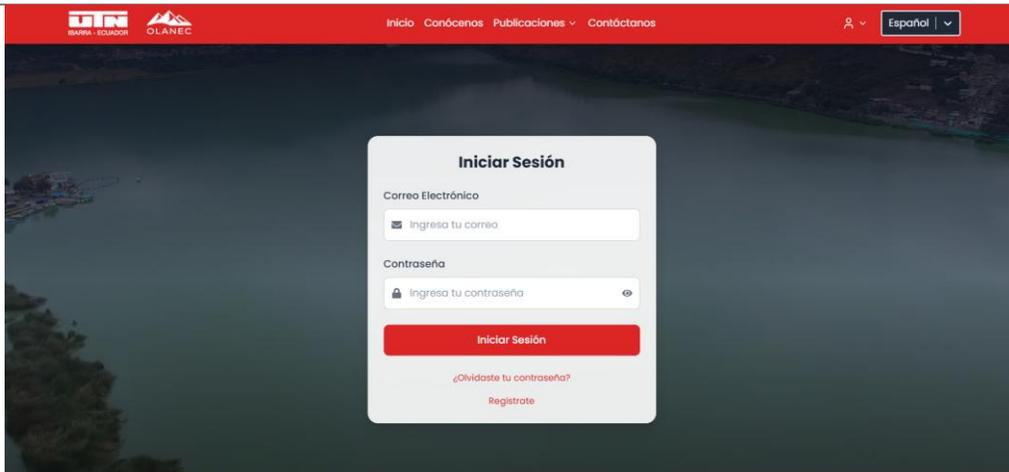
At the bottom of the form is a prominent red button labeled "Regístrate".

**Tabla 21.** Revisión de Sprint 1

---

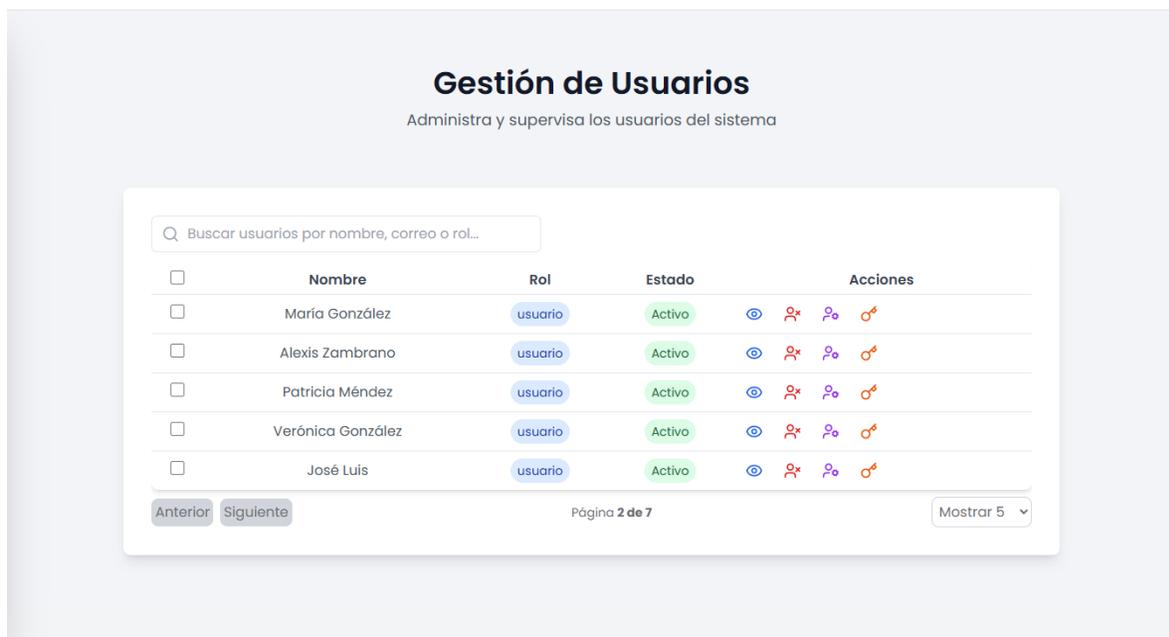
<b>Fecha:</b>	8 de noviembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se completaron las tareas relacionadas con la HU – 002: Inicio de sesión. En el backend, se implementó la lógica de autenticación, incluyendo la verificación de credenciales, el manejo de sesiones, roles y recuperación de contraseña. En el frontend, se desarrollaron los formularios de inicio de sesión y recuperación de contraseña, con validaciones y mensajes amigables para el usuario. Además, integró adecuadamente con la API, permitiendo el acceso controlado al sistema una vez autenticado.

---



**Tabla 22.** Revisión del Sprint 1

<b>Fecha:</b>	8 de noviembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se completaron las tareas correspondientes a la HU – 003: Gestión de usuarios, enfocándose en la creación en funcionalidades administrativas que permiten visualizar, editar y desactivar usuarios del sistema. En el backend, se desarrollaron los endpoints necesarios para estas operaciones. En el frontend, se diseñó una interfaz interactiva que permite al administrador gestionar usuarios de forma intuitiva, mostrando la información relevante y habilitando acciones de edición o desactivación.



**Tabla 23.** Revisión del Sprint 1

<b>Fecha:</b>	8 de noviembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se completaron las tareas correspondientes a la HU – 009: Configuración de dominios, permitiendo al usuario administrador definir, modificar

y aceptar dominios de correo electrónicos que tendrán acceso al sistema. En el backend, se crearon endpoints que permiten almacenar y actualizar los dominios, y en el frontend, se implementó una vista dedicada a la configuración, que incluye formularios y controles de entrada claros.



## Retrospectiva

Tabla 24. Retrospectiva Sprint 1

<b>Fecha:</b>	8 de noviembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
¿Qué salió bien del sprint?	Se cumplió con las funcionalidades de registro de usuarios, inicio de sesión, recuperación de contraseña, gestión de usuarios y configuración de dominios.
¿Qué no salió como se esperaba?	El envío de correo de verificación no tuvo el rendimiento esperado, ya que durante las pruebas se observó que, en algunas ocasiones, el correo tardaba en

¿Qué mejoras se implementarán?

llegar. Esto se debe a que se está utilizando un servicio gratuito proporcionado por una librería.

Se evaluará la posibilidad de implementar un servicio profesional; caso contrario, se implementará una funcionalidad de notificar al usuario sobre posibles demoras en la recepción del correo y permita reenviarlo.

### 2.2.3 Sprint 2

#### Planificación del Sprint 2

En el segundo sprint, se desarrollaron las funcionalidades principales de la plataforma, como el manejo de datos, importación, alertas y panel principal. Se consiguió cubrir tanto la lógica del backend como las interfaces de usuario en el frontend. Además, se hicieron las adecuadas pruebas y correcciones para documentar finalmente la API.

#### Objetivo del Sprint

Desarrollar las funcionalidades principales de la plataforma: gestión e importación de datos, gestión de alertas y panel principal.

#### Duración del Sprint

El Sprint se planificó con una duración total de 100 horas distribuidas en 4 semanas. Para cumplir con esta planificación, el programador trabajó 25 horas por semana, organizando su jornada en bloques de 5 horas diarias de lunes a viernes.

**Tabla 25.** Sprint Backlog

Sprint 2		
Fecha	11 de noviembre, 2024	
Asistentes	Product Owner, Scrum Master, Scrum Team	
ID	Tarea	Horas
HU – 004: Gestión de datos		
TA – 01	Crear endpoints para gestión de datos	6
TA – 02	Crear formulario de gestión de datos	9

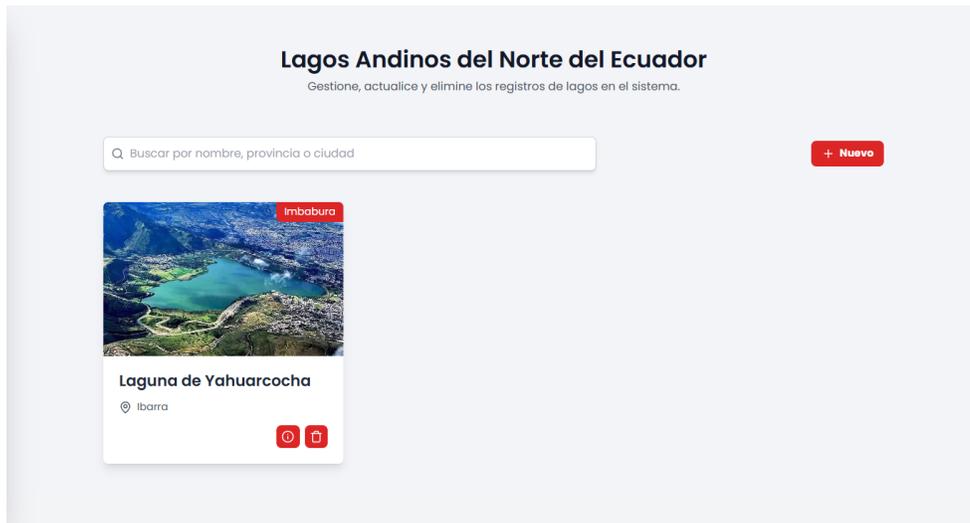
TA – 03	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 04	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 005: Importar datos</b>		
TA – 05	Crear endpoint para importar datos	9
TA – 06	Crear formulario de importación de datos	6
TA – 07	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 08	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 007: Alertas del sistema</b>		
TA – 09	Crear endpoint para alertas del sistema	10
TA – 10	Crear vista de alertas	8
TA – 11	Pruebas, ajustes y correcciones	4
TA – 12	Documentar endpoints de la API	3
<b>HU – 008: Panel principal</b>		
TA – 13	Crear endpoint para el panel principal	7
TA – 14	Crear vista del panel principal	8
TA – 15	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 16	Documentar endpoints de la API	5
		<b>Total 100 horas</b>

## Revisión del Sprint 2

En la revisión del Sprint 2, el equipo evaluó positivamente la implementación de gestión e importación de datos, alertas del sistema, panel principal y, sobre todo, las interfaces de usuario diseñadas. El sprint cumplió con las expectativas, completando todas las actividades planificadas, en las siguientes tablas se puede evidenciar el incremento en el avance del proyecto.

Tabla 26. Revisión de Sprint 2

<b>Fecha:</b>	6 de diciembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se desarrollaron las funcionalidades necesarias para permitir la gestión de datos. En el backend, se crearon endpoints CRUD de lagos, parámetros y lista de mediciones. Esto se integró con el frontend para realizar las operaciones con mensajes amigables para el usuario.



Gestión de Mediciones				
Filtre y explore las mediciones por fecha.				
dd/mm/aaaa		dd/mm/aaaa		Filtrar
ID	Lago	Fecha	Coordenadas	Acciones
134	Laguna de Yahuarcocha	1/1/2023	0.3709, -78.1072	Detalles
135	Laguna de Yahuarcocha	1/2/2023	0.3688, -78.1060	Detalles
136	Laguna de Yahuarcocha	1/3/2023	0.3668, -78.1055	Detalles
137	Laguna de Yahuarcocha	1/4/2023	0.3652, -78.1047	Detalles
138	Laguna de Yahuarcocha	1/5/2023	0.3635, -78.1043	Detalles
Anterior Siguiete		Página 1 de 5		Mostrar 5

**Tabla 27.** Revisión de Sprint 2

<b>Fecha:</b>	6 de diciembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se implementó el módulo que permite al administrador importar archivos desde un archivo Excel. El backend se encarga de procesar los archivos, validar su contenido y almacenar los valores en la base de datos. En el frontend, se diseñó un formulario intuitivo para la carga de archivos, incluyendo validaciones de formato.

### Importar Datos de Lagos desde Excel

Seleccione un archivo Excel para importar información de lagos.

Seleccionar Lago

Seleccione un lago

Seleccionar archivo Excel

Seleccionar archivo o arrastrar y soltar  
Solo archivos Excel (.xlsx, .xls)

X Cancelar
Importar

**Tabla 28.** Revisión de Sprint 2

<b>Fecha:</b>	6 de diciembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se completó el sistema de alertas internas, que notifica al usuario administrador cuando existe irregularidades en los valores de los parámetros que reflejan la salud de los lagos. Además, de un apartado para crear las alertas y los rangos de valores normales que sirva para condiciones las notificaciones, estas alertas se visualizan en la plataforma y se envía al correo electrónico del administrador.

**Monitor de Sensores en Tiempo Real**

Conectado

Lecturas Actuales | Datos Históricos | **Historial de Alertas**

Historial Completo de Alertas  
Total: 402 | Altas: 248 | Bajas: 154

dd/mm/aaaa | Todos los tipos | Todos los parámetros | 10 por página

FECHA/HORA	PARÁMETRO	VALOR	TIPO	UMBRAL
28/04/2025 15:42:42	Oxígeno Disuelto	3.3 mg/L	Bajo	7
28/04/2025 15:42:42	pH	4.75	Bajo	6
28/04/2025 15:42:42	Temperatura	23.91 °C	Alto	15
28/04/2025 15:40:08	Oxígeno Disuelto	4.13 mg/L	Bajo	7
28/04/2025 15:40:08	pH	9.49	Alto	9
28/04/2025 15:40:08	Temperatura	5.72 °C	Bajo	12
28/04/2025 15:38:07	Oxígeno Disuelto	3.26 mg/L	Bajo	7
28/04/2025 15:38:07	pH	4.9	Bajo	6
28/04/2025 15:38:07	Temperatura	22.51 °C	Alto	15
28/04/2025 15:33:49	Oxígeno Disuelto	4.82 mg/L	Bajo	7

Gestiona las alertas de los parámetros

**Crear Alerta**

Canal:

Parámetro:

Valor Mínimo:

Valor Máximo:

[Crear Umbral](#)

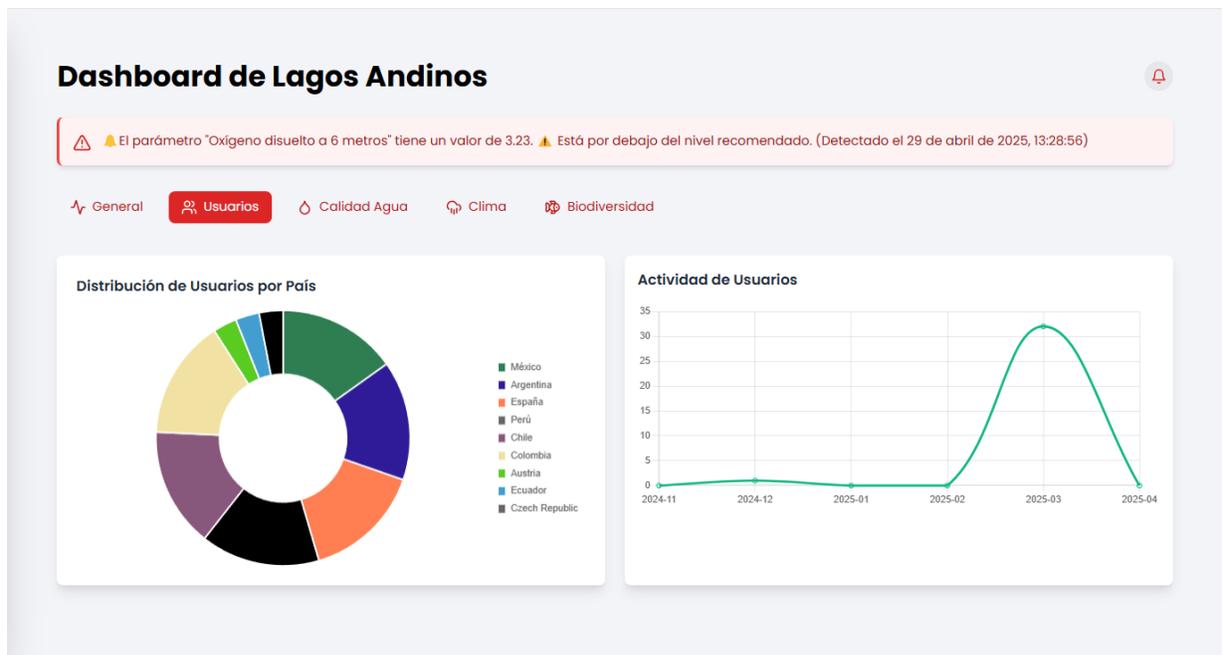
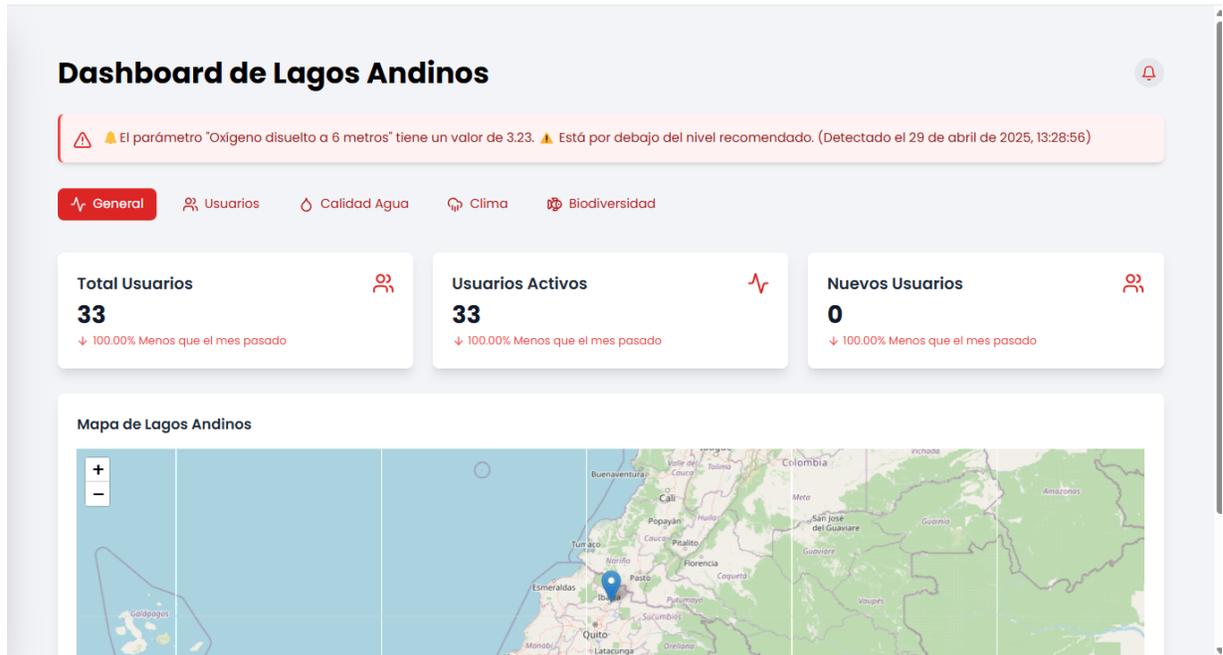
**Umbrales Existentes**

Canal	Parámetro	Valor Mínimo	Valor Máximo	Acción
Obtención de los datos de los sensores de la laguna de Yahuarcocha	Temperatura a 6 metros	12	15	<a href="#">Editar</a>
Obtención de los datos de los sensores de la laguna de Yahuarcocha	Oxígeno disuelto a 6 metros	7	8	<a href="#">Editar</a>
Obtención de los datos de los sensores de la laguna de Yahuarcocha	Acidez	6	9	<a href="#">Editar</a>

Anterior | [Siguiente](#) | Página 1 de 1 | [Mostrar 10](#)

**Tabla 29.** Revisión de Sprint 2

<b>Fecha:</b>	6 de diciembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se construyó el panel principal de la plataforma, que sirve como un punto de entrada e información general para el administrador.



## Retrospectiva

**Tabla 30.** Retrospectiva Sprint 2

<b>Fecha:</b>	6 de diciembre de 2024
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
<b>¿Qué salió bien del sprint?</b>	Se completaron todas las historias de usuario planificadas dentro del tiempo estimado. La función del panel principal fue bien recibida por los stakeholders.
<b>¿Qué no salió como se esperaba?</b>	Algunas validaciones en la importación de datos presentaron errores durante las pruebas iniciales, lo que requirió tiempo adicional para las correcciones.
<b>¿Qué mejoras se implementará?</b>	Se corregirá la importación de datos, y para las alertas agregar un sonido para saber de las notificaciones que llegan a la plataforma.

### 2.2.4 Sprint 3

#### Planificación del Sprint 3

Durante este Sprint, se implementaron los servicios de reportes de sistema, la bitácora de auditoría y el módulo de visualización de datos. Además, se hicieron las adecuadas pruebas y correcciones para documentar finalmente la API.

#### Objetivo del Sprint

Desarrollar los módulos de generación de reportes de datos, bitácora de auditoría y visualización de datos, integrando los servicios necesarios en backend y completando las vistas avanzadas en el frontend.

## Duración del Sprint

El Sprint se planificó con una duración total de 100 horas distribuidas en 4 semanas. Para cumplir con esta planificación, el programador trabajó 25 horas por semana, organizando su jornada en bloques de 5 horas diarias de lunes a viernes.

**Tabla 31.** Sprint Backlog

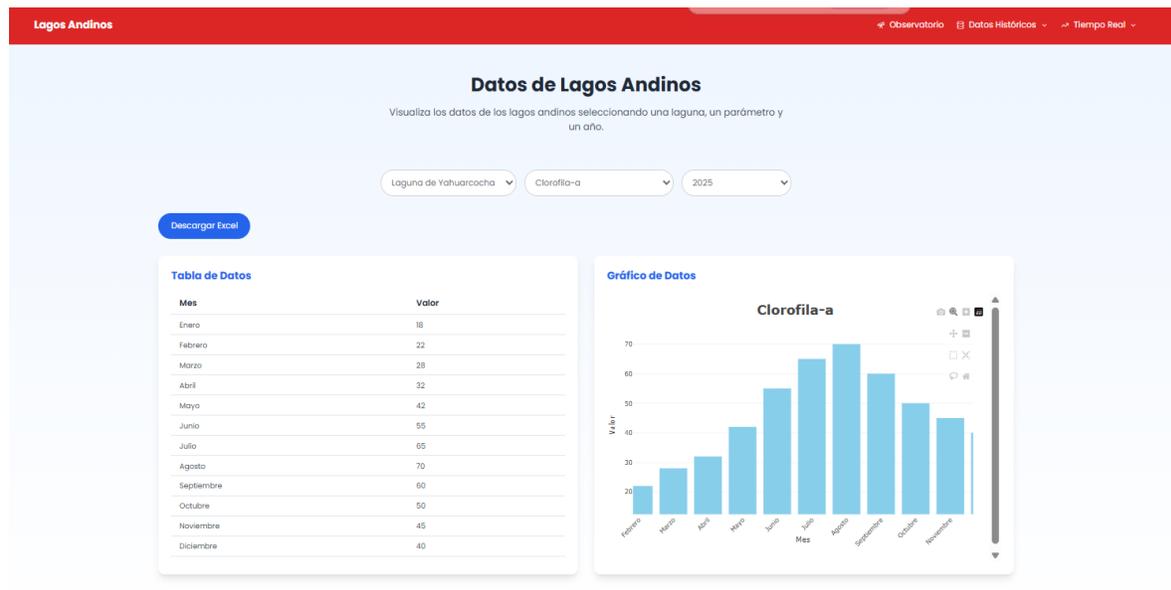
<b>Sprint 3</b>		
<b>Fecha</b>	9 de diciembre de 2024	
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Scrum Team	
<b>ID</b>	<b>Tarea</b>	<b>Horas</b>
<b>HU – 010: Reportes del sistema</b>		
TA – 01	Crear endpoint para reportes del sistema	8
TA – 02	Crear vistas de reportes del sistema	7
TA – 03	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 04	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 011: Bitácora de auditoría</b>		
TA – 05	Crear middleware para guardar las solicitudes	9
TA – 06	Crear vista de bitácora de auditoría	6
TA – 07	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 08	Documentar endpoints de la API	5
<b>HU – 011: Visualización de datos</b>		
TA – 09	Crear endpoints para visualización de datos	20
TA – 10	Crear vistas de visualización de datos	15
TA – 11	Pruebas, ajustes y correcciones	5
TA – 12	Documentar endpoints de la API	3
<b>Tareas independientes</b>		
TA – 13	Imprevistos y correcciones después de la revisión del sprint	7
		<b>Total 100 horas</b>

## Revisión del Sprint 3

En la revisión del Sprint 3, el equipo evaluó positivamente la implementación de los reportes de datos, la bitácora de auditoría y la visualización de datos en tiempo real, sobre todo, las interfaces de usuario diseñadas. El sprint cumplió con las expectativas, completando todas las tareas planificadas. En las siguientes tablas se puede evidenciar el incremento en el avance del desarrollo.

**Tabla 32** Revisión de Sprint 3

<b>Fecha:</b>	3 de enero de 2025
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se incorporaron características para la creación de informes. En el backend, se crearon endpoints que facilitan la búsqueda, filtrado y exportación de datos en Excel con su correspondiente gráfico. En el frontend, se creó una interfaz fácil de usar para consultar los informes, implementar filtros a medida y descargar los resultados. Esta funcionalidad permitirá a los usuarios obtener los resultados de las investigaciones.



**Tabla 33** Revisión de Sprint 3

<b>Fecha:</b>	3 de enero de 2025
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Se completó la funcionalidad que permite visualizar los eventos de la plataforma, como acciones de usuarios o cambios importantes. El backend se encarga mediante un middleware para registrar todas las solicitudes al servidor. En el frontend, se desarrolló una vista para consultar la bitácora mediante filtros; además, se puede apreciar el usuario, estado y fecha.

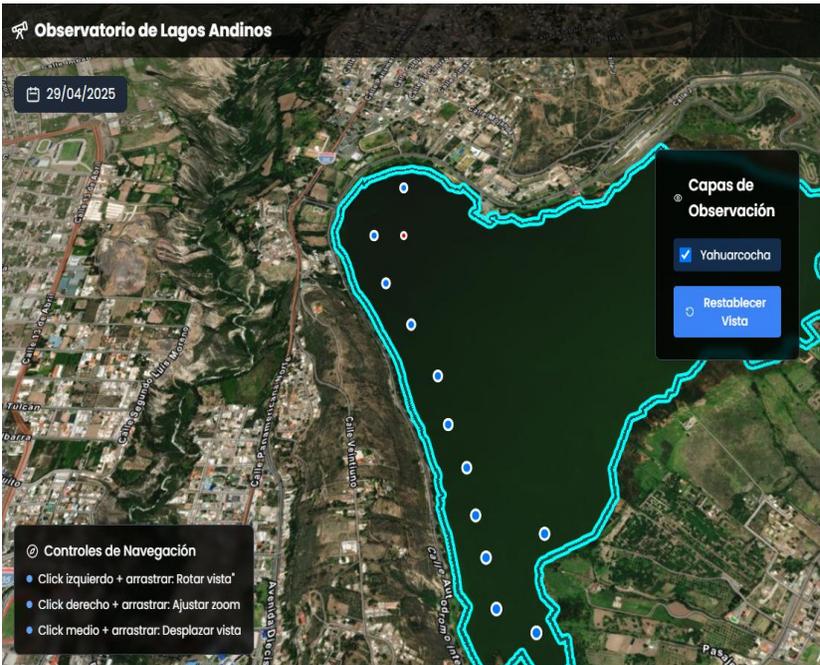
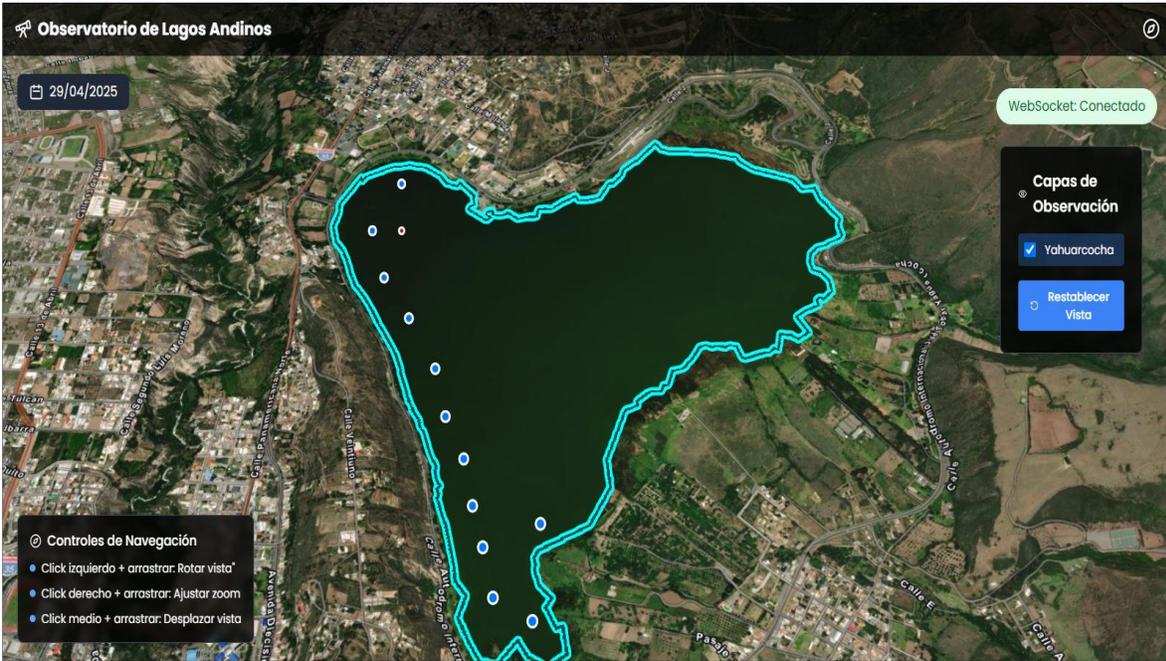
**Gestión de Logs**  
Explore los logs del sistema.

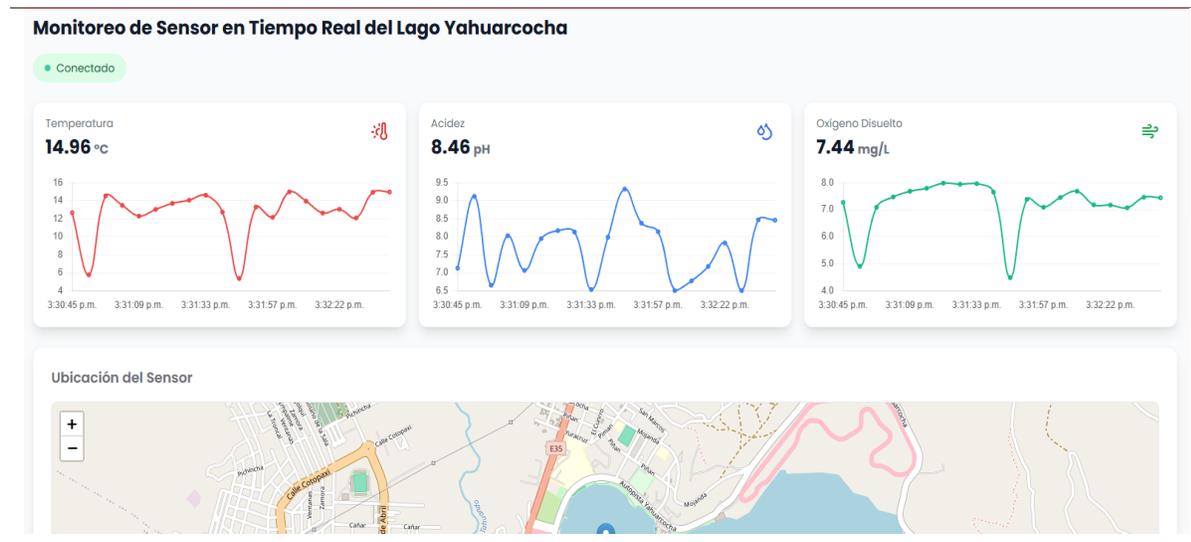
>	ID	Usuario	Método	Estado	Fecha
>	10351		GET	200	29/4/2025, 3:18:33 p.m.
>	10350		GET	304	29/4/2025, 3:18:33 p.m.
>	10349		GET	304	29/4/2025, 3:18:33 p.m.
>	10348		GET	304	29/4/2025, 3:18:32 p.m.
>	10347		GET	304	29/4/2025, 3:18:32 p.m.
>	10346		GET	304	29/4/2025, 3:18:32 p.m.
>	10345	14	GET	304	29/4/2025, 3:18:29 p.m.
>	10344	14	GET	200	29/4/2025, 3:14:57 p.m.
>	10343	14	GET	304	29/4/2025, 3:14:55 p.m.
>	10342	14	GET	304	29/4/2025, 3:14:55 p.m.

Anterior Siguiente      Página 1 de 94      Mostrar 10      Total de registros: 940

**Tabla 34** Revisión de Sprint 3

<b>Fecha:</b>	3 de enero de 2025
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Descripción</b>	Este módulo consistió en mostrar datos en tiempo real mediante Web-sockets. En el backend, se integró una capa de comunicación en tiempo real que emite actualizaciones desde el servidor. En el frontend, se implementaron componentes interactivos y gráficos dinámicos que reaccionan en tiempo real a los cambios. Esta funcionalidad es importante para el monitoreo del sistema. El observatorio se la realizó con ArcGIS.





## Retrospectiva

**Tabla 35.** Retrospectiva Sprint 3

<b>Fecha:</b>	3 de enero de 2025
<b>Asistentes</b>	Product Owner, Scrum Master, Team Development, Stakeholders
<b>Título</b>	<b>Descripción</b>
<b>¿Qué salió bien del sprint?</b>	Se logró implementar correctamente la visualización de datos en tiempo real utilizando Websockets, y tanto los reportes como la bitácora cumplieron con los requerimientos funcionales.
<b>¿Qué no salió como se esperaba?</b>	La primera implementación de la visualización en tiempo real tuvo problemas de sincronización entre el cliente y el servidor. También se identificó una sobrecarga de información en la base de datos.
<b>¿Qué mejoras se implementarán?</b>	Se incorporará un algoritmo que evite guardar todos los datos generados en tiempo real para no saturar la base de datos.

## 2.3 Fase 3. Post – juego

### 2.3.1 Pruebas de aceptación

En la siguiente tabla se presentan los resultados de las pruebas de aceptación llevadas a cabo, donde se describen las funcionalidades evaluadas y se indica si cumplieron con los criterios establecidos para ser aceptadas.

**Tabla 36** Pruebas de aceptación

ID HU	Nombre	Funcionalidad	Aceptación	
			Sí	No
HU – 001	Registro de nuevos usuarios	Solicitar como mínimo: nombres completos, correo electrónico, nacionalidad, contraseña.	X	
HU – 001	Registro de nuevos usuarios	Validar los campos de correo electrónico sea único, y la contraseña cumplir con mínimo 8 caracteres, al menos mayúsculas, una minúscula y un número.	X	
HU – 001	Registro de nuevos usuarios	Mostrar mensajes de éxito o errores amigables para el usuario.	X	
HU – 001	Registro de nuevos usuarios	Activar usuario mediante la verificación de correo electrónico.	X	
HU – 002	Inicio de sesión	Permitir el acceso si el correo y la contraseña son correctos.	X	
HU – 002	Inicio de sesión	Dirigir al usuario a la vista correspondiente según el rol.	X	
HU – 002	Inicio de sesión	Mostrar mensajes de errores amigables para el usuario.	X	

<b>HU – 002</b>	Inicio de sesión	Bloquear temporalmente el inicio de sesión tras tres intentos fallidos.	<b>X</b>
<b>HU – 003</b>	Gestión de usuarios	Listar todos los usuarios registrados en el sistema con su respectiva información.	<b>X</b>
<b>HU – 003</b>	Gestión de usuarios	Editar el rol a los usuarios.	<b>X</b>
<b>HU – 003</b>	Gestión de usuarios	Activar o desactivar cuentas afectando el acceso al usuario	<b>X</b>
<b>HU – 004</b>	Gestión de datos	Crear, editar y eliminar información de lagos y parámetros.	<b>X</b>
<b>HU – 004</b>	Gestión de datos	Visualizar las mediciones con paginación y búsqueda.	<b>X</b>
<b>HU – 005</b>	Importar datos	Validar que los datos estén en el formato correcto	<b>X</b>
<b>HU – 005</b>	Importar datos	Evitar duplicación de datos	<b>X</b>
<b>HU – 005</b>	Importar datos	Definir una plantilla Excel	<b>X</b>
<b>HU – 006</b>	Visualización de datos de Lagos Andinos	Permitir selección de lagos específicos	<b>X</b>
<b>HU – 006</b>	Visualización de datos de Lagos Andinos	Visualizar datos históricos y en tiempo real	<b>X</b>
<b>HU – 006</b>	Visualización de datos de Lagos Andinos	Aplicar filtros de búsqueda por fecha	<b>X</b>

<b>HU – 007</b>	Alertas del sistema	Configurar alertas para valores irregulares de los parámetros	<b>X</b>
<b>HU – 007</b>	Alertas del sistema	Recibir alertas por correo electrónico	<b>X</b>
<b>HU – 007</b>	Alertas del sistema	Mostrar las alertas en la interfaz del sistema	<b>X</b>
<b>HU – 008</b>	Panel principal	Mostrar indicadores clave como última alerta, información general de usuarios, e información general de los lagos.	<b>X</b>
<b>HU – 008</b>	Panel principal	Adaptar a distintos tamaños de pantalla	<b>X</b>
<b>HU – 009</b>	Configuración de dominios institucionales	Visualizar la lista de correo institucionales con paginación y búsqueda.	<b>X</b>
<b>HU – 009</b>	Configuración de dominios institucionales	Editar y desactivar correos institucionales de la lista.	<b>X</b>
<b>HU – 009</b>	Configuración de dominios institucionales	Crear o aceptar dominios de correo institucionales.	<b>X</b>
<b>HU – 010</b>	Reportes de sistema	Exportar reportes de valores de los parámetros en formato Excel	<b>X</b>
<b>HU – 010</b>	Reportes de sistema	Agregar al reporte su respectivo gráfico estadístico.	<b>X</b>
<b>HU – 011</b>	Bitácora de auditoría	Registrar acciones o solicitudes al servidor.	<b>X</b>

<b>HU – 011</b>	Bitácora de auditoría	Almacenar IP y hora de cada actividad	<b>X</b>
<b>HU – 011</b>	Bitácora de auditoría	Filtrar registros por usuario, fecha, tipo de acción	<b>X</b>

### 2.3.2 Despliegue

El backend de la plataforma OLANEC ha sido desplegado en Render, utilizando la capa gratuita que ofrece este servicio. Se eligió Render principalmente por permitir la integración con Websockets, a diferencia de otros servicios gratuitos que presentan limitaciones en este aspecto. Adicionalmente, Render facilita el procedimiento de despliegue, dado que se vincula directamente con GitHub y efectúa despliegues automáticos cada vez que se actualiza la rama principal del repositorio.

**Tabla 37.** Despliegue Backend

<b>Recursos de Despliegue</b>							
<b>Sistema Operativo</b>	Linux						
<b>Servidor de despliegue</b>	Render						
<b>Enlace de la aplicación desplegada</b>	<a href="https://olanec-api.onrender.com">https://olanec-api.onrender.com</a>						
<b>Máquina</b>	<table border="1"> <tr> <td><b>Almacenamiento</b></td> <td>Limitado</td> </tr> <tr> <td><b>CPU</b></td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td><b>Memoria</b></td> <td>512 MB</td> </tr> </table>	<b>Almacenamiento</b>	Limitado	<b>CPU</b>	0.1	<b>Memoria</b>	512 MB
<b>Almacenamiento</b>	Limitado						
<b>CPU</b>	0.1						
<b>Memoria</b>	512 MB						
<b>Observaciones</b>	El servicio se suspende tras 15 minutos de inactividad, por lo que, las siguientes solicitudes al servidor demorarán alrededor de 30 segundos.						

El frontend de la plataforma OLANEC se ha implementado en Vercel, facilitando así una carga constante con integración a GitHub y asegurando tiempos de carga optimizados.

**Tabla 38.** Despliegue Frontend

<b>Recursos de Despliegue</b>		
<b>Sistema Operativo</b>	Linux	
<b>Servidor de despliegue</b>	Vercel	
<b>Enlace de la aplicación desplegada</b>	<a href="https://olanec.vercel.app/">https://olanec.vercel.app/</a>	
<b>Máquina</b>	<b>Almacenamiento</b>	Limitado
	<b>CPU</b>	0.6
	<b>Memoria</b>	1024 MB
<b>Observaciones</b>	Ninguna	

## CAPÍTULO 3

### 3. Resultados

#### 3.1. Metodología de evaluación

En este capítulo se presentan los resultados de la evaluación realizada a la plataforma web desarrollada para el Observatorio de los Lagos Andinos de la Universidad Técnica del Norte, con un enfoque en la característica de Usabilidad y sub característica de Accesibilidad establecidos por la Norma ISO/IEC 25010. Entonces se usó el método CSUQ (Computer System Usability Questionnaire) para evaluar la usabilidad, es una encuesta que permite medir la percepción de los usuarios sobre la calidad de uso de un sistema. Por otro lado, para evaluar la accesibilidad se emplearon los criterios de éxito definidos por las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) 2.1 en el nivel de conformidad AA, los cuales permitieron determinar si la plataforma web puede ser utilizada por personas con diversas capacidades. Por consiguiente, los resultados obtenidos se analizaron debidamente para identificar las partes que necesitan mejora y validar el cumplimiento de los objetivos planteados en la sección inicial de este documento.

#### 3.2. Encuesta CSUQ

La encuesta CSUQ es una herramienta diseñada para medir qué tan fácil y cómo resulta usar un sistema informático, desde el punto de vista del usuario. Por ello, es el instrumento indicado para evaluar la plataforma web por sus requerimientos de interactividad en los componentes y gráficos que requieren una buena experiencia de usuario. De acuerdo, con lo planteado por Hedlefs Aguilar (2015), el cuestionario está compuesto por 16 preguntas, se detallan en la siguiente tabla:

**Tabla 39.** Preguntas del cuestionario CSUQ (Lewis, 2018)

#### Preguntas de la encuesta CSUQ

1. ¿En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar esta aplicación web?
2. ¿Fue sencillo usar esta aplicación web?

3. ¿Pude completar mi trabajo rápidamente usando esta aplicación web?
4. ¿Me sentí cómodo usando esta aplicación web?
5. ¿Fue fácil aprender a usar esta aplicación web?
6. ¿Creo que podría ser productivo usando rápidamente esta aplicación web?
7. ¿La aplicación web dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas?
8. ¿Cada vez que cometía un error al utilizar la aplicación, podía recuperarme fácil y rápidamente?
9. ¿La información (como ayuda en línea, mensaje en pantalla y otra documentación) provista con esta aplicación era clara?
10. ¿Fue fácil encontrar la información que necesitaba?
11. ¿La información provista por la aplicación fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo?
12. ¿La organización de la información en las pantallas de la aplicación fue clara?
13. ¿La interfaz de esta aplicación web fue agradable?
14. ¿Me gustó usar la interfaz de esta aplicación web?
15. ¿La aplicación tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga?
16. ¿En general, estoy satisfecho con esta aplicación web?

Fuente: Adaptado de Lewis, J. R. (2018). Measuring Perceived Usability: The CSUQ, SUS, and UMUX.

Lewis (2018) dice que este cuestionario tiene tres partes que ayudan a evaluar diferentes aspectos de la experiencia del usuario. El primer parámetro es la utilidad del sistema, que incluye las preguntas 1 a 6 del cuestionario. Estas preguntas se enfocan en evaluar cómo es la experiencia del usuario al utilizar el sistema. Se tienen en cuenta factores como lo fácil que es usarlo, cuán eficiente es y lo bien que se logran las tareas.

El segundo parámetro es la calidad de la información, esta se evalúa mediante las preguntas 7 a 12. Esta sección tiene como objetivo valorar la precisión, claridad, relevancia y comprensión de la información proporcionada por el sistema al usuario. Por último, se encuentra el

tercer parámetro, el cual se enfoca en la calidad de la interfaz fundamentada en las últimas preguntas y esta examina el diseño visual, la disposición de los elementos y la funcionalidad general de la interfaz gráfica.

Para recoger las opiniones de los usuarios, se utilizó la escala de Likert de 7 puntos, que va desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”. Esta escala facilita la expresión de percepciones individuales sobre la utilidad, la facilidad de uso y la satisfacción general con el sistema evaluado (Matas, 2018). Los puntos de esta escala suelen estar acompañados de etiquetas descriptivas que indican claramente el nivel de acuerdo o desacuerdo, como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 40.** Escala de Likert

<i>Valor</i>	<i>Respuesta</i>
1	Totalmente en desacuerdo
2	Bastante en desacuerdo
3	En desacuerdo
4	Neutral
5	De acuerdo
6	Bastante de acuerdo
7	Totalmente de acuerdo

### 3.2.1. Recolección y organización de datos

La población de estudio estuvo conformada por 50 usuarios registrados en la plataforma web. Para determinar el tamaño de la muestra, se aplicó la fórmula correspondiente a poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 95 % y un margen de error del 5 %. Como resultado, se obtuvo una muestra mínima requerida de 44 usuarios.

La encuesta se aplicó de forma digital a través de Google Forms, después que los encuestados hayan tenido experiencia previa con el sistema. Posteriormente, las respuestas fueron recolectadas y organizadas en una matriz de datos donde cada fila representa una opción de repuesta (nivel de satisfacción) y cada columna corresponde a una de las preguntas del cuestionario. En la siguiente tabla se puede apreciar los resultados de las encuestas.

**Tabla 41.** Resultados de las encuestas

<b>Opciones</b>	<b>Preguntas</b>															
	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>P7</i>	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>P10</i>	<i>P11</i>	<i>P12</i>	<i>P13</i>	<i>P14</i>	<i>P15</i>	<i>P16</i>
<i>Totalmente en desacuerdo</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Bastante en desacuerdo</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>En desacuerdo</i>	2	2	0	1	2	1	0	1	2	0	1	1	0	1	1	1
<i>Neutral</i>	5	1	4	3	2	2	5	3	4	4	4	3	5	5	5	4
<i>De acuerdo</i>	9	7	10	16	12	13	8	9	11	10	10	8	11	10	12	8
<i>Bastante de acuerdo</i>	14	14	20	8	17	14	13	12	12	14	11	17	12	14	14	14
<i>Totalmente de acuerdo</i>	13	20	10	16	11	14	18	19	15	16	18	15	16	14	12	17
<i>Total</i>	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44

### 3.2.2. Interpretación de resultados

Antes de proceder con el análisis estadístico de los resultados, es importante mencionar los datos recopilados. El cuestionario aplicado constó de 16 preguntas con opciones de respuesta tipo Likert, distribuidas en una escala ordinal de 1 a 7, donde 1 representa “Totalmente en

desacuerdo” y 7 “Totalmente de acuerdo”. Cada celda de la tabla de resultados refleja la frecuencia de respuestas obtenidas por opción en cada pregunta. En total, se contó con 44 encuestados, cifra constante a lo largo de todo el instrumento, lo que garantiza una base uniforme para el análisis posterior.

### **Cálculo de medias**

Para calcular la media de las preguntas, se debe aplicar la siguiente pregunta para cada pregunta de la encuesta y sus respectivos resultados.

$$media_j = \frac{\sum_{i=1}^7 (valor_i \times frecuencia_{i,j})}{N}$$

Donde:

- $j$  = indica de la pregunta (1 a 16)
- $valor_i$  = valor numérico de la opción (1 a 7)
- $frecuencia_{i,j}$  = número de respuestas para la opción  $i$  en la pregunta  $j$
- $N$  = 44 respuestas totales

Una vez identificadas las variables, se realizaron los cálculos correspondientes para determinar los valores faltantes o desconocidos. Con la finalidad de ilustrar el procedimiento aplicado, a continuación, se presenta una tabla con el cálculo detallado de la media para la pregunta 1. Esta demostración permite visualizar la metodología empleada antes de exponer los resultados generales correspondientes a todas las preguntas.

**Tabla 42.** Cálculo de media – P1

<i>Opción</i>	<i>Valor</i>	<i>Frecuencia (P1)</i>	<i>Producto</i>
<i>Totalmente en desacuerdo</i>	1	0	0
<i>Bastante en desacuerdo</i>	2	1	2
<i>En desacuerdo</i>	3	2	6
<i>Neutral</i>	4	5	20
<i>De acuerdo</i>	5	9	45
<i>Bastante de acuerdo</i>	6	14	84
<i>Totalmente de acuerdo</i>	7	13	91
<i>Total</i>		44	248
<b><i>Media</i></b>			<b>5.64</b>

Como se observa en la tabla, el cálculo de la media para la pregunta 1 dio como resultado un valor de 5.64, lo que refleja una percepción generalmente positiva por parte de los usuarios respecto a la facilidad de uso de la aplicación web. Además, este resultado indica que la mayoría de los encuestados se sienten conforme con la experiencia de uso general del sistema, ubicándose entre las opciones “De acuerdo” y “Bastante de acuerdo”. Este dato contribuye un buen indicador de la aceptación inicial del sistema en términos de usabilidad.

Una vez ilustrado el procedimiento de cálculo mediante la pregunta 1, se realizó el mismo proceso para cada una de las 16 preguntas del cuestionario. A continuación, se presenta una tabla resumen que contiene las medias de todas las preguntas, con la finalidad de ofrecer una

vista general sobre la percepción de los usuarios respecto a la usabilidad evaluada en la aplicación web OLANEC.

**Tabla 43.** Cálculo de medias generalas

<i>Pregunta</i>	<i>Media</i>
<i>P1</i>	5.64
<i>P2</i>	6.11
<i>P3</i>	5.82
<i>P4</i>	5.80
<i>P5</i>	5.75
<i>P6</i>	5.86
<i>P7</i>	6.00
<i>P8</i>	6.02
<i>P9</i>	5.77
<i>P10</i>	5.95
<i>P11</i>	5.93
<i>P12</i>	5.95
<i>P13</i>	5.89
<i>P14</i>	5.80
<i>P15</i>	5.70
<i>P16</i>	5.95
<b>Total</b>	<b>93.95</b>

Como se observa en la tabla X, los resultados reflejan una tendencia positiva en la percepción de los usuarios respecto a la plataforma web. Las medias de todas las preguntas se sitúan entre 5.64 y 6.11 sobre una escala de 1 a 7, lo que indica un alto grado de acuerdo con las afirmaciones planteadas. En general, los usuarios valoran favorablemente la utilidad, claridad

de la información y diseño de la interfaz, con un promedio general de 5.87, que representa una experiencia de uso satisfactoria.

El primer parámetro, la utilidad del sistema (P1–P6), muestra promedios entre 5.64 y 6.11, destacando la P2 (6.11) como la más valorada, probablemente porque es fácil de usar. Se complementan con P6 (5.86), P3 (5.82) y P4 (5.80), que mejoran la percepción de eficiencia y efectividad. A pesar de que la P1 (5.64) es la más baja del conjunto, todavía conserva una puntuación favorable, lo que señala que la funcionalidad global del sistema satisface las expectativas de los usuarios.

En cuanto a la calidad de la información (P7–P12), las medias están entre 5.77 y 6.02, con P8 (6.02) y P7 (6.00) como las más destacadas, lo que refleja que los usuarios consideran la información clara, útil y bien estructurada. El resto de los ítems mantienen puntuaciones cercanas a 5.9, lo que respalda la consistencia en este aspecto. La P9 (5.77), aunque ligeramente menor, sigue indicando una percepción positiva y sugiere una posible área de mejora en la claridad o disponibilidad de la información en determinados contextos.

Por último, el parámetro de calidad de la interfaz (P13–P16), presenta medias entre 5.70 y 5.95, siendo P16 (5.95) la mejor evaluada. Esto sugiere que los usuarios encuentran el diseño visual y la estructura de navegación adecuados. La P15 (5.70) representa el valor más bajo, lo que podría vincularse con aspectos visuales o de disposición que aún pueden optimizarse. No obstante, la valoración global sigue siendo favorable, evidenciando una interfaz intuitiva y agradable.

### **Desviación estándar**

Además de la media, también se va a calcular la desviación estándar, puesto que, esta medida permite analizar la dispersión de las respuestas con base en la media de cada pregunta, es decir, ayuda a identificar el grado de consenso o variabilidad entre los usuarios encuestados. Una desviación estándar baja indica que las respuestas están concentradas cerca de la media,

mientras que una desviación más alta refleja opiniones dispersas. A continuación, se presenta la fórmula utilizada para su cálculo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times f_i}{n}}$$

Donde

- $\sigma$  = desviación estándar de la pregunta
- $x_i$  = valor de cada opción de respuesta (1 a 7)
- $\bar{x}$  = media de la pregunta
- $f_i$  = frecuencia de respuestas para el valor  $x_i$
- $n$  = total de respuestas o encuestados, en este caso 44.

Para ilustrar el procedimiento del cálculo de la desviación estándar, se presenta el desarrollo aplicado a la pregunta 1 del cuestionario. Este cálculo permite conocer la variabilidad o dispersión de las respuestas con respecto a su media. La media es 5.64, y la tabla presenta los pasos intermedios utilizados.

**Tabla 44.** Cálculo de la Desviación Estándar – Pregunta 1

<i>Pregunta 1</i>					
<b>Opción</b>	<i>Valor <math>V_i</math></i>	<i><math>f_{i,1}</math></i>	<i><math>V_i - \bar{x}_1</math></i>	<i><math>(V_i - \bar{x}_1)^2</math></i>	<i><math>f_{i,1} \times (V_i - \bar{x}_1)^2</math></i>
1	1	0	-4.64	21.49586777	0
2	2	1	-3.64	13.2231405	13.2231405
3	3	2	-2.64	6.950413223	13.90082645
4	4	5	-1.64	2.67768595	13.38842975
5	5	9	-0.64	0.40	3.644628099
6	6	14	0.36	0.132231405	1.851239669
7	7	13	1.36	1.859504132	24.17355372
<b>Total</b>					70
<b>Desviación estándar</b>					<b>1.26</b>

$$\sigma = \sqrt{\frac{70}{44}} = \sqrt{1.590909} \approx 1.26$$

La desviación estándar de la pregunta 1 es 1.26, lo que indica una dispersión entre moderada y baja de las respuestas en relación con la media. Dado que la escala es de 1 a 7, este valor sugiere que, aunque existe cierta variabilidad, la mayoría de los usuarios tendió a concentrarse en los valores más altos de la escala. Específicamente, las opciones 5, 6 y 7 fueron las más seleccionadas, lo que refuerza la interpretación de una valoración favorable y homogénea por parte de los participantes.

Una vez entendido el procedimiento y obtenido este valor, se aplicó el mismo cálculo para las 16 preguntas del cuestionario. Esto permitió elaborar una tabla resumen con las desviaciones estándar de cada ítem, con el fin de analizar la coherencia y uniformidad en las percepciones de los usuarios. A partir de estos datos, es posible identificar qué preguntas generan mayor consenso y cuáles podrían reflejar opiniones más divididas, facilitando así la toma de decisiones para mejoras puntuales en la plataforma evaluada.

**Tabla 45.** Resumen de desviaciones estándar

<i>Pregunta</i>	<i>DE</i>
<i>P1</i>	1.26
<i>P2</i>	1.05
<i>P3</i>	0.89
<i>P4</i>	1.08
<i>P5</i>	1.03
<i>P6</i>	0.99
<i>P7</i>	1.02
<i>P8</i>	1.06
<i>P9</i>	1.15
<i>P10</i>	0.98
<i>P11</i>	1.10
<i>P12</i>	1.00
<i>P13</i>	1.03
<i>P14</i>	1.08
<i>P15</i>	1.06
<i>P16</i>	1.07

Para interpretar la coherencia en las respuestas del cuestionario CSUQ, se analizaron las desviaciones estándar por cada ítem, considerando los tres parámetros establecidos por Lewis: utilidad del sistema, calidad de la información y calidad de la interfaz. Este análisis permite comprender el grado de aprobación entre los usuarios respecto a cada aspecto o ítem evaluado en la plataforma web.

En el primer parámetro, utilidad del sistema (P1–P6), las DE están entre 0.89 y 1.26, siendo la P3 (0.89) la que refleja la mayor aprobación entre los usuarios, seguida por P6 (0.99) y P5 (1.03). La P1 (1.26) muestra la mayor dispersión del grupo, lo que indica una ligera variabilidad en la percepción de la facilidad de uso o productividad del sistema. Estos resultados son bajos y sugieren que las respuestas son consistentes y homogéneas.

En el segundo parámetro, calidad de la información (P7–P12), las DE se encuentran entre 1.00 y 1.15, mostrando un grado de variabilidad ligeramente mayor que el grupo anterior. La P9 (1.15) es la de mayor dispersión, lo cual puede indicar opiniones más divididas sobre la claridad o disponibilidad de la información. A pesar de ello, las DE en este grupo se mantienen dentro de un rango aceptable y moderado, indicando una percepción en general positiva y bastante uniforme.

Para el tercer parámetro, calidad de la interfaz (P13–P16), las DE van de 1.03 a 1.08, siendo este el grupo con menor variabilidad en general. La P13 y P15 (1.03) presentan la mayor aprobación, mientras que la P14 y P16 (1.08 y 1.07) también muestran valores bajos, lo que indica que los usuarios tienen opiniones similares respecto al diseño, estética y funcionalidad visual de la plataforma.

### **Análisis de confiabilidad**

Para garantizar la confiabilidad del cuestionario CSUQ, se va a evaluar la consistencia interna de sus ítems, es decir, qué tan coherentes son las respuestas entre las distintas preguntas que pretenden medir experiencia del usuario. Para ello, se emplea el coeficiente Alpha de Cronbach, el cual permite determinar si los ítems del instrumento están relacionados entre sí y

miden una misma dimensión subyacente, en este caso, la usabilidad del sistema. A continuación, se presenta la fórmula utilizada para su cálculo.

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left( 1 - \frac{\sum \sigma_i^2}{\sigma_T^2} \right)$$

Donde

- $\alpha$  = coeficiente de confiabilidad Alpha de Cronbach
- $k$  = número de ítems del cuestionario
- $\sum \sigma_i^2$  = suma de las varianzas individuales de los ítems
- $\sigma_T^2$  = varianza total del instrumento

Reemplazando los valores en la fórmula, se obtiene el Alpha de Cronbach.

$$\alpha = \frac{16}{15} \left( 1 - \frac{17.77}{106.2304} \right) = \frac{16}{15} (1 - 0.1673) = \frac{16}{15} \times 0.83275 = \mathbf{0.89}$$

El valor obtenido de  $\alpha = 0.89$  para el alfa de Cronbach indica un nivel alto de confiabilidad interna del cuestionario CSUQ aplicado. Esto significa que las 16 preguntas están fuertemente relacionadas entre sí, y que el instrumento es consistente al medir la percepción de los usuarios respecto a la usabilidad de la plataforma web.

Un alfa de Cronbach cercano a 0.9 se considera excelente en estudios de percepción, lo cual respalda la fiabilidad del cuestionario y su capacidad para reflejar de manera estable las opiniones del grupo encuestado. Este valor también sugiere que no existe redundancia excesiva entre los ítems, sino una coherencia adecuada entre los distintos aspectos evaluados.

### **3.2.3. Análisis de sub características (ISO/IEC 25010)**

Para llevar a cabo el análisis de la usabilidad según la Norma ISO/IEC 25010, se estableció una relación entre las sub características definidas por la norma y las preguntas del cuestionario CSUQ, de modo que, permite evaluar de manera más precisa cada aspecto de la usabilidad desde la perspectiva del usuario al considerar sus respuestas.

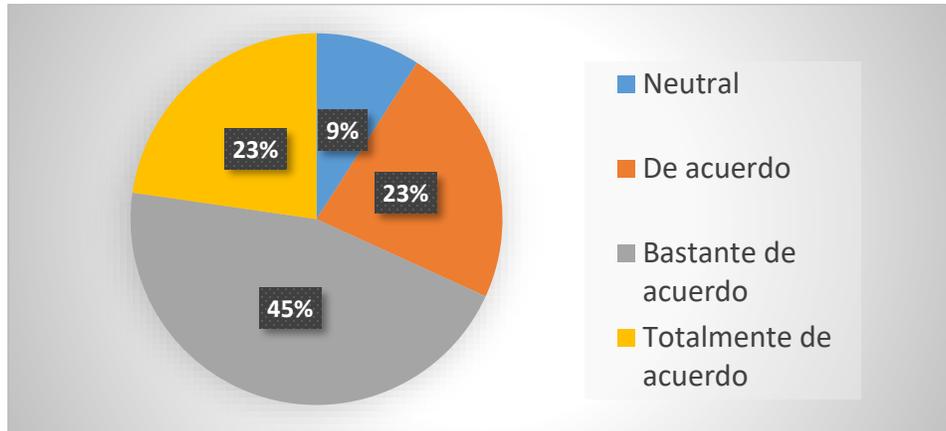
La inteligibilidad se analiza mediante las preguntas 3, 11 y 15, las cuales están orientadas a determinar en qué medida el usuario comprende el funcionamiento del sistema y percibe claramente sus capacidades. Estas preguntas permiten evaluar si el sistema comunica adecuadamente su propósito y funcionalidades. Por otro lado, el aprendizaje se encuentra reflejado en las preguntas 5, 9 y 16, estas enfocadas en medir cuán fácil resulta para el usuario adquirir las habilidades necesarias para utilizar la aplicación. Estas preguntas aportan información sobre la curva de aprendizaje que implica el uso del sistema.

Por otro lado, se encuentra la operabilidad en las preguntas 1, 2, 4, 6 y 10. Estos se enfocan en elementos vinculados a la sencillez de interacción, la eficacia en el uso y la habilidad del sistema para reaccionar de manera apropiada a las acciones del usuario. Este conjunto proporciona una perspectiva completa de la experiencia en las operaciones. Respecto a la protección contra errores de usuario, se mide a través de las preguntas 7 y 8, que determinan si el sistema evita de manera efectiva errores habituales y si ofrece mecanismos nítidos para su rectificación. Con esto, se pretende establecer la tolerancia del sistema ante fallos y su habilidad para respaldar al usuario en su proceso de recuperación.

Por última, la sub característica de estética está presente en las preguntas 12, 13 y 15. Estas preguntas están orientadas a valorar el diseño visual de la interfaz, su atractivo gráfico y la claridad con la que se presenta la información. Una buena estética y diseño contribuyen a una experiencia de usuario más agradable e intuitiva. Entonces, una vez establecida la relación de las preguntas del cuestionario CSUQ con la Norma ISO/IEC 25010, se realiza el respectivo análisis de los resultados de la encuesta en los siguientes gráficos.

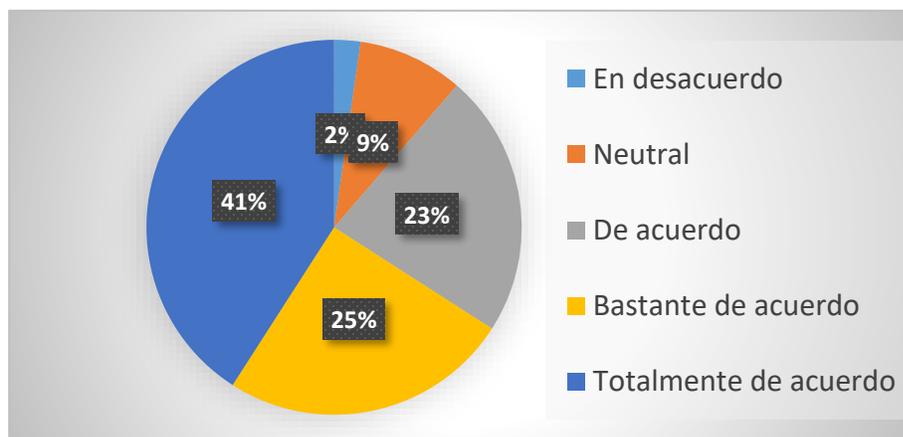
### 3.2.3.1. Inteligibilidad

**Figura 6.** Pregunta 3 CSUQ: "¿Pude completar mi trabajo rápidamente usando esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



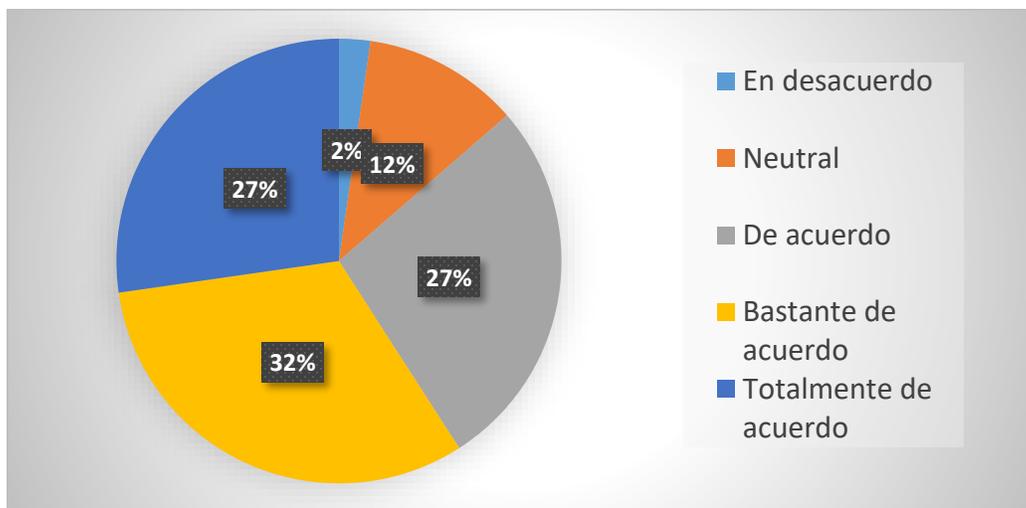
Los resultados del diagrama muestran una visión favorable en cuanto a la velocidad de utilización de la aplicación. El 91% de los usuarios proporcionaron respuestas positivas, lo que refleja una alta apreciación de la habilidad del sistema para simplificar la realización ágil de tareas. Solo un 9% se mantuvo neutral, y ningún usuario manifestó discrepancia. Esta conducta evidencia un elevado grado de satisfacción con la rapidez y eficacia de la plataforma en línea, lo que fortalece la noción de que el sistema es eficaz y práctico para el trabajo cotidiano.

**Figura 7.** Pregunta 11 CSUQ: "¿La información provista por la aplicación fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo?" (Lewis, 2018)



Los resultados muestran que la mayoría de los usuarios cree que la información proporcionada por la aplicación les ayudó a completar su trabajo. Un 89 % respondió de manera positiva, lo que refleja una visión positiva acerca de la eficacia de la información proporcionada. Solo un 2 % manifestó cierto grado de disconformidad, mientras que un 9 % se mantuvo imparcial. Estos resultados indican un alto nivel de seguridad en la calidad de los datos de la plataforma, lo que mejora la experiencia del usuario de manera efectiva y fácil de usar.

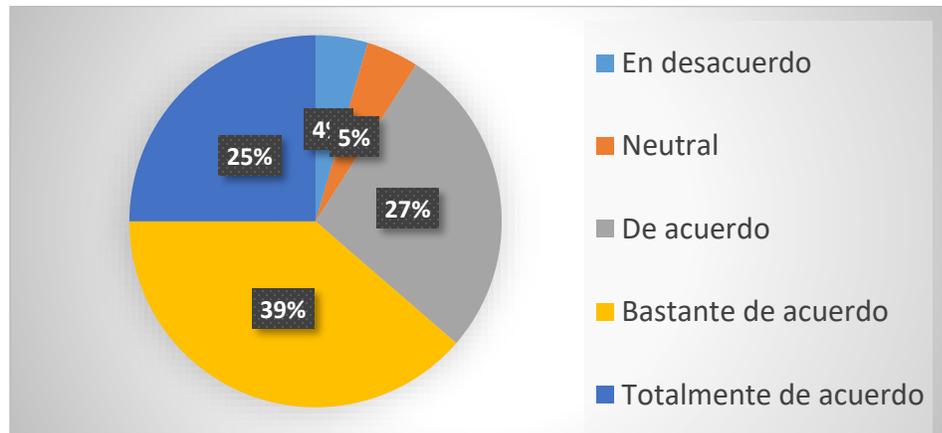
**Figura 8.** Pregunta 15 CSUQ: "¿La aplicación tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga?" (Lewis, 2018)



Según el gráfico, se observa una percepción mayoritariamente positiva: el 86 % de los usuarios expresó opiniones favorables respecto a las funciones y capacidades de la aplicación. Solo un 2 % manifestó algún nivel de desacuerdo, mientras que un 12 % se mantuvo neutral. Estos resultados indican que, en general, los usuarios consideran que la plataforma cumple con sus requerimientos funcionales, aunque aún podría ampliarse para atender expectativas más específicas de ciertos usuarios.

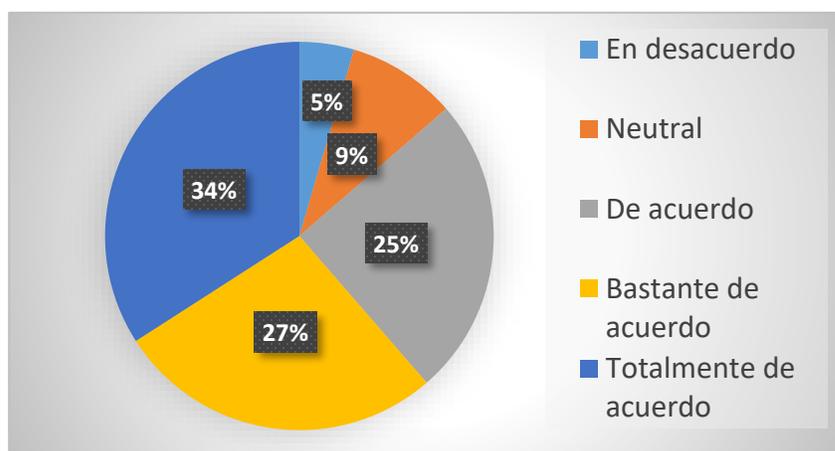
### 3.2.3.2. Aprendizaje

**Figura 9.** Pregunta 5 CSUQ: "¿Fue fácil aprender a usar esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



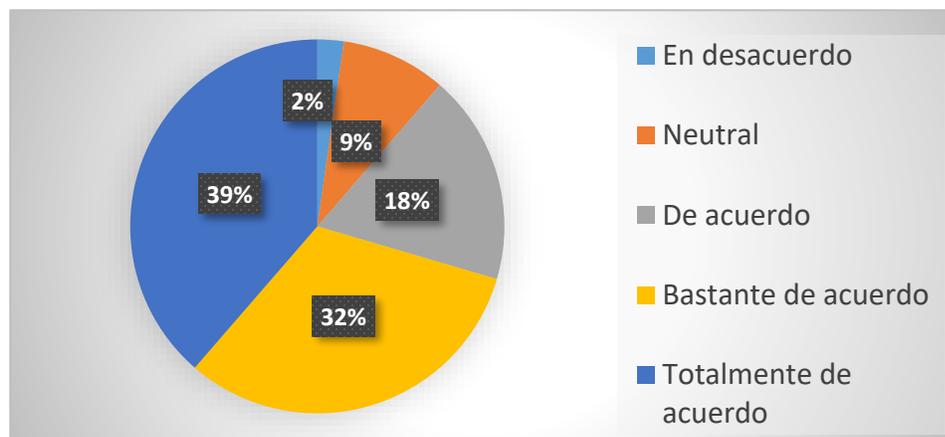
Los resultados indican que la gran mayoría de los usuarios consideró que fue fácil aprender a utilizar la aplicación, con un 91 % de opiniones favorables. Solo un 4 % expresó cierto desacuerdo, y otro 5 % se mantuvo neutral. Estos datos muestran que la mayoría tiene una buena opinión sobre su experiencia y cree que la plataforma cumple con sus expectativas, lo que crea una imagen positiva y de confianza en el sistema. Esto muestra que es fácil de entender y usar para los que son nuevos.

**Figura 10.** Pregunta 9 CSUQ: "¿La información (como ayuda en línea, mensajes en pantalla y otra documentación) provista con esta aplicación era clara?" (Lewis, 2018)



Los resultados muestran una percepción positiva respecto a la claridad de la información proporcionada por la plataforma, con un 86 % de respuestas favorables. Un 9 % de los usuarios se mantuvo neutral y solo un 5 % expresó desacuerdo. Esta tendencia indica que la mayoría considera que los recursos informáticos, como mensajes en pantalla y ayudas en línea, son claros y efectivos, contribuyendo a una experiencia de uso más fluida y satisfactoria.

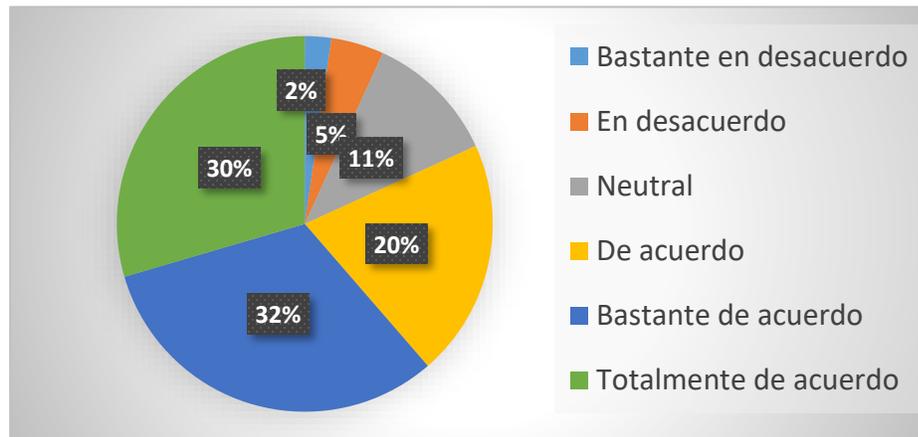
**Figura 11.** Pregunta 16 CSUQ: "¿En general, estoy satisfecho con esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



Como se puede apreciar en la gráfica, se muestran que la mayoría de los usuarios están muy satisfechos, con un 89 % de comentarios positivos sobre la aplicación web. Solo un 2 % manifestó desacuerdo, mientras que un 9 % se mantuvo neutral. Estos datos indican que la mayoría tiene una buena opinión sobre su experiencia y siente que la plataforma cumple con lo que esperaba, lo que genera una imagen positiva y de confianza en el sistema.

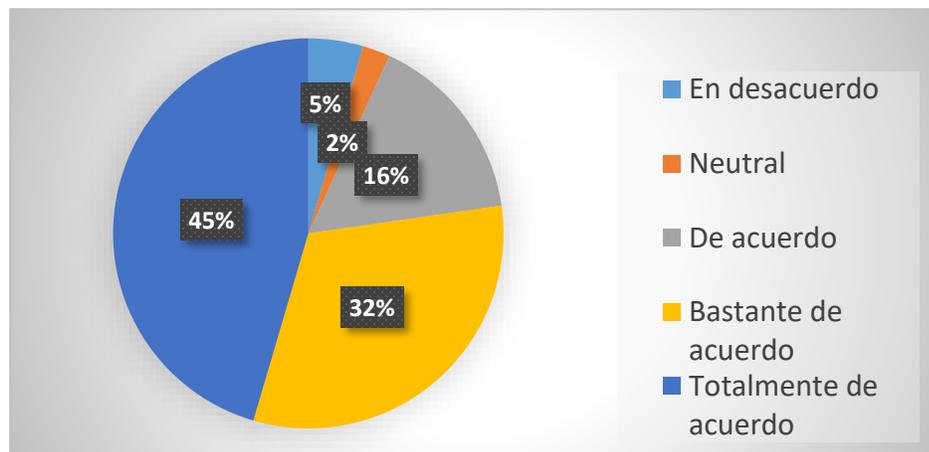
### 3.2.3.3. Operabilidad

**Figura 12.** Pregunta 1 CSUQ: "¿En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



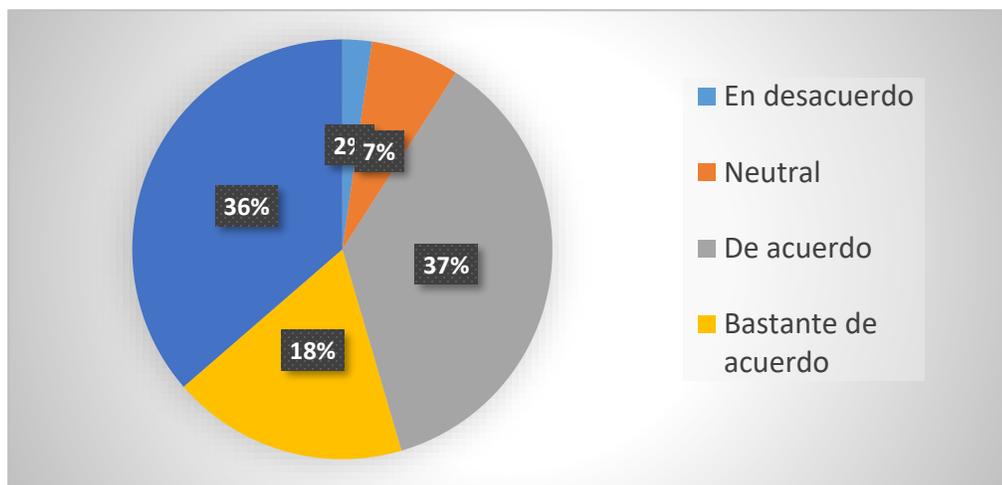
La gráfica muestra un alto nivel de satisfacción respecto a la facilidad de uso de la aplicación web, con un 82 % de opiniones favorables. Un 7 % de los usuarios manifestó algún nivel de desacuerdo, mientras que un 11 % se mantuvo neutral. Estos resultados indican que la mayoría piensa que la plataforma es fácil de usar, aunque hay un pequeño grupo que puede estar teniendo problemas, lo que muestra que hay áreas que se pueden mejorar para hacerla más fácil de usar.

**Figura 13.** Pregunta 2 CSUQ: "¿Fue sencillo usar esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



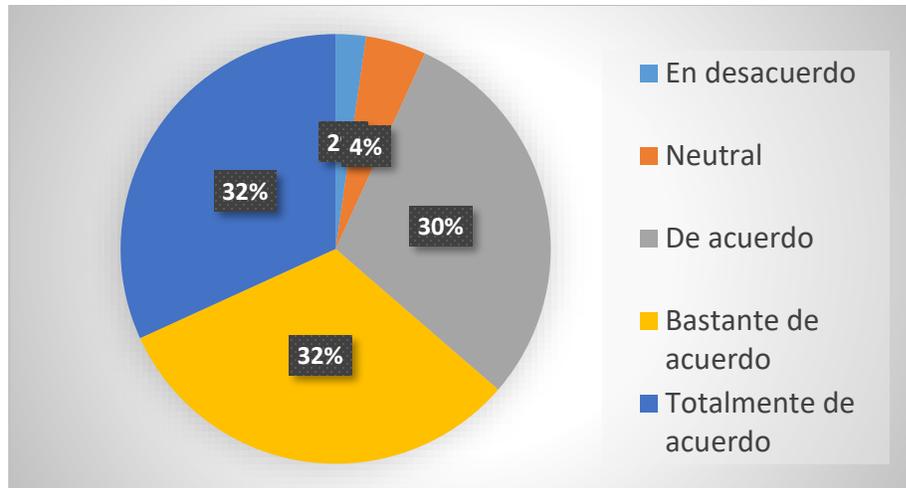
La gráfica muestra que la mayoría de los usuarios (93 %) respondió de manera positiva, reflejando un alto nivel de satisfacción con la facilidad de uso de la aplicación. Sin embargo, un 5 % expresó desacuerdo, mientras que un 2 % se mantuvo neutral. Estos resultados indican que la plataforma se percibe como intuitiva y fácil de manejar por la mayoría, aunque existe un pequeño grupo que podría estar enfrentando dificultades, señalando oportunidades para mejorar la experiencia de uso.

**Figura 14.** Pregunta 4 CSUQ: "¿Me sentí cómodo usando esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



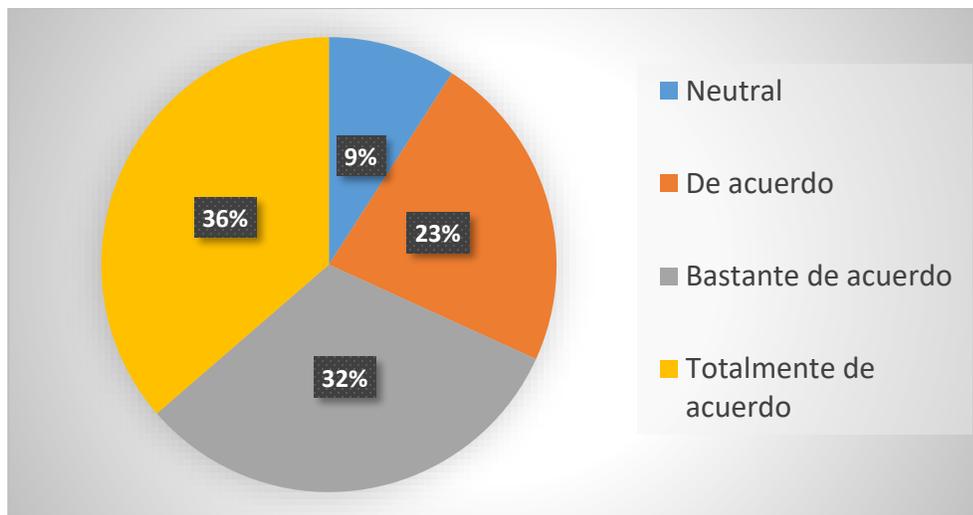
Como se puede ver en gráfica, un 91 % de los usuarios respondió de manera positiva, indicando que se sintieron cómodos al utilizar la plataforma web. Solo un 2 % manifestó desacuerdo, mientras que un 7 % se mantuvo neutral. Estos datos indican que la mayoría tuvo una experiencia agradable y sin problemas al usar la aplicación, lo que refuerza una visión positiva del entorno de uso.

**Figura 15.** Pregunta 6 CSUQ: "¿Creo que podría ser productivo usando rápidamente esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



Los resultados reflejan que un 94 % de los usuarios respondieron de manera positiva, indicando que consideran que podrían ser productivos usando la aplicación web. Por el contrario, solo un 2 % manifestó algún nivel de desacuerdo, mientras que un 4 % se mantuvo neutral. Estos datos sugieren que la mayoría cree que la plataforma es fácil de usar desde el principio, lo que muestra que se puede trabajar bien y ser productivo rápidamente.

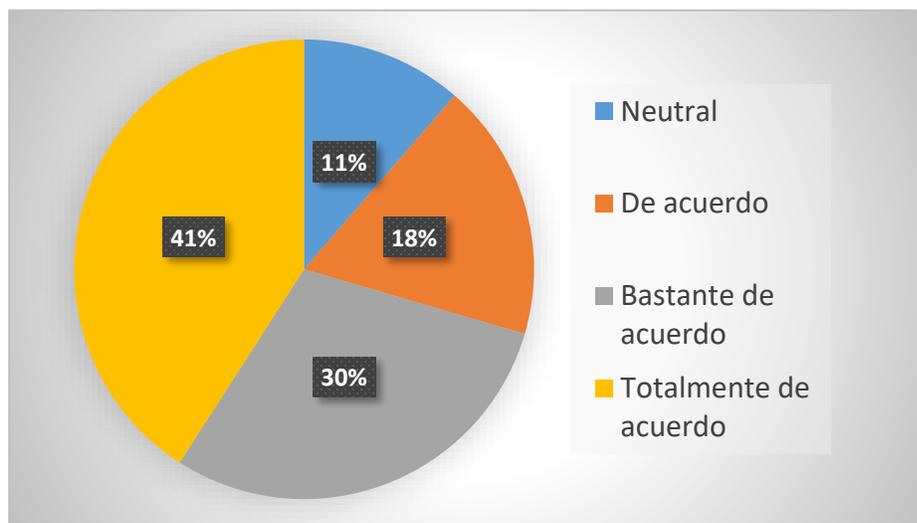
**Figura 16.** Pregunta 10 CSUQ: "¿Fue fácil encontrar la información que necesitaba?" (Lewis, 2018)



Como se observa en la gráfica, el 91 % de los usuarios expresó opiniones positivas, indicando que les fue fácil encontrar la información que necesitaban dentro de la aplicación. Ningún usuario manifestó desacuerdo, mientras que un 9 % se mantuvo neutral. Estos resultados sugieren que la mayoría valora positivamente la organización y accesibilidad de la información, lo que contribuye a una experiencia más eficiente y satisfactoria.

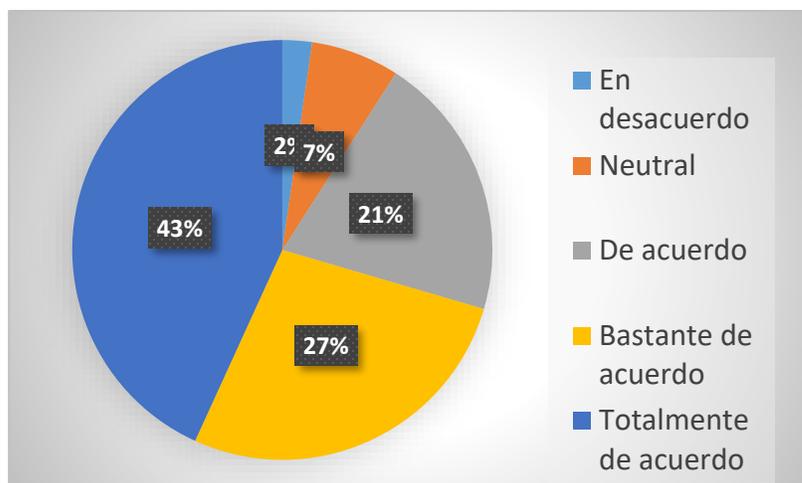
#### 3.2.3.4. Protección ante errores de usuario

**Figura 17.** Pregunta 7 CSUQ: "¿La aplicación web dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas?" (Lewis, 2018)



La gráfica muestra que un 89 % de los usuarios emitió opiniones positivas, indicando que la plataforma proporcionó mensajes de error claros para solucionar problemas. Ningún usuario manifestó desacuerdo, mientras que un 11 % se mantuvo neutral. Estos resultados indican que, aunque muchos consideran útiles los mensajes de error, hay un grupo moderado que podría beneficiarse de mayor claridad y efectividad en estos mensajes para hacer más fácil la resolución de problemas.

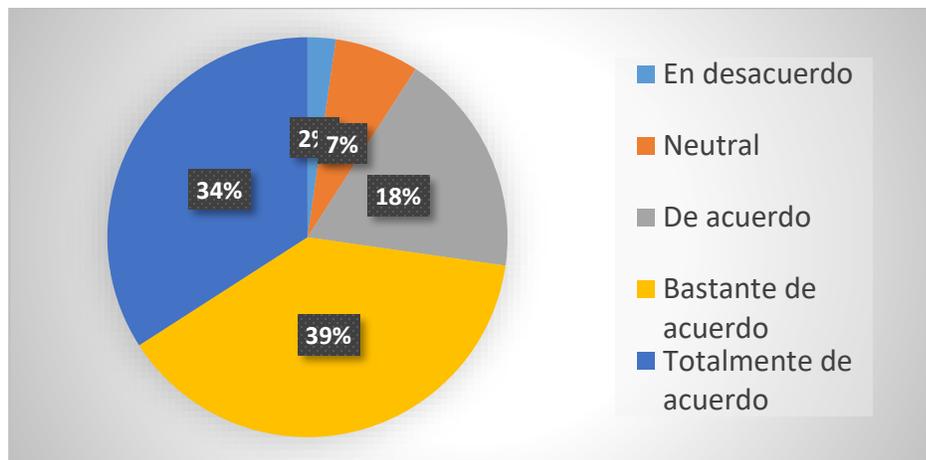
**Figura 18.** Pregunta 8 CSUQ: "¿Cada vez que cometía un error al utilizar la aplicación, podía recuperarme fácil y rápidamente?" (Lewis, 2018)



Los hallazgos indican que el 91 % de los usuarios estimó que podía recuperarse de manera sencilla y rápida después de cometer un fallo en la aplicación. En cambio, un 2 % expresó discrepancia, mientras que un 7 % se mantuvo imparcial. Esta información muestra que la mayoría considera que el sistema es resistente a fallos y promueve una recuperación ágil, aunque todavía hay un pequeño grupo que podría enfrentarse a problemas en este aspecto.

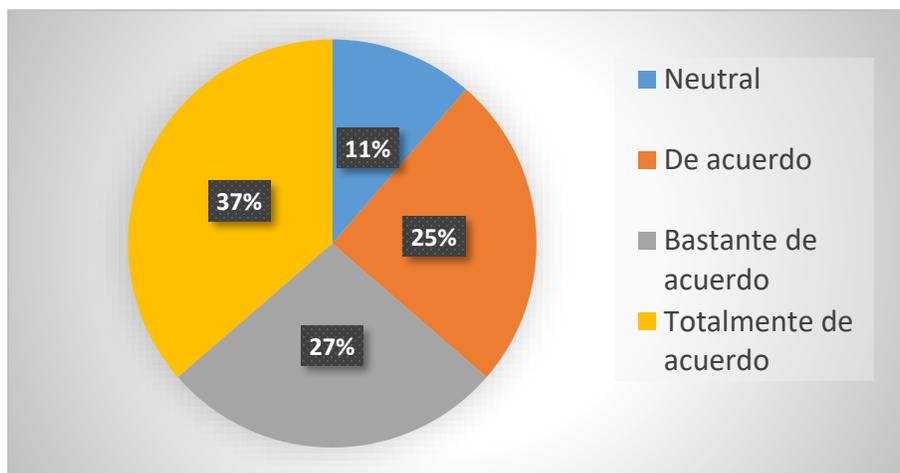
### 3.2.3.5. Estética

**Figura 19.** Pregunta 12 CSUQ: "¿La organización de la información en las pantallas de la aplicación fue clara?" (Lewis, 2018)



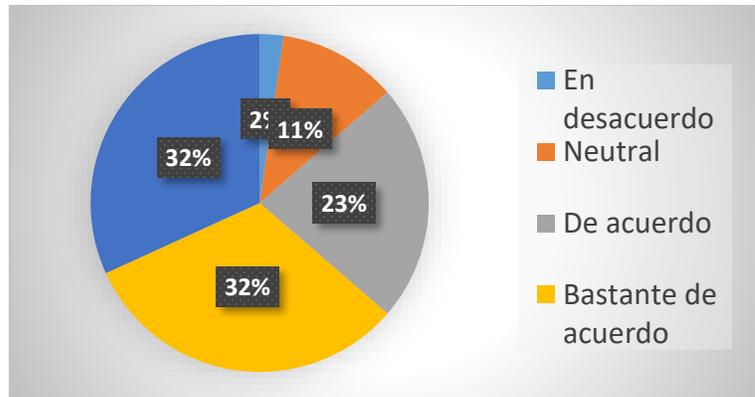
De acuerdo con el diagrama, el 91 % de los usuarios respondió positivamente, lo que señala que la disposición de la información en las pantallas de la aplicación resultó ser clara y bien organizada. Solo el 2 % manifestó disconformidad, mientras que el 7 % se mantuvo imparcial. Estos hallazgos indican que la mayoría piensa que la organización de los datos en la interfaz favorece una experiencia de uso entendible y eficaz.

**Figura 20.** Pregunta 13 CSUQ: "¿La interfaz de esta aplicación web fue agradable?" (Lewis, 2018)



El gráfico muestra que el 89 % de los usuarios respondió positivamente, valorando la interfaz de la aplicación web como agradable. Ningún usuario expresó discrepancia; en cambio, un 11 % se mantuvo imparcial. Esta información indica que la mayoría percibe la interfaz como visualmente atractiva y sencilla de manejar, lo que fomenta una experiencia satisfactoria.

**Figura 21.** Pregunta 14 CSUQ: "¿Me gustó usar la interfaz de esta aplicación web?" (Lewis, 2018)



Como se puede apreciar en el diagrama, el 87 % de los usuarios expresó opiniones positivas, indicando que se les gustó la interfaz de la plataforma virtual. Solo un 2 % manifestó descontento; en cambio, un 11 % se mantuvo neutral. Estos descubrimientos señalan que la mayoría tiene una experiencia positiva con la interfaz, tanto desde el punto de vista visual como en la interacción.

### 3.3. Evaluación de la accesibilidad

#### 3.3.1. Fundamento normativo (WCAG 2.1)

La accesibilidad web busca que cualquier persona, incluyendo aquellas con discapacidades, pueda interactuar con sitios y aplicaciones digitales sin ningún tipo de inconveniente. Esto incluye personas con dificultades visuales, auditivas, motoras o cognitivas. Para garantizar esta inclusión, se emplean estándares internacionales como las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web 2.1 (WCAG 2.1) desarrolladas por el World Wide Web Consortium (W3C, 2018).

Las Pautas de Accesibilidad WCAG 2.1 se basan en cuatro principios esenciales que determinan si un contenido es accesible. Estos principios son: perceptible, operable, comprensible y robusto. Cada uno busca asegurar que los usuarios puedan, percibir, manejar, entender e interactuar adecuadamente con los contenidos digitales, incluso utilizando tecnologías de asistencia (W3C, 2018).

El principio de perceptibilidad establece que la información debe ser presentada de forma clara para cualquier tipo de usuario. Mientras que, el principio de operabilidad significa que el

contenido debe poder ser utilizado con distintos dispositivos, como teclados o lectores de pantallas. Asimismo, el principio de comprensibilidad exige que el sistema sea fácil de entender y, por último, el principio de robustez garantiza compatibilidad con diversos agentes de usuarios (W3C, 2018).

Estos principios se detallan en los criterios de éxito organizados por niveles de conformidad: A, AA y AAA. El primer nivel representa el mínimo de accesibilidad, mientras que, el nivel AA es el más comúnmente exigido en contextos institucionales y, además, el nivel AAA contiene los criterios avanzados aplicables en situaciones especiales (W3C, 2018).

En este análisis, se ha decidido utilizar el nivel AA, dado que proporciona un equilibrio apropiado entre accesibilidad y factibilidad técnica. Este grado es aconsejable para lugares públicos y educativos, gracias a su habilidad para potenciar de manera significativa la experiencia de los usuarios con discapacidad. Por esta razón, la adopción de estos principios y regulaciones potencia la inclusión (Deditec, 2023).

### **3.3.2. Criterios seleccionados para la evaluación**

Para llevar a cabo la valoración de la accesibilidad de la plataforma web, se escogieron los criterios establecidos en las Pautas de WCAG 2.1, poniendo especial atención en el nivel de conformidad conocido como AA. La enseñanza se basó en la importancia de cada criterio para garantizar una experiencia inclusiva y práctica para personas con distintas habilidades.

Los criterios elegidos se organizaron de acuerdo con los cuatro principios de accesibilidad: perceptible, operable, comprensible y robusto. A continuación, se presenta el listado de los 36 criterios seleccionados:

**Tabla 46.** Criterios de evaluación WCAG 2.1 AA

<b>Principio</b>	<b>Código</b>	<b>Nombre del criterio</b>	<b>Nivel</b>	
<b>Perceptible</b>	1.1.1	Contenido no textual	A	
	1.2.1	Solo audio y solo video (pregrabado)	A	
	1.2.2	Subtítulos (pregrabados)	A	
	1.2.3	Audiodescripción (pregrabado)	AA	
	1.3.1	Información y relaciones	A	
	1.3.2	Secuencia con significado	A	
	1.3.3	Características sensoriales	A	
	1.4.1	Uso del color	A	
	1.4.2	Control del audio	A	
	1.4.3	Contraste (mínimo)	AA	
	1.4.4	Cambio de tamaño del texto	AA	
	1.4.5	Imágenes de texto	AA	
	<b>Operable</b>	2.1.1	Teclado	A
		2.1.2	Sin trampas para el foco	A
		2.2.1	Tiempo ajustable	A
2.2.2		Pausar, detener, ocultar	A	
2.3.1		Tres destellos o menos	A	
2.4.1		Evitar bloques	A	
2.4.2		Página titulada	A	
2.4.3		Orden del foco	A	
2.4.4		Propósito de los enlaces	A	
2.4.5		Múltiples vías	AA	

Principio	Código	Nombre del criterio	Nivel
<b>Comprensible</b>	2.4.6	Encabezados y etiquetas	AA
	2.4.7	Foco visible	AA
	3.1.1	Idioma de la página	A
	3.1.2	Idioma de las partes	AA
	3.2.1	Al recibir el foco	A
	3.2.2	Al recibir entradas	A
	3.2.3	Navegación coherente	AA
	3.2.4	Identificación coherente	AA
	3.3.1	Identificación de errores	A
	3.3.2	Etiquetas o instrucciones	A
<b>Robusto</b>	3.3.3	Sugerencias ante errores	AA
	3.3.4	Prevención de errores	AA
	4.1.1	Procesamiento	A
	4.1.2	Nombre, función y valor	A

Este checklist se utilizó como guía de verificación para el análisis de accesibilidad de la plataforma. Durante la evaluación, cada criterio se valoró según si se cumple o no, acompañado de observaciones cualitativas que respaldan el resultado.

### 3.3.3. Metodología de evaluación

La valoración de la accesibilidad de la plataforma se llevó a cabo a través de un método manual y organizado, fundamentado en la revisión de los 36 criterios escogidos del estándar WCAG 2.1, que corresponde al nivel de conformidad AA. Esta comprobación se orientó por una lista de verificaciones estructurada inicialmente, que funcionó como herramienta de comprobación técnica y funcional.

El procedimiento de valoración implicó el examen directo de la plataforma web (Frontend), empleando navegadores webs convencionales como Google Chrome y Microsoft Edge, además de herramientas de soporte como WAVE, Lighthouse y el administrador de accesibilidad de Chrome DevTools. Estas herramientas facilitaron la detección de fallos habituales, la validación de etiquetas semánticas y la evaluación del contraste, la secuencia de enfoque y el manejo del teclado.

Cada uno de los criterios se evaluó individualmente, asignándole una calificación entre “Cumple” o “No cumple”. En casos donde el cumplimiento era parcial o dudoso, se incluyó una observación cualitativa explicando la situación específica detectada, así como posibles causas o recomendaciones. Además, cabe mencionar que la evaluación se centró en las páginas o vistas del usuario final, en lo cual se van a revisar diferentes tipos de contenidos, entre formularios, enlaces, botones, texto, videos, imágenes, mapas, gráficos y estructuras de navegación.

Finalmente, los resultados de la evaluación se redactaron en una tabla resumen, lo cual permitió identificar tanto los criterios cumplidos como aquellos que requieren mejoras. Este análisis constituye la base para el apartado siguiente, en el que se interpretan los hallazgos y su impacto sobre la accesibilidad global de la plataforma web.

### 3.3.4. Resultados de la evaluación

A continuación, se presenta la evaluación de los 36 criterios seleccionados, organizados por los cuatro principios de accesibilidad definidos por las WCAG 2.1. Para cada criterio, se indica si fue cumplido por la plataforma, junto con observaciones que justifican el resultado cuando corresponde.

<b>Principio</b>	<b>Código</b>	<b>Criterio</b>	<b>Nivel</b>	<b>¿Cumple?</b>	<b>Observación</b>
<i>Perceptible</i>	1.1.1	Contenido no textual	A	Sí	
	1.2.1	Solo audio y solo video	A	Sí	Video decorativo de fondo sin audio, con

<b>Principio</b>	<b>Código</b>	<b>Criterio</b>	<b>Nivel</b>	<b>¿Cumple?</b>	<b>Observación</b>
					descripción textual oculta y marcado semánticamente correcto.
	1.2.2	Subtítulos (pregrabados)	A	Sí	Video decorativo sin audio, no requiere subtítulos.
	1.2.3	Audiodescripción (pregrabado)	AA	Sí	El video decorativo, correctamente marcado, no transmite información específica que requiera audiodescripción.
	1.3.1	Información y relaciones	A	Sí	
	1.3.2	Secuencia con significado	A	Sí	
	1.3.3	Características sensoriales	A	No	Algunas instrucciones usan solo referencias visuales, sin ofrecer una alternativa textual
	1.4.1	Uso del color	A	Sí	
	1.4.2	Control del audio	A	Sí	No hay audio incluido, solo hay video decorativo
	1.4.3	Contraste (mínimo)	AA	Sí	
	1.4.4	Cambio de tamaño del texto	AA	Sí	
	1.4.5	Imágenes de texto	AA	Sí	
<b>Operable</b>	2.1.1	Teclado	A	Sí	
	2.1.2	Sin trampas para el foco	A	No	El foco queda atrapado en un modal y no se puede salir

<b>Principio</b>	<b>Código</b>	<b>Criterio</b>	<b>Nivel</b>	<b>¿Cumple?</b>	<b>Observación</b>
<i>Compreensible</i>	2.2.1	Tiempo ajustable	A	Sí	No se usa tiempo límite
	2.2.2	Pausar, detener, ocultar	A	Sí	No hay movimiento automático
	2.3.1	Tres destellos o menos	A	Sí	
	2.4.1	Evitar bloques	A	Sí	
	2.4.2	Página titulada	A	Sí	
	2.4.3	Orden del foco	A	Sí	
	2.4.4	Propósito de los enlaces	A	No	El botón para descargar no especifica que se va a descargar un archivo Excel con los datos seleccionados
	2.4.5	Múltiples vías	AA	Sí	Agregar breadcrumbs, al menos hay accesos rápidos en el footer
	2.4.6	Encabezados y etiquetas	AA	Sí	
	2.4.7	Foco visible	AA	Sí	
	3.1.1	Idioma de la página	A	Sí	
	3.1.2	Idioma de las partes	AA	Sí	Maneja muy bien tres idiomas: español, inglés y ruso
	3.2.1	Al recibir el foco	A	Sí	
	3.2.2	Al recibir entradas	A	Sí	
	3.2.3	Navegación coherente	AA	Sí	
	3.2.4	Identificación coherente	AA	Sí	

<b>Principio</b>	<b>Código</b>	<b>Criterio</b>	<b>Nivel</b>	<b>¿Cumple?</b>	<b>Observación</b>
<i>Robusto</i>	3.3.1	Identificación de errores	A	No	Algunos mensajes de error no indican con precisión la causa del problema, lo que dificulta su solución
	3.3.2	Etiquetas o instrucciones	A	Sí	
	3.3.3	Sugerencias ante errores	AA	No	Algunos mensajes de error no brindan sugerencias claras o específicas para su corrección
	3.3.4	Prevención de errores	AA	Sí	
	4.1.1	Procesamiento	A	Sí	
	4.1.2	Nombre, función, valor	A	Sí	

Después de evaluar cada criterio individualmente, se realizó un resumen general que muestra cuántos criterios se cumplieron por cada principio de accesibilidad según WCAG 2.1.

**Tabla 47.** Resumen de cumplimiento por principio WCAG 2.1

<b>Principio</b>	<b>Total, de criterios</b>	<b>Cumple</b>	<b>No cumple</b>	<b>Cumplimiento (%)</b>
<i>Perceptible</i>	12	11	1	91.67 %
<i>Operable</i>	12	10	2	83,33 %
<i>Comprensible</i>	10	8	2	80 %
<i>Robusto</i>	2	2	0	100.00 %
<b>Total, general</b>	<b>36</b>	<b>31</b>	<b>5</b>	<b>86.11 %</b>

Los resultados muestran que la plataforma web OLANEC tiene un buen nivel de accesibilidad con un cumplimiento en total de un 86.11 %, destacando en robustez y perceptibilidad. Aunque la operabilidad y comprensibilidad presentan resultados aceptables, existen algunos criterios pendientes a mejorar que, al ser corregidos, seguramente mejorarán la experiencia y facilitarán el acceso para todos los usuarios, acercándose así a un cumplimiento de calidad excelente de las WCAG 2.1 Nivel AA.

### **3.3.5. Análisis e interpretación**

La evaluación de accesibilidad basada en las pautas WCAG 2.1 nivel AA permitió identificar fortalezas y debilidades de la plataforma web, con referencia a la experiencia de usuario. En total, se analizaron 36 criterios distribuidos en los cuatro principios fundamentales: perceptible, operable, comprensible y robusto.

El cumplimiento total alcanzó el 86.11%, lo que indica un alto grado de accesibilidad. Esto señala que la mayoría de los componentes son entendibles, navegables y operativos para usuarios de diferentes habilidades, aunque existen elementos particulares que requieren corrección para lograr una accesibilidad total.

El principio robusto obtuvo un cumplimiento del 100 %, lo cual evidencia una correcta implementación técnica, compatible con tecnologías de asistencia como lectores de pantalla. Este aspecto es fundamental para garantizar que la plataforma sea funcional en cuestiones de largo plazo y en distintos ambientes tecnológicos. Por ahora, no se requiere una mejora inmediata, pero se recomienda mantener esta compatibilidad en futuras actualizaciones.

En relación con el principio perceptible, se consiguió un cumplimiento del 91.76 %. Esto demuestra que, para los usuarios, la mayoría del contenido es perceptible y audible. Sin embargo, no satisfacer totalmente el criterio señala la necesidad de implementar modificaciones específicas para incrementar aún más la difusión de la información. Para ello, es aconsejable analizar los elementos visuales que solo se enfocan en el color y potenciar el uso de etiquetas o

texto alternativas, garantizando que toda la información esté accesible tanto en términos visuales como sonoros.

El principio operable logró un 83,33 %, indicando que, si bien los controles de navegación y uso general son accesibles, hay aspectos que podrían dificultar la interacción a ciertos usuarios. Las mejoras deben centrarse en asegurar que todos los componentes sean accesibles mediante el teclado y que el foco visual sea claramente visible en todo momento, también si se considera agregar contenidos multimedia con contenido informativo, tomar en cuenta que permita detener o pausar la reproducción si es automática.

Por último, el principio comprensible presentó un cumplimiento del 80 %. Aunque se evidencia claridad y consistencia en muchos elementos, aún existen dificultades en la comunicación de errores o instrucciones, lo que puede afectar la experiencia de usuario. De modo que, se recomienda mejorar la retroalimentación ante errores. Esto implica mostrar mensajes claros cuando el usuario comete un error y proporcionar sugerencias útiles para corregirlo considerando un lenguaje simple entendible para el usuario.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos mediante la encuesta CSUQ muestran que los usuarios perciben la plataforma web OLANEC como fácil de usar y satisfactoria, con promedio entre 5 y 6 en una escala de 1 a 7. Esto indica una buena valoración en aspectos como la utilidad del sistema, la calidad de la información y el diseño de la interfaz. Asimismo, se identificaron aspectos de mejora en la retroalimentación del sistema ante errores, específicamente en la forma en la que comunican los mensajes.

De acuerdo con lo anterior, la evaluación de la accesibilidad indica un nivel general satisfactorio, ya que en un 86,11 % cumple con las directrices WCAG 2.1 nivel AA. Esto implica que, en su mayoría, el sitio web puede ser utilizado, comprendido y navegado por individuos con diversas habilidades. A pesar de que la parte técnica es robusta y completamente compatible con herramientas de asistencia, existen aspectos que se pueden perfeccionar para que sean totalmente accesibles.

El estudio posibilitó la creación de un marco teórico acerca de las tecnologías contemporáneas de visualización de datos en tiempo real, centrado en contextos científicos. Se determinaron técnicas y métodos apropiados para ilustrar datos ambientales de forma entendible y dinámica, estableciendo de esta manera los fundamentos técnicos y conceptuales para el desarrollo futuro de la plataforma.

La implementación de tecnologías como Node.js y Express.js para el backend, junto con PostgreSQL como base de datos y React para el frontend, facilitó la construcción de una plataforma robusta, eficiente y de mantenimiento sencillo. Adicionalmente, la integración con ArcGIS Pro fue esencial para representar de manera precisa datos geográficos, lo que facilitó la visualización de datos en tiempo real de los lagos andinos y mejoró la experiencia de usuario.

## Recomendaciones

Se recomienda mejorar el sistema ante errores, incorporando mensajes claros y útiles que guíen al usuario sobre cómo corregirlos, utilizando un lenguaje sencillo y accesible. También es importante reforzar la accesibilidad visual, asegurando que la información no dependa únicamente del color y que todos los elementos gráficos cuenten con descripciones alternativas comprensibles para usuarios con discapacidad visual.

Además, también se recomienda implementar pruebas de accesibilidad con usuarios con discapacidades, para asegurar una experiencia inclusiva y efectiva en distintos contextos. Esto permitiría validar la efectividad de la accesibilidad en situaciones reales de uso y reforzar el enfoque inclusivo de la plataforma.

Por otro lado, se recomienda probar la plataforma con sensores reales, ya que actualmente los datos en tiempo real se simulan. Aunque los datos simulados no permiten la toma de decisiones, la plataforma funciona como una base demostrativa para que las autoridades comprendan el potencial del sistema y planifiquen acciones futuras. Esto facilitará el desarrollo y la mejora continua basada en la información real de los lagos andinos.

## BIBLIOGRAFÍA

Pantoja, E. B. (2004). El patrón de diseño Modelo-Vista-Controlador (MVC) y su implementación en Java Swing. *Acta Nova*, 2(4), 493.

Arquitectura web moderna para portales corporativos. (s/f). Aplyca Tecnología SAS. Recuperado el 23 de diciembre de 2024, de <https://www.aplyca.com/blog/arquitectura-web-moderna-para-portales-corporativos>

¿Cómo funciona el modelo cliente-servidor? (2023, 31 de enero). IONOS Digital Guide; IONOS. [https://www.ionos.com/es-us/digitalguide/servidores/know-how/modelo-cliente-servidor/?srsltid=AfmBOooAnGJ-U\\_eDZc0\\_CkBG0olALaAz8kdPx\\_vi7ZsZpaMIlenno8YYP](https://www.ionos.com/es-us/digitalguide/servidores/know-how/modelo-cliente-servidor/?srsltid=AfmBOooAnGJ-U_eDZc0_CkBG0olALaAz8kdPx_vi7ZsZpaMIlenno8YYP)

¿De qué se trata un monitoreo ambiental? (s/f). SGSCorp. Recuperado el 23 de diciembre de 2024, de <https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2022/12/que-es-monitoreo-ambiental>

Lionel Baquero, M. S. (2023, septiembre 11). La usabilidad como característica deseable del software - AICS® - Asociación Internacional de Calidad de Software. AICS® - Asociación Internacional de Calidad de Software - Certificamos la capacidad de profesionales y empresas para producir software de calidad. <https://aicsvirtual.org/la-usabilidad-como-caracteristica-deseable-del-software/>

Modern web app architecture: Types, tips and diagrams. (2023, mayo 18). Digiteum. <https://www.digiteum.com/web-application-architecture/>

Ravoof, S. (2023, abril 18). API Rest vs API Web: Todo lo que necesitas saber. Kinsta®; Kinsta. <https://kinsta.com/es/blog/api-rest-vs-api-web/>

Toapanta, K. (2024, enero 11). ¡Descubre los Patrones de Diseño de Software que Revolucionarán tu Programación! ITSQMET. <https://itsqmet.edu.ec/patrones-de-diseno-de-software-que-revolucionaran-tu-programacion/>

Vazquez Ortiz, Y., Mier Pierre, L., & Sotolongo León, A. R. (2016). Características no relacionales de PostgreSQL: incremento del rendimiento en el uso de datos JSON. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 10, 70-81.

Hedlefs Aguilar, M. I., De La Garza González, A., Sánchez Miranda, P. M., & Garza Villegas, A. A. (2015). Adaptación al español del Cuestionario de Usabilidad de Sistemas Informáticos CSUQ Spanish language adaptation of the Computer Systems Usability Questionnaire CSUQ. 4.

Lewis, J. R. (2018). Measuring Perceived Usability: The CSUQ, SUS, and UMUX. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(12), 1148-1156. <https://doi.org/10.1080/10447318.2017.1418805>

Matas, A. (2018). Diseño del formato de escalas tipo Likert: Un estado de la cuestión. *Revista Electronica de Investigación Educativa*, 20(1), 38–47. <https://doi.org/10.24320/re-die.2018.20.1.1347>

World Wide Web Consortium. (2018). Pautas de accesibilidad para el contenido web (WCAG) 2.1. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>

Deditec. (2023, 27 de abril). Los niveles de conformidad de WCAG 2.1. <https://deditec.es/niveles-conformidad-wcag-21/>

Mendes, A. (2023, abril 13). *Top 10 best front end frameworks in 2024*. Blog | Imaginary Cloud. <https://www.imaginarycloud.com/blog/best-frontend-frameworks/>

Borges, S. (2019, noviembre 19). Servidor PostgreSQL. *Infranetworking*. <https://blog.infranetworking.com/servidor-postgresql/>

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill Education.

Weathers, K. C., Hanson, P. C., Arzberger, P., Brentrup, J., Brookes, J., Carey, C. C., Gaiser, E., Hamilton, D. P., Hong, G. S., Ibelings, B., Istvanovics, V., Jennings, E., Kim, B., Kratz, T. K., Lin, F. P., Muraoka, K., O'Reilly, C., Piccolo, M. C., Ryder, E., & Zhu, G. (2013). The Global Lake Ecological Observatory Network (GLEON): The evolution of grassroots network science. *Limnology and Oceanography Bulletin*, 22(3), 71-73.

Nation United. (2017). Sustainable development goals

Gobierno Nacional del Ecuador. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021 – 2025. Recuperado de: <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>

Villa, A. H. (2019). TEACHING WITH TABLEAU: INFUSING ANALYTICS INTO YOUR COURSE. Proceedings of the 45th International Academic Conference, London.

Kehrer, J., & Hauser, H. (2013). Visualization and visual analysis of multifaceted scientific data: A survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(3), 495-513.

Shoresh, N., & Wong, B. (2011). Points of view: Data exploration. *Nature Methods*, 9(1), 5-5

Kennedy, H., Hill, R., Allen, W., & Kirk, A. (2016). Engaging with (big) data visualizations: Factors that affect engagement and resulting new definitions of effectiveness. *First Monday*, 21(11).

Cottam, J., Lumsdaine, A., Weaver, C. (2012). Watch this: A taxonomy for dynamic data visualization. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 32(5), 4-7.

McKenna, S., Mazur, D., Agutter, J., Meyer, M. (2014). Design activity framework for visualization design. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 20(12), 2191-2200.

Ivette, A. (2021, mayo 5). Monitoreo ambiental. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/monitoreo-ambiental.html>

Hernández, Y., López, D., & Moya, F. (2019). Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental. *Espacios*, 40(3), 17. Recuperado de <https://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p17.pdf>

Solano, J. A. (2020). Patrones de diseño. Unidades de Apoyo para el Aprendizaje. CUAIEED/Facultad de Ingeniería-UNAM. Recuperado de [https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/3061/mod\\_resource/content/1/UAPA-Patrones-Diseno/index.html](https://repositorio-uapa.cuaed.unam.mx/repositorio/moodle/pluginfile.php/3061/mod_resource/content/1/UAPA-Patrones-Diseno/index.html)

Ccori Huamani, W. A. (2018). Propuesta de arquitectura de software para el módulo de facturación de una empresa comercializadora de gas usando microservicios (Tesis de pregrado). Universidad Tecnológica del Perú.

Red Hat. (2023). ¿Qué es una API REST? Red Hat. Recuperado de <https://www.redhat.com/es/topics/api/what-is-a-rest-api>

Bello, I., Sylvester, M., Ferede, M., Akpan, G., Ayesheshem, A. T., Mwanza, M., ... & Oluseun, O. (2021). Real-time monitoring of a circulating vaccine-derived poliovirus outbreak immunization campaign using digital health technologies in South Sudan. *The Pan African Medical Journal*, 40.

Murray, S. (2017). *Interactive Data Visualization for the Web*. O'Reilly Media.

DataScientest. (2022). Hacer Data Visualisation gracias a Plotly. DataScientest. Recuperado de <https://datascientest.com/es/hacer-data-visualisation-con-plotly>

Esri (s.f.). ArcGIS Pro. Recuperado de <https://www.esri.com/es-es/arcgis/products/arcgis-pro/overview>

De Dios, M. A. (2023). Frameworks en el desarrollo web: las mejores prácticas para tu negocio online. Recuperado de: <https://www.wearemarketing.com/es/blog/frameworks-en-el-desarrollo-web-las-mejores-practicas-para-tu-negocio-online.html#>

Deyimar, A. (2025). Qué es React: definición, características y funcionamiento. Recuperado de: <https://www.hostinger.com/es/tutoriales/que-es-react>

Estdale, J., & Georgiadou, E. (2018). Applying the ISO/IEC 25010 Quality Models to Software Product: 25th European Conference, EuroSPI 2018, Bilbao, Spain, September 5-7, 2018, Proceedings.

Thoutam, V. (2021). A Study on Python Web Application Framework. Journal of Electronics, Computer Networking and Applied Mathematics.

Zanini, A. (2023). Express.js adoption guide: Overview, examples, and alternatives. Recuperado de: <https://blog.logrocket.com/express-js-adoption-guide/>

Subecz, Z. (2021). Web-development with Laravel framework. Gradus.

MongoDB, Inc. (2023). ¿Qué es MongoDB? Recuperado de <https://www.mongodb.com/es/what-is-mongodb>

Data Center Market. (2024, 17 de junio). Qué son los Smart Data Centers y su aportación en 2024. <https://www.datacentermarket.es/tendencias-ti/los-smart-data-centers-son-una-realidad/>

Rasheed, T. (2023, 21 de diciembre). Web Sockets: A Bidirectional Communication Marvel. Medium. Recuperado de <https://tahseenrchowdhury.medium.com/web-sockets-a-bidirectional-communication-marvel-7e219512320b>

Azion Technologies. (30 de junio de 2024). ¿Qué es el caching? | Cómo funciona el caching. Azion. <https://www.azion.com/es/learning/cdn/que-es-caching/>

Lung, C. F. (2019, 24 de febrero). Measuring perceived usability: The CSUQ, SUS, and UMUX. Chuniversiteit.

Montiel Cano, J. J. (2020). Plataforma de visualización y alerta de datos en tiempo real [Tesis de máster, Universidad Autónoma de Madrid]. Repositorio de la Universidad Autónoma de Madrid.

Ollora Zaballa, E. (2021). Implementación de una plataforma de análisis y visualización de datos IoT multi-protocolo en tiempo real sobre Node-Red [Tesis de grado, Universidad de Cantabria]. Repositorio de la Universidad de Cantabria.

Prado, A., & Bianchi, S. (2018). Modelado y visualización de datos utilizando d3.js [Tesis de grado, Universidad de la República]. Repositorio Institucional de la Universidad de la República.

Gómez Sepúlveda, F. R. (2017). Sistema web para la visualización de calidad del aire. (Tesis de grado). Universidad de Talca.

Naranjo Ayala R. A. (2019). Aplicación web para visualización de información meteorológica de Quito. (Tesis de grado). Universidad de las Américas

## Anexos

**Anexo A: Encuesta para evaluar la usabilidad de la plataforma web de visualización de datos en tiempo real para el Observatorio de los Lagos Andinos.**

### **Usabilidad de la plataforma web para la visualización de datos en tiempo real del Observatorio de los Lagos Andinos**

**Agradecemos su participación en esta encuesta**, cuyo objetivo es evaluar la usabilidad de una plataforma web desarrollada para la visualización de datos en tiempo real del Observatorio de los Lagos Andinos de la Universidad Técnica del Norte. Esta plataforma cumple con la norma ISO/IEC 25010 en cuanto a la característica de usabilidad.

La encuesta incluye preguntas relacionadas con la facilidad de uso y la experiencia general al interactuar con la plataforma web.

Sus respuesta serán anónimas y tratadas con total confidencialidad. El tiempo estimado para completar la encuesta es de aproximadamente 5 minutos.

*¡Gracias por su colaboración!*

### **Usabilidad de la plataforma web para la visualización de datos en tiempo real del Observatorio de los Lagos Andinos**

\* Indica que la pregunta es obligatoria

## UTILIDAD DEL SISTEMA

1. ¿En general, estoy satisfecho con lo fácil que es usar esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

2. ¿Fue sencillo usar esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

3. ¿Pude completar mi trabajo rápidamente usando esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

4. ¿Me sentí cómodo usando esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

5. ¿Fue fácil aprender a usar esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

6. ¿Creo que podría ser productivo usando rápidamente esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

## CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

7. La aplicación web dio mensajes de error que me indicaron claramente cómo solucionar problemas? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

8. ¿Cada vez que cometía un error al utilizar la aplicación, podía recuperarme fácil y rápidamente? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo

Totalmente de acuerdo

**9. ¿La información (como ayuda en línea, mensaje en pantalla y otra documentación) provista con esta aplicación era clara? \***

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

**10. ¿Fue fácil encontrar la información que necesitaba? \***

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

**11. ¿La información provista por la aplicación fue efectiva para ayudarme a completar mi trabajo? \***

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

**12. ¿La organización de la información en las pantallas de la aplicación fue clara? \***

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

## CALIDAD DE LA INTERFAZ

13. ¿La interfaz de esta aplicación web fue agradable? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

14. ¿Me gustó usar la interfaz de esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

15. ¿La aplicación tiene todas las funciones y capacidades que espero que tenga? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

16. ¿En general, estoy satisfecho con esta aplicación web? \*

1 2 3 4 5 6 7

Totalmente en desacuerdo        Totalmente de acuerdo

## Anexo B: Resultados por encuestado del cuestionario CSUQ

<i>Encuestados</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>P4</i>	<i>P5</i>	<i>P6</i>	<i>P7</i>	<i>P8</i>	<i>P9</i>	<i>P10</i>	<i>P11</i>	<i>P12</i>	<i>P13</i>	<i>P14</i>	<i>P15</i>	<i>P16</i>
<b>1</b>	4	5	5	5	5	5	6	4	5	5	6	4	6	5	5	7
<b>2</b>	5	7	5	5	6	7	7	5	6	5	7	6	6	7	6	7
<b>3</b>	6	6	6	6	5	7	6	6	6	5	7	7	5	5	6	6
<b>4</b>	3	6	7	4	3	4	6	5	7	7	4	6	4	4	4	4
<b>5</b>	6	7	6	5	6	5	5	6	5	7	5	6	5	7	5	7
<b>6</b>	6	7	6	6	5	7	6	6	6	7	7	6	7	6	6	6
<b>7</b>	7	7	7	7	7	6	7	7	6	7	7	7	7	5	7	7
<b>8</b>	6	5	6	4	6	6	4	5	4	6	4	5	5	5	5	6
<b>9</b>	7	5	6	6	6	6	6	6	7	6	7	6	7	6	6	7
<b>10</b>	4	6	5	4	4	6	6	5	5	7	5	6	5	5	6	5
<b>11</b>	4	5	4	7	6	6	5	6	4	4	6	5	5	4	5	5
<b>12</b>	5	4	5	5	5	5	5	6	4	5	5	5	4	4	6	7
<b>13</b>	5	5	6	5	5	5	6	5	5	4	7	6	4	5	5	5
<b>14</b>	7	6	5	6	7	6	6	6	6	5	6	6	6	5	5	7
<b>15</b>	5	6	5	6	5	5	7	7	5	6	4	5	7	6	6	5
<b>16</b>	7	5	6	5	6	6	6	5	6	7	7	6	7	4	7	6
<b>17</b>	6	7	6	7	6	7	5	6	6	6	6	7	5	6	7	5
<b>18</b>	7	7	6	7	7	4	7	7	7	7	7	6	6	7	7	6
<b>19</b>	5	7	7	7	6	7	7	7	7	7	6	6	6	7	7	6
<b>20</b>	6	3	5	6	3	5	6	5	5	5	5	3	4	7	4	3
<b>21</b>	7	7	6	7	7	7	7	7	6	7	7	5	7	7	5	7
<b>22</b>	6	7	6	5	6	5	5	6	6	7	6	6	6	7	6	6
<b>23</b>	6	6	4	5	5	6	7	4	5	4	5	7	7	6	6	4
<b>24</b>	4	7	4	5	4	5	7	3	3	5	3	5	5	6	4	4
<b>25</b>	3	3	5	3	6	3	4	7	3	4	5	4	7	4	4	4
<b>26</b>	6	7	6	5	6	7	7	7	4	6	7	7	7	6	5	6
<b>27</b>	7	7	7	5	7	7	7	7	7	7	6	6	7	7	7	7
<b>28</b>	6	6	6	5	7	6	7	7	7	6	7	7	6	6	7	6

<b>Encuestados</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>	<b>P9</b>	<b>P10</b>	<b>P11</b>	<b>P12</b>	<b>P13</b>	<b>P14</b>	<b>P15</b>	<b>P16</b>
<b>29</b>	7	7	7	7	7	5	7	7	6	6	7	4	7	7	6	6
<b>30</b>	7	7	5	7	7	7	7	7	7	7	6	7	4	5	7	6
<b>31</b>	5	6	6	5	5	5	5	5	6	5	4	6	5	6	6	6
<b>32</b>	7	7	5	5	5	6	5	5	7	6	6	7	6	5	5	5
<b>33</b>	2	6	7	7	6	7	4	4	7	6	6	6	7	7	7	7
<b>34</b>	7	7	7	7	7	5	7	7	7	6	7	6	7	7	6	7
<b>35</b>	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	7	7	7	7
<b>36</b>	5	6	6	7	5	6	6	6	6	7	7	7	5	7	5	7
<b>37</b>	4	5	4	5	5	6	4	7	7	5	5	7	6	6	3	7
<b>38</b>	6	6	6	7	5	7	4	7	7	6	7	7	6	7	6	7
<b>39</b>	5	7	7	7	7	7	7	6	5	7	5	7	7	6	7	7
<b>40</b>	6	6	6	7	6	6	7	6	5	6	6	5	5	5	5	5
<b>41</b>	6	7	7	6	6	5	6	7	5	7	7	5	6	6	5	5
<b>42</b>	5	6	6	6	6	5	6	7	7	6	5	7	5	6	6	6
<b>43</b>	6	6	6	5	6	6	5	7	5	6	5	7	7	6	4	6
<b>44</b>	7	7	6	7	6	7	7	7	7	5	7	7	6	3	7	7